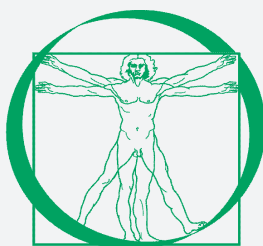


Indicizzata
in
BIOSIS Previews
EMBASE
SCOPUS
SCIENCE CITATION INDEX
EXPANDED (SciSearch)
con IMPACT FACTOR

MEDICINA DELLO SPORT

RIVISTA DELLA FEDERAZIONE MEDICO SPORTIVA ITALIANA

VOLUME 70 - N. 4 - DICEMBRE 2017



FMSI

EDIZIONI MINERVA MEDICA

MEDICINA DELLO SPORT

*Rivista trimestrale della Federazione Medico-Sportiva Italiana.
Continuazione di: Studi di Medicina e Chirurgia dello Sport, Medicina Sportiva*



Direttori

G. SANTILLI - M. CASASCO

Comitato Editoriale

N. BACHL (Austria) - F. BENAZZO (Italia) - F. BOTRÈ (Italia) - P. CERRETELLI (Italia) - G. CERULLI (Italia)
D. CORRADO (Italia) - J. M. CUMMISKEY (Regno Unito) - A. DAL MONTE (Italia) - F. DE FERRARI (Italia)
E. H. DE ROSE (Brasile) - N. DI DANIELE (Italia) - L. DI LUIGI (Italia) - E. DRAGO (Italia)
C. FOTI (Italia) - G. FRANCAVILLA (Italia) - S. GIANNINI (Italia) - C. G. GRIBAUDO (Italia)
A. IONESCU (Romania) - A. JEGIER (Polonia) - V. KLISSOURAS (Grecia) - L. MAGAUDDA (Italia)
P. P. MARIANI (Italia) - L. MICHELI (USA) - K. NATSIS (Grecia) - M. OCHI (Giappone) - A. PARISI (Italia)
S. PECORELLI (Italia) - A. PELLICCIA (Italia) - F. PIGOZZI (Italia) - I. PITSILADIS (Regno Unito)
E. ROVELLI (Italia) - C. SIGNORELLI (Italia) - A. TODARO (Italia) - C. TRANQUILLI (Italia)
P. ZEPELLI (Italia)

Comitato di Redazione

A. BONETTI - F. BRUTTINI - S. DRAGONI - A. GIANFELICI

Direttore Responsabile

A. OLIARO

This journal is **PEER REVIEWED** and is indexed in:
BIOSIS Previews - EMBASE - Scopus - Science Citation Index Expanded (SciSearch) with Impact Factor
La Rivista è soggetta a **PEER REVIEW** ed è citata in:
BIOSIS Previews - EMBASE - Scopus - Science Citation Index Expanded (SciSearch) con Impact Factor

Impact Factor: 0.202

Pubblicato da Edizioni Minerva Medica - Corso Bramante 83-85 - 10126 Torino - Tel. +39 011 678282 - Fax +39 011 674502
Web Site: www.minervamedica.it - Redazione: journals2.dept@minervamedica.it - Abbonamenti: subscriptions.dept@minervamedica.it
Pubblicità: journals3.dept@minervamedica.it

Abbonamento annuo:

Italia - Individuale: Online € 100; Cartaceo € 105, Cartaceo+Online € 110,00; **Istituzionale:** Cartaceo € 140,00, Online (Small € 296,00, Medium € 340,00, Large € 357,00), Cartaceo+Online (Small € 309,00, Medium € 357,00, Large € 372,00).

Unione Europea - Individuale: Online € 165,00; Cartaceo € 170,00, Cartaceo+Online € 180,00; **Istituzionale:** Cartaceo € 265,00, Online (Small € 296,00, Medium € 340,00, Large € 357,00), Cartaceo+Online (Small € 320,00, Medium € 367,00, Large € 383,00)

Paesi extraeuropei - Individuale: Online € 180,00; Cartaceo € 190,00, Cartaceo+Online € 200,00; **Istituzionale:** Cartaceo € 290,00, Online (Small € 320,00, Medium € 367,00, Large € 383,00), Cartaceo+Online (Small € 341,00, Medium € 388,00, Large € 404,00).

Per il pagamento: 1) Gli abbonati possono utilizzare le seguenti forme di pagamento: a) assegno bancario; b) bonifico bancario a: Edizioni Minerva Medica, INTESA SANPAOLO Agenzia n. 18 Torino. IBAN: IT45 K030 6909 2191 0000 0002 917 c) conto corrente postale 002791109 intestato a Edizioni Minerva Medica, Corso Bramante 83-85, 10126 Torino; d) carte di credito Diners Club International, Master Card, VISA, American Express; 2) i soci devono contattare direttamente la Segreteria della Federazione. I cambi di indirizzo di spedizione, e-mail o di qualsiasi altro dato di abbonamento vanno segnalati tempestivamente inviando i nuovi e vecchi dati per posta, fax, e-mail o direttamente sul sito www.minervamedica.it alla sezione "I tuoi abbonamenti - Contatta ufficio abbonamenti".

I reclami per i fascicoli mancanti devono pervenire entro 6 mesi dalla data di pubblicazione del fascicolo - I prezzi dei fascicoli e delle annate arretrati sono disponibili su richiesta

© Edizioni Minerva Medica - Torino 2017

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, trasmessa e memorizzata in qualsiasi forma e con qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo

Pubblicazione trimestrale. Autorizzazione del Tribunale di Torino n. 1441 del 15-3-1961.



FEDERAZIONE MEDICO-SPORTIVA ITALIANA

Presidente Onorario: Giorgio SANTILLI

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente Federale

Maurizio CASASCO

Vice Presidenti

Gianfranco BELTRAMI

Vincenzo RUSSO

Consiglieri Federali

Gabriele BRANDONI

Vincenzo Maria IERACITANO - Adolfo MARCIANO

Attilio PARISI - Claudio PECCI - Antonio PEZZANO

Marco SCORCU - Maria TRIASSI

Segretario Generale

Maurizio GALDI

COLLEGIO DEI REVISORI DEI CONTI

Presidente

Massimo CESSARI

Componenti

Pietro BRUNELLI - Antonio SANTI

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The journal **Medicina dello Sport**, official journal of the Italian Federation of Sports Medicine (FMSD), is an external peer-reviewed scientific journal, publishes scientific papers on sports medicine. Manuscripts are expected to comply with the instructions to authors which conform to the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Editors by the International Committee of Medical Journal Editors (<http://www.icmje.org>). Articles not conforming to international standards will not be considered for acceptance.

Submission of manuscripts

Papers should be submitted in either English or Italian directly to the online Editorial Office at the Edizioni Minerva Medica website: <http://www.minervamedicaonlinesubmission.it>

Authors are requested to choose a corresponding author delegated to communicate with the journal during the manuscript submission, peer review and publication process. Manuscripts not accepted for publication will not be returned by the publishers. All papers undergo an anonymous process of evaluation. Reviewers are asked to return the paper to the Editor, with comments, within one month.

Duplicate or multiple publication

Submission of the manuscript means that the paper is original and has not yet been totally or partially published, is not currently under evaluation elsewhere, and, if accepted, will not be published elsewhere either wholly or in part.

Splitting the data concerning one study in more than one publication could be acceptable if authors justify the choice with good reasons both in the cover letter and in the manuscript. Authors should state what new scientific contribution is contained in their manuscript compared to any previously published article derived from the same study. Relevant previously published articles should be included in the cover letter of the currently submitted article.

Permissions to reproduce previously published material

Material (such as illustrations) taken from other publications must be accompanied by the publisher's permission.

Copyright

The Authors agree to transfer the ownership of copyright to *Medicina dello Sport* in the event the manuscript is published.

Ethics

All articles dealing with original human data must include a statement on ethics approval at the beginning of the methods section, clearly indicating that the study has been approved by the ethics committee. The journal adheres to the principles set forth in the Helsinki Declaration (<http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>) and states that all reported research concerning human beings should be conducted in accordance with such principles.

Patient consent

Authors should include at the beginning of the methods section of their manuscript a statement clearly

indicating that patients have given their informed consent for participation in the research study.

Every precaution must be taken to protect the privacy of patients. Authors should obtain permission from the patients for the publication of photographs or other material that might identify them. If necessary a copy of such permission may be requested.

Conflicts of interest

Authors must disclose possible conflicts of interest including financial agreements or consultant relationships with organizations involved in the research. All conflicts of interest must be declared both in the authors' statement form and in the manuscript file. If there is no conflict of interest, this should also be explicitly stated as none declared. All sources of funding should be acknowledged in the manuscript.

Authorship and contributors

All persons and organizations that have participated to the study must be listed in the byline of the article (authors) or in the notes (contributors). The manuscript should be approved by all co-authors, if any, as well as, by the responsible authorities of the institution where the work was carried out. Authors and contributors must meet the criteria for authorship and contributorship established by the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Editors by the International Committee of Medical Journal Editors (<http://www.icmje.org>).

Authors' statement

Papers must be accompanied by the authors' statement (<http://www.minervamedica.it/en/journals/medicina-dello-sport/index.php>) relative to copyright, originality, authorship, ethics and conflicts of interest, signed by all authors.

Disclaimer

The Publisher, Editors, and Editorial Board cannot be held responsible for the opinions and contents of publications contained in this journal.

The authors implicitly agree to their paper being peer-reviewed. All manuscripts will be reviewed by Editorial Board members who reserve the right to reject the manuscript without entering the review process in the case that the topic, the format or ethical aspects are inappropriate. Once accepted, all manuscripts are subjected to copy editing. If modifications to the manuscript are requested, the corresponding author should send to the online Editorial Office the revised manuscript under two separate files, one file containing the revised clean version and another containing both a letter with point-by-point responses to the reviewers' comments and the revised version with corrections highlighted.

Correction of proofs should be limited to typographical errors. Substantial changes in content (changes of title and authorship, new results and corrected values, changes in figures and tables) are subject to editorial review. Changes that do not conform to the journal's style are not accepted. Corrected proofs must be sent back within 3 working days to the online Editorial Office of *Medicina dello Sport*. In case of delay, the editorial staff of the journal may correct the proofs on the basis of the original manuscript.

If the first author is a member of the FMSI, no contribution will be due for printing costs and the author will receive a complimentary copy of the paper as a PDF file. For authors who are not FMSI members, printed pages will be charged at Euro 40,00 per page. In either case, colour figures, linguistic revision, and excessive alterations to proofs will be charged to the authors. Authors will receive instructions of how to order reprints and a copy of the manuscript in PDF.

For further information about publication terms please contact the Editorial Office of Medicina dello Sport, Edizioni Minerva Medica, Corso Bramante 83-85, 10126 Torino, Italy – Phone +39-011-678282 – Fax +39-011-674502

E-mail: journals2.dept@minervamedica.it.

ARTICLE TYPES

Instructions for the most frequent types of articles submitted to the journal.

Editorials. Commissioned by the Editor in Chief, editorials deal with a subject of topical interest about which the author expresses his/her personal opinion. No more than 1000 words (3 typed, double-spaced pages) and up to 15 references will be accepted.

Original articles. These should be original contributions to the subject. The text should be no more than 5500 words (up to 16 typed, double-spaced pages) not including references, tables, figures. No more than 50 references will be accepted. The article must be subdivided into the following sections: introduction, materials (patients) and methods, results, discussion, conclusions. The introduction should describe the theoretical background, the aim of the study and the hypothesis to be tested. The materials and methods section should describe in a logical sequence how the study was designed and carried out, how the data were analyzed (what hypothesis was tested, what type of study was carried out, how randomization was done, how the subjects were recruited and chosen, provide accurate details of the main features of treatment, of the materials used, of drug dosages, of unusual equipments, of the statistical method ...). In the results section the answers to the questions posed in the introduction should be given. The results should be reported fully, clearly and concisely supported, if necessary, by figures, graphs and tables. The discussion section should sum up the main results, critically analyze the methods used, compare the results obtained with other published data and discuss the implications of the results. The conclusions should briefly sum up the significance of the study and its future implications. For randomised controlled trials it is suggested to the authors to follow the guidelines reported by the CONSORT statement (<http://www.consort-statement.org>).

Review articles. These articles are commissioned by the Editor in Chief. They should discuss a topic of current interest, outline current knowledge of the subject, analyze different opinions regarding the problem discussed, be up-to-date on the latest data in the literature. Systematic reviews and meta-analyses must be subdivided into the following sections: introduction, evidence acquisition, evidence synthesis, conclusions. For systematic reviews and meta-analyses it is suggested to the authors to follow the guidelines reported by the PRISMA statement (<http://www.prisma-statement.org>). The text should be no more than

12000 words (up to 34 typed, double-spaced pages) not including references, tables, figures. No more than 100 references will be accepted.

Case reports. These give a description of particularly interesting cases. The text should be no more than 3000 words (up to 8 typed, double-spaced pages) not including references, tables, figures. No more than 30 references will be accepted. The article must be subdivided into the following sections: introduction, case report or clinical series, discussion, conclusions. It is suggested to the authors to follow the guidelines reported by the CARE statement (<http://www.care-statement.org>).

Forum. These are articles on the history of sports medicine, health care delivery, ethics, economic policy and law. The text should be no more than 7000 words (up to 20 typed, double-spaced pages) not including references, tables, figures. No more than 50 references will be accepted.

Letters to the Editor. These may refer to articles already published in the journal or to a subject of topical interest that the authors wish to present to readers in a concise form. The text should be no more than 1000 words (up to 3 typed, double-spaced pages) not including references, tables, figures. No more than 5 references will be accepted.

Guidelines. These are documents drawn up by special committees or authoritative sources.

The number of figures and tables should be appropriate for the type and length of the paper.

PREPARATION OF MANUSCRIPTS

Text file

Manuscripts must be drafted according to the template for each type of paper (editorial, original article, review, case report, special article, letter to the Editor). The formats accepted are Word (.DOC) and RTF. The text file must contain title, authors' details, abstract, key words, text, references, notes and titles of tables and figures. Tables and figures should be submitted as separate files. The file should not contain active hyperlinks.

Title and authors' details

Short title, with no abbreviations. First name in full, middle name's initial, surname of the authors. Collective name, if any, as last author. Corresponding author marked with an asterisk. Affiliation (section, department and institution) of each author. Name, address, e-mail of the corresponding author.

Abstract and key words

Articles should include an abstract of no more than 300 words. For original articles, the abstract should be structured as follows: background (what is already known about the subject and what the study intends to examine), methods (experimental design, patients and interventions), results (what was found), conclusions (meaning of the study). For systematic reviews and meta-analyses, the abstract should be structured as follows: introduction, evidence acquisition, evidence synthesis, conclusions. Key words should refer to the terms from Medical Subject Headings (MeSH) of MEDLINE/PubMed. No abstracts are required for editorials or letters to the Editor.

Text

Identify methodologies, equipment (give name and address of manufacturer in brackets) and procedures in sufficient detail to allow other researchers to reproduce results. Specify well-known methods including

statistical procedures; mention and provide a brief description of published methods which are not yet well known; describe new or modified methods at length; justify their use and evaluate their limits. For each drug generic name, dosage and administration routes should be given. Brand names should be avoided.

Units of measurement, symbols and abbreviations must conform to international standards. Measurements of length, height, weight and volume should be given in metric units (meter, kilogram, liter) or their decimal multiples. Temperatures must be expressed in degrees Celsius. Blood pressure must be expressed in millimeters of mercury. All clinical chemistry measurements should be expressed in metric units using the International System of Units (SI). The use of unusual symbols or abbreviations is strongly discouraged. The first time an abbreviation appears in the text, it should be preceded by the words for which it stands.

References

It is expected that all cited references will have been read by the authors. The references must contain only the authors cited in the text, be numbered in Arabic numerals and consecutively as they are cited. Bibliographical entries in the text should be quoted using superscripted Arabic numerals. References must be set out in the standard format approved by the International Committee of Medical Journal Editors (<http://www.icmje.org>).

JOURNALS

Each entry must specify the author's surname and initials (list all authors when there are six or fewer; when there are seven or more, list only the first six and then "*et al.*"), the article's original title, the name of the Journal (according to the abbreviations used by MEDLINE/PubMed), the year of publication, the volume number and the number of the first and last pages. When citing references, please follow the rules for international standard punctuation carefully.

Examples:

– Standard article.

Sutherland DE, Simmons RL, Howard RJ. Intracapsular technique of transplant nephrectomy. *Surg Gynecol Obstet* 1978;146:951-2.

– Organization as author

International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. *Ann Int Med* 1988;108:258-65.

– Issue with supplement

Payne DK, Sullivan MD, Massie MJ. Women's psychological reactions to breast cancer. *Semin Oncol* 1996;23(1 Suppl 2):89-97.

BOOKS AND MONOGRAPHS

For occasional publications, the names of authors, title, edition, place, publisher and year of publication must be given. Examples:

– Books by one or more authors

Rossi G. *Manual of Otorhinolaryngology*. Turin: Edizioni Minerva Medica; 1987.

– Chapter from book

De Meester TR. Gastroesophageal reflux disease. In: Moody FG, Carey LC, Scott Jones R, Ketly KA, Nahrwold DL, Skinner DB, editors. *Surgical treatment of digestive diseases*. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1986. p. 132-58.

– Congress proceedings

Kimura J, Shibasaki H, editors. *Recent advances in*

clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neurophysiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japan. Amsterdam: Elsevier; 1996.

ELECTRONIC MATERIAL

– Standard journal article on the Internet

Kaul S, Diamond GA. Good enough: a primer on the analysis and interpretation of noninferiority trials. *Ann Intern Med* [Internet]. 2006 Jul 4 [cited 2007 Jan 4];145(1):62-9. Available from: <http://www.annals.org/cgi/reprint/145/1/62.pdf>

– Standard citation to a book on CD-ROM or DVD

Kacmarek RM. *Advanced respiratory care* [CD-ROM]. Version 3.0. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; ©2000. 1 CD-ROM: sound, color, 4 3/4 in.

– Standard citation to a homepage

AMA: helping doctors help patients [Internet]. Chicago: American Medical Association; ©1995-2007 [cited 2007 Feb 22]. Available from: <http://www.ama-assn.org/>.

Footnotes and endnotes of Word must not be used in the preparation of references.

References first cited in a table or figure legend should be numbered so that they will be in sequence with references cited in the text taking into consideration the point where the table or figure is first mentioned. Therefore, those references should not be listed at the end of the reference section but consecutively as they are cited.

Notes

Authors' contribution statement; list of the members of the collective name (author's name in full, middle name's initial in capital letters and surname, with relevant affiliation); contributors' names; mention of any funding, research contracts; conflicts of interest; dates of any congress where the paper has already been presented; acknowledgements.

Titles of tables and figures

Titles of tables and figures should be included both in the text file and in the file of tables and figures.

File of tables

Each table should be submitted as a separate file. Formats accepted are Word (.DOC) and RTF. Each table should be created with the Table menu of the word processing software of the operating system employed, by selecting the number of rows and columns needed. Tabulations are not allowed. Each table must be typed correctly and prepared graphically in keeping with the page layout of the journal, numbered in Roman numerals and accompanied by the relevant title. Notes should be inserted at the foot of the table and not in the title. Tables should be referenced in the text sequentially.

File of figures

Each figure should be submitted as a separate file. Formats accepted: JPEG set at 300 dpi resolution preferred; other formats accepted are TIFF and PDF (high quality). Figures should be numbered in Arabic numerals and accompanied by the relevant title. Figures should be referenced in the text sequentially.

Reproductions should be limited to the part that is essential to the paper.

Histological photographs should always be accompanied by the magnification ratio and the staining method.

If figures are in color, it should always be specified whether color or black and white reproduction is required.

NORME PER GLI AUTORI

Medicina dello Sport, rivista peer-reviewed della Federazione Medico Sportiva Italiana, pubblica articoli scientifici originali di interesse per la Medicina dello Sport.

I manoscritti devono essere preparati seguendo rigorosamente le norme per gli Autori, che sono conformi agli Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Editors editi a cura dell'International Committee of Medical Journal Editors (<http://www.icmje.org>). Non sono presi in considerazione gli articoli che non si uniformano agli standard internazionali.

Sottomissione dei manoscritti

I lavori redatti in lingua inglese e/o italiana devono essere inviati alla redazione online raggiungibile dal sito delle Edizioni Minerva Medica: <http://www.minervamedicaonline.com>

Gli Autori indicano un "autore di contatto" incaricato di mantenere i rapporti con la rivista durante le fasi di sottomissione, peer review e pubblicazione del manoscritto. I lavori, pervenuti alla Redazione, anche se non accettati per la pubblicazione, non vengono comunque restituiti. I lavori sono sottoposti, in modo anonimo, a valutazione da parte di revisori esterni. I revisori inviano i commenti al lavoro entro un mese dal ricevimento dello stesso.

Pubblicazione doppia o multipla

L'invio del manoscritto sottintende che il lavoro è originale e non è ancora stato pubblicato né totalmente né in parte, non è in valutazione presso altre riviste e, se accettato, non verrà pubblicato altrove né integralmente né in parte.

La suddivisione dei dati pertinenti ad una ricerca in più di una pubblicazione può essere accettabile se gli Autori giustificano la scelta con validi motivi nella lettera di accompagnamento e nel manoscritto. Gli Autori devono indicare quale nuovo contributo scientifico è stato apportato dal loro manoscritto rispetto ad articoli pubblicati precedentemente derivati dalla stessa ricerca. Gli articoli già pubblicati devono essere allegati alla lettera di accompagnamento dell'articolo sottomesso.

Permessi di riproduzione di materiale già pubblicato

Il materiale (per esempio figure) tratto da altre pubblicazioni deve essere corredato dal permesso dell'Editore.

Copyright

Gli Autori accettano di trasferire la proprietà dei diritti di autore alla rivista *Medicina dello Sport* nell'eventualità che il lavoro sia pubblicato.

Principi Etici

Tutti gli articoli in cui vengono presentati dati riguardanti gli esseri umani devono contenere all'inizio della sezione metodi una dichiarazione che indichi chiaramente che lo studio è stato approvato dal comitato etico. La rivista recepisce i principi presentati nella Dichiarazione di Helsinki (<http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>) e ribadisce che tutte le ricerche che coinvolgono esseri umani siano condotte in conformità ad essi.

Consenso del paziente

Gli Autori devono inserire all'inizio della sezione metodi del manoscritto una dichiarazione che indichi chiaramente che i pazienti hanno dato il loro consenso informato a partecipare alla ricerca.

Il diritto alla privacy del paziente deve essere sempre rispettato. Gli Autori devono avere ottenuto dai pazienti il permesso alla pubblicazione di fotografie o altro materiale che possa identificarli. Se necessario può essere richiesta copia di tale permesso.

Conflitti di interesse

Gli Autori devono dichiarare tutti i possibili conflitti di interesse, inclusi accordi finanziari o rapporti di consulenza, con qualsiasi struttura coinvolta nella ricerca. Tutti i conflitti di interesse devono essere segnalati sia nella dichiarazione autori sia nel file del manoscritto. Anche l'eventuale assenza di conflitti di interesse deve essere dichiarata. Tutte le fonti di finanziamento devono essere elencate nel manoscritto.

Authorship e contributorship

Tutte le persone e le organizzazioni che hanno partecipato allo studio devono essere elencate nella byline dell'articolo (autori) o nelle note (collaboratori). Il manoscritto deve essere approvato da tutti gli eventuali co-autori e dalle autorità responsabili dell'istituto dove la ricerca è stata condotta. Gli autori e i collaboratori devono seguire i criteri per l'authorship e contributorship stabiliti dagli Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Editors by the International Committee of Medical Journal Editors (<http://www.icmje.org>).

Dichiarazione autori

Il lavoro deve essere accompagnato dalla *Dichiarazione Autori* (<http://www.minervamedica.it/it-riviste/medicina-dello-sport/index.php>) relativa ai diritti d'autore, originalità, authorship, aspetti etici e conflitti di interesse, firmata da tutti gli Autori.

Responsabilità

L'Editore, i Direttori e i Comitati Editoriale e di Redazione non possono essere ritenuti responsabili per le opinioni e i contenuti delle pubblicazioni contenute nella rivista.

Gli Autori accettano implicitamente che il lavoro venga sottoposto a peer-review. Tutti i lavori sono esaminati dal Comitato di Redazione che si riserva il diritto di rifiutare il lavoro senza sottoporlo a revisione nel caso che l'argomento, il formato o gli aspetti etici siano inadeguati. Tutti i manoscritti accettati sono sottoposti a revisione editoriale. In caso di richiesta di modifiche, "l'autore di contatto" dovrà inviare alla redazione online il manoscritto revisionato in due file separati, uno contenente la versione revisionata definitiva senza correzioni evidenziate, l'altro contenente una lettera di risposta point-to-point alle osservazioni dei revisori insieme alla versione revisionata del manoscritto con le correzioni evidenziate.

La correzione delle bozze di stampa deve essere limitata alla semplice revisione tipografica. Modifiche sostanziali al contenuto (cambiamenti del titolo e degli autori, nuovi risultati e correzioni dei valori, modifiche a figure e tabelle) sono soggette a revisione editoriale. Non sono accettate modifiche non confor-

mi allo stile della rivista. Le bozze corrette dovranno essere restituite entro 3 giorni lavorativi alla redazione online di Minerva Oftalmologica. In caso di ritardo, la redazione della rivista potrà correggere d'ufficio le bozze sulla base del manoscritto originale.

Se il primo autore è iscritto alla FMSI, in regola per l'anno in corso, avrà pubblicazione e PDF omaggio. Per gli autori non soci verrà addebitato un costo di Euro 40,00 a pagina di stampa. In ogni caso saranno addebitati agli autori le figure a colori, costi di revisione linguistica, le modifiche eccessive sulle bozze di stampa. Gli autori riceveranno istruzioni su come ordinare estratti e il PDF del lavoro.

Per ulteriori informazioni sulle condizioni di pubblicazione contattare la redazione di Medicina dello Sport, Edizioni Minerva Medica, Corso Bramante 83-85, 10126 Torino - Tel. 011 678282 - Fax 011 674502
E-mail: journals2.dept@minervamedica.it

TIPI DI ARTICOLI SCIENTIFICI

Istruzioni per i più frequenti tipi di lavori inviati alla rivista.

Editoriale. Su invito del Direttore deve riguardare un argomento di grande rilevanza in cui l'Autore esprime la sua opinione personale. Sono ammesse non più di 1000 parole (3 pagine dattiloscritte con spaziatura doppia) e fino a 15 citazioni bibliografiche.

Articolo originale. Deve portare un contributo originale all'argomento trattato. Il testo deve essere composto da un massimo di 5500 parole (16 pagine dattiloscritte con spaziatura doppia) escluse bibliografia, tabelle e figure. Sono ammesse fino a 50 citazioni bibliografiche. L'articolo deve essere suddiviso nelle sezioni: introduzione, materiali (pazienti) e metodi, risultati, discussione, conclusioni. L'introduzione deve descrivere il background teorico, lo scopo dello studio e l'ipotesi da testare. Nella sezione dei materiali e metodi descrivere in sequenza logica come è stato impostato e portato avanti lo studio, come sono stati analizzati i dati (quale ipotesi è stata testata, tipo di indagine condotta, come è stata fatta la randomizzazione, come sono stati reclutati e scelti i soggetti, fornire dettagli accurati sulle caratteristiche essenziali del trattamento, sui materiali utilizzati, sui dosaggi di farmaci, sulle apparecchiature non comuni, sul metodo statistico ...). Nella sezione dei risultati dare le risposte alle domande poste nell'introduzione. I risultati devono essere presentati in modo completo, chiaro, conciso eventualmente correlati di figure, grafici e tabelle. Nella sezione discussione riassumere i risultati principali, analizzare criticamente i metodi utilizzati, confrontare i risultati ottenuti con gli altri dati della letteratura, discutere le implicazioni dei risultati. Nelle conclusioni riassumere brevemente il significato dello studio e le sue implicazioni future. Per gli studi randomizzati controllati si suggerisce agli autori di seguire le linee guida del CONSORT statement (<http://www.consort-statement.org>).

Review. Su invito del Direttore deve trattare un argomento di attualità ed interesse, presentare lo stato delle conoscenze sull'argomento, analizzare le differenti opinioni sul problema trattato, essere aggiornata con gli ultimi dati della letteratura. Per le review sistematiche e le meta-analisi si suggerisce agli autori di seguire le linee guida del PRISMA statement (<http://www.prisma-statement.org>). Il testo deve essere composto da un massimo di 12000 parole (34 pagine dattiloscritte con spaziatura doppia) escluse bibliografia, tabelle e figure. Sono ammesse fino a 100 citazioni bibliografiche.

Caso clinico. Descrizione di casi clinici di particolare interesse. Il testo deve essere composto da un massimo di 3000 parole (8 pagine dattiloscritte con spaziatura doppia) escluse bibliografia, tabelle e figure. Sono ammesse fino a 30 citazioni bibliografiche. L'articolo deve essere suddiviso nelle sezioni: introduzione, caso clinico o casistica clinica, discussione, conclusioni. Si suggerisce agli autori di seguire le linee guida del CARE statement (<http://www.care-statement.org>).

Forum. L'articolo deve trattare argomenti di storia della Medicina dello Sport, organizzazione sanitaria, etica, politiche economiche e legislative. Il testo deve essere composto da un massimo di 7000 parole (20 pagine dattiloscritte con spaziatura doppia) escluse bibliografia, tabelle e figure. Sono ammesse fino a 50 citazioni bibliografiche.

Lettera alla direzione. Può far riferimento ad articoli precedentemente pubblicati sulla rivista o ad osservazioni e dati scientifici che gli autori intendano portare all'attenzione dei lettori in forma sintetica. Il testo deve essere composto da un massimo di 1000 parole (3 pagine dattiloscritte con spaziatura doppia) escluse bibliografia, tabelle e figure. Sono ammesse fino a 5 citazioni bibliografiche.

Linee guida. Documenti redatti da comitati speciali o da fonti autorevoli.

Il numero delle figure e delle tabelle deve essere adeguato al tipo e alla lunghezza del lavoro.

PREPARAZIONE DEL MANOSCRITTO

File del testo Per la preparazione del manoscritto si prega di utilizzare il modello predisposto per il tipo di lavoro prescelto (editoriale, articolo originale, review, caso clinico, articolo speciale, lettera alla direzione).

I formati accettati sono Word (.DOC) e RFT. Il file del manoscritto deve contenere il titolo, i dati autori, il riassunto, le parole chiave, il testo, la bibliografia, le didascalie delle tabelle e delle figure. Tabelle e figure devono essere inviate in file separati. Il file non deve contenere link attivi.

Titolo e dati autori Titolo (in inglese per i lavori in lingua inglese, in inglese e in italiano per i lavori in lingua italiana) conciso, senza abbreviazioni. Nome per esteso, iniziale del secondo nome puntata maiuscola seguita dal cognome. "Autore di contatto" segnalato con asterisco. Affiliazione (sezione, dipartimento e istituzione) di ciascun autore. Nome, cognome, indirizzo, e-mail dell'autore di contatto.

Riassunto e parole chiave Il riassunto (in inglese per i lavori in lingua inglese, in inglese e in italiano per i lavori in lingua italiana) non deve superare né essere inferiore alle 300 parole e, in caso di articolo originale, deve essere strutturato nelle sezioni: obiettivo (quello che già si conosce sull'argomento e quello che lo studio intende esaminare), metodi (disegno sperimentale, pazienti e interventi), risultati (cosa è stato trovato), conclusioni (significato dello studio). Per le review sistematiche e le meta-analisi, il riassunto deve essere suddiviso secondo le linee guida del PRISMA statement. Per le parole chiave usare i termini del Medical Subjects Heading (MeSH) di MEDLINE/PubMed. Gli editoriali e le lettere alla direzione non necessitano di riassunto.

Testo Identificare metodologie, apparecchiature (nome e indirizzo del costruttore tra parentesi) e procedure con dettaglio sufficiente a permettere ad altri studiosi di riprodurre i risultati. Menzionare le metodologie già definite, incluse quelle statistiche; menzio-

nare e fornire brevi descrizioni circa metodologie che sono state pubblicate ma non sono ben conosciute; descrivere metodologie nuove o modificate in modo sostanziale; giustificare il loro utilizzo e valutarne i limiti. Di tutti i farmaci si deve citare nome generico, dosaggio e vie di somministrazione; non sono accettati marchi di fabbrica.

Unità di misura, simboli, abbreviazioni devono essere conformi agli standard internazionali. Le misure di lunghezza, altezza, peso e volume dovrebbero essere riportate in unità del sistema metrico (metro, chilogrammo, litro) o in loro multipli decimali. Le temperature dovrebbero essere espresse in gradi Celsius. Le pressioni arteriose in millimetri di mercurio. Tutte le misurazioni di chimica clinica dovrebbero essere espresse in unità del sistema metrico nei termini dell'International System of Units (SI). Si scoraggia l'uso di simboli e sigle poco comuni. Essi vanno comunque spiegati alla prima apparizione nel testo.

Bibliografia È sottointeso che gli articoli citati in bibliografia siano stati letti dagli autori. La bibliografia, che deve comprendere i soli Autori citati nel testo, va numerata con numeri arabi in ordine consecutivo di prima citazione nel testo. Il richiamo delle voci bibliografiche nel testo deve essere fatto con numeri arabi in apice. La bibliografia deve essere citata nello stile standardizzato approvato dall'International Committee of Medical Journals Editors (<http://www.icmje.org>).

RIVISTE

Per ogni voce si devono riportare il cognome e l'iniziale del nome degli Autori (elencare tutti gli Autori fino a sei, se sette o più elencare solo i primi sei nomi seguiti da: *et al.*), il titolo originale dell'articolo, il titolo della rivista (attenendosi alle abbreviazioni usate di MEDLINE/PubMed), l'anno di pubblicazione, il numero del volume, il numero di pagina iniziale e finale. Nelle citazioni bibliografiche seguire attentamente la punteggiatura standard internazionale.

Esempi:

– Articolo standard.

Sutherland DE, Simmons RL, Howard RJ. Intracapsular technique of transplant nephrectomy. *Surg Gynecol Obstet* 1978; 146:951-2.

– Articolo a nome di una commissione.

International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. *Ann Int Med* 1988;108:258-65.

– Supplemento ad un fascicolo

Payne DK, Sullivan MD, Massie MJ. Women's psychological reactions to breast cancer. *Semin Oncol* 1996;23(1 Suppl 2):89-97.

LIBRI E MONOGRAFIE

Per pubblicazioni non periodiche dovranno essere indicati i nomi degli Autori, il titolo, l'edizione, il luogo di pubblicazione, l'editore e l'anno di pubblicazione.

Esempi:

– Libro di uno o più Autori.

Rossi G. Manuale di otorinolaringologia. Torino: Edizioni Minerva Medica; 1987.

– Capitolo di un libro.

De Meester TR. Gastroesophageal reflux disease. In: Moody FG, Carey LC, Scott Jones R, Kelly KA, Nahrwold DL, Skinner DB, editors. *Surgical treatment of digestive diseases*. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1986. p. 132-58.

– Atti congressuali.

Kimura J, Shibasaki H, editors. *Recent advances in clinical neurophysiology*. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neuro-

physiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japan. Amsterdam: Elsevier; 1996.

MATERIALE ELETTRONICO

Articolo standard di rivista su Internet

Kaul S, Diamond GA. Good enough: a primer on the analysis and interpretation of noninferiority trials. *Ann Intern Med* [Internet]. 2006 Jul 4 [cited 2007 Jan 4];145(1):62-9. Available from: <http://www.annals.org/cgi/reprint/145/1/62.pdf>

– Citazione standard di un libro su CD-ROM o DVD
Kacmarek RM. *Advanced respiratory care* [CD-ROM]. Version 3.0. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; © 2000. 1 CD-ROM: sound, color, 4 3/4 in.

– Citazione standard di una homepage

AMA: helping doctors help patients [Internet]. Chicago: American Medical Association; © 1995-2007 [cited 2007 Feb 22].

Available from: <http://www.ama-assn.org/>.

Per la redazione della bibliografia non utilizzare le note a piè di pagina e le note di chiusura di Word.

Le voci bibliografiche citate per la prima volta in una tabella o nella didascalia di una figura devono essere numerate in sequenza con le voci bibliografiche citate nel testo tenendo conto del punto in cui la tabella o la figura è richiamata per la prima volta. Di conseguenza tali voci bibliografiche non devono essere elencate in fondo alla bibliografia ma secondo l'ordine di citazione nel testo.

Note Descrizione del contributo dei singoli autori alla realizzazione del lavoro; lista dei componenti del nome collettivo (nome per esteso, iniziale del secondo nome puntata maiuscola seguita dal cognome con relativa affiliazione); nomi dei collaboratori; eventuali finanziamenti o contratti di ricerca; conflitti di interesse; dati di eventuali congressi ai quali il lavoro sia già stato presentato; ringraziamenti.

Didascalie delle tabelle e delle figure Le didascalie di tabelle e figure devono essere inserite sia nel file di testo sia nel file delle tabelle e delle figure.

File delle tabelle Le tabelle devono essere inviate come file separati. I formati accettati sono Word (.DOC) e RTF. Ogni tabella deve essere creata con il menu Tabella del programma di videoscrittura del sistema operativo utilizzato, selezionando il numero di righe e colonne desiderato. Non si devono usare le tabulazioni. Ogni tabella deve essere correttamente dattiloscritta, preparata graficamente secondo lo schema di impaginazione della rivista, numerata in cifre romane, corredata dal rispettivo titolo. Eventuali annotazioni devono essere inserite al piede della tabella e non nel titolo. Le tabelle devono essere richiamate nel testo in ordine consecutivo.

File delle figure Le figure devono essere inviate come file separati. Formati accettati: preferibilmente JPEG con risoluzione di 300 dpi; altri formati accettati sono TIFF e PDF (alta qualità). Le figure devono essere numerate in cifre arabe e corredate dalla rispettiva didascalia. Le figure devono essere richiamate nel testo in ordine consecutivo.

La riproduzione deve essere limitata alla parte essenziale ai fini del lavoro.

Le foto istologiche devono sempre essere accompagnate dal rapporto di ingrandimento e dal metodo di colorazione.

Per le figure a colori specificare sempre se si desidera la riproduzione a colori o in bianco e nero.



INDICE

389

EDITORIALE

Raccomandazioni delle associazioni scientifiche per le vaccinazioni negli atleti professionisti

Casasco M, Gianfelici A, Icardi G, Milicia GM, Odone A, Parisi A, Pasquarella C, Signorelli C, Veicsteinas A, Vezzosi L, on behalf of Federazione Medico Sportiva Italiana (F.M.S.I.) and Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica (S.It.I.)

410

AREA FISIOLÓGICA

Effetti dell'allenamento di forza e *core stability* versus allenamento di forza e aerobico a intensità controllata in soggetti over 65

Sannicandro I

419

L'interazione del focus attentivo esterno/interno e rilevante/irrilevante sulla prestazione efficace: il ruolo di mediazione dell'informazione visiva

Saemi E, Abdoli B, Farsi A, Sanjari MA

430

Effetto di cemento e terra rossa sulla performance di sprint dopo un match di tennis in carrozzina: studio in acuto

Ponzano M, Gollin M

439

Misura della propriocezione del ginocchio tramite dinamometria isocinetica e applicazione per iPhone: uno studio comparativo di validazione

Unal M, Ercan S, Ogul A, Cetin C

447

Sollecitazioni fisiche, reazione della frequenza cardiaca e prestazione di talentuosi arbitri di calcio

Fernández-Elías VE, Gómez-López M, de la Vega R, Clemente-Suárez VJ

457

AREA MEDICA

Fibrillazione e flutter atriale negli sportivi: meccanismi fisiopatologici, iter diagnostico terapeutico e giudizio di idoneità

Camelio S, Luciani U, Faiola F, Cotugno A, Vinetti G, D'Elia M, Casasco M, Bianchi G

480

L'eliminazione dei cibi in base agli anticorpi immunoglobuline G migliora i sintomi dei disturbi gastrointestinali e la prestazione sportiva negli atleti professionisti

Kostic-Vucicevic M, Michalickova D, Dikic N, Stojmenovic T, Andjelkovic M, Nikolic I, Vukasinovic-Vesic M, Malic T

495

Valutazione degli effetti antiossidanti dell'integrazione di licopene negli atleti tramite cromatografia liquida ad alta prestazione

Zhang Q, Zheng J, Qiu J, Wu X, Xu Y, Sun M

503

Prevalenza dei genotipi RR del locus *ACTN3-R577X* in una popolazione sarda di atleti professionisti di muay thay

Marziliano N, Fiorilli G, Casu G, La Delfa G, Occhipinti D, Fiscella D, Berne P, Iuliano E, Ardissino M, Intrieri M

512

Amplificazione della pressione di pulsazione e indice di aumento aortico in giocatori agonisti di pallamano adolescenti

Potoră CS, Albu A, Tache S

521

Capacità fisico-motorie di bambini gravemente ritardati di King William's Town, Sud Africa

Salawu S, Lyoka P, Goon DT

537

Effetti dell'integrazione di due settimane di succo di *Opuntia ficus-indica* sul ritmo cardiaco e la performance anaerobica

Aloui K, Abedelmalek S, Chtourou H, Denghezli M, Souissi N

551

AREA TRAUMATOLOGICA

Effetto del plasma ricco di piastrine sullo status antiossidante, nel danno muscolare indotto dal post-esercizio, in uomini in salute

Punduk Z, Hismiogullari SE, Dogan S, Meric G, Rahman K, Hismiogullari AA

563

Assenza di differenze tra giocatori di calcio professionisti e semi-professionisti nella valutazione funzionale per il processo decisionale riguardante il ritorno allo sport in seguito alla ricostruzione dell'LCA

Fischer F, Gföller P, Hoser C, Gatterer H, Schwarzenbrunner K, Dünnwald T, Schobersberger W, Fink C

574

NOTIZIARIO

Santilli G

575

RINGRAZIAMENTI

Santilli G

576

IN MEMORIA



CONTENTS

389

EDITORIAL

Immunization in elite athletes: recommendations endorsed by scientific associations

Casasco M, Gianfelici A, Icardi G, Milicia GM, Odone A, Parisi A, Pasquarella C, Signorelli C, Veicsteinas A, Vezzosi L, on behalf of Federazione Medico Sportiva Italiana (F.M.S.I.) and Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica (S.It.I.)

410

PHYSIOLOGICAL AREA

Effects of strength and core stability training *versus* strength and aerobic training in subjects aged over 65

Sannicandro I

419

The interaction of external/internal and relevant/irrelevant attentional focus on skilled performance: the mediation role of visual information

Saemi E, Abdoli B, Farsi A, Sanjari MA

430

Effects of hard courts and clay courts on sprinting performance after a wheelchair tennis match: an acute study

Ponzano M, Gollin M

439

Measurement of knee proprioception with isokinetic dynamometry and iPhone-based application: a comparative validation study

Unal M, Ercan S, Ogul A, Cetin C

447

Physical demands, heart rate response and performance of talent soccer referees

Fernández-Elías VE, Gómez-López M, de la Vega R, Clemente-Suárez VJ

457

MEDICAL AREA

Atrial fibrillation and flutter in sportsmen: pathophysiological mechanisms, diagnostic-therapeutic process and judgement of eligibility

Camelio S, Luciani U, Faiola F, Cotugno A, Vinetti G, D'Elia M, Casasco M, Bianchi G

480

Food elimination based on immunoglobulin G antibodies improves gastrointestinal discomfort symptoms and sport performance in professional athletes

Kostic-Vucicevic M, Michalickova D, Dikic N, Stojmenovic T, Andjelkovic M, Nikolic I, Vukasinovic-Vesic M, Malic T

495

Evaluation of the antioxidant effects of lycopene supplementation in athletes by high performance liquid chromatography

Zhang Q, Zheng J, Qiu J, Wu X, Xu Y, Sun M

503

Prevalence of the RR genotypes of the locus *ACTN3-R577X* in Italian Muay Thai elite fighters

Marziliano N, Fiorilli G, Casu G, La Delfa G, Occhipinti D, Fiscella D, Berne P, Iuliano E, Ardissino M, Intrieri M

512

Pulse pressure amplification and aortic augmentation index in adolescent competitive handball players

Potoră CS, Albu A, Tache S

521

Physical motor competences of severely mentally challenged children in King William's Town, South Africa

Salawu S, Lyoka P, Goon DT

537

The effect of two weeks *Opuntia ficus-indica* juice supplementation on heart rate and anaerobic performance

Aloui K, Abedelmalek S, Chtourou H, Denghezli M, Souissi N

551

TRAUMATOLOGICAL AREA

Effect of platelet rich plasma on antioxidant status in healthy men postexercise-induced muscle damage

Punduk Z, Hismiogullari SE, Dogan S, Meric G, Rahman K, Hismiogullari AA

563

No differences in the functional assessment for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction in professional and semi-professional soccer players

Fischer F, Gföller P, Hoser C, Gatterer H, Schwarzenbrunner K, Dünnwald T, Schobersberger W, Fink C

574

NEWS

Santilli G

575

ACKNOWLEDGEMENT

Santilli G

576

IN MEMORY

EDITORIAL

Immunization in elite athletes: recommendations endorsed by scientific associations

Raccomandazioni delle associazioni scientifiche per le vaccinazioni negli atleti professionisti

Maurizio CASASCO ¹, Antonio GIANFELICI ², Giancarlo ICARDI ^{3,4},
Girolamo M. MILICIA ⁵, Anna ODONE ^{3,5}, Attilio PARISI ^{1,6}, Cesira PASQUARELLA ⁵,
Carlo SIGNORELLI ^{5*}, Arsenio VEICSTEINAS ⁷, Luigi VEZZOSI ^{5,8},
on behalf of Federazione Medico Sportiva Italiana (F.M.S.I.)
and Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica (S.It.I.)

¹Federazione Medico Sportiva Italiana (F.M.S.I.), Rome, Italy; ²AMS Istituto Medicina dello Sport, Rome, Italy; ³Vaccines Group, Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica (S.It.I.), Rome, Italy; ⁴Department of Health Sciences, University of Genoa, Genoa, Italy; ⁵Department of Medicine and Surgery, University of Parma, Parma, Italy; ⁶University of Rome "Foro Italico", Rome, Italy; ⁷Scientific and Cultural Committee, Federazione Medico Sportiva Italiana (F.M.S.I.), Rome, Italy; ⁸Department of Experimental Medicine, University of Campania "Luigi Vanvitelli", Naples, Italy

*Corresponding author: Carlo Signorelli, Department of Medicine and Surgery, University of Parma, Via Volturno 39, 43125, Parma, Italy. E-mail: carlo.signorelli@unipr.it

SUMMARY

In September 2017 the Italian Hygiene, Preventive Medicine and Public Health Association (S.It.I.) and the Italian Sports Medicine Federation (F.M.S.I.) drew up and approved guidelines concerning correct vaccination schedule for professional athletes (the so-called "elite athletes"). The purpose of this joint document is to provide physicians with useful and up-to-date information on vaccination practices in the various sport disciplines; the document takes into account the recommendations published in the National Vaccine Prevention Plan 2017-2019 (PNPV 2017-2019) and Law 119 issued on 31st July 2017 which draws new immunization schedules. Recommendations may differ on the basis of scientific evidences, taking into account the type of sport (e.g. individual and team sports, combat sports, etc.), the sport venue and the specific athlete's profile (e.g. frequent international traveler). It has also been considered appropriate to briefly review all the reference regulations, as well as to offer advice for optimizing the vaccination practice, indicating possible temporary or permanent contraindications, the most appropriate timing for vaccination, and suggestions to minimize any possible postvaccinal side-effects.

(Cite this article as: Casasco M, Gianfelici A, Icardi GM, Milicia G, Odone A, Parisi A, et al.; Federazione Medico Sportiva Italiana (F.M.S.I.) and Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica (S.It.I.). Joint recommendations for the appropriate use of vaccinations in professional athletes. Med Sport 2017;70:389-409. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03250-1)

KEY WORDS: Athletes - Sports - Vaccines - Communicable diseases - Prevention and control.

RIASSUNTO

La Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica (S.It.I.), e la Federazione Italiana Medico Sportiva (F.M.S.I.) nel settembre 2017 hanno elaborato e approvato indirizzi finalizzati a un corretto utilizzo delle vaccinazioni negli atleti sportivi professionisti (c.d. "atleti d'élite"). Lo scopo di tale documento intersocietario è fornire ai medici indicazioni utili e aggiornate sulle pratiche vaccinali nell'ambito delle diverse discipline sportive, anche alla luce dell'emanazione del Piano Nazionale Prevenzione Vaccinale 2017-2019 (PNPV 2017-2019) e della Legge n. 119 del 31 luglio 2017 per le nuove disposizioni sull'obbligo vaccinale. Le raccomandazioni sono state differenziate sulla base di evidenze scientifiche che tengono conto: della tipologia di sport (es. sport individuali e di squadra, sport di combattimento, ecc.), del luogo dove viene praticata l'attività sportiva, e della peculiare situazione dell'atleta (es. impegnato in trasferte internazionali). Si è ritenuto inoltre opportuno richiamare l'excursus delle normative di riferimento, nonché offrire consigli atti a ottimizzare l'atto vaccinale, indicando possibili controindicazioni temporanee o permanenti, la tempistica più opportuna per la vaccinazione, e fornendo suggerimenti per ridurre al minimo eventuali effetti collaterali postvaccinali.

PAROLE CHIAVE: Atleti - Sport - Vaccini - Malattie infettive - Prevenzione.

Although the World Health Organization (WHO) and other International Health Agencies have recently issued indications to counter the risk of infectious diseases spreading among athletes and spectators during a number of major international sporting events (Soccer World Cup in South Africa in 2010, the Olympic and Paralympic Games in Rio de Janeiro 2016, the Vancouver Winter Olympic Games in 2010 and the European Soccer Championships in 2008 in Austria and Switzerland),¹⁻⁴ this problem is still largely underestimated so that, even though many diseases can be prevented through vaccines, promotion of and adherence to vaccinations is still incomplete.^{5, 6} A widespread belief is that elite or top-level athletes - meaning athletes who currently compete, or have competed in the past, as university athletes or professionals at national or international level - enjoy a higher degree of well-being compared to the general population and a perfect health scientific evidence, however, suggests that, while moderate exercise enhances immune response, intense exercise can stress the immune system therefore exposing athletes to a higher risk of infectious diseases and accidents.⁷⁻⁹ Many studies have in fact shown that intense physical activity, -characterized by high training workloads and frequent competitions- can increase susceptibility to viral and bacterial infections by reducing both humoral and cell-mediated immunity and creating a temporary suppression of the immune response ranging from 3 to 72 hours; this short term immune depression is called "open window".^{10, 11}

Moreover international journeys (especially in countries with endemic infectious diseases) large gatherings/meetings, sharing of restricted common areas (such as hotel rooms, means of transport, changing rooms and canteens) expose athletes to an additional risk of pathogen transmission.^{7, 12-15} As documented below, epidemic outbreaks and cases of vaccine-preventable infectious diseases have been reported in top-level athletes (HBV and HAV, HPV, influenza, meningococcus, measles, parotitis, pertussis, tetanus) having sometimes involved not only teammates, opponents and staff members, but also family members and spectators.

Goodman *et al.* have identified worldwide 38 outbreaks of infectious diseases in athletes between 1966 and 1993, distributed as follows:

— 24 outbreaks due to direct person-to-person transmission including one epidemic of hepatitis B;

Nonostante l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e altre Agenzie Sanitarie Internazionali abbiano dato recentemente indicazioni per contrastare il rischio di diffusione di malattie infettive tra gli atleti e gli spettatori durante diverse importanti manifestazioni sportive di livello internazionale (Coppa del Mondo di calcio in Sudafrica del 2010, Giochi Olimpici e Paraolimpici di Rio de Janeiro 2016, Giochi Olimpici Invernali di Vancouver del 2010 e i Campionati Europei di calcio del 2008 in Austria e Svizzera) ¹⁻⁴ questa problematica è ancora largamente sottostimata: tant'è che, laddove la malattia sia prevenibile attraverso interventi vaccinali, si registra ancora un'incompleta promozione e adesione alle vaccinazioni.^{5, 6}

È credenza comune che gli atleti d'élite o di alto livello — intesi come atleti che attualmente o in passato abbiano gareggiato come atleti universitari o professionisti a livello nazionale o internazionale — abbiano un grado di benessere superiore a quello della popolazione generale e che siano soggetti in perfetta salute; tuttavia, molte evidenze scientifiche suggeriscono che, mentre l'esercizio moderato migliora la risposta immunitaria, l'esercizio fisico intenso può creare uno stress del sistema immunitario esponendo questi atleti a un maggior rischio di malattie infettive, oltre che di infortuni.⁷⁻⁹ Numerosi studi hanno dimostrato infatti che un'intensa attività fisica, caratterizzata da carichi di lavoro elevati durante gli allenamenti e da frequenti competizioni, può aumentare la suscettibilità alle infezioni virali e batteriche attraverso una riduzione dell'immunità sia umorale che cellulo-mediata, creando uno stato di soppressione temporanea a breve termine del sistema immunitario di una durata di 3-72 ore definita "open window".^{10, 11}

Inoltre, anche le trasferte internazionali (soprattutto in regioni dove vi siano malattie infettive endemiche), i grandi raduni/meeting, la condivisione di spazi comuni ristretti come camere d'albergo, mezzi di trasporto, spogliatoi e mense espongono gli atleti a un ulteriore rischio di trasmissione di patogeni.^{7, 12-15} Come documentato successivamente, sono stati descritti focolai e casi di malattie infettive prevenibili da vaccino sviluppatasi tra atleti di alto livello (epatite A e B, papilloma virus, influenza, meningococco, morbillo, parotite, pertosse, tetano) che in alcuni casi hanno coinvolto non solo compagni di squadra, avversari e membri dello staff, ma anche familiari e spettatori.

Goodman et al. hanno individuato nel mondo 38 focolai di malattie infettive negli atleti tra il 1966 e il 1993 così distribuiti:

— 24 focolai dovuti a trasmissione diretta da persona a persona, tra cui un'epidemia di epatite B;

- 9 outbreaks due to a common source;
- 5 outbreaks of measles (air-borne transmission): in one of these outbreaks the post-exposure vaccination of 1300 people was necessary.¹²

In a worldwide review of medical literature by Turbeville *et al.*, 59 outbreaks of infectious diseases have been reported in competitive sports from 1922 to 2005, mostly in football (20 outbreaks, 34% of all reports), followed by wrestling (19 outbreaks, 32%), rugby (10 outbreaks, 17%), soccer (2 outbreaks, 3%), ecochallenge races (2 outbreaks, 3%) and one outbreak each in swimming, triathlon, athletics, trekking, gymnastics, basketball and fencing.¹³

Out of these 59 outbreaks, 4 were due to hepatitis A and B viruses (7%), 3 to measles virus (5%), and 2 to *Neisseria meningitidis* (3%).

In the last systematic review by Grosset-Jannin *et al.* 51 outbreaks of infectious diseases in sports have been globally reported from 1990 to 2011; once again among the pathogens involved there were: measles virus (2 outbreaks), *Neisseria meningitidis* (2 outbreaks) and hepatitis B virus (1 outbreak).¹⁴

Infections can have a greater impact in top-level sports: even mild symptoms can prevent the athlete from training effectively and/or compromise his/her participation in local competitions or major international competitions, thus frustrating long periods of training and sacrifices.¹⁵

During the acute phase of the illness, great care should be taken to oppose "heroic" attitudes of athletes, who would like to go on training and competing not being aware of the potential threaten to their health.¹⁶

In fact pathogens that are usually responsible for mild symptoms or diseases in the general population, may cause serious complications and even fatal outcomes due intense physical effort (such as viral myocarditis) in elite athletes.^{8, 16, 17} Doctors and staff should therefore advise return to activity (characterized by high intensity training and competition) only after full remission and healing.⁸ The spectrum of infectious diseases to which athletes are exposed may differ from that of the general population.¹⁵

It should be born in mind that the risk of contracting certain infections may increase depending on the type of sport practiced:

- contact sports bear a higher risk of parenterally transmissible infections via open wounds or sweat: the literature reports frequent cases/outbreaks of HBV in these sports;^{18, 19}

- 9 focolai dovuti a una sorgente comune;
- 5 focolai di morbillo (trasmissione aerea): in uno di questi focolai si è resa necessaria la vaccinazione postesposizione di 1300 persone.¹²

In una revisione della letteratura condotta a livello mondiale da Turbeville *et al.* sono stati descritti 59 focolai di malattie infettive negli sport agonistici dal 1922 al 2005 maggiormente nel football (20 focolai, 34% di tutti gli eventi riportati) e a seguire nel wrestling (19 focolai, 34%), rugby (10 focolai, 17%), calcio (2 focolai, 3%), gare di ecochallenge (2 focolai, 3%) e un focolaio nel nuoto, triathlon, atletica, trekking, ginnastica, basket e nella scherma.¹³

Tra questi 59 focolai 4 erano dovuti ai virus dell'epatite A e B (7%), 3 al virus del morbillo (5%), e 2 a *Neisseria meningitidis* (3%).

Nell'ultima revisione sistematica di Grosset-Jannin *et al.* sono stati riportati 51 focolai di malattie infettive negli sport dal 1990 al 2011 a livello globale; anche in questo caso tra gli agenti patogeni coinvolti vi era il virus del morbillo (2 focolai), *Neisseria meningitidis* (2 focolai) e il virus dell'epatite B (1 focolaio).¹⁴

Le infezioni possono avere un impatto maggiore in chi pratica sport ad alto livello: anche sintomi lievi possono impedire all'atleta di allenarsi in maniera efficace e/o compromettere la sua partecipazione a gare locali o a grandi competizioni internazionali, andando così a vanificare lunghi periodi di allenamento e sacrifici.¹⁵

Durante gli episodi acuti di malattia, si dovrebbe porre molta attenzione nel contrastare alcuni atteggiamenti "eroici" degli atleti, i quali vorrebbero continuare ad allenarsi e/o a partecipare alle competizioni poiché non consapevoli dei possibili rischi per la loro salute.¹⁶

Infatti patogeni che nella popolazione generale causano normalmente sintomi o malattie lievi, negli atleti d'élite, a causa degli intensi sforzi fisici, possono provocare complicanze gravi e talora esiti fatali come, ad esempio, la miocardite postinfluenzale.^{8, 16, 17} I medici e gli staff dovrebbero perciò incoraggiare il ritorno alla normale routine (caratterizzata da allenamenti a elevate intensità e alle competizioni agonistiche) solo dopo la completa remissione e guarigione.⁸ Lo spettro di malattie infettive a cui sono esposti gli atleti può essere diverso da quello della popolazione generale.¹⁵

Occorre tenere presente come il rischio di contrarre determinate infezioni possa essere superiore in rapporto alla tipologia di sport praticato:

- negli sport di contatto esiste un rischio maggiore di contrarre infezioni trasmissibili per via parenterale tramite ferite aperte e il sudore: in letteratura sono stati riportati frequenti casi/focolai di epatite B in tali sport;^{18, 19}

- team sports lead to an increased risk of :
 - airborne diseases (close contact): the literature documents cases/outbreaks of influenza,^{16, 17, 20-22} meningococcus,²³⁻²⁵ measles,^{12, 13, 17, 26-29} parotitis,^{12, 26, 30-32} pertussis,⁷ varicella;¹²
 - diseases transmissible by means of personal items (flasks, towels, combs, etc.) already contaminated by infected blood or fluids, like hepatitis B;^{33, 34}
 - infections and/or food-borne infections due to contaminated food and drinks and their eventual sharing among athletes;^{26, 35}

— open-air sport expose athletes to a higher risk of infections whenever open wounds soil come into contact (tetanus);

— in aquatic sports contact with water in the pool, promiscuity in room structures, infrastructures and toilet facilities risk of hepatitis A, *Salmonella Typhi* and *Vibrio cholerae* transmission.³⁶⁻³⁸

Furthermore we have to consider that some risky behaviors that may be sometimes diffused among athletes, such as unprotected sex and prohibited drugs and doping substances use, potentially expose them to HPV and HBV risk ^{39, 40} as well as, as above mentioned, journeys abroad may expose them to endemic diseases or typical travelers' infections such as hepatitis A.^{12, 13, 26, 41}

Another issue which is not to be underestimated is foreign athletes' immunization, since many studies have pointed out insufficient vaccine coverage; this exposes them, team-mates, staff members, family members and any person getting in contact with them to the risk of infectious diseases.^{6, 18}

Further risk factors potentially responsible for infective diseases diffusion are all the invasive maneuvers that athletes can resort to such as acupuncture or the increasingly widespread fashion of piercing and tattoos in various parts of the body.^{17, 35, 42-47}

Out of all above mentioned sprouts of how important is vaccine prophylaxis in order to protect both athletes and all those who are next to them.

Although the International Olympic Committee (IOC) has stressed the importance of assessing elite athletes' immunization during their periodic medical check-up, there are currently only few general recommendations and guidelines for vaccinations both National (tetanus vaccination - Italian National Olympic Commit-

— *negli sport di squadra esiste un rischio aumentato di contrarre:*

- *malattie trasmissibili per via aerea (tramite contatti ravvicinati): sono documentati in letteratura casi/focolai di influenza,^{16, 17, 20-22} meningococco,²³⁻²⁵ morbillo,^{12, 13, 17, 26-29} parotite,^{12, 26, 30-32} pertosse,⁷ varicella;¹²*
- *patologie trasmissibili tramite lo scambio di oggetti personali (borracce, asciugamani, pettini ecc.), contaminati da sangue o fluidi infetti, come l'epatite B;^{33, 34}*
- *infezioni e/o tossinfezioni causate da cibi e bevande contaminati e dalla possibile condivisione di questi alimenti tra gli atleti;^{26, 35}*

— *negli sport all'aperto esiste un rischio maggiore di contrarre infezioni dovute al contatto tra ferite aperte ed il terreno (tetano);*

— *negli sport acquatici, a causa del contatto con l'acqua in vasca, con strutture e infrastrutture negli spogliatoi e servizi igienici sussiste un rischio di trasmissione di epatite A, Salmonella Typhi e Vibrio cholerae.³⁶⁻³⁸*

Ulteriori fattori da considerare sono i comportamenti a rischio diffusi tra gli atleti, in particolare il sesso non protetto e l'uso di farmaci proibiti e sostanze dopanti per via iniettiva, che espongono al rischio di contrarre infezioni provocate da HPV e HBV,^{39, 40} e, come già ricordato, le eventuali trasferte che possono esporre l'atleta a malattie endemiche o a malattie tipiche del viaggiatore come l'epatite A.^{12, 13, 26, 41}

Un'altra problematica da non sottovalutare riguarda lo stato immunitario degli atleti stranieri, dato che numerosi studi hanno dimostrato insufficienti coperture vaccinali esponendo loro stessi, ma anche compagni di squadra, membri dello staff, familiari e altri contatti al rischio di diffusione di malattie infettive.^{6, 18}

Infine viene posta attenzione a tutte le manovre cruenti a cui gli atleti possono ricorrere come, per esempio, terapie con agopuntura oppure la sempre più diffusa abitudine di collocare piercings e farsi tatuare in varie parti del corpo.^{17, 35, 42-47}

Alla luce di tutte queste valutazioni emerge come sia importante il ruolo della profilassi vaccinale che consentirebbe di salvaguardare la performance e la salute dell'atleta e di chi gli sta vicino.

Nonostante il Comitato Olimpico Internazionale (CIO) abbia sottolineato l'importanza della valutazione dello stato vaccinale dell'atleta d'élite durante la valutazione periodica dello stato di salute, attualmente vi sono solo poche e generiche raccomandazioni e linee guida vaccinali sia a livello nazionale (vaccinazione antitetanica –

tee CONI) and International (vaccinations for traveling athletes - IAAF International Association of Athletics Federations).⁴⁸⁻⁵⁰

It is therefore important to draw up a specific vaccination schedule -based on the specific risk each sport or group of sports- focused on protecting individual and collective health of a group whose characteristics peculiarly differ from those of the rest of society.

The context: legislation in force and the PNPV 2017-2019

Laws 891/39 and 51/66 introduced compulsory vaccination against diphtheria and polio, but the first Italian law governing vaccinations in sports goes back to 1963.^{51, 52}

Law 292/63 imposes on CONI-affiliated athletes the obligation of tetanus vaccine,⁴⁹ whereas the following Presidential Decree 1301/65 establishes that athletes who have not vaccine coverage or who have not received vaccine booster doses cannot be registered or must be cancel by the Federations which they belong to.

Another fundamental law for athletes health protection, considering how widely diffused is hepatitis B in sports, is 165/91, which has made introduced mandatory HBV vaccination for all newborns in Italy.⁵³

The current National Vaccine Prevention Plan PNPV 2017-19⁵⁴ stems from the National Prevention Plan (PNP) 2014-2018 and the European Vaccine Action Plan (EVAP) and is based on the previous National Vaccine Prevention Plan (PNPV) 2012-2014 legacy all three share the same goal that is harmonizing strategies in the country to guarantee the population the full benefits of vaccination, as a means to achieve both individual and collective prevention.

In the current political scenery that is "health federalism" the issue of national vaccination schedule, result of shared technical and political recommendations among national, regional and local health-providers,, represents a guarantee for equal access to vaccine services throughout the country. In addition to mandatory vaccinations the PNPV 2017-19,⁵⁴ strongly recommends other vaccinations for children, teenagers and adults (Table D).⁵⁵

New strategies, besides including vaccinations in the Essential Levels of Care (LEA), have been introduced with the new PNPV 2017-2019:

- indication for HPV vaccination in males;
- recommendation to extend HPV vacci-

Comitato Olimpico Nazionale Italiano CONI) che internazionale (vaccinazioni per atleta viaggiatore – Associazione Internazionale Federazioni di Atletica IAAF).⁴⁸⁻⁵⁰

Appare quindi importante stilare un vademecum sulle vaccinazioni che sia adeguato al rischio specifico proprio di ogni disciplina o gruppo di discipline sportive a tutela della salute del singolo e della salute collettiva di una popolazione con caratteristiche ben diverse dalla popolazione generale.

Il contesto: la legislazione vigente e il PNPV 2017-2019

Le Leggi 891/39 e 51/66 hanno introdotto l'obbligatorietà della vaccinazione antidifterite e antipolio, ma la prima norma italiana che regola le vaccinazioni in ambito sportivo risale al 1963.^{51, 52}

La Legge 292/63 impone agli atleti affiliati al CONI l'obbligo della vaccinazione antitetanica,⁴⁹ mentre il successivo DPR 1301/65 stabilisce che gli sportivi non vaccinati o non in regola con i richiami vaccinali non possano essere iscritti e debbano essere cancellati dalle Federazioni di appartenenza.

Un'altra norma fondamentale di cui hanno beneficiato anche gli atleti (data l'importanza della diffusione dell'epatite B nello sport), è la Legge 165/91 con la quale è stata introdotta l'obbligatorietà per tutti i nuovi nati della vaccinazione anti-epatite B in Italia.⁵³

L'attuale Piano Nazionale Prevenzione Vaccinale PNPV 2017-19⁵⁴ discende dal Piano Nazionale della Prevenzione (PNP) 2014-2018 e dall'European Vaccine Action Plan (EVAP) e si sviluppa sull'eredità del precedente Piano Nazionale Prevenzione Vaccinale (PNPV) 2012-2014, con cui condivide l'obiettivo generale di armonizzare le strategie vaccinali nel Paese per garantire alla popolazione i pieni benefici derivanti dalla vaccinazione, intesa non solo come strumento di prevenzione personale, ma anche collettiva.

L'emanazione di raccomandazioni nazionali fortemente condivise sul piano tecnico e politico con le Regioni e le Province Autonome, nell'attuale panorama politico caratterizzato dal federalismo sanitario, rappresenta una garanzia di equità di accesso alle prestazioni vaccinali su tutto il territorio nazionale. Il PNPV 2017-19,⁵⁴ oltre alle vaccinazioni obbligatorie per legge, raccomanda fortemente altre vaccinazioni sia per i bambini-adolescenti, ma anche per gli adulti (Tabella I).⁵⁵

Oltre all'inserimento delle vaccinazioni nei Livelli Essenziali di Assistenza (LEA), vi sono altre novità introdotte con il nuovo PNPV 2017-19:

- l'introduzione della vaccinazione anti-HPV nel maschio;

TABLE I.—PNPV 2017-2019 vaccine calendar (from Signorelli *et al.*).⁵⁵
 TABELLA I. — *Calendario vaccinale PNPV 2017-2019 (da Signorelli et al.)*.⁵⁵

Vaccine	0-30 days	3 months	4 months	5 months	6 months	7 months	11 months
DTaP**		DTaP		DTaP			DTaP
IPV		IPV		IPV			IPV
Hepatitis B	HepB HepB*	HepB		HepB			HepB
Hib		Hib		Hib			Hib
Pneumococcus		PCV		PCV			PCV
MMRV							
MMR							
Varicella							
Meningococcus C							
Meningococcus B* ^			Men B	Men B	Men B		
HPV							
Influenza							
Herpes zoster							
Rotavirus			Rotavirus ** (two or three doses depending on type of vaccine)				
Hepatitis A							

IPV: inactivated poliovirus; HepB: hepatitis B vaccine; Hib: Haemophilus influenzae B vaccine; DTaP: acellular diphtheria, tetanus, pertussis vaccine for adults; dTpa-IPV: acellular diphtheria, tetanus, pertussis vaccine and inactivated poliovirus for adults; MPRV: measles, mumps (parotitis), rubella and varicella vaccine; MMR: measles, mumps (parotitis), and rubella vaccination; V: varicella vaccine; PCV: Pneumococcus conjugate vaccine; PPSV: polysaccharides Pneumococcus vaccine; MenC: Meningococcus conjugate vaccine; MenB: Meningococcus B vaccine; HPV: Human Papilloma Virus vaccine; Influenza: Influenza vaccine; Rotavirus: Rotavirus vaccine; HepA: Hepatitis A vaccine.

*In the children of HBsAg positive mothers, administer the first dose of vaccine within the first 12-24 hours of life, at the same time as the specific Ig. The cycle should be completed with the 2nd dose 4 weeks after the first; starting from the 3rd dose, which should be administered from day 61, follow the schedule with the hexavalent combination vaccine; *) while final evaluation of the best schedule is left to the local authorities who will decide on the basis of vaccine supply and timing, we think it useful to suggest a plan for the insertion of meningococcal B vaccine. The recommended vaccination sequence is as follows (the days are obviously indicative and not mandatory):

1. Hexavalent + Pneumococcal starting 3rd month of life (61st day of life);
2. Meningococcal B after 15 days (76th day);
3. Meningococcal B after 1 month (106th day);
4. Hexavalent + Pneumo after 15 days, at start of 5th month of life (121st day);
5. Meningococcal B after 1 month, at start of 6th month of life (151st day);
6. Hexavalent + Pneumococcal at 11 months of age;
7. Meningococcal B at 13th month;
8. Meningococcal C, always at the end of one year of life.

**The third dose should be administered at least 6 months after the second.

***The fourth dose, the last of the primary series, should be administered in the 5th-6th year of life. The adult type formulation (dTpa) can also be used from the age of 4, provided that parents are adequately informed about the importance of a booster at adolescence and that high vaccine coverage is guaranteed in adolescent age.

****Boosters should be administered every 10 years.

nation to twenty-five-year-old females and all other women at risk for HPV infection;

— ten-year tetanus, diphtheria and pertussis recalls.

In accordance with the National Plan for the Measles and Congenital Rubella global eradication the PNPV 2017-19 recommends active, free vaccination for all adults who show no immunization against even just one of the three viruses (measles, parotitis, rubella) and suggests that have to receive vaccination as soon as it is feasible. This recommendation can also be extended

— la raccomandazione della vaccinazione anti-HPV estesa alle venticinquenni e a tutte le altre donne candidabili al vaccino;

— il richiamo decennale della vaccinazione antitetanica con quella antidifterica e antipertossica.

In accordo con il Piano Nazionale di Eliminazione del Morbillo e della Rosolia Congenita, il PNPV 2017-19 raccomanda la vaccinazione attiva e gratuita per tutti gli adulti non immuni anche per una sola delle tre malattie oggetto della vaccinazione (morbillo, parotite, rosolia) e suggerisce che i soggetti adulti non immuni debbano essere

13 months	15 months	6 years	12-18 years	19-49 years	50-64 years	>64 years	Subjects at increased risk
		DTaP *** IPV	dTapIPV	1 dose dTap **** every 10 years			(1)
							(2)
							(3)
						PCV+PPSV	(4)
	MMRV	MMRV					(6)
	or	or					(5)
	MMR	MMR					(6)
	+	+					
	V	V					
	Men C §		Men ACWY conjugate				(7)
Men B							
			HPV: 2-3 doses (depending on age and vaccine)				(8)
						1 dose per annum	(9)
						1 dose #	(10)
							(11)

§Single dose. Vaccination against meningococcal C is carried out by cohort at the 13th-15th month of life. For the second cohort at 12-14 years of age, it is recommended that a dose of Men ACWY conjugate vaccine be administered both to subjects who have never been vaccinated before and to children already immunized in childhood with Men C or Men ACWY. In individuals at risk, vaccination against meningococcal C may begin from the third month of life with three total doses, the last of which, however, at the completion of the first year of life.

°Administer two doses at 0 and 6 months (bivalent vaccine between 9 and 14 years old; quadrivalent vaccine between 9 and 13 years old); three doses at 0, 1, 6 (bivalent) or 0, 2, 6 months (quadrivalent) at subsequent ages.

*Recommended administration to a cohort of 65 year old subjects, **Recommended in a universal offer, co-administrable with all other vaccines scheduled for the first months of life.

Vaccinations for subjects at increased risk (for details see the specific sections of this plan).

(1) dTap: number of doses depending on whether it is a basic or booster cycle; for women, at the third trimester of each pregnancy (ideally 28th week);

(2) Hepatitis B: 3 Doses, Pre-exposure (0, 1, 6 months) 4 Doses: Post-exposure (0, 2, 6 weeks + 1 year booster) or imminent Pre-Exposure (0, 1, 2, 12);

(3) Hib: for subjects of all ages at risk and never previously vaccinated - number of doses as per datasheet, depending on age;

(4) PCV: up to 5 years, then PCV/PPSV;

(5) MMR: 2 doses at least 4 weeks later; depending on age and immune status of varicella, it is also possible to co-administer the trivalent MMR vaccine and the monovalent varicella vaccine or use the tetravalent MMRV;

(6) Varicella: 2 doses at least 4 weeks later; depending on the age and immune status of measles, parotitis and rubella, it is also possible to coadminister the monovalent varicella vaccine and the trivalent MMR vaccine or use the tetravalent MMRV;

(7) For subjects at increased risk, offer meningococcal ACYW and meningococcal B - number of doses as per datasheet depending on age;

(8) HPV: all ages as per datasheet - number of doses as per datasheet according to age;

(9) Influenza: all ages as per datasheet - number of doses as per datasheet according to age;

(10) Herpes zoster: starting from 50 years of age;

(11) HepA: number of doses as per datasheet.

to varicella since the quadrivalent MMRV vaccine is currently available and recommended.

Moreover the importance of annual influenza vaccination and hepatitis A, ACYW-135 meningococcus strains and pneumococcus vaccinations whenever a particular risk occurs, is also stressed in the new Plan.

Finally, in light of epidemiology and potential exposure, vaccinations against the following infections are suggested for international travelers: cholera, Japanese encephalitis, tick-borne meningo-encephalitis, hepatitis A and B, yellow

vaccinati in tutte le occasioni opportune. Tale discorso può essere esteso anche alla varicella, essendo attualmente disponibile e consigliato il vaccino quadrivalente MPRV.

Inoltre, nel nuovo Piano viene ribadita l'importanza della vaccinazione annuale contro l'influenza e delle vaccinazioni contro epatite A, Meningococco ACYW₁₃₅ e Pneumococco, in caso di particolari situazioni a rischio.

Infine per i viaggiatori internazionali, a seconda dell'epidemiologia e delle potenziali esposizioni, vengono suggerite le vaccinazioni contro le seguen-

TABLE II.—Summary of vaccinal obligations in relation to year of birth.

TABELLA II. — *Schema sintetico degli obblighi vaccinali in relazione all'anno di nascita.*

Vaccine	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Polio	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Diphtheria	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tetanus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hepatitis B	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pertussis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Haemophilus Influenzae B	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Measles	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rubella	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mumps (parotitis)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Varicella																	x

Compulsory vaccination against Haemophilus influenzae type b is indicated, as per the data sheet, mainly in children; however, not only is it possible to use it at any age without risk, but it is also strongly indicated in high-risk subjects, such as the immunodepressed or in subjects affected by serious pathologies requiring greater coverage. Given the epidemiology of Haemophilus influenza type b, which does not pose a high risk of invasive disease over the age of 5 years, except in particular individuals, a combination of vaccines without it may be used if natural immunity is established.

fever, typhoid fever, meningococcal meningitis and rabies.

Young athletes and compulsory vaccinations

In addition to inquiring current and previous medical problems, hospitalizations and surgical procedures, current and previous use of drugs, allergies (food, environmental allergens etc.), the use of substances (alcohol, smoking, etc.), traumas and concussion, careful physical examination and various laboratory tests, any basic medical assessment in young athletes should also include vaccinations¹¹ and we recommend that one of the parents or tutor confirm the accuracy of the medical history when the athlete has not yet reached the age of consent.⁵⁶

All young athletes members of sports club should have undergone or have to complete, if they have not before, an appropriate vaccination plan, including all mandatory vaccinations for children and adolescents;⁵⁷ in case of incomplete immunizations recalls have to be scheduled.⁵⁸ Law no. 119 of 31 July 2017 “Conversion into law, with amendments, of Decree Law no. 73 of 7 June 2017, containing urgent provisions on matters of vaccine prevention, infectious diseases and disputes concerning the administration of medicines” has changes in vaccine supply and compliance and increased the number of compulsory vaccinations in infants and adolescents.⁵⁹⁻⁶² According to the Circular of the Ministry of Health issued on the 16 August 2017 containing the first operational

ti malattie: Colera, Encefalite giapponese, Meningo-encefalite da zecca, Epatite A e B, Febbre gialla, Febbre tifoide, Meningite meningococcica e Rabbia.

Giovani atleti e vaccinazioni obbligatorie

La valutazione medica di base degli atleti oltre ai problemi medici attuali e pregressi, ai ricoveri e agli interventi chirurgici effettuati, all'utilizzo attuale e pregresso di farmaci, alle eventuali allergie (ai cibi, ad allergeni ambientali ecc.), all'uso di sostanze (alcol, fumo ecc.), ai traumi e concussioni, a un attento esame fisico e a vari test di laboratorio, dovrebbe includere anche le vaccinazioni effettuate al giovane atleta¹¹ e, quando l'atleta è più giovane dell'età del consenso, si consiglia che il genitore o il tutore confermino l'accuratezza dell'anamnesi.⁵⁶

Il giovane atleta reclutato da un club sportivo dovrebbe aver completato o completare, se non lo ha fatto prima, un adeguato piano di vaccinazioni, che includa tutte le vaccinazioni raccomandate durante l'infanzia e l'adolescenza⁵⁷ e in caso di immunizzazioni incomplete è necessario pianificare appuntamenti di follow-up.⁵⁸

La Legge n. 119 del 31 luglio 2017 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 giugno 2017, n. 73, recante disposizioni urgenti in materia di prevenzione vaccinale, di malattie infettive e di controversie relative alla somministrazione di farmaci” ha introdotto cambiamenti relativi all'offerta e agli adempimenti vaccinali, aumentando il numero di vaccinazioni obbligatorie nell'infanzia-adolescenza.⁵⁹⁻⁶² In base alla Circolare del 16 Agosto del Ministero della Salute recante le prime indicazioni operative per l'attua-

TABLE III.—Recommended vaccinations in relation to year of birth.

TABELLA III. — *Vaccinazioni raccomandate in relazione a ciascun anno di nascita.*

Vaccine	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Meningococcus B																	X
Pneumococcus												X	X	X	X	X	X
Rotavirus																	X
Meningococcus C												X	X	X	X	X	X

indications for Law No. 119 of 31 July 2017 implementation, each athlete ranging from 0 to 16 years of age must receive 6 other compulsory vaccinations: pertussis, measles, rubella, parotitis, varicella and *Haemophilus influenzae* type b (Table II).

In 7 June 2017 Decree Law no. 73 and following circular issued by the Health State Secretary on 16 August 2017, in agreement line with the PNPV 2017-19, the importance of meningococcal B and C, pneumococcal and Rotavirus vaccines free and active offer is also reaffirmed (Table III).

Finally, we have to remind how Influenza and hepatitis A vaccines are recommended for high risk situations or underlying pathologic conditions, and that practicing either team or individual sports at international level may require additional protective measures.⁵⁶

Classification of risks (sport, venues and travel)

It seems appropriate to recommend specific vaccinations according to the practiced the sport scientific literature has pointed out how athletes involved in certain sports take a greater risk of contracting specific infections than others ones.

Without prejudice against mandatory vaccination schedule drawn by the current legislation and the recommendations for adult vaccination plan reported in the PNPV 2017-19, the following tables reports in extreme detail the suggestive but not exhaustive list of sports classified according to potential risks. *E.g.* many sporting disciplines and their peculiar characteristics are taken into account in this list. However, in each specific case, the doctor who is responsible for making the decision is to be consulted he must evaluate, for example, the possibility of athletes coming together for long periods even in some individual sports (Tables IV-VIII).

zione della legge n.199 del 31 luglio 2017, ogni atleta dai 0 ai 16 anni, oltre alle vaccinazioni obbligatorie contro difterite, tetano, poliomielite ed epatite B, dovrà ricevere, altre 6 vaccinazioni obbligatorie: antipertossica, antimorbillosa, antirosolia, antiparotite, anti-varicella e anti Haemophilus influenzae di tipo b (Tabella II).

Nel Decreto Legge n° 73 del 7 giugno 2017 e nella successiva circolare del Ministero della Salute del 16 agosto 2017, in linea con il PNPV 2017-19, viene inoltre ribadita l'importanza di offrire attivamente e gratuitamente le seguenti vaccinazioni raccomandate: antimeningococcica B e C anti-pneumococcica e antirotavirus (Tabella III).

Infine è opportuno ricordare che in caso di particolari condizioni di rischio o patologie, sono consigliate anche le vaccinazioni contro l'influenza e l'epatite A e che la natura internazionale di molti sport di squadra e di singoli può includere misure di protezione aggiuntive.⁵⁶

Classificazione dei rischi (sport, luoghi e trasferte)

Sembra opportuno consigliare specifiche vaccinazioni in base allo sport praticato poiché in letteratura è emerso che gli atleti di alcune discipline avrebbero un rischio maggiore di contrarre alcune malattie infettive.

Fermi restando gli obblighi vaccinali previsti dalla vigente normativa e le raccomandazioni per tutta la popolazione adulta inserite nel PNPV 2017-19, le seguenti tabelle riportano in estrema sintesi l'elenco suggestivo ma non esaustivo delle discipline sportive catalogate in base agli eventuali rischi, tenendo conto delle principali caratteristiche di svolgimento degli sport.

Tuttavia nel caso specifico, si rimanda al medico la competenza di scelta che deve tener conto, per esempio, della possibilità di svolgere lunghi periodi di raduni collegiali anche in alcuni sport individuali (Tabelle IV-VIII).

Linee Guida

Nonostante l'OMS, revisioni sistematiche e il CIO abbiano messo in luce i potenziali rischi di

TABLE IV.—Team sports (vaccinations against hepatitis B, influenza, meningococcal meningitis, MMRV, measles-mumps-rubella-varicella, pertussis).

TABELLA IV. — *Sport di squadra (vaccinazioni contro epatite B, influenza, meningite meningococcica, morbillo-parotite-rosolia-varicella MPRV, pertosse).*

Sport	Federation
Baseball and softball	FIBS
Soccer	FIGC
Handball	FIGH
Field hockey	FIH
Floor hockey	FIGS
Ice hockey	FISG
Water polo	FIN
Basketball	FIP
Volleyball and beach volleyball	FIPAV
Rugby	FIR
Fencing	FIS

Guidelines

Even though the WHO, systematic reviews and the IOC have highlighted the potential risks of contracting vaccine-preventable infectious diseases, we thought it would be useful to indicate what vaccinations are needed to ensure the health of elite athletes, as only a few general recommendations on these issues are available today.

Adherence to the vaccine calendar for individual antigen vaccine combinations

TETANUS AND DIPHTHERIA

In many sports, contact with soil and dust and the possibility of skin wounds and lesions cannot be avoided so that infection by *Clostridium tetani* is much more likely to happen.

Attention should also be paid to the possible diphtheria enhancement due to a drop in vaccine coverage and the possible role of *Corynebacterium diphtheriae* carriers among athletes themselves.^{63, 64}

Although the risk of contracting tetanus and diphtheria is not particularly high, both diseases are often associated with serious and sometimes fatal consequences (3 cases of tetanus in 2 rugby players and 1 football player in Scotland, with only 1 survivor)⁶⁵ which is in itself enough to justify prevention with appropriate vaccinations and ten-year booster doses.⁵⁴

TABLE V.—Contact sports (vaccination against hepatitis B).

TABELLA V. — *Sport di contatto (vaccinazione contro epatite B).*

Sport	Federation
Baseball and softball	FIBS
Soccer	FIGC
Handball	FIGH
Field hockey	FIH
Floor hockey	FIGS
Ice hockey	FISG
Judo, wrestling, karate, aikido, jujitsu, sumo, grappling and martial arts	FIJLKAM
Water polo	FIN
Basketball	FIP
Boxing	FPI
Rugby	FIR
Taekwondo	FITA

contrarre malattie infettive prevenibili da vaccino, ci è sembrato utile indicare le vaccinazioni necessarie a garantire la salute degli atleti d'élite poiché oggi vi sono solo poche e generiche raccomandazioni a riguardo.

Adesione al calendario vaccinale per singolo antigene/combinazioni vaccinali

TETANO E DIFTERITE

In molti sport, il contatto con il suolo e con la polvere e la possibilità di subire ferite e lesioni cutanee, non possono essere evitate favorendo l'acquisizione del *Clostridium tetani*.

Bisogna porre attenzione anche alla possibile recrudescenza della Difterite dovuta ai cali delle coperture vaccinali e al possibile ruolo di portatore del *Corynebacterium diphtheriae* anche tra gli atleti.^{63, 64}

Sebbene il rischio di contrarre il tetano e la difterite non sia particolarmente elevato, entrambe queste malattie sono spesso associate a conseguenze gravi e talora fatali (v. 3 casi di tetano in 2 giocatori di rugby e in 1 giocatore di calcio in Scozia, con 1 solo sopravvissuto)⁶⁵ il che di per sé giustifica la loro prevenzione con le vaccinazioni previste e i richiami decennali.⁵⁴

PERTOSSE

La vaccinazione contro la pertosse per gli adulti è raccomandata dalle linee guida di pochi stati (Germania, Italia, Francia, Regno Unito, Austria).

Tuttavia vi sono evidenze crescenti di un ritorno della diffusione della pertosse negli adulti,

TABLE VI.—Indoor sports (vaccinations against influenza, meningococcal meningitis, MMRV, measles-mumps-rubella-varicella, pertussis).

TABELLA VI. — *Sport indoor (vaccinazioni contro influenza, meningite meningococcica, morbillo-parotite-rosolia-varicella MPRV, pertosse).*

Sport	Federation
Athletics	FIDAL
Badminton	FIBA
Boules	FIB
Soccer	FIGC
Handball	FIGH
Dancing	FIDS
Shooting sports	FIDASC
Artistic gymnastics, rhythmic gymnastics	FIGI
Floor hockey, artistic skating, skateboard	FIGS
Judo, wrestling, karate, aikido, jujitsu, sumo, grappling and martial arts	FIJLKAM
Swimming, water polo, diving	FIN
Basketball	FIP
Volleyball	FIPAV
Weight lifting	FIPE
Boxing	FPI
Horseback riding	FISE
Ice hockey, speed skating, figure skating	FISG
Squash	FIGS
Taekwondo	FITA
Tennis	FIT
Table tennis	FITET
Curling	FISG
Shooting	UITTS
Fencing	FIS
Modern pentathlon	FIPM

PERTUSSIS

Pertussis vaccination in adults is recommended by guidelines only in a few countries (Germany, Italy, France, United Kingdom, Austria).

However, there is increasing evidence in adults of pertussis recurrence, which is responsible for severe respiratory symptoms lasting several weeks.⁶⁶

Pertussis vaccination is extremely advantageous because it can prevent a severe, long-lasting infection that would significantly interfere with training and competition⁶⁷ (pertussis outbreak in the Polish Olympic shooting team).⁷ For these reasons, ten-yearly booster doses are recommended (tetanus and diphtheria simultaneously),⁶⁸ as contemplated in the PNPV 2017-19.⁵⁴

TABLE VII.—Open-air sports (tetanus vaccination).

TABELLA VII. — *Sport all'aperto (vaccinazione antitetanica).*

Sport	Federation
Athletics	FIDAL
Baseball and softball	FIBS
Boules	FIB
Soccer	FIGC
Canoeing, kayaking	FICK
Rowing	FIC
Cycling	FCI
Shooting sports	FIDASC
Golf	FIG
Field hockey	FIH
Motorcycling	FMI
Automobile racing	ACI
Beach volleyball	FIPAV
Horseback riding	FISE
Modern pentathlon	FIPM
Skateboard, downhill, Inline Alpine	FIHP
Sports fishing	FIPSAS
Rugby	FIR
Tennis	FIT
Water skiing, wakeboarding	FISW
Skiing, snowboarding	FISI
Archery	FITARCO
Shooting	FITAV
Triathlon	FITRI
Sailing	FIV

responsabile di una serie di sintomi severi a carico del tratto respiratorio della durata di diverse settimane.⁶⁶

La vaccinazione contro la pertosse è estremamente vantaggiosa poiché può prevenire un'infezione severa e di lunga durata che interferirebbe in maniera rilevante con allenamenti e competizioni⁶⁷ (v. focolaio di pertosse nella squadra olimpica di tiratori polacchi).⁷ Per queste ragioni sono raccomandati richiami decennali (simultaneamente all'antitetanica e antidifterica),⁶⁸ come previsto dal PNPV 2017-19.⁵⁴

POLIOMIELITE

La poliomielite è endemicamente presente in Afghanistan, Pakistan e Nigeria e al di fuori di queste nazioni il rischio di contrarre quest'infezione è piuttosto basso.

Una lista delle nazioni dove è ancora presente il virus e delle aree polio free è disponibile sul sito dell'OMS.⁶⁹

Il tipo di vaccino consigliato per gli atleti è lo stesso raccomandato dalle linee guida nazionali.

POLIOMYELITIS

Poliomyelitis is present endemically in Afghanistan, Pakistan and Nigeria but outside these countries the risk of contracting this infection is rather low.

A list of countries where the virus is still present and polio-free areas is available on the WHO website.⁶⁹

The type of vaccine recommended for athletes is the same as that recommended by national guidelines.

MEASLES, PAROTITIS, RUBELLA AND VARICELLA

Numerous outbreaks of measles occurring during sporting events have been reported in literature.^{12, 13, 17, 26-29}

Recently, news reporting three cases of measles in the Italian men's water polo team made the headlines. This led to the exclusion of the three athletes from being called up for the Budapest World Championships and has involved, as reported by Federnuoto, monitoring of the clinical picture, additional diagnostic assessments and serological tests to exclude viral diseases in the other members of the team.⁷⁰

Measles is an extremely severe, contagious disease (infection can also result from short contact), with a high frequency of complications (pneumonia, otitis, encephalitis), so there is no doubt that elite athletes should be immunized against measles like the rest of the population.

Varicella is also an extremely contagious disease, which can be aggravated by serious complications such as pneumonia, glomerulonephritis and encephalitis.

Parotitis is slightly less severe and contagious than measles even if it causes a state of general malaise in adults with possible complications: severe parotitis (>20%), orchitis and meningitis (10-15%) and can therefore cause distress to the individual athlete and to the team.³⁰⁻³²

Compared to other exanthematic diseases, rubella presents milder symptoms (it may sometimes be asymptomatic) with a skin rash as the main manifestation, but, especially in women, it can get worse with high temperature and arthritis. An important public health problem, which mainly but not exclusively affects women, are the possible consequences of rubeolic infection prenatal or during pregnancy, which could cause embryonal malformation and/or a fatal outcome.

All these four diseases have a more severe

TABLE VIII.—Water sports (hepatitis A, typhoid and cholera vaccination).

TABELLA VIII. — *Sport acquatici (vaccinazione anti-epatite A – antitifida e anticolera).*

Sport	Federation
Canoeing, kayaking	FICK
Rowing	FIC
Swimming, water polo, diving	FIN
Modern pentathlon	FIPM
Sports fishing	FIPSAS
Water skiing, wakeboarding	FISW
Triathlon	FITRI
Sailing	FIV

MORBILLO, PAROTITE, ROSOLIA E VARICELLA

Sono stati documentati in letteratura numerosi focolai di morbillo sviluppatasi durante gli eventi sportivi.^{12, 13, 17, 26-29}

Recentemente ha fatto clamore la notizia di tre casi di morbillo nella nazionale italiana maschile di pallanuoto, che ha comportato l'esclusione dei tre atleti dai convocati per il mondiale di Budapest e che ha comportato, come riportato da Federnuoto, un monitoraggio del quadro clinico, valutazioni diagnostiche aggiuntive e accertamenti sierologici per l'esclusione di malattie virali per gli altri componenti della squadra.⁷⁰

Il morbillo è una malattia estremamente severa e contagiosa (l'infezione può derivare anche da un contatto breve), con un'alta frequenza di complicanze (polmonite, otite, encefalite), per questo non ci sono dubbi che gli atleti d'élite debbano essere immunizzati contro il morbillo come il resto della popolazione.

Anche la varicella è una malattia estremamente contagiosa, che può essere aggravata da complicanze gravi quali polmonite, glomerulonefrite ed encefalite.

La parotite è leggermente meno severa e contagiosa rispetto al morbillo anche se negli adulti causa uno stato di malessere generale con possibili complicanze: parotite severa (>20%), orchite e meningite (10-15%) e può pertanto creare disagi al singolo atleta e al team.³⁰⁻³²

La rosolia, rispetto alle altre malattie esantematiche, presenta una sintomatologia più lieve (talvolta può essere anche asintomatica) con un rash cutaneo come manifestazione principale, ma, specialmente nelle donne, può aggravarsi con la febbre e l'artrite. Un importante problema di Sanità Pubblica, che riguarda soprattutto ma non esclusivamente le donne, sono le possibili conseguenze dell'infezione rubeolica prenatale o durante la

course and increased complication rate in adults (varicella pneumonia and bacterial superinfections) and this is why elite athletes, if not immune, should be vaccinated against them.

HEPATITIS B

Hepatitis B is transmitted mainly through blood, sweat and other biological fluids.

Despite vaccination against it is obligatory for newborn babies, it is not too infrequent to find non-immune athletes, especially among foreign athletes (owing to a higher prevalence of the virus and a lower adherence to vaccination).

Hamilton *et al.* in a study conducted on 780 athletes in Qatar identified 17 athletes (2.2%) with hepatitis B (8 were African and 7 from Qatar),⁶ 417 (53.3%) were non-immune (especially South Americans) and only 347 (44.5%) were protected by vaccine; Bakken *et al.*, in a study carried out in 533 athletes, found 164 to be unprotected against hepatitis B virus while 4 were chronic carriers of HBV;¹⁸ Kordi *et al.* reported vaccination coverage among Iranian wrestlers to be 2.4%,⁴² while Araujo *et al.* verified that only 26 Brazilian Olympic athletes out of 50 were vaccinated.⁴⁰

In infected individuals, the viral load is frequently high, making contagion possible even with small amounts of fluid, and even contact by way of superficial wounds may be sufficient to transmit the infection.

Furthermore, due to the possibility of hidden and unrecognized hepatitis, some authors suggest that athletes should undergo diagnostic tests for the presence of hepatitis markers.⁷¹

For these reasons, vaccination, which is a valuable tool for preventing a serious, contagious, long-term disease with severe complications, is essential in all sports where physical contact is expected.

In sports involving clashes with opponents (races and competitions) and teammates (workouts), there have been numerous cases and outbreaks of hepatitis B.^{6, 19, 42, 45, 71-76}

Medical staff should also promote health education and HBV vaccination in athletes, due to the possibility of risky sexual behavior and the use of illicit drugs by injection (needle exchange).⁷⁷

HEPATITIS A

Cases and epidemics of hepatitis A continue to be recorded in various parts of the globe.

gravidanza, che potrebbe causare malformazioni dell'embrione e/o esiti fatali.

Tutte queste quattro malattie negli adulti hanno un andamento più severo e una frequenza di complicanze maggiore (v. polmonite da varicella e le superinfezioni batteriche): per queste ragioni gli atleti d'élite, se non immuni, dovrebbero essere vaccinati contro queste malattie.

EPATITE B

L'epatite B si trasmette principalmente attraverso il sangue, il sudore e gli altri liquidi biologici.

Pur essendo una vaccinazione obbligatoria per i nuovi nati, non è così infrequente trovare atleti non immuni, in particolare tra gli atleti stranieri (per una maggiore prevalenza del virus e una minore adesione alla vaccinazione).

Hamilton et al. in uno studio condotto su 780 atleti in Qatar hanno individuato 17 atleti (2,2%) affetti da epatite B (8 erano africani e 7 del Qatar),⁶ 417 (53,3%) non immuni (soprattutto Sud Americani) e solo 347 (44,5%) protetti dal vaccino; Bakken et al., in uno studio condotto tra 533 atleti, hanno riscontrato 164 atleti non protetti contro il virus dell'epatite B e 4 atleti portatori cronici del virus HBV;¹⁸ Kordi et al. hanno registrato una copertura vaccinale tra i lottatori iraniani del 2,4%,⁴² mentre Araujo et al. hanno verificato che solo 26 atlete olimpiche brasiliane su 50 erano vaccinate.⁴⁰

Negli individui infetti la carica virale è frequentemente alta, rendendo così possibile il contagio anche con piccole quantità di fluido e anche il contatto tramite ferite superficiali può essere sufficiente a trasmettere l'infezione.

Inoltre, a causa della possibilità di epatiti occulte e non riconosciute, alcuni autori suggeriscono di sottoporre gli atleti ai test diagnostici per valutare i marker di epatite.⁷¹

Per queste ragioni la vaccinazione, valido strumento per prevenire una malattia grave, contagiosa, di lunga durata e con complicanze severe, è fondamentale in tutti gli sport in cui è previsto il contatto fisico.

Negli sport che prevedono lo scontro con avversari (v. gare e competizioni) e compagni di squadra (v. allenamenti) si sono registrati infatti numerosi casi e focolai di epatite B.^{6, 19, 42, 45, 71-76}

Gli staff medici dovrebbero inoltre promuovere l'educazione sanitaria e la vaccinazione anti-HBV negli atleti, a causa della possibilità di comportamenti sessuali a rischio e dell'uso di sostanze illecite per via iniettiva (scambio di siringhe).⁷⁷

EPATITE A

Ancora oggi si registrano casi ed epidemie di epatite A in varie parti del globo.

Hepatitis A is an infection that is mainly contracted through the ingestion of contaminated food and drink and is difficult to prevent by using behavioral measures alone.

This vaccination is recommended because hepatitis A typically involves a period of reduced physical performance lasting several months and, given its high contagiousness, it is easily transmitted to teammates and opponents, as happened in an outbreak involving 97 football players of whom 32 developed the disease.^{41, 78}

INFLUENZA

Influenza is an extremely important health problem including young adults too as the disease is highly contagious and the consequences can be severe.⁷⁹ Even Influenza with mild or moderate symptoms can lead an athlete to skip training sessions or competitions.^{8, 16, 17, 21, 22}

These considerations alone would be sufficient to recommend the yearly influenza vaccination.

We must add to all this the risk of serious complications, which can occur more often in individuals at risk -such as asthmatics, whom seasonal vaccination is strongly recommended for⁸⁰ and the increased risk for athletes of contracting influenza due to close contacts each other, during training, competitions and travels.^{67, 79}

Since the strains included in the vaccine in the two hemispheres are often different, so, if a journey is scheduled, different vaccines are recommended.²⁶

MENINGOCOCCAL MENINGITIS

Meningococcal vaccination is recommended when traveling to countries where the disease is endemic, such as throughout sub-Saharan Africa; however, these recommendations need to be extended as sporadic episodes or outbreaks of meningitis outside endemic regions are not infrequent.²³⁻²⁵

Given the high frequency (30 to 60%) of meningococcal infections in youth football teams, Blaylock *et al.* recommend meningococcal vaccination for all athletes from age 11 upwards. It is recommended especially for athletes who practice team sports and have close contacts with teammates, staff members and opponents.⁸¹

Moreover, the use of hot, humid and crowd-

L'epatite A è un'infezione che si contrae principalmente tramite l'ingestione di cibi e bevande contaminate ed è difficile da prevenire usando semplicemente misure comportamentali.

Questa vaccinazione è raccomandata perché tipicamente l'epatite A comporta un periodo di ridotta performance fisica della durata di diversi mesi e, data la sua alta contagiosità, è facilmente trasferibile a compagni di squadra ed avversari, come accadde in un focolaio che coinvolse 97 giocatori di football in cui 32 svilupparono la malattia.^{41, 78}

INFLUENZA

L'influenza è un problema di salute estremamente rilevante anche nei giovani adulti poiché la malattia è altamente contagiosa e le conseguenze possono essere severe.⁷⁹ Anche un'influenza con sintomi lievi o moderati può portare l'atleta a saltare svariate sedute di allenamento o competizioni.^{8, 16, 17, 21, 22}

Basterebbero solo queste considerazioni per raccomandare annualmente la vaccinazione antinfluenzale.

A questo bisogna aggiungere il rischio di complicanze gravi, che possono verificarsi maggiormente in particolari soggetti a rischio come gli asmatici, per i quali la vaccinazione stagionale è fortemente raccomandata⁸⁰ e il fatto che gli atleti hanno un aumentato rischio di contrarre l'influenza legato ai contatti stretti, durante gli allenamenti e le gare, e a causa dei viaggi.^{67, 79}

Occorre ricordare che nei due emisferi i ceppi inclusi nel vaccino sono spesso diversi, quindi, nel caso siano previste trasferte, sono raccomandati vaccini diversi.²⁶

MENINGITE MENINGOCOCCICA

La vaccinazione antimeningococcica è raccomandata in caso di trasferta in Paesi in cui la malattia è endemica, come ad esempio in tutta l'Africa subsahariana; tuttavia è necessario estendere tali raccomandazioni poiché non sono infrequenti episodi sporadici o focolai di meningite al di fuori delle regioni endemiche.²³⁻²⁵

Blaylock et al., data l'alta frequenza (dal 30 al 60%) di infezioni meningococciche riscontrata nelle squadre di football giovanili, raccomandano la vaccinazione antimeningococcica per tutti gli atleti a partire dagli 11 anni. Questa vaccinazione è consigliata soprattutto per quegli atleti che praticano sport di squadra e hanno contatti stretti con compagni di squadra, membri dello staff e avversari.⁸¹

Oltretutto frequentare ambienti caldi, umidi e

ed areas such as changing rooms promotes the transmission of bacteria, which is why vaccination is so highly recommended in team sports.

For adults, the quadrivalent vaccine directed against meningococcus strains A, C, W135 and Y is currently recommended; however, the possibility of also vaccinating against serogroup B should be considered more carefully, since a case of meningococcal B meningitis has been documented in the literature in a sports event where 1500 athletes were present.²³

PAPILLOMAVIRUS

Vaccination prevents anogenital lesions, condylomas and related HPV tumors, including cervical cancer.

Studies have shown that athletes may have an increased risk of sexually transmitted diseases due to their risky behavior and lifestyle: in a study of 50 Brazilian athletes, 46% were unaware of sexually transmitted diseases (STDs) and 48% had an STD: the most frequent was HPV infection (44% of cases).⁴⁰

In Araujo *et al.*'s study, 23 of 50 athletes were HPV positive: genotype 16 (53%), 6-11 (22%) 18 (13%), 3 athletes had low grade cervical lesions while another athlete had been diagnosed with a high grade lesion.

Despite the fact that vaccination appears to play a more pronounced preventive role in women, the last national vaccination plan 2017/19 also recommends vaccination for males for two equally important reasons:

- by immunizing men, women are protected;
- the vaccine contributes to reducing the incidence of tumors related to HPV infection, for example cancer of the oral cavity also in men.⁵⁴

It is important to remember that HPV vaccination does not relieve physicians of the need to prescribe HPV screening for their athletes, either through Pap-Test or HPV-DNA research as a routine diagnostic examination.⁴⁰

PNEUMOCOCCAL PNEUMONIA AND HIB

National guidelines do not recommend the use of pneumococcal vaccine for young adults but only for the elderly and subjects with underlying diseases.⁵⁴

The vaccine is recommended for asthmatic athletes, athletes with cochlear implants, splenectomized athletes and in the event of immunosuppression.^{15, 68}

affollati come gli spogliatoi favorisce la trasmissione del batterio, ragione per cui la vaccinazione è fortemente consigliata negli sport di squadra.

Attualmente per gli adulti è raccomandato il vaccino quadrivalente diretto contro i ceppi A,C,W135 e Y del meningococco; tuttavia si dovrebbe valutare con più attenzione la possibilità di vaccinare anche contro il sierogruppo B poiché in letteratura è documentato un caso di meningite da meningococco B in un evento sportivo in cui erano presenti 1500 atleti.²³

PAPILLOMAVIRUS

La vaccinazione previene le lesioni ano-genitali, i condilomi e le forme tumorali HPV correlate, tra cui il cancro della cervice uterina.

Alcuni studi hanno evidenziato che atleti potrebbero avere un rischio aumentato di malattie sessualmente trasmissibili a causa dei loro comportamenti a rischio e del loro stile di vita: in uno studio condotto su 50 atlete brasiliane il 46% non aveva consapevolezza delle malattie sessualmente trasmissibili (MST) e il 48% presentava una MST: la più frequente era l'infezione da HPV (44% dei casi).⁴⁰

Nello studio di Araujo et al. 23 atlete su 50 erano positive all'HPV: genotipo 16 (53%), 6-11 (22%) 18 (13%), 3 atlete presentavano lesioni cervicali di basso grado mentre a un'altra atleta era stata diagnosticata una lesione di alto grado.

Nonostante la vaccinazione sembri svolgere un ruolo preventivo più marcato nelle donne, nell'ultimo Piano Nazionale Prevenzione vaccinale 2017/19 si consiglia la vaccinazione anche ai maschi per due ragioni ugualmente importanti:

- immunizzando i maschi si proteggono anche le donne;
- il vaccino contribuisce a ridurre l'incidenza di tumori collegati all'infezione da HPV, ad esempio il cancro del cavo orale anche nei maschi.⁵⁴

È importante ricordare che la vaccinazione anti-HPV non esime i medici dal prescrivere lo screening dell'HPV per le proprie atlete, tramite Pap-Test o la ricerca dell'HPV-DNA come esame diagnostico di routine.⁴⁰

POLMONITE PNEUMOCOCCICA E HIB

Nelle linee guida nazionali non è raccomandata la somministrazione del vaccino contro lo pneumococco per i giovani adulti ma solo per gli anziani e per coloro che presentano malattie sottostanti.⁵⁴

Il vaccino è raccomandato per gli atleti asmatici, per gli sportivi con impianti cocleari, per gli splenectomizzati e in caso di immunosoppressione.^{15, 68}

Similarly, Hib vaccination is also recommended for splenectomized and immunodeficient conditions.⁵⁵

Foreign travel

Without prejudice to the obligations under current regulations and recommendations for the entire adult population included in the PNPV 2017-19, and in addition to the already mentioned vaccinations against hepatitis A, influenza, meningococcal meningitis and polio, preventive antimalarial measures and vaccination against polio are recommended; depending on the epidemiology of the destination, vaccination against Japanese encephalitis, tick-borne encephalitis, yellow fever, typhoid fever and cholera are recommended as well.

TICK-BORNE ENCEPHALITIS, YELLOW FEVER AND JAPANESE ENCEPHALITIS

All three of these diseases are transmitted by vectors present in certain geographical areas so immunization is only to be considered if the athlete resides in or has to go to Central, Northern and Eastern Europe, Northern China, Mongolia and Russia for tick-borne encephalitis; Africa and some tropical areas of South America for yellow fever; some areas of China and Eastern Russia and all of Southeast Asia including India and Nepal for Japanese encephalitis.¹⁵

TYPHOID FEVER

Typhoid fever is a fecal-orally transmitted bacterial disease, caused by *Salmonella typhi* and *paratyphi* and is prevalently associated with poor sanitary conditions. Vaccination is strongly recommended for those traveling to Asia, Russia, Africa and South America where the disease is still endemic, while in other cases the risks and benefits of vaccination, which does not give lasting immunity and may cause a mild to moderate disease, should be considered.^{15, 82}

Currently 2 different vaccines are available: a live attenuated oral vaccine (Ty21a) and an inactivated injection vaccine (polysaccharide Vi - monodose).⁸²⁻⁸⁴

The oral vaccine should be administered at least one week before departure, while the injection vaccines should be administered at least 2 weeks before the journey.

CHOLERA

Vaccination against cholera cannot be recommended for all athletes. However, it should

Allo stesso modo la vaccinazione contro l'emofilo è consigliata per gli splenectomizzati e nelle condizioni di immunodeficit.⁵⁵

Trasferte

Fermi restando gli obblighi previsti dalla vigente normativa e le raccomandazioni per tutta la popolazione adulta inserite nel PNPV 2017-19, oltre alle già citate vaccinazioni contro epatite A, influenza, meningite meningococcica e poliomielite, in base all'epidemiologia del luogo di destinazione sono raccomandate misure preventive antimalariche e le vaccinazioni contro: encefalite giapponese, encefalite trasmessa da zecche, febbre gialla, febbre tifoide e colera.

ENCEFALITE TRASMESSA DA ZECCHIE, FEBBRE GIALLA ED ENCEFALITE GIAPPONESE

Tutte e tre queste malattie sono trasmesse da vettori presenti in determinate aree geografiche perciò l'immunizzazione è da considerare esclusivamente se l'atleta risiede o deve recarsi in Europa centrale, settentrionale ed orientale, Cina settentrionale, Mongolia e Russia per l'encefalite trasmessa da zecche; Africa e alcune aree tropicali del Sudamerica per la febbre gialla; alcune aree della Cina e della Russia orientale e tutto il sud-est asiatico inclusi India e Nepal per l'encefalite giapponese.¹⁵

FEBBRE TIFOIDE

La febbre tifoide è una malattia batterica a trasmissione fecale-orale, causata da Salmonella typhi e paratyphi e prevalentemente associata a scarse condizioni igienico-sanitarie. La vaccinazione è fortemente raccomandata per chi si deve recare in Asia, Russia, Africa e Sudamerica, dove la malattia è ancora endemica, mentre negli altri casi sarebbe opportuno considerare i rischi e i benefici legati alla vaccinazione, che non dà immunità duratura e può provocare una malattia lieve-moderata.^{15, 82}

Attualmente sono disponibili 2 differenti vaccini: un vaccino orale vivo attenuato (Ty21a) e un vaccino iniettivo inattivato (polisaccaride Vi - monodose).⁸²⁻⁸⁴

Il vaccino orale andrebbe somministrato almeno una settimana prima della partenza, mentre i vaccini iniettivi almeno 2 settimane prima del viaggio.

COLERA

La vaccinazione contro il colera non può essere raccomandata a tutti gli atleti. Tuttavia, andrebbe

be suggested to all athletes planning to travel to those areas struggling with major epidemics (Yemen, Somalia).

MALARIA

Although no effective malaria vaccines are currently available, athletes planning to travel to risk areas should remember that there is an antimalarial chemoprophylaxis and individual protective measures that, if adopted appropriately, significantly reduce the risk of infection.⁸⁵

Timing of vaccinations

Adequate timing for vaccinations in athletes should be chosen trying to have the minimum impact on training and competitions, making sure that the immune response is not temporarily altered.

For this purpose, doctors should take into account the possible side-effects that most frequently occur in inactivated vaccines within 48 hours after vaccination; as regards live attenuated vaccines side-effects can occur after as long as 10-14 days when peak replication occurs.

Due to all this the appropriate timing for vaccines that have no seasonal constraints could be in resting periods, just before winter or summer breaks.

Although there is evidence that the onset of upper respiratory diseases is related to strenuous exercise, *e.g.* marathon runners,⁸⁰ other studies have shown changes in immunity cells number and functionality during the first two hours after physical activity (open window phase).⁸⁶

On the basis of these findings we can argue there might be an inadequate or impaired immune response when vaccination is carried out immediately after intense physical activity. However, research has shown that influenza vaccination straight after physical activity does not lead to reduced antibody titers,⁸⁷ and that acute exercise may paradoxically increase antibody response (pneumococcal vaccination).^{87, 88}

Summarizing all this evidence, it would seem to be more appropriate to vaccinate during a period of rest and/or winding down from physical activity; we ought to remember, however, that if it is not possible to plan vaccination during these temporal windows (*e.g.* for seasonal vaccinations such as that against influenza), current evidence presents no contraindications

suggerita a quegli atleti che si recano in aree dove sono in corso grandi epidemie (Yemen, Somalia).

MALARIA

Anche se al momento non sono disponibili vaccini efficaci contro la malaria, agli atleti che stanno pianificando viaggi in aree a rischio è opportuno ricordare che esiste una chemioprolifassi antimalarica e vi sono misure protettive individuali che se adottate in modo appropriato riducono considerevolmente il rischio di infezione.⁸⁵

Tempistica delle vaccinazioni (timing)

Il momento in cui vaccinare l'atleta dovrebbe essere scelto con l'intento di interferire il meno possibile con gli allenamenti e le competizioni assicurandosi che la risposta immunitaria non sia temporaneamente alterata.

Per questo il medico dovrà tenere conto dei possibili effetti collaterali che nei vaccini inattivati si presentano maggiormente nell'arco delle 48 ore seguenti la vaccinazione mentre nei vaccini vivi attenuati possono verificarsi anche a distanza di 10-14 giorni (quando si ha il picco di replicazione).

Per tali ragioni il timing adeguato per quei vaccini che non hanno vincoli stagionali potrebbe essere nei momenti di riposo, poco prima delle pause invernali o estive.

Sebbene esistano evidenze di insorgenza di malattie delle vie respiratorie superiori in concomitanza di uno strenuo esercizio fisico, come ad esempio nei maratoneti,⁸⁰ altri studi hanno evidenziato cambiamenti nel numero e nella funzionalità delle cellule dell'immunità nelle prime due ore dopo l'attività fisica (fase di open window).⁸⁶

Alla luce di queste osservazioni potrebbe esserci una risposta immunitaria non adeguata o compromessa vaccinando immediatamente dopo un'intensa attività fisica. Tuttavia, alcune ricerche hanno dimostrato che la vaccinazione antinfluenzale se eseguita immediatamente dopo l'attività fisica non porta a titoli anticorpali ridotti,⁸⁷ e che l'esercizio fisico acuto può paradossalmente aumentare la risposta anticorpale (vaccinazione antipneumococcica).^{87, 88}

Riassumendo tutte queste evidenze, sembra più opportuno vaccinare durante un periodo di riposo e/o scarico dall'attività fisica; tuttavia, si ricorda che, qualora non fosse possibile programmare la vaccinazione durante queste finestre temporali (ad esempio per le vaccinazioni stagionali come l'antinfluenzale), secondo le attuali evidenze, non vi sono controindicazioni a somministrare il vaccino subito dopo una gara (al fine di avere un pe-

to administering the vaccine immediately after a race (in order to have a longer rest period and far from the next training session or competition).

Contraindications to vaccination

A previous history of severe allergic reactions (anaphylaxis) due to a component of the vaccine or previous doses and boosters is permanent contraindication to vaccine administration.

Conversely, severe or moderate acute illnesses, with or without fever, may require caution in carrying out vaccination and its administration might be postponed until the subject has completely recovered from symptoms and/or disease (and consequent temporary contraindication).⁸⁹

Methods for reducing the side effects of vaccination

In order to reduce pain, headache and fever paracetamol or ibuprofen may be coadministered, although some studies have shown slightly lower antibody titers in such circumstances.⁹⁰

The type of local reaction is closely linked to how the vaccine is administered (oral, intranasal, intradermal or intramuscular/subcutaneous): the administration of vaccines may be associated with adverse local effects caused by injection techniques: it is therefore essential for the vaccine operator to know and apply injection techniques correctly. It is recommended that the non-dominant side be used for injections, particularly in sports where one limb is used predominantly over the other (tennis, badminton, etc.).¹⁵

The skin should be disinfected thoroughly before vaccination and two separate needles used to prevent the appearance of granulomas: the first for filling the syringe and the second for administering the vaccine.^{91, 92}

The preferred injection site should be the deltoid region and if a vaccine can be administered intramuscularly or subcutaneously, the latter should be preferred as it is associated with higher antibody titers and a lower risk of granulomatous reactions.¹⁵

The use of longer needles (25 mm), speedy injection and withdrawal (1-2 s) and an injection angle between 72° and 90° (intramuscular route) appear to reduce pain.^{15, 93}

Finally, for vaccination in general and in ath-

riodo di riposo più lungo e lontano dalla successiva seduta di allenamento o competizione).

Controindicazioni alle vaccinazioni

Per i soggetti che hanno in anamnesi pregresse reazioni allergiche gravi (anafilassi) dovute a un componente del vaccino o a precedenti dosi e richiami, vi è una controindicazione permanente alla somministrazione vaccinale.

Al contrario malattie acute gravi o moderate, con o senza febbre, possono richiedere precauzione nell'esecuzione della vaccinazione con eventuale posticipo dell'atto fino alla risoluzione dei sintomi e/o della patologia (controindicazione temporanea).⁸⁹

Metodi per ridurre gli effetti collaterali conseguenti alle vaccinazioni

Al fine di ridurre il dolore, la cefalea e la febbre potrebbe essere cosomministrato paracetamolo o ibuprofene, anche se alcuni studi hanno evidenziato titoli anticorpali leggermente inferiori in tali circostanze.⁹⁰

La tipologia delle reazioni locali è strettamente connessa alla via di somministrazione della vaccinazione (orale, intranasale, intradermica e intramuscolare/sottocutanea): la somministrazione di vaccini per via iniettiva può associarsi a effetti avversi locali causati dalle tecniche di iniezione: pertanto è fondamentale che l'operatore vaccinale conosca e metta in pratica le corrette tecniche iniettive. Si raccomanda di utilizzare il lato non dominante per le iniezioni, in particolare nelle discipline che prevedono l'utilizzo prevalente di un arto rispetto al controlaterale (v. tennis, badminton ecc.).¹⁵

La cute deve essere accuratamente disinfettata prima della vaccinazione e dovrebbero essere utilizzati due aghi separati per evitare la comparsa di granulomi: il primo per il riempimento della siringa e il secondo per la somministrazione del vaccino.^{91, 92}

Il sito preferenziale di iniezione dovrebbe essere la regione deltoidea e qualora un vaccino sia somministrabile sia per via intramuscolare che per via sottocutanea, sarebbe da privilegiare quest'ultima metodica poiché associata a titoli anticorpali più alti e a un minor rischio di reazioni granulomatose.¹⁵

L'utilizzo di aghi più lunghi (25 mm), una velocità di iniezione di ritiro dell'ago (1-2 s) e un angolo di iniezione tra i 72° e i 90° (v. via intramuscolare) sembrano poter ridurre la comparsa di dolore.^{15, 93}

letes too, a postvaccinal observation period of 15-30 minutes is fundamental for being able to intervene promptly in the event of adverse allergic reactions and syncopes; this period should be extended to 60 minutes in particular cases (anaphylaxis).⁹⁴

Infine, anche per la vaccinazione degli atleti, risulta fondamentale un periodo di osservazione postvaccinale di 15-30 minuti per poter intervenire tempestivamente in caso di reazioni allergiche indesiderate e sincopi; tale periodo deve essere esteso a 60 minuti in casi particolari (anafilassi).⁹⁴

References/Bibliografia

- 1) WHO. Zika virus and the Olympic and Paralympic Games Rio 2016; [Internet]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2016/zika-olympics/en/> [cited 2017, Aug 25].
- 2) (PAHO). PAHO. Return Safely from the 2010 FIFA World Cup, Free of Measles and Rubella; [Internet]. Available from: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=3168%3A2010-regrese-feliz-contento-copa-mundial-futbol-sin-sarampion-rubeola&catid=1443%3Aweb-bulletins&Itemid=135&lang=en [cited 2017, Aug 25].
- 3) Dreyfus A MJ, Birrer A, Matter HC, Raeber PA. Preparations for the European football championship (EURO 2008) in Switzerland. Euro Surveill 2008;13.
- 4) Amiri N, Chami G. Medical services at the Olympics: a monumental challenge. CMAJ 2010;182:E229-30.
- 5) Signorelli C, Odone A, Miduri A, Cella P, Pasquarella C, Gozzini A, et al. Flu vaccination in elite athletes: A survey among Serie A soccer teams. Acta Biomed 2016;87:117-20.
- 6) Hamilton BH, Paoloni JA, Chalabi H. Epidemiology of hepatitis B among professional male athletes in Qatar. Saudi Med J 2010;31:678-83.
- 7) Skrzypiec-Spring M, Krzywański J, Karlikowska-Skwarnik M, Pokrywka A, Krysztofiak H, Nitsch-Osuch A, et al. Pertussis outbreak in Polish shooters with adverse event analysis. Biol Sport 2017;34:243-8.
- 8) Midgley A. Infection and the elite athlete: a review. Res Sports Med 2003;11:235-60.
- 9) Howe WB. Preventing infectious disease in sports. Phys Sportsmed 2003;31:23-9.
- 10) Nieman DC, Pedersen BK. Exercise and immune function. Recent developments. Sports Med 1999;27:73-80.
- 11) Signorelli C, Gozzini A. Guidelines for immunization practices in professional athletes. Ig Sanita Pubbl 2011;67:387-400.
- 12) Goodman RA, Thacker SB, Solomon SL, Osterholm MT, Hughes JM. Infectious diseases in competitive sports. JAMA 1994;271:862-7.
- 13) Turbeville SD, Cowan LD, Greenfield RA. Infectious disease outbreaks in competitive sports: a review of the literature. Am J Sports Med 2006;34:1860-5.
- 14) Grosset-Janin A, Nicolas X, Saraux A. Sport and infectious risk: a systematic review of the literature over 20 years. Med Mal Infect 2012;42:533-44.
- 15) Gartner BC, Meyer T. Vaccination in elite athletes. Sports Med 2014;44:1361-76.
- 16) Barlow JB. Exercise, rugby football and infection. S Afr Med J 1976;50:1351.
- 17) Luke A, d'Hemecourt P. Prevention of infectious diseases in athletes. Clin Sports Med 2007;26:321-44.
- 18) Bakken A, Targett S, Bere T, Adamuz MC, Tol JL, Whiteley R, et al. Health conditions detected in a comprehensive periodic health evaluation of 558 professional football players. Br J Sports Med 2016;50:1142-50.
- 19) Mast EE, Goodman RA, Bond WW, Favero MS, Drotman DP. Transmission of blood-borne pathogens during sports: risk and prevention. Ann Intern Med 1995;122:283-5.
- 20) Gundlapalli AV, Rubin MA, Samore MH, Lopansri B, Lahey T, McGuire HL, et al. Influenza, Winter Olympiad, 2002. Emerg Infect Dis 2006;12:144-6.
- 21) Calcio francese: rinviata Marsiglia-Psg. Tre giocatori hanno contratto il virus H1N1. Scontri tra tifosi a Marsiglia, interviene la polizia; [Internet]. Available from: http://www.corriere.it/sport/09_ottobre_25/rinviata-psg-marsiglia_513cc09e-c171-11de-b4fa-00144f02aabc.shtml [cited 2017, Aug 25].
- 22) Juve decimata dall'influenza in 15 sull'aereo per Manchester; [Internet]. Available from: http://www.repubblica.it/online/calcio2002_coppe/influenza/influenza/influenza.html [cited 2017, Aug 25].
- 23) Cumiskey J, Borriore P, Bachil N, Ergen E, Pigozzi F. Report of a serious reportable communicable disease at a major sporting event. J Sports Med Phys Fitness 2008;48:125-8.
- 24) Reintjes R, Kistemann T, MacLehose L, McKee M, Gill N, Weinberg J, et al. Detection and response to a meningococcal disease outbreak following a youth football tournament with teams from four European countries. Int J Hyg Environ Health 2002;205:291-6.
- 25) Koh YM, Barnes GH, Kaczmarek E, Stuart JM. Outbreak of meningococcal disease linked to a sports club. Lancet 1998;352:706-7.
- 26) Minooee A, Wang J, Gupta GK. Sports: The Infectious Hazards. Microbiol Spectr 2015;3.
- 27) Ehresmann KR, Hedberg CW, Grimm MB, Norton CA, MacDonald KL, Osterholm MT. An outbreak of measles at an international sporting event with airborne transmission in a domed stadium. J Infect Dis 1995;171:679-83.
- 28) Measles at an international gymnastics competition-Indiana, 1991. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 1992;41:109-11.
- 29) Davis RM, Whitman ED, Orenstein WA, Preblud SR, Markowitz LE, Hinman AR. A persistent outbreak of measles despite appropriate prevention and control measures. Am J Epidemiol 1987;126:438-49.
- 30) Biarritz squad quarantined over mumps scare following Amlin Challenge Cup win over Gloucester; [Internet]. Available from: <http://www.telegraph.co.uk/sport/rugbyunion/club/9975206/Biarritz-squad-quarantined-over-mumps-scare-following-Amlin-Challenge-Cup-win-over-Gloucester.html> [cited 2017, Aug 25].
- 31) How Hockey Got the Mumps; [Internet]. Available from: <https://www.bloomberg.com/view/articles/2014-12-18/how-hockey-got-the-mumps> [cited 2017, Aug 25].
- 32) NHL players reflect on return of mumps; [Internet]. Available from: <http://nhl.nbcports.com/2017/02/28/nhl-players-reflect-on-return-of-mumps/> [cited 2017, Aug 25].
- 33) Kordi R, Wallace WA. Blood borne infections in sport: risks of transmission, methods of prevention, and recommendations for hepatitis B vaccination. Br J Sports Med 2004;38:678-84.
- 34) Dorman JM. Contagious diseases in competitive sport: what are the risks? J Am Coll Health 2000;49:105-9.
- 35) Harrington DW. Viral hepatitis and exercise. Med Sci Sports Exerc 2000;32(7 Suppl):S422-30.
- 36) Brozzi M, Capua G, Masucci A. Il rischio biologico e le vaccinazioni nello sport. Rome: Edizioni Mediprint; 2005.
- 37) Mahoney FJ, Farley TA, Kelso KY, Wilson SA, Horan JM, McFarland LM. An outbreak of hepatitis A associated with swimming in a public pool. J Infect Dis 1992;165:613-8.
- 38) Sinclair RG, Jones EL, Gerba CP. Viruses in recreational water-borne disease outbreaks: a review. J Appl Microbiol 2009;107:1769-80.
- 39) Feller AA, Flanagan TP. HIV, infectious diseases, and competitive athletics. Med Health R 2000;83:56-9.
- 40) Araujo MP, Kleine HT, Parmigiano TR, Gomes NT, Caparroz GP, Silva ID, et al. Prevalence of sexually transmitted diseases in female athletes in Sao Paulo, Brazil. Einstein (Sao Paulo) 2014;12:31-5.
- 41) Morse LJ, Bryan JA, Hurley JP, Murphy JF, O'Brien TF, Wacker WE. The Holy Cross college football team hepatitis outbreak. JAMA 1972;219:706-8.
- 42) Kordi R, Neal K, Pourfathollah AA, Mansournia MA, Wallace WA. Risk of hepatitis B and C infections in Tehranian wrestlers. J Athl Train 2011;46:445-50.
- 43) Jafari S, Buxton JA, Afshar K, Copes R, Baharlou S. Tattooing and risk of hepatitis B: a systematic review and meta-analysis. Can J Public Health 2012;103:207-12.
- 44) Anish EJ. Viral hepatitis: sports-related risk. Curr Sports Med Rep 2004;3:100-6.

- 45) Bae SK, Yatsushashi H, Takahara I, Tamada Y, Hashimoto S, Motoyoshi Y, *et al.* Sequential occurrence of acute hepatitis B among members of a high school Sumo wrestling club. *Hepatol Res* 2014;44:E267-72.
- 46) Ahmadinejad Z, Alijani N, Mansori S, Ziaee V. Common sports-related infections: a review on clinical pictures, management and time to return to sports. *Asian J Sports Med* 2014;5:1-9.
- 47) Daly P, Gustafson R. Public health recommendations for athletes attending sporting events. *Clin J Sport Med* 2011;21:67-70.
- 48) The International Olympic Committee (IOC) consensus statement on periodic health evaluation of elite athletes: March 2009. *J Athl Train* 2009;44:538-57.
- 49) Legge 5 Marzo 1963, n. 292. Vaccinazione antitetanica obbligatoria; [Internet]. Available from: http://www.ispettorisanzitari.it/AREA_PROFESSIONALE/IGIENE_E_SICUREZZA/Igiene%20e%20sicurezza%20alavoro/L.5.3.1963%20n.%20292.htm [cited 2017, Aug 25].
- 50) IAAF - International Association of Athletics Federations. IAAF Medical Manual; [Internet]. Available from: [https://www.iaaf.org/download/download?filename=3f74b21a-2a83-4f92-9a30-759603533e5d.pdf&urlslug=Medical%20Manual%20\(complete\)](https://www.iaaf.org/download/download?filename=3f74b21a-2a83-4f92-9a30-759603533e5d.pdf&urlslug=Medical%20Manual%20(complete)) [cited 2017, Aug 25].
- 51) Legge 6 Giugno 1939, n. 891. Obbligatorietà della vaccinazione antidifterica; [Internet]. Available from: http://www.edizioneuropee.it/LAW/HTML/50/z8n6_15_004.html [cited 2017, Aug 25].
- 52) Legge 4 febbraio 1966, n. 51. Obbligatorietà della vaccinazione antipoliomielitica; [Internet]. Available from: http://www.trovanorme.salute.gov.it/norme/dettaglioAtto%3bjsessionid=ywL45knVyFRGMu3Wsznbwv__%3bjsessionid=ywL45knVyFRGMu3Wsznbwv__?completo=si&id=23278 [cited 2017, Aug 25].
- 53) Legge 27 Maggio 1991, n. 165. Obbligatorietà della vaccinazione contro l'epatite virale B; [Internet]. Available from: http://www.iss.it/binary/tras/cont/19910527_LEGGE%2027%20maggio%201991%20vaccinazione.1181036033.pdf [cited 2017, Aug 25].
- 54) Ministero della Salute. Piano Nazionale Prevenzione Vaccinale 2017-2019; [Internet]. Available from: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_publicazioni_2571_allegato.pdf [cited 2017, Aug 25].
- 55) Signorelli C, Guerra R, Siliquini R, Ricciardi W. Italy's response to vaccine hesitancy: An innovative and cost effective National Immunization Plan based on scientific evidence. *Vaccine* 2017;35:4057-9.
- 56) Mellman MF, Podesta L. Common medical problems in sports. *Clin Sports Med* 1997;16:635-62.
- 57) Trabacchi V, Odone A, Lillo L, Pasquarella C, Signorelli C. Immunization practices in athletes. *Acta Biomed* 2015;86:181-8.
- 58) Mast EE, Goodman RA. Prevention of infectious disease transmission in sports. *Sports Med* 1997;24:1-7.
- 59) Governo italiano. Decreto Legge 7 Giugno 2017, n. 73 "Disposizioni urgenti in materia di prevenzione vaccinale"; [Internet]. Available from: <http://www.trovanorme.salute.gov.it/norme/dettaglioAtto?id=59548> [cited 2017, Aug 25].
- 60) Ministero della Salute - Direzione generale della prevenzione sanitaria, Ufficio V - Prevenzione delle malattie trasmissibili e profilassi internazionale. Circolare 12 Giugno 2017. Circolare recante prime indicazioni operative per l'attuazione del decreto legge 7 giugno 2017, n. 73, recante "Disposizioni urgenti in materia di prevenzione vaccinale" (Gazzetta ufficiale n. 130 del 7-6-2017); [Internet]. Available from: <http://www.trovanorme.salute.gov.it/norme/renderNormsanPdf?anno=2017&codLeg=59569&parte=1%20&serie=null> [cited 2017, Aug 25].
- 61) Ministero della Salute. Il Decreto vaccini è legge, tutte le novità; [Internet]. Available from: http://www.salute.gov.it/portale/news/p3_2_1_1_1.jsp?lingua=italiano&menu=notizie&p=dalministero&id=3027 [cited 2017, Aug 25].
- 62) Parlamento della Repubblica Italiana. LEGGE 31 luglio 2017, n. 119. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 giugno 2017, n. 73, recante disposizioni urgenti in materia di prevenzione vaccinale. GU Serie Generale n.182 del 05-08-2017; [Internet]. Available from: <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/08/05/17A05515/sg> [cited 2017, Aug 25].
- 63) Golaz A, Hardy IR, Strebel P, Bisgard KM, Vitek C, Popovic T, *et al.* Epidemic diphtheria in the Newly Independent States of the Former Soviet Union: implications for diphtheria control in the United States. *J Infect Dis* 2000;181(Suppl 1):S237-43.
- 64) Ministero della Salute. Vaccinazioni, i dati 2016: in calo le coperture vaccinali dell'infanzia e dell'adolescenza; [Internet]. Available from: http://www.salute.gov.it/portale/news/p3_2_1_1_1.jsp?lingua=italiano&menu=notizie&p=dalministero&id=2971 [cited 2017, Aug 25].
- 65) Sharp JC. ABC of sports medicine. Infections in sport. *BMJ* 1994;308:1702-6.
- 66) Celentano LP, Massari M, Paramatti D, Salmaso S, Tozzi AE. Resurgence of pertussis in Europe. *Pediatr Infect Dis J* 2005;24:761-5.
- 67) Jaworski CA, Donohue B, Klutz J. Infectious disease. *Clin Sports Med* 2011;30:575-90.
- 68) Lin L, Decker CF. Respiratory tract infections in athletes. *Dis Mon* 2010;56:407-13.
- 69) The Global Polio Eradication Initiative; [Internet]. Available from: <http://polioeradication.org/polio-today/polio-now/> [cited 2017, Aug 25].
- 70) Pallanuoto, è allarme morbilli nella nazionale; [Internet]. Available from: <http://www.adnkronos.com/sport/2017/07/15/pallanuoto-allarme-morbilli-nella-nazionale-GBHARHzTLt-knsj2WpoC5KL.html> [cited 2017, Aug 25].
- 71) Bereket-Yucel S. Risk of hepatitis B infections in Olympic wrestling. *Br J Sports Med* 2007;41:306-10.
- 72) Tobe K, Matsuura K, Ogura T, Tsuo Y, Iwasaki Y, Mizuno M, *et al.* Horizontal transmission of hepatitis B virus among players of an American football team. *Arch Intern Med* 2000;160:2541-5.
- 73) Kashiwagi S, Hayashi J, Ikematsu H, Nishigori S, Ishihara K, Kaji M. An outbreak of hepatitis B in members of a high school sumo wrestling club. *JAMA* 1982;248:213-4.
- 74) Sonderup MW, Suter J, Spearman CW. Hepatitis B in rugby: is it time to revisit policy? *Br J Sports Med* 2016;50:645-6.
- 75) Pirozzolo JJ, LeMay DC. Blood-borne infections. *Clin Sports Med* 2007;26:425-31.
- 76) Karjalainen J, Friman G. Blood-borne pathogens in sports. *Ann Intern Med* 1995;123:635-6.
- 77) Beck CK. Infectious diseases in sports. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(7 Suppl):S431-8.
- 78) Morse LJ, Bryan JA, Chang LW, Hurley JP, Murphy JF, O'Brien TF. Holy Cross football team hepatitis outbreak. *Antimicrob Agents Chemother* (Bethesda) 1970;10:30-2.
- 79) Scharhag J, Meyer T. Return to play after acute infectious disease in football players. *Journal of sports sciences* 2014;32:1237-42.
- 80) Nieman DC. Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:128-39.
- 81) Blaylock JM, Decker CF. Common infections in the collegiate athlete. *Dis Mon* 2010;56:422-35.
- 82) WHO. Typhoid fever; 2014; [Internet]. Available from: http://www.who.int/topics/typhoid_fever/en/ [cited 2017, Aug 25].
- 83) Anwar E, Goldberg E, Fraser A, Acosta CJ, Paul M, Leibovici L. Vaccines for preventing typhoid fever. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;1:CD001261.
- 84) Martin LB. Vaccines for typhoid fever and other salmonellosis. *Curr Opin Infect Dis* 2012;25:489-9.
- 85) Pipe AL. International travel and the elite athlete. *Clin J Sport Med* 2011;21:62-6.
- 86) Gabriel H, Schwarz L, Steffens G, Kindermann W. Immunoregulatory hormones, circulating leucocyte and lymphocyte subpopulations before and after endurance exercise of different intensities. *Int J Sports Med* 1992;13:359-66.
- 87) Edwards KM, Burns VE, Allen LM, McPhee JS, Bosch JA, Carroll D, *et al.* Eccentric exercise as an adjuvant to influenza vaccination in humans. *Brain Behav Immun* 2007;21:209-17.
- 88) Edwards KM, Pung MA, Tomfohr LM, Ziegler MG, Campbell JP, Drayson MT, *et al.* Acute exercise enhancement of pneumococcal vaccination response: a randomised controlled trial of weaker and stronger immune response. *Vaccine* 2012;30:6389-95.
- 89) Istituto Superiore di Sanità. Guida alle controindicazioni alle vaccinazioni; [Internet]. Available from: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_publicazioni_1947_allegato.pdf [cited 2017, Aug 25].
- 90) Prymula R, Siegrist CA, Chlibek R, Zemlickova H, Vackova M, Smetana J, *et al.* Effect of prophylactic paracetamol administration at time of vaccination on febrile reactions and antibody responses in children: two open-label, randomised controlled trials. *Lancet*. 2009;374:1339-50.
- 91) Rodger MA, King L. Drawing up and administering intramuscular injections: a review of the literature. *J Adv Nurs* 2000;31:574-82.

92) Ipp M, Taddio A, Sam J, Gladbach M, Parkin PC. Vaccine-related pain: randomised controlled trial of two injection techniques. *Arch Dis Child*. 2007;92:1105-8.

93) Katsma DL, Katsma R. The myth of

the 90 degrees-angle intramuscular injection. *Nurse Educ* 2000;25:34-7.

94) Australian Government. Department of Health and Ageing - National Health and Medical Research Council. The Aus-

tralian Immunisation Handbook 10th Edition; [Internet]. Available from: <http://www.immunise.health.gov.au/internet/immunise/publishing.nsf/Content/Handbook10-home> [cited 2017, Aug 25].

Authors' contributions.—Carlo Signorelli, Luigi Vezzosi, Girolamo Matteo Milicia, Anna Odone, Cesira Pasquarella, Giancarlo Icardi Maurizio Casasco, Arsenio Veicsteinas, Antonio Gianfelici, have participated in all the drafting phases of the Guidelines. All authors have read and approved the final version of the Guidelines.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: November 27, 2017. - Manuscript received: November 27, 2017.

PHYSIOLOGICAL AREA

Effects of strength and core stability training versus strength and aerobic training in subjects aged over 65

**Effetti dell'allenamento di forza e core stability
versus allenamento di forza e aerobico
a intensità controllata in soggetti over 65**

Italo SANNICANDRO *

Department of Clinical and Experimental Medicine, University of Foggia, Foggia, Italy

*Corresponding author: Italo Sannicandro, Department of Clinical and Experimental Medicine, University of Foggia, Viale Virgilio 19, 71100 Foggia, Italy. E-mail: italo.sannicandro@unifg.it

SUMMARY

BACKGROUND: The study aims to describe the effects of two different types of training aimed at people over 65: a workout based on strength and core stability versus a workout based on strength and aerobic controlled intensity activity.

METHODS: The study targeted active adults (N.=65, 31 males, 34 females), who were randomly divided into two groups: a strength and core stability group (SCG, N.=33) with a mean age, weight, and height of 66.4 ± 1.9 years, 63.4 ± 2.8 kg, 169 ± 3.5 cm, respectively; and a strength and aerobic training group (SAG, N.=32), with a mean age, weight and height of 66.2 ± 1.8 years, 64.1 ± 6.5 kg, 170 ± 3.2 cm, respectively. The sample performed for 8 weeks (3 sessions a week) the two different training protocols; before and after the training period (T0 and T1), the strength of the core district, static balance ability, lower limb strength, and aerobic ability were evaluated.

RESULTS: The SCG showed statistically significant increases in the tests of core strength ($P < 0.01$), in monopodal balance test on both limbs ($P < 0.001$), in the lower limbs strength ($P < 0.01$) and in aerobic ability ($P < 0.001$); SAG showed significant increases only in the aerobic ability ($P < 0.05$). The comparison between SCG and SAG showed significant differences in all T1 tests in the SCG.

CONCLUSIONS: The subject over 65 effectively responds to the core district loads with positive transfer and adaptation in other motor ability; it is plausible to assume that such content should be included in the motor activity plans aimed to increasing balance ability, trunk stabilization and, consequently, in senior fall prevention plans.

(Cite this article as: Sannicandro I. Effects of strength and core stability training versus strength and aerobic training in subjects aged over 65. Med Sport 2017;70:410-8. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03132-5)

KEY WORDS: Physical education and training - Postural balance - Physical fitness.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Lo studio si prefigge di descrivere gli effetti di due differenti tipologie di training destinati a soggetti over 65: un allenamento basato su forza e core stability versus un allenamento basato su forza ed attività aerobica ad intensità controllata.

METODI: Lo studio è stato condotto con adulti attivi (N.=65, 31 maschi, 34 femmine) suddivisi in modo random in 2 gruppi: il gruppo allenamento forza e core stability (GFC, N.=33) con età, peso e altezza medi rispettivamente di $66,4 \pm 1,9$ anni, $63,4 \pm 2,8$ kg e $169 \pm 3,5$ cm; il gruppo allenamento forza ed allenamento aerobico a intensità controllata (GFA, N.=32) con età, peso e altezza medi rispettivamente di $66,2 \pm 1,8$ anni, $64,1 \pm 6,5$ kg e $170 \pm 3,2$ cm. Il campione ha svolto per 8 settimane (3 sessioni settimanali) i due differenti training assegnati; prima e dopo il periodo di training (T0 e T1) è stata valutata la forza del distretto del core, la capacità di equilibrio statico, la forza degli arti inferiori e la resistenza aerobica.

RISULTATI: Il GFC ha evidenziato incrementi statisticamente significativi nelle prove di forza del core ($P < 0,01$), nel test di equilibrio monopodalico su entrambi gli arti ($P < 0,001$), nel test di forza degli arti inferiori ($P < 0,01$) ed in quello di resistenza aerobica ($P < 0,001$); il GFA ha mostrato incrementi prestativi significativi nella sola prova di resistenza aerobica ($P < 0,05$). Il confronto tra GFC e GFA ha mostrato differenze significative in tutte le prove al T1 a favore del GFC.

CONCLUSIONI: *Il soggetto over 65 risponde efficacemente alle sollecitazioni mirate al distretto del core con transfer e adattamenti positivi sulle capacità motorie condizionali e sull'equilibrio; è plausibile ipotizzare che tali contenuti debbano rientrare nei protocolli di attività motorie finalizzate all'incremento della capacità di equilibrio, alla stabilizzazione del tronco e, di conseguenza, nei programmi per la prevenzione delle cadute per i soggetti senior.*

PAROLE CHIAVE: *Allenamento funzionale - Equilibrio - Efficienza fisica.*

The relationship between sedentary lifestyles and related pathologies indicates a potential increase in cardiovascular and metabolic diseases, marked alteration in body composition and individual physical fitness¹⁻⁵ and limitations in daily activity (activity daily living or ADL); this decline becomes more marked, whereas in advanced adulthood, the subject breaks or reduces the motor exercises.⁶ Research is therefore geared towards analyzing the effects of different motor activity protocols for senior and to understand which ones can allow more adaptable adaptations with lower overload risks in subjects aged over 60,⁷⁻¹⁰ both to counteract the aging effects.⁵ In recent years, new exercise types are being launched, aimed at reducing the low back pain risk and postural control, including core stability tasks.¹¹⁻¹⁶

Core is defined as the coxo-lumbar-pelvic complex formed by the lumbar spine, the pelvis, the hip joint and all the muscles acting, controlling or favoring the trunk movements.¹⁷ These muscle districts have a key role in total spine and, in particular, lumbar spine stabilization;¹⁸⁻²⁵ for these reasons, some authors have identified a local control system and a global control system on this body district, in relation to their recognized function.²⁴⁻²⁸

The core anatomical section is considered to be a cylindrical box composed of abdominal muscles, the gluteus and paraspinal muscles, the diaphragm muscle and the pelvis; it also includes the lower back muscles and coxo-femoral joints.^{18, 19, 29} Therefore, core training has been considered a useful set of exercises that can be used in sport as well as improving daily living activities.^{30, 31} According to the American College of Sports Medicine (ACSM), these types of exercises should systematically be part of the training sessions of all healthy adults^{16, 32} to prevent any spinal and lower limbs injuries;^{9, 22, 33-36} ACSM's advices support the effectiveness and systematic nature of this type of exercise in order to improve these functional relationships and to extend senior quality life; other Authors view Core stability exercises to prevent falls by increasing the static and dynamic balance ability.^{11, 13, 15}

Indeed, this ability that requires the complex

Il rapporto tra stili di vita sedentari e patologie correlate indica un potenziale incremento di malattie cardiovascolari e metaboliche, evidente alterazione della composizione corporea e dell'efficienza fisica individuale,¹⁻⁵ nonché limitazioni nelle attività del vivere quotidiano (activities of daily living, ADL); tale declino appare più marcato, laddove in età adulta avanzata, il soggetto sospende o riduce i livelli di pratica motoria.⁶

La ricerca, pertanto, si sta orientando verso l'analisi degli effetti di differenti protocolli di attività motorie destinate ai soggetti senior sia per comprendere quali possono permettere adattamenti più vantaggiosi con minori rischi di sovraccarico nei soggetti over 60,⁷⁻¹⁰ sia per contrastare gli effetti dell'invecchiamento.⁵

Negli ultimi anni si stanno diffondendo nuove tipologie di esercitazioni mirate alla riduzione del rischio di lombalgia e all'incremento del controllo posturale, tra cui i compiti motori di core stability.¹¹⁻¹⁶

Il core è definito come quel complesso coxo-lombo-pelvico formato dal rachide lombare, dal bacino, dall'articolazione dell'anca e da tutti i muscoli che agiscono, controllando o favorendo i movimenti permessi da tali articolazioni.¹⁷ La natura intrinseca di questi confini muscolari assegna a tale distretto un significativo ruolo di stabilizzazione della colonna vertebrale e del tratto lombare in modo particolare,¹⁸⁻²⁵ inducendo alcuni autori a identificare un sistema di controllo locale e un sistema di controllo globale dei muscoli che agiscono su questo segmento corporeo, in relazione alla funzione loro riconosciuta.²⁴⁻²⁸

Da un punto di vista anatomico, la regione del core è considerata alla stregua di una struttura cilindrica composta anteriormente dalla muscolatura addominale anteriormente, posteriormente dai muscoli glutei e paraspinali, superiormente dal muscolo diaframma, e dalle pelvi quali basi inferiori, ivi comprese le articolazioni coxo-femorali.^{18, 19, 29}

In seguito, il core training è stato ritenuto un utile ambito di contenuti utilizzabili anche in ambito sportivo oltre che migliorare le attività correlate alla vita quotidiana.^{30, 31}

Per l'American College of Sports Medicine (ACSM), tali tipologie di esercitazioni dovrebbero sistematicamente far parte delle sessioni di training di tutti gli adulti in salute,^{16, 32} al fine di prevenire eventuali quadri patologici a carico della colonna

interaction of the neuromuscular, proprioceptive, vestibular, and visual system is affected by the aging process that is responsible for sensory perception and therefore affects the fall risk in the senior.^{5, 8, 37, 38}

Core stabilization exercises are able to improve balance control by enhancing deep and superficial trunk muscles such as multifidus, transversus abdominal, longissimus dorsi, inner and outer oblique.^{19, 25, 36, 39-41} The plans most frequently recommended and presented to senior students are related to improve strength, aerobic efficiency or the integration between these two big areas of training;^{7, 9, 42-45} therefore, in literature there is an open problem, that is to understand if core training can be combined with other types of exercises to return advantageous adaptations and to counteract aging effects in senior.

The study therefore aims to describe the effects of a trunk, upper limb and core stability training plan, compared to a trunk and upper limb muscles strength program and controlled intensity aerobic exercise (70% of HR_{max}) on the motor skills of subjects aged over 65.

Materials and methods

This study targeted active adults ($N=65$, 31 males, 34 females) randomly assigned to either of two groups: a strength and core stability training group (SCG, $N=33$) with mean age, weight, and height of 66.4 ± 1.9 years, 63.4 ± 2.8 kg, and 169 ± 3.5 cm, respectively; or a strength and aerobic group (SAG, $N=32$) with mean age, weight, and height of 66.2 ± 1.8 years, 64.1 ± 6.5 kg, and 170 ± 3.2 cm, respectively. The subjects included in the study did not exhibit cardiovascular, metabolic or skeletal muscle pathologies, nor did they undergo pharmacological treatment. Seven subjects were excluded from the study because they had been prescribed rest over the last year due to functional overload or prolonged trauma. All subjects were informed in advance regarding the proposed training and potential injury risk.

Assessment tools

The following functional tests were used to evaluate motor capacity:

— the McGill test was used to evaluate trunk strength by the three positions established by the protocol; the subject is encouraged to keep isometrically as long as possible the sit-up, lateral, and trunk extension position. The detector re-

vertebrale e degli arti inferiori.^{19, 22, 33-36} i suggerimenti dell'ACSM, in pratica, sostengono l'efficacia e la sistematicità di tale tipologia di esercizi, al fine di migliorare tali rapporti funzionali e poter prolungare l'autonomia individuale; altri autori la indicano quale efficace ambito di contenuti per la prevenzione delle cadute grazie all'incremento della capacità di equilibrio statico e dinamico.^{11, 13, 15}

Infatti, tale capacità che richiede la complessa interazione del sistema neuromuscolare, proprio-cettivo, vestibolare, e visivo, risente del processo di invecchiamento a carico della sensopercezione e condiziona, pertanto, il rischio di caduta nel senior.^{5, 8, 37, 38}

Gli esercizi di stabilizzazione del distretto del core sono in grado di migliorare la capacità di controllo dell'equilibrio potenziando la muscolatura profonda e non del rachide quale, il multifido, il trasverso dell'addome, il lunghissimo del dorso, gli obliqui esterni e interni.^{19, 25, 36, 39-41}

I programmi più frequentemente suggeriti e presentati ai senior riguardano la sollecitazione della capacità di forza, dell'efficienza aerobica o l'integrazione tra questi due grandi ambiti di intervento;^{7, 9, 42-45} in letteratura rimane, pertanto, un problema aperto, ossia comprendere se, e con quali altre tipologie di compiti motori destinati a soggetti senior, il core training restituisca adattamenti più vantaggiosi in termini di efficienza fisica e di contrasto agli effetti del processo di invecchiamento sulle capacità motorie.

Lo studio si prefigge di verificare gli effetti di un programma di allenamento relativo alla forza del tronco, degli arti superiori e di core stability, rispetto ad un programma di forza muscolare per tronco e arti superiori e aerobico a intensità controllata (70% della frequenza cardiaca massima), sulle capacità motorie di soggetti senior over 65.

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto con adulti attivi ($N=65$, 31 maschi, 34 femmine) suddivisi in modo random in 2 gruppi: il gruppo allenamento forza e core stability (GFC, $N=33$) con età, peso e altezza medie rispettivamente di $66,4 \pm 1,9$ anni, $63,4 \pm 2,8$ kg e $169 \pm 3,5$ cm; il gruppo allenamento forza e allenamento aerobico ad intensità controllata (GFA, $N=32$) con età, peso e altezza medi rispettivamente di $66,2 \pm 1,8$ anni, $64,1 \pm 6,5$ kg, e $170 \pm 3,2$ cm.

I soggetti inclusi nello studio non presentavano patologie di natura cardiovascolare, metabolica o muscolo scheletrica né tantomeno erano sottoposti a cure farmacologiche. Sono stati esclusi dallo studio coloro ($N=7$) che nell'ultimo anno avevano subito un riposo forzato dovuto a patologie da sovraccarico funzionale o allenamento prolungato. Tutti

cords the time at which the subject manages to hold the assigned positions;^{25, 41}

— the Chair Stand Test was used to evaluate the lower limbs strength; the subject is invited to get up and sit as many times in the 30-second interval. The detector records the number of repetitions performed;⁴⁶

— the 2-Minute Step Test was used to evaluate aerobic ability; the subject performs the greater number of thigh flexions on the pelvis without moving. It detects the number of movements performed in 2 minutes;⁴⁶

— the Single-Leg Stance test was used for static balance evaluation; the subject standing on one foot, with his hands on the chest and with open eyes, is invited to maintain the position assigned taking care not to tilt the bust, abduct the lower limb in suspension or touching the ground. It detects the time at which the subject is able to keep the assigned task. The test was performed on both limbs.⁴⁷

Protocol

The training period lasted 8 weeks (3 sessions a week) for a total of 24 sessions of about 60 minutes each. Before and after the training period (T0 and T1), there were established two evaluation sessions on motor skills and anthropometric variables that provided core strength assessment using the McGill test, the assessment of the lower limbs strength using the Chair Stand Test, static balance assessment by Single-Leg Stance Test and aerobic ability assessment through the 2-Minute Step Test. The tests were performed following a random order, with the exception of the 2-Minute Step Test, which is always the last test, as well as the indications provided by protocol.⁴⁶

Each training session provided an initial 15-minute warm-up phase for both groups, while the central phases were differentiated according to the assigned plans (Table I); the subjects motor level skills and the literature indications, with particular reference to senior people, determined the choice of the intensity assigned to strength exercises 7, 8, 10, 42, 43 and aerobic exercises.⁹

Statistical analysis

For all the values obtained, the descriptive statistic was determined, while the comparison of averages was performed by t-test for paired data for comparison of T0 and T1 and t-test for independent data to verify intergroup differences

i soggetti sono stati preventivamente informati sulle modalità di allenamento proposte e sui potenziali rischi di infortunio.

Strumenti di valutazione

Per la valutazione delle capacità motorie sono stati utilizzati i seguenti test funzionali:

— *il test di McGill è stato utilizzato per valutare la forza del tronco mediante le tre posizioni stabilite dal protocollo: il soggetto è invitato a mantenere isometricamente il più a lungo possibile la posizione di sit-up, di plank laterale e di estensione del tronco; il rilevatore registra il tempo in cui il soggetto riesce a mantenere le posizioni assegnate;*^{25, 41}

— *il Chair Stand Test è stato presentato per valutare la forza degli arti inferiori: il soggetto è invitato ad alzarsi e sedersi il maggior numero di volte nell'intervallo di 30 secondi; il rilevatore registra il numero di ripetizioni eseguite;*⁴⁶

— *il 2-minute Step Test è stato utilizzato per valutare la resistenza aerobica; il soggetto esegue, sul posto, il maggior numero di flessioni della coscia sul bacino. Si rileva il numero di movimenti eseguiti in 2 minuti;*⁴⁶

— *il Single-Leg Stance Test è stato presentato per la valutazione dell'equilibrio statico: il soggetto in appoggio monopodalico, con mani sul petto e ad occhi aperti, è invitato a mantenere la posizione assegnata curando di non inclinare il busto, abduire l'arto inferiore in sospensione o toccare il suolo; si registra il tempo in cui il soggetto è in grado di mantenere la posizione assegnata; la prova è stata eseguita su entrambi gli arti.*⁴⁷

Protocollo

Il periodo di training ha avuto una durata di 8 settimane (3 sessioni settimanali) in cui tutti i soggetti coinvolti si sono sottoposti a 24 sedute da circa 60 minuti ciascuna. Prima e dopo il periodo di training (T0 e T1) sono state stabilite 2 sedute di valutazione inerenti le capacità motorie e le variabili antropometriche che hanno previsto la valutazione della forza del distretto del core attraverso il test di McGill, la valutazione della forza degli arti inferiori mediante Chair Stand Test, la valutazione dell'equilibrio statico mediante Single-Leg Stance Test e la valutazione della resistenza aerobica con il 2-minute Step Test.

*L'ordine di presentazione delle prove è stato random, eccezion fatta per il test di resistenza (2-minute Step Test), previsto sempre quale ultima prova, così come da indicazioni fornite dal protocollo.*⁴⁶

Ogni sessione di allenamento ha previsto una fase di warm-up iniziale di 15 minuti comune a entrambi i gruppi, mentre le fasi centrali sono sta-

TABLE I.—Description of the middle phase of the two different intervention protocols. Exercise intensity in strength exercises was set based on the single subject's motor ability and on the recent literature on senior aerobic training.^{7-10, 42, 43}

TABELLA I. — *I livelli delle capacità motorie dei soggetti e le indicazioni presenti in letteratura con particolare riferimento a soggetti in età adulta avanzata, hanno determinato la scelta relativa all'intensità assegnata alle esercitazioni di forza ed alle esercitazioni aerobiche.*^{7-10, 42, 43}

SCG training	SAG training
For core stability:	For aerobic training
Plank: 3×6×6 s	(70% HR _{max}):
Side plank: 3×4×6 s each side	Bike recline: 10 min
Prone plank: 3×6×6 s	Tapis roulant walking: 15 min
Climber: 4×6	
Supine bridge: 4×8	
Leg extension on all fours: 3×4	
For muscle strength (60% 1RM):	For muscle strength (60% 1RM):
Chest press: 3×10	Chest press: 3×10
Vertical row: 3×10	Vertical row: 3×10
Lat machine: 3×10	Lat machine: 3×10
Seated curl with handles: 3×10	Seated curl with handles: 3×10
Pushdown: 3×10	Pushdown: 3×10

SCG: strength and core stability group; SAG: strength and aerobic training group; HR: heart rate; 1RM: one-repetition movement.

(SCG *vs.* SAG). Statistical significance was set at $P<0.05$. To evaluate the effect size index (effect size: ≤ 0.20 small, 0.50 mean, ≥ 0.80 large),⁴⁸ Cohen's *d* in T1 was calculated.

Results

Test results and *t*-test data for T0 and T1 compared to SCG showed statistically significant increments in the McGill sit-up test ($P<0.05$), in the right side plank test ($P<0.01$), in the left side plank ($P<0.01$), in the left Leg Stance ($P<0.01$) and right ($P<0.01$), in the Chair Stand Test ($P<0.05$) and in the 2-Minute Step Test ($P<0.001$); in the SAG the only statistically significant difference observed between T0 and T1 was that found in the 2-Minute Step Test ($P<0.05$).

The *t*-test data for unpaired data did not reveal statistically significant differences between the two groups (SCG *vs.* SAG) in the T0. The unpaired *t*-test data results yielded statistically significant differences between SCG and SAG in T1, always in favor of SCG, in the McGill trunk sit-up test ($P=0.04$) with an effect size value equal

te differenziate in relazione ai protocolli assegnati (Tabella I).

Analisi statistica

Per tutti i valori ottenuti è stata determinata la statistica descrittiva, mentre il confronto tra medie è stato effettuato mediante *t*-test per dati appaiati per il confronto tra T0 e T1 e mediante *t*-test per dati indipendenti per verificare le differenze intergruppo (GFC *vs.* GFA). La significatività statistica è stata fissata a $P<0,05$. Per valutare l'indice della dimensione dell'effetto ($\leq 0,20$ piccolo; 0,50 medio; $\geq 0,80$ grande),⁴⁸ è stata calcolata la *d* di Cohen nel T1.

Risultati

I risultati delle prove e l'analisi mediante *t*-test per dati appaiati nel confronto tra T0 e T1 nel GFC ha evidenziato incrementi statisticamente significativi nel test di McGill prova sit-up ($P<0,05$), nella prova side plank destro ($P<0,01$) nella prova side plank sinistro ($P<0,01$), nel Single-Leg Stance sinistro ($P<0,01$) e destro ($P<0,01$), nel Chair Stand Test ($P<0,05$) e nel 2-minute Step Test ($P<0,001$); nel GFA la sola differenza statisticamente significativa osservata tra T0 e T1 è stata quella rilevata nel 2-minute Step Test ($P<0,05$).

I risultati del *t*-test per dati non appaiati non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i due gruppi (GFC *vs.* GFA) nel T0.

I risultati del *t*-test per dati non appaiati hanno restituito differenze statisticamente significative tra GFC e GFA nel T1, sempre a favore del GFC, nella prova di sit-up del tronco relativa al McGill ($P=0,04$), con un valore di dimensione dell'effetto pari a 0,45 (medio), nella prova di estensione del tronco ($P<0,05$) con una dimensione dell'effetto pari a 0,46 (medio), nelle prove di side plank destro e sinistro ($P<0,05$) con un valore di dimensione dell'effetto per entrambi pari a 0,56 (medio), nella prova di Single-Leg Stance su arto destro e su arto sinistro ($P<0,01$) con un valore di dimensione dell'effetto rispettivamente pari a 0,68 e 0,65 (medio), nel Chair Stand Test ($P<0,05$) con un valore di dimensione dell'effetto pari a 0,45 (medio), nel 2-minute Step Test ($P=0,01$) con un valore di dimensione dell'effetto pari a 0,68 (medio). I risultati sono sintetizzati in Tabella II.

Discussione

L'attenzione della ricerca nei confronti dei vantaggi ottenuti attraverso l'utilizzo di contenuti per la core stability è aumentata negli ultimi anni,^{10, 11, 13-15, 34, 40, 49-51} anche grazie ai suggerimenti

TABLE II.—Results of the intervention protocol.

TABELLA II. — *Risultati.*

	Strength and core stability group			Strength and aerobic training group				
	T0 (mean±SD)	T1 (mean±SD)	Two- sided P value	T0 (mean±SD)	T1 (mean±SD)	One- sided P value	Two- sided P value	Cohen's d (ES)
McGill Test (sit-up)	13.1±3.3	15.5±2.7	0.003*	14.2±2.4	14±2.4	0.146	0.04	0.45
McGill Test (extension)	20.1±3.6	20.6±3	0.634	18.2±4	16.9±4.3	0.160	0.02	0.46
McGill Test (right side plank)	10.8±3.4	16.1±3.2	0.006 †	10.9±1.8	11.5±2.6	0.091	0.03	0.56
McGill Test (left side plank)	10.4±2.7	16.4±2.8	0.004 †	9.6±2.3	10.1±2.9	0.087	0.003	0.56
Single-Leg Stance Test (right side)	15.40±4.195	19.40±2.011	0.003 †	15.55±3.908	15.27±3.901	0.204	0.003	0.68
Single Leg Stance Test (left side)	15.80±4.803	19.90±2.685	0.006 †	15.18±3.970	13.55±4.132	0.167	0.003	0.65
Chair Stand Test	9.70±1.636	12.70±1.636	0.004 †	10.45±2.339	11.09±2.023	0.269	0.04	0.45
2-minute Step Test	65.40±10.233	75.90±5.840	0.001 †	59.82±10.713	63.91±10	0.034*	0.004	0.68

*P<0.05; † P<0.01

to 0.45 (mean) in the trunk extension ($P<0.05$) with an effect size equal to 0.46 (mean), in right and left plank side tests ($P<0.05$) with an effect size value for both ($P<0.05$), with a Effect Size value of 0.68 and 0.65 (mean) in the Chair Stand Test ($P<0.05$), respectively at 0.56 (mean) in the Single-Leg Stance test on the right and left limb with an effect size value of 0.45 (medium) in the 2-Minute Step Test ($P=0.01$) with an effect size value of 0.68 (medium). The results are summarized in Table II.

Discussion

The research focus on the benefits of using Core Stability has increased in recent years,^{10, 11, 13-15, 34, 40, 49-51} thanks also to suggestions dictated by ACSM^{16, 32} and the functional relationships founded between Core training and individual senior autonomy.^{10, 11, 14, 52} The purpose of this study was to compare the effects of a traditional physical fitness training aimed at trunk strength, upper limbs, and aerobic capacity, compared to an integrated training program with core stability content as well as strength of the upper segment, on senior subjects.

In the present study, at the end of the 8-week training, from the comparison of the data collected in the T0/T1 assessment, there were differences between the SCG and the SAG in all the evaluated abilities. Observing the values of the two groups at the T1, the SCG in the McGill test used to verify lumbar stability showed an increase of 18% in sit-up position, in a right plank

menti dettati dall'ACSM^{16, 32} e ai rapporti funzionali individuati tra allenamento del core e autonomia individuale del senior.^{10, 11, 14, 52}

L'obiettivo di questo studio è stato comparare gli effetti di un tradizionale allenamento per l'efficienza fisica rivolto alla forza del tronco, degli arti superiori nonché alla capacità aerobica, rispetto a un programma di allenamento integrato con contenuti di core stability oltre che sulla forza del comparto superiore, su soggetti senior.

Nel presente lavoro, al termine delle 8 settimane di training, dal confronto dei dati raccolti nei pre-/post-test, si sono riscontrate differenze tra il GFC ed il GFA in tutte le capacità valutate.

Osservando i valori dei due gruppi al T1, il GFC, nel McGill Test utilizzato per verificare la stabilità della colonna, ha evidenziato nella posizione di sit-up un incremento del 18%, nella posizione di side plank destro un miglioramento del 49% ($P<0.05$), nella posizione di plank sinistro del 57,6% e nella posizione di estensione del tronco del 2,4%, evidenziando differenze significative rispetto al GFA, fatta eccezione per questa ultima prova.

I valori ottenuti sono coerenti rispetto a quanto presente in letteratura ed ottenuto con campione di soggetti simili per età e genere, a cui sono stati proposte esercitazioni di core stability¹⁰ e sovrapponibile a studi condotti per periodi di tempo superiori a quelli di questo studio che si sono avvalsi dei medesimi test di valutazione.¹¹

La dimensione media dell'effetto indica la rilevanza delle differenze tra i valori medi ottenuti nei due momenti valutativi.

L'incremento significativo in quasi tutti i compiti previsti dal test di McGill nel GFC suggerisce che le esercitazioni proposte, si sono rivelate funzionali

position of 49% ($P<0.05$), in the left plank position of 57.6% and in the trunk extension position of 2.4%, highlighting significant differences over the SAG, except for this last test. The obtained values are consistent with what is present in the literature and obtained with a sample of similar subjects by age and gender, to which core stability¹⁰ exercises have been proposed and superimposed on training studies conducted for periods of time higher than those in this study who have made use of the same evaluation tests.¹¹ The medium effect size indicates the significance of the differences between the average values obtained in the two assessment periods.

The significant increase in almost all of the McGill Test's tasks in the SCG suggests that the proposed exercises have proved to be functional to increasing Core control, a goal that is considered to be a priority by the ACSM guidelines.³² The SAG values are also consistent with data literature as it is shown that a modest effectiveness of muscle strength exercises was observed on the core strength in older subjects aged 60 to 68 years.⁵³ Conversely, the introduction of core stability exercises returned a positive transfer in the SCG on left and right (+25.9%, $P<0.01$) static balance, suggesting that trunk strength plays a significant role in monopodal stance control. To support this hypothesis, in the literature there are several researches and contributions that report significant results on the senior balance, after integrated core stability training and fall prevention plans.^{11, 14, 15, 34, 54} In particular, two studies, always focused on specific trunk stabilization exercises, reported the same increases in static balance capacity obtained in the present study using the same evaluation test;^{38, 55} and such functional relationships seem to be maintained and highlighted even for older people up to 80 years old.^{13, 52}

Significant increases in the SCG Chair Stand Test (+30.9%, $P<0.01$, ES: 0.45) compared to the modest increase obtained by SAG (+6.6%, non-significant P) induces as much as trunk strength influencing daily senior movements, such as getting up and sitting: values are similar to those obtained from other researches that have been using unstable tools to activate the core muscles and have gained improvements in the Chair Stand Test.^{38, 55} Through the 2-Minute Step Test, which aimed at investigating aerobic endurance, positive results were found in both groups between T0 and T1: SGC had an increase of 16% ($P<0.01$), while SAG has increased of 6.8% ($P<0.05$). The hypotheses about the benefits of the SCG on

per l'incremento del controllo del distretto del core, obiettivo questo ritenuto prioritario dalle linee guida fornite dall'ACSM.³²

Anche i valori ottenuti nel GFA sono coerenti con quanto emerge in letteratura laddove si evince come si è osservata una modesta efficacia delle esercitazioni di sola forza muscolare sulla forza del distretto del core in soggetti senior in età compresa tra 60 e 68 anni.⁵³

Viceversa, l'introduzione di esercitazioni di core stability ha restituito nel GFC un transfer positivo nelle prove di equilibrio statico sia su arto destro che sinistro (+25.9%, $P<0.01$) suggerendo come la forza del tronco rivesta un ruolo significativo nel controllo monopodalico.

A supportare tale ipotesi, in letteratura si individuano diverse ricerche e contributi autorevoli che riportano risultati significativi sull'equilibrio di soggetti senior coinvolti in programmi di allenamento finalizzati alla prevenzione delle cadute, e che avevano introdotto compiti di core stability.^{11, 14, 15, 34, 54}

In particolare, due lavori, incentrati sempre su esercizi specifici per la stabilizzazione del tronco, hanno riportato i medesimi incrementi prestativi per la capacità di equilibrio statico ottenuti nel presente studio, avvalendosi del medesimo test di valutazione;^{38, 55} e tali rapporti funzionali sembrano mantenersi ed evidenziarsi anche per soggetti senior in età più avanzata e fino agli 80 anni.^{13, 52}

Gli incrementi significativi ottenuti dal GFC nel Chair Stand Test (+30.9%, $P<0.01$, dimensione dell'effetto: 0.45) rispetto al modesto incremento ottenuto dal GFA (+6.6%, P non significativo) induce a ipotizzare quanto la forza del tronco possa influenzare movimenti di uso quotidiano per il senior, quale l'alzarsi e il sedersi: i valori sono sovrapponibili a quanto ottenuto da altre ricerche che si sono avvalse di supporti instabili per attivare la muscolatura del core e che hanno ottenuto miglioramenti nella prova di Chair Stand Test.^{38, 55}

Attraverso il 2-minute Step Test, finalizzato ad indagare la resistenza aerobica si sono riscontrati risultati positivi in entrambi i gruppi tra T0 e T1: il GFC ha avuto un miglioramento in termini percentuali del 16% ($P<0.01$), mentre il GFA, ha ottenuto un aumento del 6.8% ($P<0.05$).

Le ipotesi circa i benefici ottenuti dal GFC sulla valutazione della resistenza aerobica possono basarsi sulla tipologia di compito previsto dal test adottato.

Il 2-minute Step Test, infatti, è un compito che consiste nel flettere ed estendere gli arti inferiori in modo continuativo per 2 minuti, alla stregua della salita di un gradino, imponendo a chi lo esegue di elevare la coscia sino a raggiungere la condizione di parallelismo con il suolo.

Scomponendo tale movimento, si tratta, da parte

aerobic endurance assessment may be based on the type of task provided for by the test. Indeed, the 2-Minute Step Test is a task that continuously flexes and extends the lower limbs for 2 minutes, as you step up a step, requiring those who lift it up to reach the condition of parallel with the ground. Analyzing this movement, the performer alternately must remain in a monopodal balance stance, so the significant statistically increments obtained in the SCG could be due to a better control of the Core region, so much like what happened for the Single-Leg Stance Test.

In the SAG, there was an increase only in the Chair Stand Test (+6.6%, non-significant P) and in the 2-Minute Step Test (+6.8%, $P < 0.05$). Such results can be ascribed to the type of program followed, as demonstrated in previous studies the literature.⁹

Conclusions

In conclusion, the results obtained confirm what is already described in the literature: the senior also responds to loads targeted at the core district with positive transfer and adaptation of strength and aerobic ability^{7, 10, 38, 54-56} and balance.^{11, 13, 15, 34} Comparing the values of this study with other studies in the literature, including those conducted with special people,^{22, 31, 57-60} it is plausible to suppose that these motor tasks can be included in motor activity plans aimed at increasing balance ability, trunk stabilization and, consequently, in senior fall prevention plans.

di chi lo esegue, di mantenere in forma alternata una condizione di equilibrio monopodalico, per cui i rilevanti incrementi statisticamente significativi ottenuti nel GFC, potrebbero essere imputabili ad un miglior controllo del distretto del core, in modo molto simile rispetto a quanto si è verificato per la prova di Single-Leg Stance Test.

Nel GFA c'è stato un incremento dei valori prestativi solo a carico del Chair Stand Test (+6,6%, ns) e del 2-minute Step Test (+6,8%, $P < 0,05$).

Per quanto riguarda il GFA, il risultato ottenuto, seppur minimo, si può ricondurre allo svolgimento delle esercitazioni aerobiche previste nella parte iniziale di ciascuna sessione di allenamento prevista nel programma adottato, così come osservato in studi analoghi precedenti.⁹

Conclusioni

In conclusione, i risultati ottenuti confermano quanto già descritto in letteratura, ossia che anche il senior risponde alle sollecitazioni mirate al distretto del core con transfer ed adattamenti positivi sulle capacità motorie condizionali^{7, 10, 38, 54-56} e sull'equilibrio.^{11, 13, 15, 34}

Confrontando i vantaggi ottenuti in questo studio con altri lavori presenti in letteratura, compresi quelli condotti con soggetti con bisogni speciali,^{22, 31, 57-60} è plausibile ipotizzare che tali contenuti debbano rientrare nei protocolli di attività motorie finalizzate all'incremento della capacità di equilibrio, alla stabilizzazione del tronco e, di conseguenza, nei programmi per la prevenzione delle cadute nei soggetti senior.

References/Bibliografia

- 1) Kemi OJ, Wisloff U. High-intensity aerobic exercise training improves the heart in health and disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2010;30:2-11.
- 2) Dimkpa U. Post-Exercise heart rate recovery: an index of cardiovascular fitness. *J Exe Physiol* 2009;12:19-22.
- 3) Ferrari CKB. Metabolic syndrome and obesity: epidemiology and prevention by physical activity and exercise. *J Exerc Sci Fit* 2008;62:87-96.
- 4) Bisciotti GN. Attività fisica ed osteoporosis. *New Athletic Research in Science Sport* 2006;195:21-8.
- 5) Bisciotti GN. L'invecchiamento. Perugia: Calzetti-Mariucci; 2012.
- 6) Bosquet L, Berrymann N, Dupuy O, Mekary S, Arvisais D, Bherer L, et al. Effect of training cessation on muscular performance: A meta-analysis. *Scan J Med Sci Sport* 2013;23:140-9.
- 7) Sannicandro I, Colella D, Rosa RA, Manno R. La modulazione del carico motorio in età avanzata: effetti di differenti protocolli di training sui valori di forza, flessibilità ed endurance. *Med Sport* 2008;61:443-54.
- 8) Sannicandro I. Attività motorie per i senior. Milano: Corriere; 2013.
- 9) Scurati R, Benedini S, Michielon G, Invernizzi PL, Zannini L, Alberti G. Attività aerobica ad intensità controllata in acqua e in palestra: effetti sull'umore e sull'efficienza fisica in donne della terza età. *Med Sport* 2016;69:215-27.
- 10) Rosa R, Cofano G, Uzzi F, Sannicandro I. Effect of a core stability training on motor abilities in a group of seniors. *Sport Sci Health* 2016;Suppl 1:46.
- 11) Granacher U, Gollhofer A, Hortobagyi T, Kressig RW, Muehlbauer T. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Med* 2013;43:627-41.
- 12) Granacher U, Muehlbauer T, Zahner L, Gollhofer A, Kressig RW. Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sport Med* 2011;41:377-400.
- 13) Kahle N, Tevald MA. Core muscle strengthening improves balance performance in community-dwelling older adults: a pilot study. *J Aging Phys Act* 2014;22:65-73.
- 14) Kang KY, Choi JH, Lee SB. Effect of core strengthening exercise programs on symmetric double limb support and balance ability in the elderly. *J Int Acad Phys Ther Res* 2012;3:378-82.
- 15) Kang KY. Effects of core muscle stability training on the weight distribution and stability of the elderly. *J Phys Ther Sci* 2015;27:3163-5.
- 16) Sannicandro I. L'allenamento del Core nella prevenzione e nella performance. Bologna: NonSoloFitness; 2014.
- 17) Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core Stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg* 2005;13:316-25.
- 18) Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* 1996;21:2640-50.
- 19) Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscle associated with movement of the lower limb. *Phys Ther* 1997;77:132-44.
- 20) Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speed. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1005-12.

- 21) Hodges PW. Core Stability exercise in chronic low back pain. *Orthop Clin N Am* 2003;34:245-54.
- 22) Hicks GE, Simonsick EM, Harris TB, Newmann AB, Weiner DK, Nevitt MA, *et al.* Trunk muscle composition as a predictor of reduced functional capacity in the health, aging and body composition study: the moderating role of back pain. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60:1420-4.
- 23) Hodges PW, Eriksson AE, Shirley D, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomechanics* 2005;38:1873-80.
- 24) Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I: function, dysfunction, adaptation and enhancement. *J Spinal Disorders* 1992;5:383-9.
- 25) McGill SM. Low Back Stability: From Formal Description to Issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev* 2001;29:26-31.
- 26) Aluko A, DeSouza L, Peacock J. The effect of Core Stability exercises on variations in acceleration of trunk movement, pain, and disability during an episode of acute nonspecific low back pain: a pilot clinical trial. *J Manipulative Physiol Ther* 2013;36:497-504.
- 27) Crisco JJ, Panjabi MM. The intersegmental and multisegmental muscles of the lumbar spine. A biomechanical model comparing lateral stabilizing potential. *Spine* 1991;16:793-9.
- 28) Urquhart DM, Hodges PW. Differential activity of regions of transverses abdominis during trunk rotation. *Eur Spine J* 2005;14:393-400.
- 29) Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving Core Stability and Core Strength. *Sport Med* 2008;38:995-1008.
- 30) Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of Core Stability in athletic function. *Sports Med* 2006;36:189-198.
- 31) Suri P, Kiely DK, Leveille SG, Frontera W, Bean JF. Trunk muscle attributes are associated with balance and mobility in older adults: a pilot study. *PM & R* 2009;1:916-24.
- 32) American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Eighth edition. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins; 2010.
- 33) Nourbakhsh MR, Arab AM. Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2002;32:447-60.
- 34) Arnold C, Lanovaz J, Oates A, Craven B, Butcher S. The Effect of Adding Core Stability Training to a Standard Balance Exercise Program on Sit to Stand Performance in Older Adults: A Pilot Study. *J Aging Phys Activ* 2015;23:95-102.
- 35) Comeford MJ, Mottram SL. Functional Stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Man Ther* 2001;6:15-26.
- 36) Jemmett RS. Rehabilitation of lumbar multifidus dysfunction in low back pain: strengthening versus a motor re-education model. *Br J Sports Med* 2003;37:91-4.
- 37) Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scand* 1989;230:20-4.
- 38) Seo BD, Yun YD, Kim HR. Effect of 12-week swissball exercise program on physical fitness and balance ability of elderly women. *J Phys Ther Sci* 2012;24:11-5.
- 39) Ko DS, Jung DI, Jeong MA. Analysis of Core Stability Exercise Effect on the Physical and Psychological Function of Elderly Women Vulnerable to Falls during Obstacle Negotiation. *J Phys Ther Sci* 2014;26:1697-700.
- 40) Klizienė I, Sipavicienė S, Imbrasienė D, Klizas S, Inokaitis H. Effect of Core Stability exercise on cross-sectional area of lumbar multifidus muscle and physical capacity. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2015;28:841-7.
- 41) McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13:353-9.
- 42) Tarpenning KM, Hawkins SA, Marcell TJ, Wiswell RA. Endurance exercise and leg Strength in older women. *J Aging & Phys Act* 2006;14:3-11.
- 43) Deruelle F, Nourry C, Mucci P, Bart F, Grosbois JM, Lensel Gh, *et al.* Optimal exercise intensity in trained elderly men and women. *Int J Sports Med* 2007;28:612-6.
- 44) Sousa N, Mendes R, Abrantes C, Sampaio J, Oliveira J. Long-term effects of aerobic training versus combined aerobic and resistance training in modifying cardiovascular disease risk factors in healthy elderly men. *Geriatr Gerontol Int* 2013;13:928-93.
- 45) Wasenius N, Venojarvi M, Manderöos S, Surakka J, Lindholm H, Heinonen OJ, *et al.* The effect of structured exercise intervention on intensity and volume of total physical activity. *JSSM* 2014;13:829-35.
- 46) Rikli RE, Jones CJ. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, aged 60-94. *J Aging & Phys Act* 1999;7:162-81.
- 47) Springer BA, Marin R, Cyhan T, Roberts H, Gill NW. Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *J Geriatric Phys Ther* 2007;30:8-15.
- 48) Cohen J. Statistical power analysis. *Current Direction in Psychological Science* 1992;1:98-101.
- 49) Petersen C, Nittinger N. Core Stability: Connecting lower core and legs. *ITF Coach Sport Sci Rev* 2014;64:18-20.
- 50) Cavaggioni L, Ongaro L, Zannin E, Iaia FM, Alberti G. Effects of different core exercises on respiratory parameters and abdominal strength. *J Phys Ther Sci* 2015;27:3249-53.
- 51) Petrofsky JS, Cuneo M, Dial R, Pawley AK, Hill J. Core strengthening and balance in the geriatric population. *J Appl Res* 2005;5:423-33.
- 52) Hosseini SS, Asl AK, Rostamkhany H. The effect of strength and core stabilization training on physical fitness factors among elderly people. *World Appl Sci J* 2012;16:479-84.
- 53) Nichols JF, Medina D, Dean E. Effects of strength, balance, and trunk stabilization training on measures of functional fitness in older adults. *Am J Med Sports* 2001;3:279-85.
- 54) Katzman WB, Sellmeyer DE, Stewart AL, Wanek L, Hamel KA. Changes in flexed posture, musculoskeletal impairments, and physical performance after group exercise in community-dwelling older women. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:192-9.
- 55) Pfeiffer M, Begerow B, Minne HW, Schlotthauer T, Pospeschill M, Scholz M, *et al.* Vitamin D status, trunk muscle strength, body sway, falls, and fractures among 237 postmenopausal women with osteoporosis. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 2001;109:87-92.
- 56) Faina M, Mirri G, Manili U, Cavalazzi E, Morandini C, Besi M, *et al.* Effetti fisiologici e psicologici di un programma di attività fisica in un gruppo di anziani non sportive. *Med Sport* 2008;61:121-38.
- 57) Kasukawa Y, Miyakoshi N, Hongo M, Ishikawa Y, Noguchi H, Kamo K, *et al.* Relationships between falls, spinal curvature, spinal mobility and back extensor strength in elderly people. *J Bone Miner Metab* 2010;28:82-7.
- 58) Sinaki M, Brey RH, Hughes CA, Larson DR, Kaufman KR. Significant reduction in risk of falls and back pain in osteoporotic-kyphotic women through a Spinal Proprioceptive Extension Exercise Dynamic (SPEED) program. *Mayo Clin Proc* 2005;80:849-55.
- 59) Stephenson J, Swank AM. Core training designing a program for anyone. *Strenght Cond J* 2004;26:34-7.
- 60) Javadian Y, Akbari M, Talebi G, Taghipour-Darzi M, Janmohammadi N. Influence of core stability exercise on lumbar vertebral instability in patients presented with chronic low back pain: A randomized clinical trial. *Caspian J Intern Med* 2015;6:98-102.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: October 13, 2017. - Manuscript received: May 16, 2017.

PHYSIOLOGICAL AREA

The interaction of external/internal and relevant/irrelevant attentional focus on skilled performance: the mediation role of visual information

L'interazione del focus attentivo esterno/interno e rilevante/irrilevante sulla prestazione efficace: il ruolo di mediazione dell'informazione visiva

Esmaeel SAEMI ¹*, Behrouz ABDOLI ¹, Alireza FARSI ¹, Mohammad A. SANJARI ²

¹Department of Sport Sciences, Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran; ²Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*Corresponding author: Esmaeel Saemi, Department of Sport Sciences, Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: esmaeelsaemi@yahoo.com

SUMMARY

BACKGROUND: The present study examined the interaction of external-internal and relevant-irrelevant attentional focus on accuracy of basketball free throws. The potential mediating role of visual information in skilled basketball throwers was also examined.

METHODS: Eleven male skilled players (mean age 21.45 ± 2.50 years) were recruited. The participants were counter-balanced and performed 80 trials in four attentional strategies of external-relevant, external-irrelevant, internal-relevant, and internal-irrelevant (20 trials per condition). In each attentional condition, half of the trials were performed using visual information and in the other half of the trials visual information was removed.

RESULTS: The results of the factorial repeated measure ANOVA found an internal-external main effect, a relevant-irrelevant main effect, a main effect of vision, and an interaction of internal-external with relevant-irrelevant.

CONCLUSIONS: Overall, the results suggested that the external relevant attentional strategies can lead to improved free throw skills regardless of the presence or absence visual information.

(Cite this article as: Saemi E, Abdoli B, Farsi A, Sanjari MA. The interaction of external/internal and relevant/irrelevant attentional focus on skilled performance: the mediation role of visual information. Med Sport 2017;70:419-29. DOI: 10.23736/S0025-7826.16.02951-3)

KEY WORDS: External relevant attentional strategies - Visual information - Basketball free throw.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Il presente studio ha analizzato il focus attentivo esterno-interno e rilevante-irrilevante sulla precisione dei tiri liberi a pallacanestro. Inoltre, è stato esaminato il possibile ruolo delle informazioni visive nei giocatori di basket esperti.

METODI: Sono stati reclutati 11 giocatori maschi esperti (età media $21,45 \pm 2,50$ anni). I partecipanti sono stati controbalanciati e hanno effettuato 80 prove su quattro strategie di attenzione: esterna-rilevante, esterna-irrilevante, interna-rilevante e interna-irrilevante (20 prove per condizione). In ciascuna condizione di attenzione la metà delle prove è stata effettuata usando informazioni visive; nell'altra metà tali informazioni sono state rimosse.

RISULTATI: I risultati dell'ANOVA fattoriale per misure ripetute hanno riscontrato un effetto principale di interno-esterno e rilevante-irrilevante, un effetto principale della vista e un'interazione di interno-esterno con rilevante-irrilevante.

CONCLUSIONI: Nel complesso, i risultati hanno suggerito che le strategie di attenzione esterna rilevante possono portare a migliori capacità di tiro libero a prescindere dalla presenza o assenza di informazioni visive.

PAROLE CHIAVE: Strategie di attenzione esterna rilevante - Informazioni visive - Tiro libero a pallacanestro.

One of the constant concerns of coaches is to find effective techniques for improving players' skilled performance in practical situations

Una delle preoccupazioni costanti degli allenatori è trovare tecniche efficaci per migliorare le prestazioni dei giocatori in situazioni

and athletic competitions. Researchers examining motor behavior have conducted numerous experiments in order to address these concerns and have found that the coaches can direct the focus of performers on the certain aspects of task and skill just by changing a few words or phrases in verbal instructions/feedback.¹ The precise wording of these instructions can have significant effects on performance.² However, the findings are different depending on the different attentional strategies the coaches use. Some researchers emphasize the benefits of an external attentional focus rather than internal attentional focus in both novice and skilled individuals.¹⁻⁶ In this line of research, internal focus refers to situations where performers direct their attention to a part of the body or the movement of the body during task performance; in contrast, the external focus refers to situations in which performers direct their attention on the effects and consequences of their movements in the environment.² For example, in skills such as basketball free throw, the coach can direct the attention of the athlete to certain aspects of movements such as movement of the hands (internal focus) or ball movement in the air towards the basket (external focus).⁷ Most of the research done in the area of internal and external focus has shown the superiority of an external focus rather than internal focus.^{1-6, 8, 9} The constrained action hypothesis¹⁰ is one of the important hypotheses which focus on the superiority of external focus rather than internal focus in this context. According to this hypothesis, when performers adopt an external focus, the automatic and non-conscious processes of the motor system have a more direct effect on performance with less influence from deliberate conscious processes. In contrast, when performers adopt an internal focus, the automatic control of motor system is disrupted which can lead to impaired performance and learning. To date, this hypothesis has been supported by kinematic, kinetic, and performance data.^{3, 11}

Another perspective related to the superiority of external attentional strategies is the Prinz's theory of common coding^{12, 13} which argues that the performance will be more efficient when an external focus of attention is adopted because movements are controlled based on their intended sensory consequences. In addition, a different perspective has been offered about the underlying mechanisms of external focus strategies.^{14, 15} According to the constraints-led perspective, external focus strategies as a form of task constraints have improved the dynamic features of

pratiche e competizioni atletiche. I ricercatori che si occupano di comportamento motorio hanno condotto numerosi esperimenti per affrontare tali questioni riscontrando che gli allenatori possono dirigere il focus dei giocatori su certi aspetti del compito e dell'abilità semplicemente cambiando alcune parole o frasi nelle istruzioni/feedback verbali.¹ La formulazione precisa di tali istruzioni può avere effetti significativi sulla performance.² Tuttavia, i risultati differiscono a seconda delle diverse strategie attentive usate dagli allenatori. Alcune ricerche sottolineano i vantaggi di un focus attentivo esterno rispetto a uno interno sia nei soggetti esperti che in quelli principianti.¹⁻⁶ In questo filone di ricerca, il focus interno si riferisce a situazioni in cui i giocatori dirigono la loro attenzione a una parte del corpo o al movimento del corpo stesso durante l'esecuzione di un compito. Al contrario, il focus esterno si riferisce a situazioni in cui i giocatori dirigono l'attenzione sugli effetti e le conseguenze dei loro movimenti nell'ambiente.² Per esempio, in abilità come i tiri liberi a canestro, l'allenatore può dirigere l'attenzione dell'atleta a certi aspetti del movimento come quello delle mani (focus interno) o quello della palla nell'aria che va verso il canestro (focus esterno).⁷ La maggior parte delle ricerche effettuate nell'ambito del focus interno e esterno hanno mostrato la superiorità del secondo sul primo in questo contesto.^{1-6, 8, 9} Quella dell'azione vincolata¹⁰ (constrained action hypothesis) è una delle importanti ipotesi che si concentrano sulla superiorità del focus esterno rispetto a quello interno in questo contesto. Secondo tale ipotesi, quando i giocatori adottano un focus esterno, i processi automatici e inconsci del sistema motorio hanno un effetto più diretto sulla prestazione e risultano meno influenzati dai processi consci e deliberati. Invece, quando adottano un focus interno, il controllo automatico del sistema motorio viene disturbato, con conseguente possibile compromissione di prestazione e apprendimento. Finora, tale ipotesi è stata supportata da dati cinematici, cinetici e relativi alle prestazioni.^{3, 11}

Un'altra prospettiva legata alla superiorità delle strategie attentive esterne è la teoria di Prinz della codifica comune,^{12, 13} che sostiene che la prestazione sarà più efficiente se si adotta un focus attentivo esterno in quanto i movimenti sono controllati in base alle loro conseguenze sensoriali attese. Inoltre, è stata offerta una prospettiva differente sui meccanismi alla base delle strategie di focus esterno.^{14, 15} Secondo il punto di vista basato sui vincoli, le strategie di focus esterno come forma di limitazione per un compito hanno migliorato le caratteristiche dinamiche

self-organization of movement in the motor system by facilitating the information environmental affordances suitability which improves motor performance. In other words, all these hypotheses offer similar predictions that are consistent with the major results of experiments done in the field of internal and external focus, showing the superiority of external focus instruction.

On the other hand, another group of researchers have studied the benefits of task-irrelevant rather than task-relevant attentional focus in the skilled people and have argued that task-relevant attentional strategies can lead to performance degradation as well as emergence of the “choking” phenomenon in the performance of skilled athletes.¹⁶⁻²⁰ These experiments have manipulated the focus of attention to relevant or irrelevant aspects of the task by using the dual-task paradigm. Task-relevant attentional strategies refer to a situation that the performers direct their attention to relevant aspects of the task; in contrast, in task-irrelevant attentional strategies, the performers refer to a situation where performers direct their attention to environmental information unrelated to performance the task. For example, in skills such as a basketball free throw, the coach can attract the attention of athletes to relevant aspects of the task such hand or ball movements (task-relevant attention) or to crowd noise during skill performance (task-irrelevant attention) by various attentional strategies. According to the explicit monitoring theory^{21, 22} the motor performance in skilled and elite individual normally done automatically and unconsciously and is impaired by attention being explicitly direct to the execution of movement.¹⁸ So, this theory suggests that it is better for the skilled performers to concentrate on irrelevant aspects of task rather than to concentrate on relevant aspects of task.

However, a coach or therapist maybe emphasize, simultaneously, relevant aspects of the task and some environmental information irrelevant to the task and these foci could be either external and internal focused.²³ Therefore, the examination of interaction of external/internal and task-relevant/task-irrelevant attentional focus is of great importance and urgency. To date, a few studies have investigated the above-mentioned interaction. For example, Russell *et al.* (2014) investigated the interaction between the attentional strategies of external/internal and task-relevant/task-irrelevant and its effect on motor performance in the novices. They found that the novices have a better performance under conditions of

dell'auto-organizzazione del movimento nel sistema motorio facilitando l'idoneità delle affordance ambientali che aumentano la prestazione motoria. In altri termini, tutte queste ipotesi offrono predizioni simili e in linea con i principali risultati degli esperimenti effettuati nell'ambito del focus interno e esterno, che mostrano la superiorità dell'istruzione con focus esterno.

Dall'altro lato, un altro gruppo di ricercatori ha studiato i benefici del focus attentivo irrilevante rispetto a quello rilevante per il compito nelle persone esperte, affermando che le strategie di attenzione rilevanti per il compito possono condurre a un peggioramento della performance nonché all'insorgenza del fenomeno del “choking” nella prestazione degli atleti esperti.¹⁶⁻²⁰ Tali esperimenti hanno posto il focus dell'attenzione su aspetti rilevanti o irrilevanti del compito utilizzando il paradigma del doppio compito. Le strategie attentive rilevanti per il compito si riferiscono a una situazione in cui i soggetti dirigono l'attenzione su informazioni ambientali non legate alla prestazione. Per esempio, in abilità come i tiri liberi a pallacanestro, l'allenatore può attirare l'attenzione degli atleti su aspetti rilevanti del compito come i movimenti della mano o della palla (attenzione rilevante per il compito) o il rumore della folla durante la performance (attenzione irrilevante per il compito) attraverso diverse strategie di attenzione. Secondo la teoria del controllo esplicito,^{21, 22} la prestazione motoria in individui esperti e selezionati generalmente viene effettuata automaticamente e inconsciamente ed è compromessa dal fatto che l'attenzione è esplicitamente diretta all'esecuzione del movimento.¹⁸ Pertanto, tale teoria suggerisce che per i giocatori esperti è meglio concentrarsi su aspetti irrilevanti per il compito.

*Tuttavia, un allenatore o un terapeuta potrebbero sottolineare, simultaneamente, aspetti rilevanti del compito e informazioni ambientali irrilevanti per esso e tali focus potrebbero essere interni o esterni.²³ Quindi, l'analisi dell'interazione del focus attentivo esterno/interno e rilevante/irrilevante per il compito assume una grande importanza e urgenza. Finora, pochi studi hanno indagato l'interazione sopra menzionata. Per esempio, Russell *et al.* (2014) hanno studiato l'interazione tra le strategie di attenzione esterna/interna e rilevante/irrilevante per il compito e il loro effetto sulla performance motoria nei principianti. Hanno riscontrato che i principianti ottengono una migliore prestazione in condizioni di focus esterno/rilevante rispetto a quanto accade in altre condizioni. Tuttavia, sulla base delle differenze nei meccanismi di elaborazione delle*

external/relevant focus rather than under other conditions.²³ However, based on the differences of information process mechanisms in skilled rather than novice players, one purpose of the present study is to examine interactional effect of internal-external focus and task relevant-irrelevant focus of attention on the skilled performance of basketball free throw.

On the other hand, although most of the accomplished studies in the attentional focus field have emphasized the benefits of external attentional focus to motor efficiency and effectiveness,² there is no complete understanding from its underlying mechanisms.^{24, 25} One of the factors that have not been well investigated is the mediator role of visual information to benefits of external attentional focus.^{24, 26, 27} In other words, are the positive effects of external focus^{1, 2} mediated by gaze behavior of the participant? Although some experiments have tried to control visual information in different attentional focus conditions (e.g. McNevin and Wulf, 2002 asked participants to keep closed their eyes during all the trials and in the other researches asked participants to stare at a certain point during performance),²⁸ some of the theoretical perspectives such as constraints-led perspectives suggest that the information resulting from visual feedback can alter the positive effects of external focus.^{29, 30} For example Al-Abood *et al.* (2002) showed that the difference between the external and internal focus is due to the fact that external focus group used more visual information than the internal focus group.²⁹ However, other theoretical perspectives such as the theory of common coding^{12, 13} along with experiments demonstrate the independence of external attentional focus benefits from visual information.^{24, 26, 27} Considering the shortage of experiments on this topic, the purpose of present study was to examine the difference among various attentional strategies (four attentional conditions of external/relevant, external/irrelevant, internal/relevant, and internal/irrelevant) in the presence and absence of visual information on skilled performance of basketball free throw in the skilled people.

Materials and methods

The participants in the study were eleven male skilled players (mean 21.45 ± 2.50 years) with an age range from 18 to 25 and a history of at least 6 years being in the university basketball competitions. Also, the test of mastery level recognition in the basketball free throw was held. The par-

informazioni nei giocatori esperti rispetto a quelli principianti, uno scopo del presente studio è stato l'analisi dell'effetto interazionale del focus attentivo esterno/interno e rilevante/irrilevante per il compito sulla prestazione efficace nei tiri liberi a pallacanestro.

D'altra parte, sebbene la maggior parte degli studi effettuati sul focus attentivo abbiano evidenziato i vantaggi di quello esterno per l'efficienza e l'efficacia motoria, i meccanismi alla base non sono stati totalmente compresi.^{24, 25} Uno dei fattori che non sono stati ben indagati è il ruolo di mediazione delle informazioni visive sui vantaggi del focus attentivo esterno.^{24, 26, 27} In altre parole, gli effetti positivi del focus esterno^{1, 2} sono mediati dal modo in cui si comporta lo sguardo del partecipante? Anche se alcuni esperimenti hanno cercato di controllare le informazioni visive in diverse situazioni di focus attentivo (ad esempio, McNevin e Wulf nel 2002 hanno chiesto ai partecipanti di tenere gli occhi chiusi per tutte le prove e in altre ricerche hanno chiesto loro di tenere lo sguardo fisso a un certo punto della prestazione),²⁸ alcune delle prospettive teoriche come quelle basate sui vincoli suggeriscono che le informazioni risultanti dal feedback visivo possono alterare gli effetti positivi del focus esterno.^{29, 30} Per esempio, Al-Abood et al. (2002) hanno mostrato che la differenza tra il focus interno ed esterno era dovuta al fatto che il gruppo del focus esterno utilizzava un maggior numero di informazioni visive rispetto all'altro.²⁹ Tuttavia, altri punti di vista come la teoria della codifica comune^{12, 13} insieme ad alcuni esperimenti dimostrano l'indipendenza dei benefici del focus attentivo esterno dalle informazioni visive.^{24, 26, 27} Considerando la carenza di esperimenti su questo argomento, lo scopo del presente studio è stato quello di esaminare la differenza tra varie strategie attentive (quattro condizione di attenzione: esterna/rilevante, esterna/irrilevante, interna/rilevante e interna/irrilevante) in presenza e assenza di informazioni visive sulla prestazione efficace nei tiri liberi a pallacanestro nei soggetti esperti.

Materiali e metodi

I partecipanti allo studio erano undici giocatori maschi esperti (media $21,45 \pm 2,50$ anni) con un'età compresa tra i 18 e i 25 anni e una storia di almeno sei anni nelle competizioni di pallacanestro a livello universitario. È stato condotto anche il test per individuare il livello di padronanza nei tiri liberi a pallacanestro. I partecipanti dovevano raggiungere un punteggio superiore a

ticipants had to achieve a score higher than 70 from the total scores of 30 free throws by using a grading system of 8 scores. This test assured the skill of the participants.^{31, 32} All the participants were unaware from the hypotheses of this study.

Apparatus and tasks

In this study the participants were asked to do two simultaneous tasks using dual-task paradigm. The primary task included basketball free throw with the dominant hand (all participants were right handed). The secondary task was used to manipulate attention to task-relevant or task-irrelevant stimuli: in the condition of external- irrelevant attentional strategies, the participants were asked to focus on the frequency of high tone *versus* low tone which was presented randomly during the primary task. At the end of a block of trials, the participant had to answer to this question that what they have heard during performing of relevant trial to first task. In the condition of internal- irrelevant attentional strategies, the participants were asked to focus on breathing in *versus* breathing out during the primary task and to judge which acts of breathing in and breathing out have done during doing of the first task. The reason why we have selected this type of task is that it has ability to perform simultaneously with the primary task of basketball free throw with any disorder or change in the mechanisms of first task.²³

Procedure

After recruiting the participants, assuring the normality of their vision, and having no motor abnormalities, a briefing was held for the participants and they became familiar by the way the test was done. The participants then, in a counter-balance order, performed 80 trials in four attentional strategies of external-relevant, external-irrelevant, internal-relevant, and internal-irrelevant. In the condition of internal-relevant focus and before each training trial, *"the participants were asked not only to try to get the maximum score of basketball free throw skill but also to focus mentally on the movements of wrist of their throwing hand"*. In the condition of external-relevant focus and before each training trial, *"the participants were asked not only to try to get the maximum score but also to focus mentally on the ball in the air and hoop"*. In the condition of internal-irrelevant focus and before each training trial, *"the participants were asked*

70 con i punti totali di 30 tiri liberi usando un sistema di valutazione di 8 punti. Tale test ha garantito il talento dei giocatori coinvolti. Nessuno di loro era a conoscenza delle ipotesi del presente studio.

Sistema e compiti

Nel presente studio ai partecipanti è stato chiesto di portare a termine due compiti contemporaneamente utilizzando il paradigma del doppio compito. Quello primario prevedeva il tiro libero con la mano dominante (tutti i giocatori erano destri). Il compito secondario veniva usato per manipolare l'attenzione verso stimoli rilevanti o irrilevanti per il compito stesso: nella condizione di strategie attentive esterne-irrilevanti, i partecipanti dovevano concentrarsi sulla frequenza di tono elevato e tono basso presentata a caso durante lo svolgimento del compito primario. Alla fine di un blocco di prove, i ragazzi dovevano rispondere alla domanda di cosa avevano sentito durante l'effettuazione di una prova rilevante per il primo compito. Nella condizione di strategie attentive interne-irrilevanti, il focus dei giocatori doveva ricadere su inspirazione e espirazione durante lo svolgimento del compito primario per capire quali atti di inspirazione e espirazione avessero effettuato durante l'esecuzione del compito primario. Il motivo per cui abbiamo scelto questo tipo di compito è la capacità di essere svolto simultaneamente a quello primario dei tiri liberi in presenza di qualsiasi disturbo o cambiamento nei meccanismi del primo compito.²³

Procedura

Dopo aver reclutato i partecipanti, essersi assicurati della normalità della loro vista e dell'assenza di alcuna anomalia motoria, è stata effettuata una riunione in cui i partecipanti sono venuti a conoscenza del modo in cui sarebbe stato effettuato il test. Successivamente, in un ordine di controbilanciamento, hanno effettuato 80 prove in quattro strategie di attenzione: esterna-rilevante, esterna-irrilevante, interna-rilevante e interna-irrilevante. Nella condizione di focus interno-rilevante e prima di ogni prova in allenamento "ai partecipanti è stato chiesto non solo di cercare di totalizzare il punteggio massimo nei tiri liberi, ma anche di concentrarsi mentalmente sui movimenti del polso della mano che tirava". Nella condizione di focus esterno-rilevante e prima di ogni prova in allenamento "ai partecipanti è stato chiesto non solo di cercare di totalizzare il punteggio massimo ma anche di

not only to try to get maximum score but also to focus mentally on the breathing in and breathing out and to judge about it after each trial". In the conditions of external-irrelevant focus and before each training trial, *"the participants were asked not only to try to get the maximum score but also to focus mentally on auditory stimuli that was presented simultaneously with the basketball free throw task and is designed randomly in the MATLAB software and then to judge about its high tone versus low tone after each trial"*. The participants repeated relevant attentional strategies of their conditions that were written on the paper before each trial. This was done for more effectiveness of attentional strategies. At the end of each trial, a questionnaire was completed by participants in order to measure the correctness of used attentional strategies (each question includes a scale of 20 values — 0, 5, 10, ... 95, 100 — was designed to measure percentage of correct focus). Participants performed 80 training trials in 8 blocks of 10 trials and they performed 20 trials in the attentional conditions, half of them by using visual information and half of them without using visual information (attaching a blindfold to participants).⁶ The participants rested 2 minutes after throwing each five training trials.

Statistical analysis

To test the hypotheses, a 2 (external-internal focus) $\times$ 2 (relevant-irrelevant focus) $\times$ 2 (presence or absence of visual information) repeated-measures ANOVA was used. Statistical analysis was performed by using the SPSS statistical software v.16 and drawing diagrams and tables was performed using Microsoft Excel 2013. The criterion for statistical significant was considered $\alpha=0.05$ in the present study.

Results

The main effect of internal-external attentional strategic conditions ($F_{(1,10)}=23.40$, $P=0.001$, $\eta^2_p=0.701$) was statistically significant. Considering the mean throwing scores of participants in any of the internal and external focus conditions, it can be concluded that the participants performed significantly better in the external attentional strategies rather than internal focus conditions. The main effect of relevant-irrelevant focus was also statistically significant ($F_{(1,10)}=7.64$, $P=0.02$, $\eta^2_p=0.433$) and participants performed

concentrarsi mentalmente sulla palla in aria e sul canestro". Nella condizione di focus interno-irrelevante e prima di ogni prova in allenamento "ai partecipanti è stato chiesto non solo di cercare di totalizzare il punteggio massimo ma anche di concentrarsi mentalmente su ispirazione ed espirazione e di giudicarle dopo ogni prova". Nelle condizioni di focus esterno-irrelevante e prima di ogni prova in allenamento "ai partecipanti è stato chiesto non solo di cercare di totalizzare il punteggio massimo, ma anche di concentrarsi mentalmente sugli stimoli uditivi che si presentavano durante il compito del tiro libero e programmati a caso nel software MATLAB e di giudicare il loro tono elevato vs basso dopo ogni prova". I partecipanti hanno ripetuto le strategie attentive rilevanti riportate sul foglio prima di ogni prova. Ciò al fine di una maggiore efficacia delle strategie attentive. Alla fine di ciascuna prova, i soggetti hanno completato un questionario per valutare la correttezza nell'uso delle strategie attentive (ogni domanda includeva una scala di 20 valori — 0, 5, 10, ... 95, 100 — concepita per valutare la percentuale di focus corretto). I giocatori coinvolti hanno eseguito 80 prove in allenamento suddivise in 8 blocchi da 10 e 20 prove nelle condizioni attentive, una metà utilizzando informazioni visive e l'altra metà senza utilizzare tale tipo di informazioni (poiché era bendata).⁶ Ogni cinque prove, i partecipanti hanno riposato per due minuti dopo aver tirato.

Analisi statistica

Per verificare le ipotesi, è stato utilizzato il test ANOVA per misure ripetute 2 (focus esterno-interno) $\times$ 2 (focus rilevante-irrelevante) $\times$ 2 (presenza o assenza di informazioni visive). L'analisi statistica è stata condotta utilizzando il software SPSS v.16 e diagrammi e tabelle sono stati creati tramite Microsoft Excel 2013. Il criterio per la significatività statistica è stato fissato a un valore di α di 0,05.

Risultati

L'effetto principale delle condizioni strategiche attentive interne-esterne ($F_{(1,10)}=23,40$, $P=0,001$, $\eta^2_p=0,701$) si è rivelato statisticamente significativo. Considerando i punteggi medi al tiro dei partecipanti in ciascuna delle condizioni di focus interno e esterno, si può concludere che essi hanno ottenuto prestazioni significativamente migliori con le strategie di attenzione esterna piuttosto che nelle condizioni di focus interno.

TABLE I.—The percentage of the correctness of used attentional strategies by performers in different conditions.
TABELLA I. — *Percentuale di correttezza delle strategie attentive usate dai giocatori in diverse condizioni.*

Visual condition	Attentional strategies	Percentage of correct focus
Vision	Internal-relevant	89.37%
	External-relevant	87.50%
	Internal-irrelevant	86.25%
	External-irrelevant	84.37%
Non-vision	Internal-relevant	88.75%
	External-relevant	76.87%
	Internal-irrelevant	82.50%
	External-irrelevant	79.37%

better in the irrelevant focus conditions rather than relevant focus. The main effect of presence and absence of visual information was significant ($F_{(1,10)}=34.97$, $P=0.0001$, $\eta^2_p=0.778$) and participants performed much better in the presence of visual information rather than absence of visual information. The interaction effect of relevant-irrelevant and internal-external attentional strategies was also significant ($F_{(1,10)}=13.86$, $P=0.004$, $\eta^2_p=0.581$). Other interaction effects were not significant between the various conditions (Table I, Figures 1, 2).

Discussion

The aim of this study was to investigate the interaction effect of various attentional strategies of internal-external and relevant-irrelevant focus in the presence and absence of visual information on the free throw shooting performance of skilled basketball players. Based on the previous findings and hypotheses, it was hypothesized

Anche l'effetto principale del focus rilevante-irrilevante è stato statisticamente significativo ($F_{(1,10)}=7,64$, $P=0,02$, $\eta^2_p=0,433$) e i soggetti hanno ottenuto migliori performance in condizioni di focus irrilevante rispetto a quelle di focus rilevante. L'effetto principale della presenza e assenza di informazioni visive si è dimostrato significativo ($F_{(1,10)}=34,97$, $P=0,0001$, $\eta^2_p=0,778$) e i ragazzi hanno reagito molto meglio in presenza di informazioni visive piuttosto che in assenza di esse. L'effetto di interazione delle strategie attentive rilevanti-irrilevanti e interne-esterne si è dimostrato altrettanto significativo ($F_{(1,10)}=13,86$, $P=0,004$, $\eta^2_p=0,581$). Altri effetti di interazione tra le varie condizioni non si sono rivelati significativi (Tabella I, Figura 1, 2).

Discussione

Lo scopo del presente studio era indagare l'effetto di interazione di varie strategie attentive con focus interno-esterno e rilevante-irrilevante in

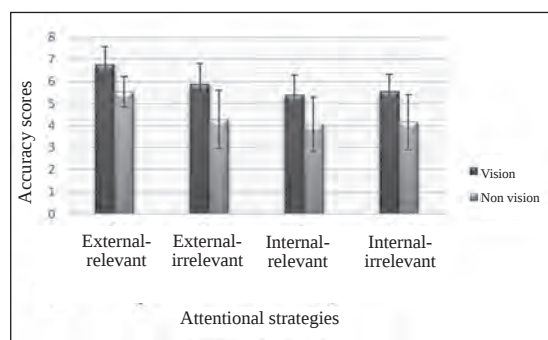


Figure 1.—Accuracy scores of the external-relevant, external-irrelevant, internal-relevant, and internal-irrelevant attentional strategies in the presence and absence of visual information.

Figura 1. — Punteggi di precisione delle strategie attentive esterne-rilevanti, esterne-irrilevanti, interne-rilevanti e interne-irrilevanti in presenza e assenza di informazioni visive.

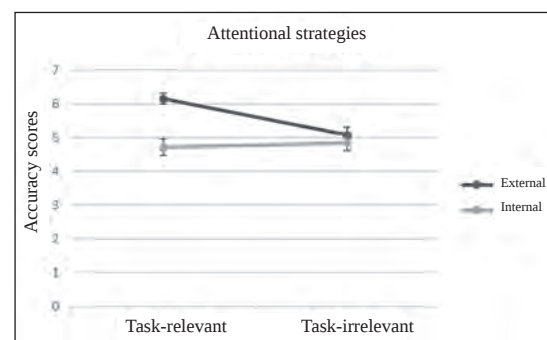


Figure 2.—Accuracy scores of the external and internal attentional strategies according to the relevant-irrelevant aspects of the related task.

Figura 2. — Punteggi di precisione delle strategie attentive esterne e interne secondo gli aspetti rilevanti-irrilevanti del compito connesso.

that the external-relevant attentional instructions is better than the other attentional strategies,²³ also it will be constant even the times when the visual information is not available.^{24, 27} The findings of this study are congruent with the hypotheses and in line with previous research showing that the use of external-relevant attentional strategies in terms of both the presence and absence of visual information performed better than other attentional strategies and it increases the accuracy of skilled individuals. The findings also showed that the skilled throwers performed better in the external-irrelevant attentional conditions than the internal-irrelevant conditions.

In this study, there was a difference between the external and internal attentional focus conditions such that participants were performed better in the external attentional conditions than internal attentional conditions, on average. The findings of this part of research were in line with the main researches done in this field.^{3-6, 8, 9} According to the constrained action hypothesis, the conditions of external focus probably led to less engagement of skilled participants in the process of consciously control that requires high capacity of working memory so they used more automatic control processes and presented more skillful performance from themselves.¹⁰ Also, according to the self-invoking trigger hypothesis,³³ internal focus conditions probably led to choking phenomenon and performance degradation. From a constraint-led perspective,^{14, 15} it can be concluded that the participants of this study could achieve the required information of environmental affordances by using external attentional strategies and then to improve self-organization dynamic characteristics of motor system movement and finally lead to improvement of their motor performance. In other words, paying attention to movement effects in the environment direct participants in search of required environmental specific information to develop the coupling of perception/practice and self-organization of constraints of task performance by directing the search processes of related affordances to the performance of basketball free throw task that is followed by improving the accuracy of their free throws.¹⁵

In terms of the relevant and irrelevant aspect of attentional strategies, the findings of this study also showed that there is a difference between relevant and irrelevant attentional conditions of task. As for explicit monitoring theory,^{21, 22} the skilled participants should perform better in the irrelevant attentional strategies conditions of task rather than relevant conditions of task. The find-

presenza e assenza di informazioni visive nella prestazione di tiro libero di giocatori di pallacanestro esperti. Sulla base dei precedenti risultati e ipotesi, è stato supposto che fornire istruzioni attentive esterne-rilevanti risultasse più efficace di altre strategie di attenzione²³ e che ciò si rivelasse costante anche in momenti in cui le informazioni visive non erano disponibili.^{24, 27} I risultati di questo studio sono in linea con le ipotesi e con le precedenti ricerche secondo cui l'uso di strategie attentive esterne-rilevanti sia in presenza che in assenza di informazioni visive è più efficace di altre strategie attentive e aumenta la precisione delle persone esperte. I risultati hanno anche mostrato che i tiratori abili ottenevano prestazioni migliori in condizioni attentive esterne-irrelevanti che in quelle interne-irrelevanti.

Nel presente studio è stata riscontrata una differenza tra le condizioni di focus attentivo interno ed esterno, tanto che in media i partecipanti hanno ottenuto migliori prestazioni in condizioni attentive esterne piuttosto che interne. Quanto emerso da questo filone di ricerca si è rivelato in linea con i principali studi effettuati in questo campo.^{3-6, 8, 9} Secondo l'ipotesi dell'azione vincolata, le condizioni di focus esterno potrebbero aver portato a un minor impegno dei soggetti esperti nel processo di controllo conscio, che richiede una grande capacità della memoria di lavoro. Quindi, tali soggetti hanno usato maggiormente processi di controllo automatico e hanno ottenuto una prestazione più efficace.¹⁰ Inoltre, secondo l'ipotesi dell'innesco dell'auto-evocazione,³³ le condizioni di focus interno probabilmente hanno condotto al fenomeno del choking e al peggioramento della performance. Adottando una prospettiva basata sui vincoli,^{14, 15} è possibile concludere che i partecipanti a questo studio hanno potuto ottenere le informazioni richieste delle affordance ambientali utilizzando strategie attentive esterne per poi migliorare le caratteristiche dinamiche di auto-organizzazione del movimento del sistema motorio e aumentare la prestazione motoria. In altri termini, prestare attenzione agli effetti del movimento nell'ambiente porta i soggetti in cerca di informazioni ambiente-specifiche a sviluppare l'abbinamento percezione/pratica e auto-organizzazione dei vincoli legati allo svolgimento del compito dirigendo i processi di ricerca delle affordance connesse alla prestazione nei tiri liberi a canestro, con un miglioramento nella precisione di tali tiri.¹⁵

Per quanto riguarda l'aspetto rilevante e irrilevante delle strategie attentive, i risultati del pre-

ings of present study are in line with explicit monitoring theory as well as other research in this field.¹⁶⁻²⁰ The task-relevant focus conditions probably led skilled participants to engage in online and conscious control/monitoring of basketball free throw motion and ultimately led to their performance degradation. Generally speaking, it can be concluded that the findings of this study are in line with the predictions of the constrained action hypothesis,¹⁰ theory of common coding,^{12, 13} self-invoking trigger hypothesis,³³ constraints-led perspective,¹⁵ and explicit monitoring theory.^{21, 22}

The other purpose of the present study was to investigate the potential mediating role of visual information in superiority of externally focused attention. The findings of this study revealed that the benefits of relevant external attentional strategies were constant even when the visual information removed. Visual information is typically one of the most important sources of information in the target oriented movements such as basketball free throw.³⁴

There are two different perspectives about the mediating role of visual information in the benefits of externally focused attention: the first perspective raised by Davids *et al.* (2008) who believes that adopting an external focus is superior to internal focus because visual focus is on a rich area of environmental information and this information is important for coordinating the body movements required to achieve the environmental aims.^{15, 30} For example, Al-Abood *et al.* investigated the visual behavior of participants who were watching a video of a basketball free throw by a skilled player.²⁹ Before watching the video, the participants were given instructions to focus on the movements (internal focus) or their effects in the environment (external focus). The results showed that the external focus group was superior to the internal focus group, in addition, the investigation of gaze behavior showed that the external attentional group spent more time to see the information that are outside of the body. Therefore, the authors concluded that the difference between two groups of internal and external focus is due to the fact that the external focus group uses more visual information than internal focus, in other words the visual focus plays a mediating role in the benefits of external attentional focus.^{29, 35} Therefore, the findings of the present study are in conflict with constraints-led perspective as well as the findings of Al-Abood *et al.* because the removal of visual information did not mediate the benefits of relevant external at-

sente studio hanno anche mostrato che esiste una differenza tra condizioni rilevanti e irrilevanti per il compito. Per la teoria del controllo esplicito,^{21, 22} i giocatori esperti dovrebbero ottenere performance migliori da strategie di attenzione irrilevante per il compito. I risultati della ricerca sono in linea sia con questa teoria che con altri studi effettuati nel settore.¹⁶⁻²⁰ Le condizioni di focus rilevante per il compito probabilmente hanno portato i partecipanti esperti a impegnarsi in un controllo/monitoraggio in linea e consapevole del movimento durante il tiro libero e a peggiorare la loro prestazione. Nel complesso, si può concludere che i risultati dello studio sono coerenti con le previsioni dell'ipotesi dell'azione vincolata,¹⁰ della teoria della codifica comune,^{12, 13} con l'ipotesi dell'innescio dell'auto-evocazione,³³ con la prospettiva basata sui vincoli¹⁵ e con la teoria del controllo esplicito.^{21, 22}

L'altro scopo dello studio era indagare il possibile ruolo di mediazione delle informazioni visive nella superiorità dell'attenzione focalizzata esternamente. Ne è emerso che i vantaggi delle strategie attentive esterne risultavano costanti anche quando venivano a mancare le informazioni visive. Tali informazioni rappresentano una delle più importanti fonti di informazione nei movimenti orientati allo scopo come i tiri liberi a basket.³⁴

Esistono due diverse prospettive sul ruolo di mediazione delle informazioni visive sui vantaggi dell'attenzione focalizzata esternamente: la prima è quella di Davids et al. (2008), secondo i quali adottare un focus esterno risulta superiore a uno interno poiché il focus visivo si concentra su un'area ricca di informazioni ambientali e risulta importante per coordinare i movimenti del corpo necessari a raggiungere gli obiettivi ambientali.^{15, 30} Per esempio, Al-Abood et al. hanno indagato il comportamento visivo dei partecipanti mentre guardavano un video di un tiro libero a basket eseguito da un giocatore esperto²⁹. Prima di guardare il video, ai soggetti è stato chiesto di concentrarsi sui movimenti (focus interno) o sui loro effetti nell'ambiente (focus esterno). I risultati hanno mostrato che il gruppo con il focus esterno risultava superiore all'altro. Inoltre, l'analisi dello sguardo ha riscontrato che il gruppo dell'attenzione esterna ha passato più tempo a visualizzare informazioni esterne al di fuori del corpo. Quindi, gli autori hanno concluso che la differenza tra i due gruppi era dovuta al fatto che quello del focus esterno utilizza più informazioni visive dell'altro. Pertanto, il focus visivo svolge un ruolo di mediazione per i benefici del focus attentivo esterno.^{29, 35} Di conseguenza, i risultati

tentional strategies.²⁹ However, the results of the current study are in line with perspectives such as the theory of common coding^{12, 13} and other experimental work^{6, 24, 27} showing that visual information does not mediate the development of relevant external attentional strategies. According to Prinz's theory of common coding,^{12, 13} the external focus strategies, before performing any movement and without needing any available source of visual information, trigger representations of perception and action that facilitate motor performance. Therefore, according to this theory, the external attentional strategies lead to improved motor performance regardless of presence or absence of visual information.

Conclusions

In summary, the findings of this study showed that the use of external relevant attentional strategies can lead to improve the accuracy of basketball free throw shooting in the skilled players when visual information was present and when visual information was absent. Therefore, the findings of the current study agree with findings of other research in this area to suggest that coaches should emphasize the strategies that direct the focus of participants to external and task-relevant aspects of performance in the instructions and attentional strategies given to athletes and skilled performers.

del presente studio contrastano con la prospettiva basata sui vincoli e con le scoperte di Al-Abood et al. poiché la rimozione delle informazioni visive non ha mediato i vantaggi delle strategie attentive esterne.²⁹ Tuttavia, le scoperte risultano in linea con punti di vista come la teoria della codifica comune^{12, 13} e altri lavori sperimentali^{6, 24, 27} secondo cui le informazioni visive non mediano lo sviluppo di strategie attentive esterne. Secondo la teoria di Prinz della codifica comune,^{12, 13} le strategie di focus esterno, prima di effettuare qualsiasi movimento e senza necessitare di qualsiasi fonte di informazione visiva, innescano rappresentazioni di percezione e azione che facilitano la prestazione motoria. Quindi, in base a questa teoria, le strategie attentive esterne portano a una migliore performance a prescindere dalla presenza o meno di informazioni visive.

Conclusioni

In sintesi, dal presente studio è emerso che l'uso di strategie attentive esterne rilevanti possono condurre a una maggiore precisione del tiro libero nei giocatori esperti sia in presenza che in assenza di informazioni visive. Quindi, i risultati sono coerenti con quelli di altre ricerche in questo campo, che suggeriscono agli allenatori di sottolineare le strategie che portano i partecipanti a concentrarsi su aspetti esterni e rilevanti per il compito nelle istruzioni e strategie attentive fornite a atleti e giocatori esperti.

References/Bibliografia

- 1) Wulf G. Attention and motor skill learning. First edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2007.
- 2) Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *Int Rev Sport Exerc Psychol* 2013;6:77-104.
- 3) Lohse KR, Sherwood DE, Healy AF. How changing the focus of attention affects performance, kinematics, and electromyography in dart throwing. *Hum Mov Sci* 2010;29:542-55.
- 4) Lohse KR, Wulf G, Lewthwaite R. Attentional focus affects movement efficiency. *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory & Practice* 2012;40:58.
- 5) Porter J, Nolan R, Ostrowski E, Wulf G. Directing attention externally enhances agility performance: A qualitative and quantitative analysis of the efficacy of using verbal instructions to focus attention. *Front Psychol* 2010;1:216.
- 6) Sherwood DE, Lohse KR, Healy AF. Judging Joint Angles and Movement Outcome: Shifting the Focus of Attention in Dart-Throwing. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2014;40:1903-14.
- 7) Zachry T, Wulf G, Mercer J, Bezodis N. Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Res Bull* 2005;67:304-9.
- 8) Saemi E, Porter JM, Wulf G, Ghotbi-Varzaneh A, Bakhtiari S. Adopting an external focus of attention facilitates motor learning in children with attention deficit hyper activity disorder. *Kinesiology* 2013;45:179-85.
- 9) Asadi A, Abdoli B, Farsi A, Saemi E. The effect of Various Attentional Focus Instructions on Novice Javelin Throwing Skill Performance. *Med Sport* 2015;68:99-107.
- 10) Wulf G, McNeven N, Shea CH. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Quarterly J Exp Psychol A* 2001;54:1143-54.
- 11) Vance J, Wulf G, Töllner T, McNeven N, Mercer J. EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *J Mot Behav* 2004;36:450-9.
- 12) Prinz W. A common coding approach to perception and action. Berlin: Springer; 1990.
- 13) Prinz W. Perception and action planning. *Eur J Cogn Psychol* 1997;9:129-54.
- 14) Davids K. Increases in jump-and-reach height through an external focus of attention: A commentary. *Int J Sports Sci Coaching* 2007;2:285-8.
- 15) Davids K, Button C, Bennett S. Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach. Champaign, IL: Human Kinetics; 2008.
- 16) Beilock SL. Understanding skilled performance: Memory, attention, and "choking under pressure". In: Morris T, Terry P, Gordon S, editors. *Sport & exercise psychology: International perspectives*. Morgantown, WV: Fitness Information Technology; 2007. p. 153-66.
- 17) Beilock SL, Bertenthal BI, McCoy AM, Carr TH. Haste does not always make waste: Expertise, direction of attention, and speed versus accuracy in performing sensorimotor skills. *Psychonom Bull Rev* 2004;11:373-9.
- 18) Beilock SL, Carr TH, MacMahon C, Starkes JL. When paying attention becomes counterproductive: impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills. *J Exp Psychol Appl* 2002;8:6-16.
- 19) Castaneda B, Gray R. Effects of focus of attention on baseball batting performance in players of differing skill levels. *J Sport Exerc Psychol* 2007;29:60-77.
- 20) Gray R. Attending to the execution of a complex sensorimotor skill: Expertise differences, choking and slumps. *J Exp Psychol Appl* 2004;10:42-54.

- 21) Baumeister RF. Choking under pressure: Self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *J Person Soc Psychol* 1984;46:610-20.
- 22) Beilock SL, Carr TH. On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? *J Exp Psychol General* 2001;130:701-25.
- 23) Russell R, Porter JM, Campbell O. An External Skill Focus Is Necessary to Enhance Performance. *J Mot Learning Dev* 2014;2:37-46.
- 24) Schlesinger M, Porter JM, Russell R. An external focus of attention enhances manual tracking performance. *Front Psychol* 2013;3:591.
- 25) Poolton JM, Maxwell JP, Masters RSW, Raab M. Benefits of an external focus of attention: Common coding or conscious processing? *J Sports Sci* 2006;24:89-99.
- 26) Abdollahipour R, Psotta R, Palomo Nieto M, Rouzbahani M, Nikdast H, Bahram, A. Effects of attentional focus instructions on the learning of a target task: A moderation role of visual feedback. *Kinesiology* 2014;46:210-7.
- 27) Land WM, Tenenbaum G, Ward P, Marquardt C. Examination of visual information as a mediator of external focus benefits. *J Sport Exerc Psychol* 2013;35:250-9.
- 28) McNevin NH, Wulf G. Attentional focus on supra-postural tasks affects postural control. *Hum Mov Sci* 2002;21:187-202.
- 29) Al-Abood SA, Bennett SJ, Hernandez FM, Ashford D, Davids K. Effect of verbal instructions and image size on visual search strategies in basketball free throw shooting. *J Sports Sci* 2002;20:271-8.
- 30) Magill RA. Knowledge is more than we can talk about: Implicit learning in motor skill acquisition. *Res Quarterly Exerc Sport* 1998;69:104-10.
- 31) Vickers JN. Location of fixation, landing position of the ball and spatial visual attention during free throw shooting. *Int J Sports Vision* 1996;3:54-60.
- 32) Robins M, Davids K, Bartlett R, Wheat JS. Effects of attentional strategies, task expertise and anxiety on coordination of a discrete multi-articular action. *ISBS-Conference Proceedings Archive* 2007;1:1.
- 33) Wulf G, Lewthwaite R. Effortless motor learning? An external focus of attention enhances movement effectiveness and efficiency. In: Bruya B, editor. *Effortless attention: A new perspective in the cognitive science of attention and action*. Cambridge, MA: MIT Press; 2010. p. 75-101.
- 34) Carlton LG. Visual processing time and the control of movement. In: Proteau L, Elliott D, editors. *Vision and motor control*. Amsterdam: North-Holland; 1992. p. 3-31.
- 35) Hodges NJ, Ford P. Skillful attending, looking and thinking. *Bewegung und Training* 2007;1:23-4.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: November 25, 2016. - Manuscript received: April 14, 2016.

PHYSIOLOGICAL AREA

Effects of hard courts and clay courts on sprinting performance after a wheelchair tennis match: an acute study

Effetto di cemento e terra rossa
sulla performance di sprint dopo un match
di tennis in carrozzina: studio in acuto

Matteo PONZANO ¹, Massimiliano GOLLIN ² *

¹Adapted Training and Performance Research Group, SUISM, University of Turin, Turin, Italy; ²Department of Clinical and Biological Sciences, University of Turin, Turin, Italy

*Corresponding author: Massimiliano Gollin, Department of Clinical and Biological Sciences, Adapted Training and Performance Laboratory, SUISM, University of Turin, P.za Bernini 12, 10143 Turin, Italy.
E-mail: massimiliano.gollin@unito.it

SUMMARY

BACKGROUND: Heterogeneous playing surfaces could influence movements in wheelchair tennis, modifying also functional performance parameters which could be reflected in the athletes' fatigue level. The purpose of this study was to define the modifications in coordinative and conditional abilities after a match by means of the analysis of non-linear speed comparing hard courts and clay courts.

METHODS: Twelve wheelchair tennis players played 12 matches, of which 6 on clay courts and 6 on hard courts. Before and after the matches, the participants performed the Twist and Sprint Wheelchair Test and data collected before and after each event were compared.

RESULTS: The t-test did not highlight significant differences regarding the test on the clay court (C) before (C0=10.03 s) and after (C1=10.04 s) the match. The test performed on the hard court (H) showed significant variations ($P<0.05$, ES=0.20, -2%) between data collected before (H0=9.61 s) and after (H1=9.43 s) the match.

CONCLUSIONS: A wheelchair tennis match that lasts less than 90 minutes does not lead to decrements of performance brought about by fatigue, regardless of the playing surface. Speed with changes of direction improves significantly after having played on hard courts, because of the continuous stimulation of specific coordination and the negligible friction force caused by this surface.

(Cite this article as: Ponzano M, Gollin M. Effects of hard courts and clay courts on sprinting performance after a wheelchair tennis match: an acute study. Med Sport 2017;70:430-8. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03088-5)

KEY WORDS: Tennis - Wheelchairs - Exercise test.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: *Differenti superfici di gioco potrebbero influenzare i movimenti del tennis in carrozzina, modificando anche i parametri funzionali della prestazione che potrebbero riflettersi sui livelli di fatica degli atleti. L'obiettivo di questo studio è stato di definire le modificazioni delle capacità coordinative e condizionali in seguito ad un match per mezzo dell'analisi della velocità non lineare confrontando la terra rossa e il cemento.*

METODI: *Dodici giocatori di tennis in carrozzina hanno disputato 12 partite, di cui 6 su terra rossa e 6 su cemento. Prima e dopo gli incontri, i partecipanti hanno effettuato il Twist and Sprint Wheelchair Test e sono stati comparati i dati raccolti prima e dopo ogni evento.*

RISULTATI: *Il t-test non ha evidenziato significative differenze riguardo il test su terra rossa (C) prima (C0=10,03 s) e dopo (C1=10,04 s) il match. Il test effettuato su cemento (H) ha mostrato differenze significative ($P<0,05$, ES=0,20, -2%) comparando i valori prima (H0=9,61 s) e dopo (H1=9,43 s) il match.*

CONCLUSIONI: *Un match di tennis in carrozzina di durata inferiore a 90 minuti non comporta peggioramenti di performance indotti dalla fatica neuro-muscolare, indipendentemente dalla superficie di gioco. La velocità con cambi di direzione migliora significativamente dopo aver giocato su cemento, a causa della continua stimolazione della coordinazione specifica e della trascurabile forza di attrito su questa superficie.*

PAROLE CHIAVE: Tennis - Carrozzina - Test.

Performance is the outcome of the mutual influence of organic-muscular and kinetic-perceptual parameters but, in the Paralympic world, the biomechanics of propulsion is crucially influenced by wheelchair regulation. For this reason, athletes should be tested with their own wheelchair specifically configured to allow the participants to express their individual characteristics at their best and avoid performance decrements.¹ Another important feature to consider is the push frequency: movement on the court is more economical for athletes moving at their natural freely chosen frequency rather than at a preconditioned one; in particular, players who manage to express higher propelling speeds with fewer pushes are exposed to lower metabolic demands² and, consequently, may postpone the onset of fatigue. Energy expenditure is greater in wheelchair tennis compared to basketball and rugby, with a moderate positive correlation with the level of lesion.³ In wheelchair tennis, players propel themselves while holding the racquet in the dominant hand, bringing about dispersion of power provided by the said hand before and after the push and a reduction of the average speed of movements.⁴ The ability of utmost importance is the execution of maximal accelerations starting from a stationary position:⁵ in the first push, the maximum acceleration takes place, while the period after the third push is the most useful for reaching high speeds.⁶ The average duration of rallies is 7 ± 5 seconds and the recovery time is four times greater than work time:^{7, 8} about 11 seconds are necessary for the achievement of maximum speed⁶ so, taking into consideration the inferior duration of the rallies, the lack of the time required to arrive at particular speeds comes to the light, bringing about modest acceleration values. For this reason, the intermittent nature of propulsion must be taken into consideration, since the pushing movement is not constant and inertia plays a determinant role.⁹ This causes a moderate involvement of the cardiovascular system, with a heart rate never higher than 140 bpm¹⁰ and an average value of 125 ± 7 bpm ($73\pm 5\%$).¹¹ Similarly to conventional tennis, international rules for wheelchair tennis foresee grass, clay and cement as surfaces homologated for official competitions. Therefore, this wide variety could influence movements, modifying also functional performance parameters which could be reflected in the athletes' tiredness level. Two different manifestations of fatigue are distinguished: one central and one peripheral.

La prestazione sportiva è la conseguenza della reciproca influenza di parametri organico-muscolari e percettivo cinetici ma, a livello paralimpico, la messa a punto della carrozzina influisce in maniera determinante sulla biomeccanica della propulsione dell'atleta. Per questo motivo, è fondamentale che gli atleti vengano valutati con il proprio mezzo appositamente configurato in modo tale da permettere a tutti i partecipanti di esprimere al meglio le proprie caratteristiche soggettive e da evitare ogni eventuale decremento prestativo.¹ Un altro aspetto da tenere in considerazione è la frequenza di spinta: il movimento in campo risulta più economico per un atleta che si muova alla sua frequenza naturale liberamente scelta piuttosto che ad una predeterminata; in particolare, i giocatori che riescono ad esprimere velocità di propulsione più elevate con un minor numero di spinte sono sottoposti a richieste metaboliche inferiori² e, di conseguenza, potrebbero posticipare l'insorgenza dell'affaticamento. Il dispendio energetico è più elevato nel tennis in carrozzina rispetto a rugby e basket, con una debole correlazione positiva con il livello della lesione.³ Nel wheelchair tennis, gli atleti effettuano la propulsione impugnando la racchetta con la mano dominante, causando una dispersione della potenza erogata dalla mano stessa prima e dopo la spinta e una riduzione della velocità media di movimento.⁴ La principale abilità di un'atleta di tennis in carrozzina consiste nel compiere accelerazioni massimali partendo da una posizione di immobilità:⁵ la massima accelerazione si ottiene nella prima spinta, mentre il periodo dopo la terza è il più utile ai fini del raggiungimento di velocità elevate.⁵ La durata media degli scambi è pari a 7 ± 5 secondi e il tempo di recupero è quattro volte quello di lavoro:^{7, 8} sono necessari circa 11 secondi per il raggiungimento di velocità massime⁶ perciò, considerando la durata inferiore degli scambi, emerge la mancanza del tempo necessario al raggiungimento di particolari velocità, comportando valori modesti di accelerazione. Diventa quindi necessario considerare la natura intermittente della propulsione, in cui il movimento di spinta non è continuo e l'inerzia riveste un'importanza determinante.⁹ Questo comporta un coinvolgimento cardiovascolare modesto, con una frequenza cardiaca mai superiore a 140 bpm¹⁰ e un suo valore medio pari a 125 ± 7 bpm ($73\pm 5\%$).¹¹ In maniera analoga al tennis convenzionale, il regolamento internazionale del tennis in carrozzina prevede l'erba, la terra battuta e le resine sintetiche o il cemento come superfici omologate per le competizioni ufficiali. Pertanto è possibile che questa notevole varietà influenzi i movimenti, con modifiche dei parametri funzionali della prestazione che si potrebbero

The former can be defined as the progressive reduction of the maximal voluntary activation induced by physical exercise at a proximal level; the latter, on the other hand, leads to a decrease in strength production.¹² Unaware of previous scientific studies which have investigated, in competitive wheelchair tennis, the ability to perform sprints with changes of direction after a match played on heterogeneous surfaces, the aim of this study was to define the modifications in coordinative and conditional abilities after a match by means of the analysis of non-linear speed comparing hard courts and clay courts.

Materials and methods

Twelve wheelchair tennis players, 10 males and 2 females, took part in the study. The athletes, whose characteristics are presented in Table I, have a ranking at national level, perform 3±1 training sessions each week and were apprised about the study by signing an informed consent. The study was approved by the committee on research ethics at the institution in which the research was conducted.

The participants played 12 matches, of which 6 on clay courts and 6 on hard courts, and data collected before and after each event were compared. Experimental sessions were scheduled at the same time at which players normally train or play tournament matches and they were required to maintain their usual habits in the days before tests. Each player played a match on each playing surface and the counterbalanced design was utilized by alternating the type of court where each

riflettere sul grado di affaticamento dell'atleta. Si distinguono due manifestazioni della fatica, una centrale e una periferica. La prima può essere definita come il progressivo calo della massima attivazione muscolare volontaria indotto dall'esercizio fisico a livello prossimale; quella periferica, invece, si esprime in una riduzione della produzione di forza.¹² Non essendo a conoscenza di studi scientifici che abbiano indagato, nel wheelchair tennis agonistico, l'abilità di effettuare sprint con cambi di direzione dopo aver disputato un incontro su eterogenee superfici di gioco, lo scopo di questo studio è stato quello di definire le modificazioni delle capacità coordinative e condizionali in seguito ad un match regolamentare mediante l'analisi della velocità non lineare confrontando il cemento con la terra rossa.

Materiali e metodi

Hanno preso parte alla ricerca 12 atleti praticanti wheelchair tennis, di cui 10 maschi e 2 femmine. Gli atleti, le cui caratteristiche sono elencate nella Tabella I, sono tutti classificati a livello nazionale, effettuano 3±1 sedute di allenamento settimanali e sono stati informati delle procedure sperimentali dello studio firmando un modulo di consenso informato. Lo studio è stato approvato dal comitato etico dell'istituto in cui la ricerca è stata condotta.

I soggetti hanno disputato 24 match, di cui 12 su terra rossa e 12 su cemento, e sono stati confrontati i dati raccolti prima e dopo ogni evento. Le sessioni sperimentali sono state organizzate nell'orario in cui i giocatori erano soliti allenarsi o giocare partite di torneo ed è stato richiesto loro di mantenere il loro stile di vita abituale nei giorni prece-

TABLE I.—Data concerning the 12 wheelchair tennis athletes (10 males and 2 females); the following are reported from left to right: age, height, weight, years of practice, kind of disability.

TABELLA I. — Raccolta dei dati dei 12 atleti praticanti tennis in carrozzina (10 maschi e 2 femmine); da sinistra a destra sono riportati: età, altezza, peso, anni di pratica, tipo di disabilità.

Age	Height	Weight	Years of practice	Kind of disability/level of lesion
50	184	65	10	D4
37	171	63	7	D5-D6
59	172	68	11	L1-L2
54	165	55	7	D12-L1
53	185	80	14	D6-D7
48	167	60	14	D7
50	169	75	5	D10-D12
55	174	79	3	Spina bifida
24	184	40	5	Bilateral superior third transfemoral amputation
20	170	56	2	Left superior third transfemoral amputation
43	175	75	19	L1-L2
26	160	63	16	L4-L5
43±13	173±8	65±12	9±6	/

pair played the first of the two matches.¹³ Their pairing was decided based on ranking and years of competitive experience, without taking into consideration the nature of disability, because, in the category of athletes with only lower body hindrances, competition is provided between opponents with every kind of disability but in complete possession of upper body abilities.¹⁴ Moreover, the response to sub-maximal physical exercise of paraplegic players compared to those with no spinal lesion did not show any differences, allowing to prescribe and monitor uniformly the motor treatment for both of the groups.¹⁵ The experimental sessions began with the usual individual warm-up, followed by the Twist and Sprint Wheelchair Test,¹⁶ a non-linear speed test. This test requires 3 cones and a manual stopwatch with a sensitivity of 1/100s (Geonaute, France). The first two cones are located with a distance of 2.8 m between them and identify the start/finish line. The athlete, who starts with the anterior wheels of the wheelchair in contact with the start line and facing backwards, at the signal of the operator, performs three 360° rotations on the spot in different directions and then a sprint around a third cone placed 5 m from the start/finish line. Timing begins at the signal of the operator and is arrested when the front wheels overstep the finish line (Figure 1).

Then, before the beginning of the match, played as the best of 3 sets in accordance with all the foreseen rules, the participants had 5 minutes available for a specific warm-up for strokes from the baseline, volleys and serves, exactly as it happens during official matches (International Tennis Federation. Regulation for Wheelchair Tennis, 2016). The participants ended the experimental session with another speed test and their usual cool-down. Each player performed the Twist and Sprint Wheelchair Test three times both before and after the match, with 1.5 minutes of recovery time between the trials, and the best result was considered.

Statistical analysis

Normality of distribution was verified by using the D'Agostino-Pearson Test. Data were treated with parametric statistics by means of the Student's *t*-test for dependent samples. The percentage difference was calculated with the following formula: $\text{Diff\%} = [(fin\ VAL - in\ VAL) / in\ VAL] \cdot 100$, where in VAL is the initial value, and fin VAL is the final value registered after the match. In addition, Pearson's correlation was

dentì le sessioni di test. Ogni giocatore ha disputato un match su ogni terreno di gioco ed è stato utilizzato un disegno sperimentale controbilanciato, alternando la superficie di gioco sulla quale ogni coppia disputava il primo dei due match.¹³ Il loro accoppiamento è stato stabilito in base alla classifica e agli anni di pratica agonistica, senza tenere in considerazione il tipo di disabilità in quanto, nella categoria degli atleti aventi impedimenti ai soli arti inferiori, è previsto che si fronteggino avversari con ogni tipo di disabilità ma che stiano in pieno possesso delle abilità degli arti superiori.¹⁴ Inoltre, la risposta all'esercizio fisico sub-massimale di atleti paraplegici non mostra differenze rispetto a non lesionati, permettendo una prescrizione e un monitoraggio del trattamento motorio uniforme per entrambi i gruppi.¹⁵ Le sessioni sperimentali incominciavano con il riscaldamento abituale di ogni atleta seguito da uno specifico test di velocità non lineare, il Twist and Sprint Wheelchair Test.¹⁶ Questo test prevede l'utilizzo di tre coni e un cronometro manuale con sensibilità al centesimo di secondo (Geonaute, France). I primi due coni sono posti a una distanza di 2,8 m, identificando la linea di partenza e di arrivo. Il soggetto, che parte con le ruote anteriori della carrozzina a contatto con la linea di partenza rivolte posteriormente, al segnale dell'operatore, effettua 3 rotazioni sul posto di 360° con verso differente, per poi effettuare uno sprint girando attorno ad un terzo cono posto a 5 m dalla linea di partenza/arrivo. Il cronometraggio inizia al segnale iniziale dell'operatore e viene arrestato nel momento in cui le ruote anteriori della carrozzina oltrepassano la linea di arrivo (Figura 1).

A seguire, prima di incominciare il match, disputato al meglio dei 3 set rispettando tutte le regole previste, i soggetti avevano a disposizione 5 minuti per effettuare un riscaldamento specifico per i gesti tecnici da fondo campo, a rete e i servizi, esattamente come avviene nelle partite ufficiali.¹⁴ I partecipanti concludevano la sessione sperimentale effettuando nuovamente il test di velocità e, per finire, il loro defaticamento abituale. Il Twist and Sprint Wheelchair Test è stato eseguito 3 volte da ogni atleta sia prima che dopo il match, con recupero tra le prove di 1,5 minuti ed è stato considerato il risultato migliore.

Analisi statistica

La normalità del campione è stata verificata mediante il test di D'Agostino-Pearson. I dati sono stati trattati con la statistica parametrica per mezzo del t-test di Student per campioni dipendenti. La differenza percentuale è stata calcolata con la formula seguente: $\text{Diff\%} = [(VAL\ fin. - VAL\ in.) / VAL\ in.] \cdot 100$,

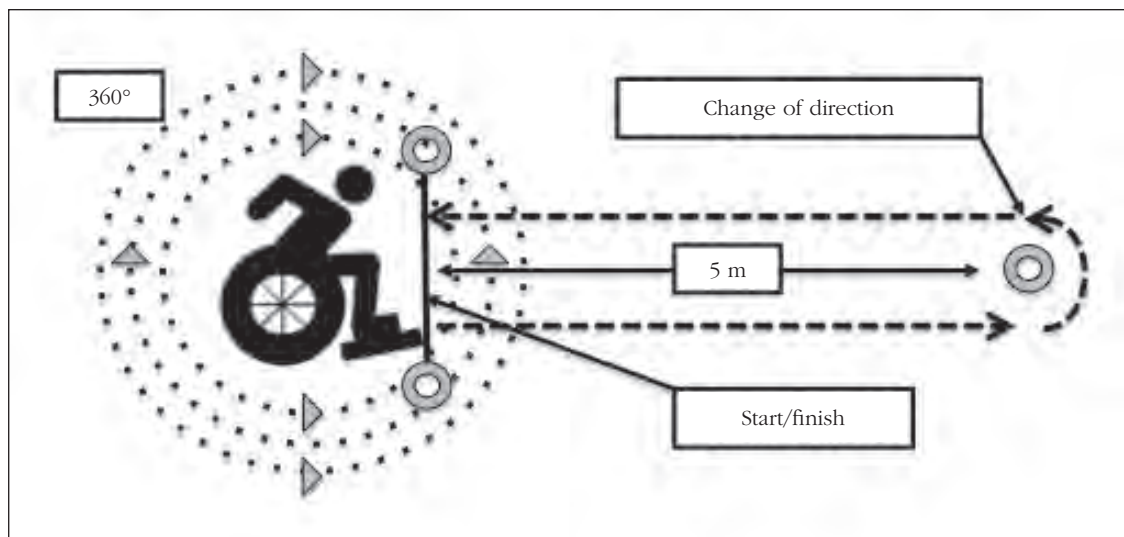


Figure 1.—View from above of the *Twist and Sprint Wheelchair Test* (modified by Gollin *et al.*, 2015).¹⁶ The start is from behind the start/finish line: at the signal of the operator, the athlete performs three 360° rotations on the spot in different directions and then a sprint around a cone placed 5 m from the start line before ending the test by stepping over the start/stop line.

Figura 1. — *Schema con visione dell'alto del Twist and Sprint Wheelchair Test* (modificata da Gollin *et al.*, 2015).¹⁶ Partenza dietro la linea di partenza/arrivo: al segnale dell'operatore, il soggetto compie sul posto 3 rotazioni di 360° con verso differente e poi effettua uno sprint girando attorno ad un cono posto a 5 m di distanza per terminare il test oltrepassando la linea di partenza/arrivo.

used to verify the potential effects of age and years of competitive practice on the outcomes of the tests. The significant level P was set at 0.05. For interpretation of the meaningfulness of differences, effect sizes (ES) were calculated and interpreted accordingly: 0.2 to <0.6, small; 0.6 to <1.2, medium; 1.2 to <2.0, large; 2.0 to <4.0, very large; and ≥ 4.0 , extreme large.¹⁷

Results

Match duration was 82 ± 16 and 68 ± 17 minutes on clay and hard courts respectively. The t -test did not highlight significant differences regarding the test on the clay court (C) before ($C0=10.03$ s) and after ($C1=10.04$ s) the match. The test performed on the hard court (H) showed significant variations ($P<0.05$, $ES=0.20$, -2%) between data collected before ($H0=9.61$ s) and after ($H1=9.43$ s) the match (Table II). Analyzing the two different surfaces, significant differences concerning the tests effectuated both before ($C0$ vs. $H0$, $P<0.01$, $ES=0.46$, -4%) and after ($C1$ vs. $H1$, $P<0.0001$, $ES=0.63$, -6%) the match came to light. No significant correlations between age, years of competitive practice and the results of the tests emerged from this study.

dove VAL In è il valore basale prima del match, e Val fin. è il valore finale registrato dopo il match. La correlazione di Pearson è stata utilizzata per indagare potenziali effetti di età e anni di pratica dei partecipanti sui risultati dei test. Il livello di significatività P è stato fissato a 0,05. Per l'interpretazione delle differenze significative, è stato calcolato l'effect sizes (ES), che è stato interpretato come segue: 0.2 to <0.6, small; 0.6 to <1.2, medium; 1.2 to <2.0, large; 2.0 to <4.0, very large; and ≥ 4.0 , extreme large.¹⁷

Risultati

La durata delle partite è stata 82 ± 16 e 68 ± 17 minuti rispettivamente su terra rossa e cemento. Il t test non ha evidenziato variazioni significative riguardanti il test effettuato su terra rossa (C) prima ($C0=10,03$ s) e dopo ($C1=10,04$ s) il match. Il test sul cemento (H) ha messo in luce una variazione significativa ($P<0,05$, $ES=0,2$, -2%) confrontato i dati ottenuti prima del match ($H0=9,61$ s) e dopo ($H1=9,43$ s) (Tabella II). Comparando le due superfici, sono emerse differenze significative sia riguardo i test effettuati prima del match ($C0$ vs. $H0$, $P<0,01$, $ES=0,46$, -4%) che dopo ($C1$ vs. $H1$, $P<0,0001$, $ES=0,63$, -6%). Non sono emerse correlazioni positive tra età, anni di pratica dei partecipanti e i risultati ottenuti nei test.

TABLE II.— Data regarding the results of the tests for all the participants. In the first column, the players are listed. In the second and the third columns, the results on the hard court (before and after the match respectively) and in the fourth and the fifth, those on the red clay court (before and after the match respectively). All these values are expressed in seconds. Besides this, mean, standard deviation, significance level, percentage different and effect size pertaining to the comparison between tests performed on the same playing surface before and after matches are reported.

TABELLA II. — *Risultati dei test per ogni partecipante allo studio. Nella prima colonna, sono riportati i giocatori. Nella seconda e nella terza, i risultati dei test sul cemento effettuati rispettivamente prima e dopo i match, e, nella quarta e nella quinta colonna, quelli relativi alla terra rossa, rispettivamente prima e dopo il match. Tutti questi dati sono espressi in secondi. Inoltre, sono stati riportati anche i valori di media, deviazione standard, livello di significatività, differenza percentuale, ed effect size riguardo al confronto tra il test effettuato prima e dopo il match sulla medesima superficie di gioco.*

	HARD-pre	HARD-post	CLAY-pre	CLAY-post
1	8.9	8.71	8.61	8.88
2	10.4	9.93	10.88	10.61
3	9.62	9.67	10.44	10.41
4	9.65	9.54	10.31	10.12
5	10.97	10.81	10.47	10.97
6	11.09	10.78	11.68	11.53
7	8.41	8.13	8.69	8.6
8	9.44	9.06	10.03	9.37
9	10.07	10.31	10.84	11.63
10	9.62	9.66	10.03	10.04
11	9.06	8.75	9.81	9.56
12	8.06	7.78	8.62	8.75
Mean	9.61	9.43	10.03	10.04
SD	0.93	0.97	0.97	1.04
P	<0.05		NS	
Difference (%)	-2%		+0.1%	
Effect size	0.2		/	

Discussion

Wheelchair tennis can be played outdoors or indoors and on different playing surfaces; these factors considerably influence performance and consequences on athletes' efficiency levels are conceivable, especially due to the presence of particular environmental conditions or when athletes are asked to play on consecutive days. In conventional tennis, effects brought about by fatigue after matches played on successive days have been analyzed and the outcome demonstrates that the percentage of unforced errors decreases in the first three days and increases only in the fourth, whereas the trend regarding the number of winners is reversed.¹⁸ Taking into account disabled people, some studies has demonstrated the reliability of field tests to monitor the effects of training on specific wheelchair mini-basketball skills¹⁹ and the improvements of an elite wheelchair basketball team during the competition season.²⁰ Regarding fatigue levels during tournaments, in conventional tennis, it has been showed that pain pressure threshold and hand grip strength are

Discussione

Il tennis in carrozzina può essere praticato all'aperto o al chiuso e su molteplici superfici di gioco; questi fattori influenzano notevolmente la performance e sono ipotizzabili degli effetti sul grado di prestazione dell'atleta, soprattutto in presenza di particolari condizioni ambientali o nel caso di tornei in cui agli atleti è richiesto di giocare per diversi giorni consecutivamente. Nel tennis convenzionale, sono stati analizzati gli effetti provocati dalla fatica dovuta a incontri disputati in giorni successivi sull'efficacia dei gesti tecnici, dimostrando come la percentuale di errori non forzati diminuisse nei primi tre giorni e aumentasse solo nel quarto, mentre i colpi vincenti seguivano un percorso inverso.¹⁸ Prendendo in considerazione individui disabili, alcuni studi hanno dimostrato la replicabilità di test da campo per monitorare gli effetti dell'allenamento su movimenti specifici del mini-basket in carrozzina¹⁹ e i miglioramenti ottenuti da una squadra di alto livello di basket in carrozzina durante la stagione competitiva.²⁰ Prendendo in considerazione i livelli di fatica durante i tornei, è emerso come la soglia di pressione dolorifica e la forza della presa della mano siano

reduced after the third day of matches, while muscle soreness intensifies,²¹ while previous studies pertaining to performance modifications at the end of an individual match have not come to light. Moreover, the effects of fatigue have been proved to be more relevant among people with an incomplete lesion,²² probably because of their inclination towards carrying out more activities in everyday life or participating in sports that rely less on auxiliary devices or the help of other people. This implies an increase in their daily energy expenditure and energy cost of physical actions.²³ The purpose of this study was to assess potential alteration in biomechanical parameters induced by neuromuscular fatigue after a real match. The level of lesion has not been considered, with the goal of reproducing as accurately as possible the real conditions in which, within the same category, opponents with every kind of disability can compete, with the exception of those with hindrances to the upper body. In wheelchair tennis, the speed test before the match showed that players are better at performing changes of directions on hard courts than on clay courts, revealing the greater friction force that this surface exercises on wheels.²⁴ On the basis of these results, performance under conditions of fatigue is assumed to be subject to variations associated with different surfaces. Previous studies have not demonstrated significant differences between the rate of perceived exertion (RPE) at the upper limb compared to the respiratory system after physical exercise performed until exhaustion by athletes with spinal cord injury.²⁵ For this reason, a non-linear speed parameter has been taken into account, since the ability to perform fast and economical changes of direction is believed to be a fundamental aspect of this sport. The results of this research highlight that a match does not bring about decrements in speed regardless of playing surface. The reason is that the more elevated recovery time compared to work time does not allow mechanisms of fatigue to reduce performance parameters. Wheelchair tennis is classified as an intermittent sport: international rules foresee a recovery time of 20 seconds between points and 90 at the change of ends after an odd number of games. Therefore the low work/rest ratio does not lead to the achievement of maximal intensities. The importance of the anaerobic-lactacid metabolism is negligible and this implies low levels of fatigue because of the utilization of the aerobic metabolism for energy supply, along with the

ridotti dopo il terzo giorno di gara, mentre aumenta la stanchezza muscolare,²¹ mentre non sono stati reperiti studi che analizzassero le modificazioni della performance al termine di un singolo match. Inoltre, è stato dimostrato come gli effetti della fatica siano maggiormente rilevanti in persone con lesione incompleta,²² probabilmente a causa della loro inclinazione a svolgere un maggior numero di azioni nella vita quotidiana o nella pratica sportiva facendo minor affidamento su dispositivi ausiliari e sull'aiuto di terzi, incrementando anche il dispendio energetico giornaliero e il costo energetico di attività fisiche.¹⁸ L'obiettivo di questo studio consisteva nel valutare eventuali modificazioni dei parametri biomeccanici indotti dalla fatica neuromuscolare in seguito ad una partita reale. Non è stato tenuto in considerazione il livello della lesione dei soggetti, col fine di riprodurre nella maniera più fedele possibile le condizioni reali, in cui, nella medesima categoria, possono affrontarsi avversari con ogni tipo di disabilità che non riguardino gli arti superiori. Nel tennis in carrozzina, il test di velocità prima del match ha messo in luce che i giocatori sono più abili a effettuare cambi di direzione su cemento rispetto alla terra rossa, dimostrando come la forza di attrito esercitata dal terreno sulle ruote della carrozzina sia maggiore su questa superficie. Sulla base di questi risultati, si è ipotizzato che la capacità di prestazione in condizione di fatica potesse subire delle variazioni legate al differente terreno di gioco. Studi precedenti hanno dimostrato che un esercizio fisico a esaurimento eseguito da atleti mielolesi non causa differenze significative tra il tasso di fatica percepita a livello degli arti e quello respiratorio,¹⁹ pertanto è stato preso in considerazione il parametro della velocità non lineare, poiché l'abilità di effettuare cambi di direzione veloci ed economici risulta essere una componente fondamentale di questo sport. I risultati emersi dai test hanno messo in luce come un match non causi peggioramenti di velocità indipendentemente dalla superficie di gioco. La motivazione risiede nel fatto che il tempo di recupero così elevato rispetto a quello di lavoro non consente ai meccanismi dell'affaticamento di decrescere i parametri della prestazione. Il tennis in carrozzina rientra negli sport di natura intermittente: il regolamento internazionale prevede 20 secondi di recupero tra un punto e il successivo e 90 al cambio di campo dopo i games dispari, perciò il basso rapporto lavoro/recupero non comporta il raggiungimento di intensità massimali. L'importanza del metabolismo anaerobico lattacido è trascurabile e questo comporta ridotti livelli di affaticamento, dato che, da un lato, il rifornimento energetico avviene per via aerobica, dall'altro, le minori masse muscolari reclutabili

lower energy cost expected among wheelchair users, as a result of the inferior muscle masses they are able to recruit.²⁶ Non-linear speed after a match on hard courts is increased. This outcome explains how inter and intra-muscular coordination are constantly stimulated by the movements performed during play, making athletes increasingly fast during the course of the match. Unlike conventional tennis, wheelchair tennis does not permit sliding, a technical skill of great importance on clay courts, confirming the paramount importance of a player's technical, coordination and conditional abilities. On this surface, no statistical significance emerged after the match, proving that, although the different propelling techniques required by competition wheelchairs compared to those utilized in everyday life increases specific coordination during the game, the friction force produced by clay during the course of an entire match does not allow improvements in changes of direction by the end of it.

Conclusions

A wheelchair tennis match that lasts less than 90 minutes does not lead to decrements of performance brought about by fatigue, regardless of the playing surface. Our work reveals that speed with changes of direction does not go through reductions after a match performed outdoors on clay courts with mild weather conditions, while it improves significantly after having played on hard courts because of the continuous stimulation of specific coordination and the negligible friction force caused by this surface.

dagli atleti paralimpici comportano un minor costo energetico a parità di intensità. La velocità non lineare dopo aver giocato un match su cemento risulta incrementata. Questo risultato dimostra come la coordinazione inter e intra muscolare specifiche vengano costantemente stimulate dai movimenti di gara, permettendo ai giocatori di diventare sempre più veloci nel corso del match. A differenza del tennis convenzionale, nel tennis in carrozzina non è possibile effettuare lo scivolamento, gestualità tecnico-motoria di notevole importanza nel gioco su terra rossa, confermando il ruolo prioritario delle abilità tecniche, coordinative e condizionali degli atleti. Su questa superficie, non è emersa alcuna significatività in seguito al match confermando che, se da un lato la differente tecnica della propulsione richiesta dalla carrozzina di gara rispetto a quella utilizzata nella vita quotidiana incrementa la coordinazione specifica durante la competizione, la forza di attrito generata dalla terra rossa durante tutto l'arco del match non permette miglioramenti nei cambi di direzione al termine dello stesso.

Conclusioni

Un incontro di wheelchair tennis di durata inferiore ai 90 minuti non comporta decrementi della prestazione indotti dall'affaticamento, indipendentemente dalla superficie di gioco. Il presente lavoro di ricerca ha messo in luce come, in seguito ad un match outdoor in condizioni climatiche moderate, la velocità con cambi di direzione non subisca alcuna riduzione sulla terra rossa, mentre migliora in maniera significativa dopo una partita disputata su cemento, a causa della continua stimolazione della coordinazione specifica e della ridotta forza di attrito causata da questa superficie.

References/Bibliografia

- 1) Boninger ML, Baldwin M, Cooper RA, Koontz A, Chan L. Manual wheelchair pushrim biomechanics and axle position. Arch Phys Med Rehabil 2000;81:608-13.
- 2) Goosey VL, Campbell IG, Fowler NE. Effect of push frequency on the economy of wheelchair racers. Med. Sci. Sports Exerc 2000;32:174-81.
- 3) Abel T, Platen PJ, Rojas Vega S, Schneider S, Strüder H. Energy expenditure in ball games for wheelchair users. Spinal Cord 2008;46:785-90.
- 4) de Groot S, Bos F, Koopman J, Hoekstra AE, Vegter RJ. Effect of holding a racket on propulsion technique of wheelchair tennis players. Scand J Med Sci Sports 2017;27:918-24.
- 5) Vanlandewijck YC, Theisen D, Daly D. Wheelchair propulsion Implications for wheelchair sports. Sports Med 2001;31:339-67.
- 6) Goosey-Tolfrey VL, Moss AD. Wheelchair Velocity of Tennis Players During Propulsion With and Without the Use of Racquets. Adapted Physical Activity Quarterly 2005;22:291-301.
- 7) Sánchez-Pay A, Sanz-Rivas D, Torres-Luque G. Match analysis in a wheelchair tennis tournament. Int J Sports Physiol Perform 2015;15:540-50.
- 8) Sanchez-Pay A, Torres-Luque G, Sanz-Rivas D. Match activity and physiological load in wheelchair tennis players: a pilot study. Spinal Cord 2016;54:229-33.
- 9) Coutts KD. Kinematics of sport wheelchair propulsion. J Rehabil Res Dev 1990;27:21-6.
- 10) Coutts KD. Heart Rates in participants in wheelchair sports. Paraplegia 1988;26:43-9.
- 11) Roy JL, Sayers Menear K, Schmid MM, Hunter GR, Malone LA. Physiological responses of skilled players during a competitive wheelchair tennis match. J Strength Cond Res 2006;20:665-71.
- 12) Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. J Appl Physiol 2008;104:542-50.
- 13) Gollin M, Beratto L. Strength exercise with and without self-adapted mouthguard: an acute study. Med Sport 2015;69:81-90.
- 14) International Tennis Federation. Regulation for Wheelchair Tennis 2016:31:6-7.
- 15) Leicht CA, Bishop NC, Goosey-Tolfrey VL. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. Scand J Med Sports 2012;22:729-36.
- 16) Gollin M, Magliano D, Mazzei P. Validated field tests for wheelchair players. Med Sport 2015;68:615-25.
- 17) Hopkins WG, Marshall SW, Satterthorn AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. Med Sei Sports Exerc 2009;1:3-13.
- 18) Gescheit DT, Duffield R, Skein M, Brydon N, Cormack SJ, Reid M. Effects of

consecutive days of match play on technical performance in tennis. *J Sports Sci* 2016;25:1-7.

19) Delussu AS, Brunelli S, Averna T, Polidori L, Di Giusto C, Damas Ntendarere D, *et al.* Field tests in wheelchair Mini-basketball. *Med Sport* 2011;64:231-41.

20) Traballese M, Averna T, Delussu AS, Polidori L, Di Giusto C, Di Carlo C, *et al.* Improvement in metabolic parameters and specific skills in an elite wheelchair basketball team: a pilot study. *Med Sport* 2009;62:1-16.

21) Kafkas SA, Kafkas EM, Durmus B,

Açak M. Effects of a tennis tournament on players' hand grip strength, pressure pain threshold and visual analogue scale. *Med Sport* 2015;68:81-90.

22) Noijen CFJ, Vogels S, Bongers-Jansen HM, Stam HJ, van den Berg-Emons, Act-Active Research Group. Fatigue in persons with subacute spinal cord injury who are dependent on a manual wheelchair. *Spinal Cord* 2015;53:758-62.

23) Fawkes-Kirby TM, Wheeler MA, Anton HA, Miller WC, Townson AF, Weeks CA. Clinical correlates of fatigue in spinal cord injury. *Spinal Cord* 2008;46:21-5.

24) Starbuck C, Stiles V, Urà D, Carré M, Dixon S. Biomechanical responses to changes in friction on a clay court surface. *J Sci Med Sport* 2017;20:459-63.

25) Qi L, Ferguson-Pell M, Salimi Z, Haennel R, Ramadi A. Wheelchair users' perceived exertion during typical mobility activities. *Spinal Cord* 2015;53:687-91.

26) Conger SA, Bassett DR Jr. A compendium of Energy Costs of Physical Activities for Individuals who use Manual Wheelchairs. *Adapt Phys Activ Q* 2011;28:310-25.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: October 12, 2017. - Manuscript received: February 24, 2017.

PHYSIOLOGICAL AREA

Measurement of knee proprioception with isokinetic dynamometry and iPhone-based application: a comparative validation study

Misura della propriocezione del ginocchio tramite dinamometria isocinetica e applicazione per iPhone: uno studio comparativo di validazione

Meric UNAL¹, Sabriye ERCAN^{2*}, Ahsen OGUL¹, Cem CETİN¹

¹Sports Medicine Department, Faculty of Medicine, Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey; ²Dr. Ersin Arslan Education and Research Hospital, Sports Medicine Department, Gaziantep, Turkey

*Corresponding author: Sabriye Ercan, Sports Medicine Department, Dr. Ersin Arslan Education and Research Hospital, Mucahitler Mah. Gazi Muhtar Paşa Bulvarı 9. Cadde no:37 Şehitkamil, Gaziantep, Turkey. E-mail: sabriyeercan@gmail.com

SUMMARY

BACKGROUND: Joint position sense (JPS) is mostly used to evaluate the proprioceptive ability. Proprioceptive function is crucial for balance, posture and motor control. Joint proprioception can be impaired after sports trauma. There are several methods to access proprioception like isokinetic dynamometer, digital goniometer, photo analysis, 3D video capture analysis. Isokinetic dynamometer is a well known device to measure active and passive JPS and also provides target angle result without any researcher bias. Mobile technology may currently be used in many ways but its use in medicine has not yet been widespread. In the last decade this technology has become popular to access acceleration, physical activity, gait, posture and range of motion. The aim is to access the validity of knee proprioception using mobile phone inclinometer application with comparison to isokinetic dynamometer.

METHODS: Active testing with isokinetic dynamometer was measured with active knee flexion of participant to previously detected target angles. For active testing of iPhone application, iPhone was stabilized to distal lateral part of tibia with an arm band and active knee flexion to target angles were noted. All tests were repeated six times for each device and target angle. Deviations from target angles were noted and named as absolute reproduction error.

RESULTS: There were statistically significant differences between measurement methods at 30° and 45° target angles ($P=0.03$, $P=0.01$). At intraclass correlation, moderate correlation was found at 45° target angle ($30^\circ=-0.2$, $45^\circ=0.5$, $75^\circ=0.02$). In evaluation of measurement method compatibility; at 30°, 45° and at 75° target angles moderate compatibility were found but differences more than 10° also seen.

CONCLUSIONS: This is the first study that compares isokinetic dynamometer and smartphone application for major joint position sense. Isokinetic dynamometer was accepted as standard referenced proprioception testing method and comparable results were found between two testing methods. Mobile phone applications may be used for medical practice but may not have enough safety for scientific data collection.

(Cite this article as: Unal M, Ercan S, Ogul A, Cetin C. Measurement of knee proprioception with isokinetic dynamometry and iPhone-based application: a comparative validation study. Med Sport 2017;70:439-46. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03118-0)

KEY WORDS: Knee - Proprioception - Smartphone - Mobile applications.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Per valutare la capacità propriocettiva viene usato principalmente il senso di posizione degli arti (JPS). La funzione propriocettiva è fondamentale per l'equilibrio, la postura e il controllo motorio. La propriocezione articolare può risultare compromessa dopo un trauma sportivo. Esistono diversi metodi per valutare la propriocezione,

come attraverso un dinamometro isocinetico, un goniometro digitale, un'analisi fotografica o un'analisi tramite cattura video in 3D. Il dinamometro isocinetico è un noto dispositivo per misurare il JPS attivo e passivo e fornisce il risultato dell'angolo target senza alcuna parzialità da parte del ricercatore. Al momento, la tecnologia mobile può essere usata in molti modi, ma nell'ambito medico non è ancora diffusa. Nell'ultimo decennio, tale tecnologia è diventata popolare per poter accedere ad accelerazione, attività fisica, andatura, postura e range di movimento. Lo scopo era quello di valutare la validità della propriocezione del ginocchio mettendo a confronto un'applicazione inclinometro e un dinamometro isocinetico.

METODI: Il test attivo con il dinamometro isocinetico ha previsto la flessione attiva del ginocchio del partecipante fino agli angoli target precedentemente rilevati. Per il test attivo con l'applicazione per iPhone, il telefono è stato fissato alla parte laterale distale della tibia con una fascia da braccio ed è stata osservata la flessione attiva del ginocchio fino agli angoli target. Tutti i test sono stati ripetuti sei volte per ogni dispositivo e angolo target. Le deviazioni dagli angoli target sono state annotate e definite come errore assoluto di riproduzione.

RISULTATI: Sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra i metodi di misurazione agli angoli target di 30° e 45° ($P=0,03$, $P=0,01$). Nell'ambito della correlazione intraclasse, è stata rilevata una correlazione moderata all'angolo target di 45° ($30^\circ=-0,2$, $45^\circ=0,5$, $75^\circ=0,02$). Nella valutazione della compatibilità dei metodi è stata osservata una compatibilità moderata agli angoli target di 30°, 45° e 75°, ma sono state notate anche differenze di oltre 10°.

CONCLUSIONI: Si tratta del primo studio che ha messo a confronto un dinamometro isocinetico e un'applicazione per smartphone per valutare il senso di posizione delle principali articolazioni. Il dinamometro isocinetico è stato accettato come metodo standard di riferimento per testare la propriocezione e i due metodi hanno fornito risultati comparabili. Le applicazioni per il cellulare possono essere usate nella pratica clinica ma potrebbero non disporre di abbastanza sicurezza per la raccolta di dati scientifici.

PAROLE CHIAVE: Ginocchio - Propriocezione - Smartphone - Applicazioni per cellulare.

Joint position sense (JPS) represents the ability to identify the orientation of a limb in space.¹ Joint movement and sensorimotor control can be assessed with range of motion and proprioception measurements.² JPS is mostly used to evaluate the proprioceptive ability.³ Proprioceptive function is crucial for balance, posture and motor control.² Joint proprioception can be impaired with sports trauma.

Knee joint is the most injured joint among in all sports injuries. After any kind of knee injury, it is thought that knee proprioception may be adversely effected. Proprioception is also very important for prevention of sports injuries. Improved proprioception may reduce injury rates especially in knee osteoarthritis, anterior cruciate ligament injuries and knee hypermobility syndromes.⁴

There are several methods to access proprioception like isokinetic dynamometer, digital goniometer and photo analysis. Isokinetic dynamometer is a well known device to measure active and passive JPS and also provides target angle result without any researcher bias.³ However, this device requires timely setup, necessity to visit a laboratory and it is expensive.¹ There is a need of more portable and cheaper device that can be used in clinic and also on field.

Mobile technology may currently be used in many ways but its use in medicine is not yet widespread.⁵ In the last decade this technology has become popular to access acceleration, physical activity, gait, posture and range of motion.¹ Now many mobile devices have triaxial

Il senso di posizione degli arti (JPS) rappresenta la capacità di individuare l'orientamento di un arto nello spazio.¹ Il movimento articolare e il controllo sensomotorio possono essere valutati con misurazioni del range di movimento e della propriocezione.² Il JPS è principalmente utilizzato per esaminare la capacità propriocettiva.³ La funzione propriocettiva è fondamentale per l'equilibrio, la postura e il controllo motorio.² La propriocezione delle articolazioni può essere compromessa da traumi sportivi.

L'articolazione del ginocchio è quella più lesionata tra tutti gli infortuni sportivi. Dopo qualsiasi tipo di infortunio al ginocchio, si pensa che la sua propriocezione possa risentirne negativamente. La propriocezione è anche molto importante per la prevenzione di tali infortuni. Una migliore propriocezione può ridurre i tassi di infortunio, specialmente in termini di osteoartrite del ginocchio, lesioni al legamento crociato anteriore e sindrome di ipermobilità del ginocchio.⁴

Esistono diversi metodi per valutare la propriocezione, come il dinamometro isocinetico, il goniometro digitale e l'analisi fotografica. Il dinamometro isocinetico è un noto dispositivo per misurare il JPS attivo e passivo e fornisce il risultato degli angoli target senza alcuna parzialità da parte del ricercatore. Tuttavia, questo dispositivo richiede un'opportuna installazione, la necessità di recarsi in un laboratorio e un notevole esborso di denaro.¹ Serve uno strumento più portatile ed economico che possa essere usato sia in ospedale che sul campo.

Oggi, la tecnologia mobile può essere usata in molti modi, ma nell'ambito della medicina non è ancora diffusa.⁵ Nell'ultimo decennio, tale tecnologia è diventata popolare per accedere a dati su

accelerometers and gyroscopes. With the use of triaxial accelerometer, angular kinematics can be accurately calculated.¹ This technology may provide us to collect data of JPS on field but the validity of this technology to access JPS is still controversial. There are several smartphone inclinometer applications to Access JPS.

The aim was to access the validity of knee proprioception using mobile phone inclinometer application with comparison to isokinetic dynamometer.

Materials and methods

Subjects

Study was started after local ethical committee approval; 30 18- to 65-year-old participants who had no lower extremity injury history were included to the study. Medical history, physical examination and Lysholm Knee Scores were assessed to determine lower extremity health of the participants. Exclusion criterias were; history of lower extremity surgery, knee ligament lesion, meniscus pathology, lower extremity fracture history, previous ankle sprain history and incompatibility of participants.

All demographic information, heights and weights of all participants were noted. Then knee proprioception tests were performed with isokinetic dynamometer (HUMAC NORM Testing and Rehabilitation System, USA) and free inclinometer application (Goniometer Pro, 5fuf5, USA) for iPhone 6 (Apple, Cupertino, USA) at 30°, 45° and 75° target angles. Active knee joint position sense was tested with isokinetic dynamometer and iPhone inclinometer application. All participants were randomized before testing.

Testing protocol

All tests were performed at sitting position without any contact of the feet to the floor, at a quiet place and with closed eyes. Dominant extremities of all participants were tested. All target angles were taught to participants three times. Active testing with isokinetic dynamometer was measured with active knee flexion of participant to previously detected target angles. For active testing of iPhone application, iPhone was stabilized to distal lateral part of tibia with an arm band and active knee flexion to target angles were noted. When the participants

accelerazione, attività fisica, andatura, postura e range di movimento.¹ Ora molti dispositivi mobili sono dotati di accelerometri triassiali e giroscopi. Con l'uso di un accelerometro triassiale, è possibile calcolare con precisione la cinematica angolare.¹ Tale tecnologia può permetterci di raccogliere dati sul JPS sul campo, ma la sua validità è ancora controversa. Esistono diverse applicazioni inclinometro per smartphone per valutare il JPS.

Lo scopo è stato quello di valutare la validità della proprioccezione del ginocchio mettendo a confronto un'applicazione inclinometro e un dinamometro isocinetico.

Materiali e metodi

Soggetti

Lo studio è stato avviato dopo l'approvazione del comitato etico locale; sono stati coinvolti 30 partecipanti dai 18 ai 65 anni senza alcuna precedente lesione agli arti inferiori. Per determinare la salute di tali arti ci si è basati sull'anamnesi, l'esame obiettivo e la Lysholm Knee Scoring Scale. I criteri per l'esclusione sono stati: precedente intervento agli arti inferiori, lesione del legamento del ginocchio, patologia del menisco, precedente frattura agli arti inferiori, precedente distorsione della caviglia e incompatibilità dei partecipanti.

Sono state annotate tutte le informazioni demografiche, il peso e l'altezza dei partecipanti. I test di proprioccezione del ginocchio sono stati eseguiti con un dinamometro isocinetico (HUMAC NORM Testing and Rehabilitation System, USA) e un'applicazione inclinometro per iPhone 6 gratuita (Goniometer Pro, 5fuf5, USA) agli angoli target di 30°, 45° e 75°. Il senso di posizione dell'articolazione del ginocchio attiva è stato testato con un dinamometro isocinetico e un'applicazione inclinometro per iPhone. Prima dei test tutti i partecipanti sono stati randomizzati.

Protocollo di test

Tutti i test sono stati eseguiti in posizione seduta senza alcun contatto dei piedi al pavimento, in un luogo tranquillo e con gli occhi chiusi. Sono stati testati gli arti dominanti di tutti i partecipanti. Tutti gli angoli target sono stati mostrati ai soggetti tre volte. Il test attivo con il dinamometro isocinetico è stato eseguito facendo flettere il ginocchio al partecipante fino agli angoli target precedentemente identificati. Per il test attivo con l'applicazione per iPhone, il telefono è stato stabilizzato alla parte laterale distale della tibia con una fascia da braccio ed è stata annotata la flessione attiva del ginocchio fino agli angoli target. Quando i partecipanti percepivano l'angolo target, passavano cinque secondi prima che venisse rilevato

sensed the target angle, they waited five seconds to detect the exact angle. Three seconds break were given for resting between all measurements. All tests were repeated six times for each device and target angle. Deviations from target angles were noted and named as absolute reproduction error (ARE) (Figure 1).

Statistical analysis

SPSS version 22.0 for Windows were used for statistical analysis. After evaluation of definitive statistical data and frequency distribution; *t*-test, in group correlation test and Bland Altman test were performed. Results were given as median $\pm$ standard deviation (minimum-maximum). Alfa=0.05 was accepted as statistical significance.

Results

Nineteen women, 11 men total 30 individuals were participated to the study. Twenty-eight of them had right and 2 had left extremity dominance. Mean age of the participants was 22.9 $\pm$ 2 (21-30) years, height was 170.8 $\pm$ 8.2 (158-186) cm, weight was 64.8 $\pm$ 11 (50-90) kg, Body Mass Index was 22.3 $\pm$ 2.9 (17.3-29.4) and mean Lysholm Scores was 98.4 $\pm$ 2.4 (95-100).

At 30° target angle; mean repositioning error with isokinetic dynamometer was 5.4 $\pm$ 2°, at 45° and 75° were 5.1 $\pm$ 3.1° and 5.4 $\pm$ 3.3° respectively. At 30° target angle mean repositioning error with iPhone inclinometer application was 4 $\pm$ 2.7°, at 45° and 75° were 3.8 $\pm$ 2.6° and 4.4 $\pm$ 2.5° respectively.

With *t*-test, there was statistically significant difference between measurement methods at 30° and 45° target angles (*P*=0.03, *P*=0.01) (Table I).

At intraclass correlation, moderate correlation was found at 45° target angle (30°=-0.2, 45°=0.5, 75°=0.02) (Table II).

In evaluation of measurement method compatibility; at 30° target angle 1.5 $\pm$ 3.6° (-5.6/8.6), at 45° 1.3 $\pm$ 2.8° (-4.2/6.9) and at 75° 1 $\pm$ 4.2° (-7.1/9.1) moderate compatibility were found but differences more than 10° also seen (Figures 2-4).

Discussion

Smartphones may be considered to be replaced several referenced testing devices be-



Figure 1.—JPS measurement with iPhone application.
Figura 1. — Valutazione del JPS con un'applicazione per iPhone.

l'angolo esatto. Tra una misurazione e l'altra veniva concessa una pausa di tre secondi per il riposo. Tutti i test sono stati ripetuti sei volte per ciascun dispositivo e angolo target. Le deviazioni dagli angoli target sono state registrate e definite come errore assoluto di riproduzione (ARE) (Figura 1).

Analisi statistica

Per l'analisi statistica ci si è serviti del software SPSS, versione 22.0 per Windows. Dopo la valutazione dei dati statistici finali e la distribuzione di frequenza sono stati eseguiti il test t, quello di correlazione e il Test di Bland Altman. I risultati sono stati forniti come mediana $\pm$ deviazione standard (minima-massima). Un valore di alfa=0,05 è stato accettato come statisticamente significativo.

Risultati

Allo studio hanno partecipato 19 donne e 11 uomini, per un totale di 30 individui. 28 di essi presentavano una dominanza dell'arto destro, due di quello sinistro. L'età media dei soggetti era 22,9 $\pm$ 2 (21-30) anni, l'altezza 170,8 $\pm$ 8,2 (158-186) cm, il peso 64,8 $\pm$ 11 (50-90) kg, l'Indice di massa corporea 22,3 $\pm$ 2,9 (17.3-29.4) e i punteggi medi sulla Scala Lysholm 98,4 $\pm$ 2,4 (95-100).

L'errore medio di riposizionamento con il dinamometro isocinetico era di 5,4 $\pm$ 2° all'angolo target di 30°, 5,1 $\pm$ 3,1° a 45° e 5,4 $\pm$ 3,3° a 75°. L'errore medio di riposizionamento con l'inclinometro per iPhone era di 4 $\pm$ 2,7° all'angolo target di 30°, 3,8 $\pm$ 2,6° a 45° e 4,4 $\pm$ 2,5° a 75°.

TABLE I.—Absolute reproduction errors of active knee proprioception at 30°, 45° and 75° target angles.

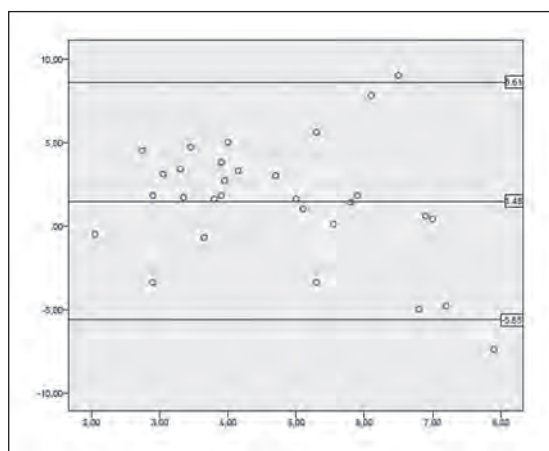
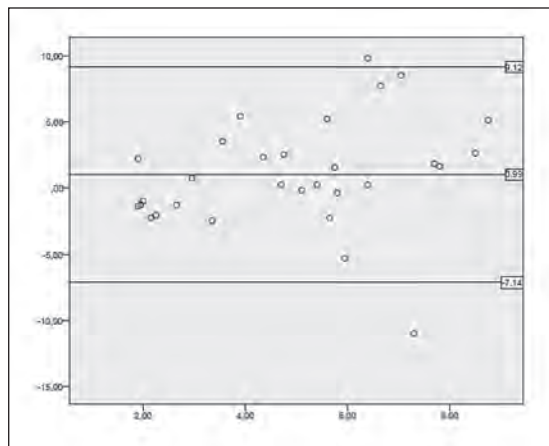
TABELLA I. — *Errori assoluti di riproduzione della propriocezione del ginocchio agli angoli target di 30°, 45° e 75°.*

	Isokinetic Dynamometry (mean±SD)	Iphone (mean±SD)	P value
Active 30°	5.4±2	4±2.7	0.03
Active 45°	5.1±3.1	3.8±2.6	0.01
Active 75°	5.4±3.3	4.4±2.5	0.2

TABLE II.—Intraclass correlation of active knee proprioception at 30°, 45° and 75° target angles.

TABELLA II. — *Correlazione intraclass della propriocezione attiva del ginocchio agli angoli target di 30°, 45° e 75°.*

	Intraclass Correlation Coefficient	Cronbach Alfa	P value
Active 30°	-0.2	-0.4	0.4
Active 45°	0.5	0.7	0.003
Active 75°	0.02	0.04	0.9

Figure 2.—Mean compatibility level at 30° target angle.
Figura 2. — *Livello medio di compatibilità all'angolo target di 30°.*Figure 3.—Mean compatibility level at 75° target angle.
Figura 3. — *Livello medio di compatibilità all'angolo target di 75°.*

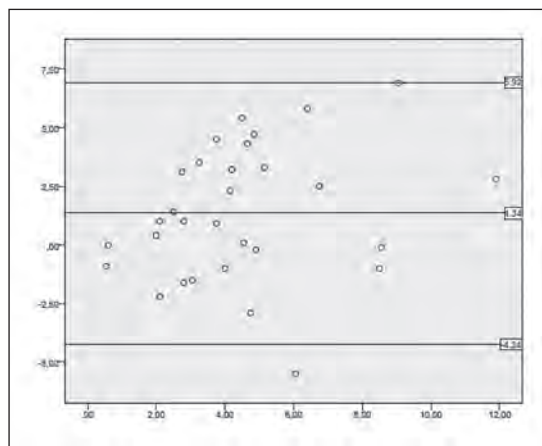
Con il test *t*, si evidenziava una differenza statisticamente significativa tra i metodi di valutazione agli angoli target di 30° e 45° ($P=0,03$, $P=0,01$) (Tabella I).

Nell'ambito della correlazione intraclass, è stata osservata una correlazione moderata all'angolo target di 45° ($30^\circ=-0,2$, $45^\circ=0,5$, $75^\circ=0,02$) (Tabella II).

Nella valutazione della compatibilità dei metodi di misurazione, è stata riscontrata una compatibilità moderata pari a $1,5\pm3,6^\circ$ ($-5,6/8,6$) all'angolo target di 30°, $1,3\pm2,8^\circ$ ($-4,2/6,9$) a 45° e $1\pm4,2^\circ$ ($-7,1/9,1$) a 75°, ma sono state notate anche differenze di oltre 10° (Figure 2-4).

Discussione

Gli smartphone possono essere considerati per sostituire diversi dispositivi atti all'esecuzione di test

Figure 4.—Mean compatibility level at 45° target angle.
Figura 4. — *Livello medio di compatibilità all'angolo target di 45°.*

cause of their user friendly features.⁶ In this study, authors aimed to find an alternative proprioception testing method (smartphone application) instead of a referenced but expensive and nonpractical technique (isokinetic dynamometry) for the field. Datas of JPS measurements with iPhone application the absolute errors were found lower, in-class compatibility was provided only at 45° target angle. These results were thought that mobile phone applications may be used for medical and on field practice but may not have enough safety for scientific data collection.⁶

Proprioceptive ability which provides motor control, posture and balance is crucial for prevention of sports injuries. For proprioceptive evaluation; JPS, kinesthesia, reflex muscle activation, balance and perturbation tests are mostly preferred.⁷ Despite its importance and necessity, accurate proprioceptive testing is needed high cost devices and this problem restrains the evaluation of JPS in general population.^{1, 6} With the improvement of technology in medical area, smartphones are believed to be a good alternative to standart JPS testing devices.¹

There are several studies planned with using the motion sensors of smartphones. Acceleration, physical activity, gait patterns, posture and range of motion were tested in these studies.¹

Furrer *et al.* compared a smartphone application and a motion sense system to evaluate gait pattern and they found a good validation between these two testing devices. They offered usage of smartphone applications in medical practice because of their easy access.⁶ Bergman *et al.* planned their study on physical activity follow-up and compared iPhone pedometer and Stepwatch 3 step activity monitor. They found lower physical activity results with iPhone pedometer and pointed out that this applications were not suitable for physical activity follow-up.⁸ Han *et al.* emphasized that triaxial accelerometer in Ipod touch had great potential at gait analysis, postoperative range of motion testing and rehabilitation for balance disfunction.⁹

Jenny *et al.* compared inclinometer application and camera testing for evaluation of range of motion in total knee arthroplasty patients and they found camera testing better than inclinometer application.¹⁰ Crasto *et al.* compared manual goniometer and photographic range of motion analysis and they found validation between two techniques.¹¹ Huang *et al.* used

grazie alle loro caratteristiche user friendly.⁶ Nel presente studio, gli autori intendevano trovare un metodo alternativo (applicazione per smartphone) per testare la proprioccezione invece di una tecnica consolidata ma costosa e non pratica (dinamometria isocinetica) per il settore. Con l'applicazione iPhone per le valutazioni del JPS sono stati riscontrati meno errori assoluti e la compatibilità intraclassa è stata osservata solo in corrispondenza dell'angolo di 45°. Questi risultati hanno portato a ritenere che le applicazioni per cellulari possano essere usate nella pratica medica e sul campo ma potrebbero non essere dotate di abbastanza sicurezza per la raccolta dei dati scientifici.⁶

La capacità propriocettiva che fornisce controllo motorio, postura ed equilibrio è fondamentale per la prevenzione degli infortuni sportivi. Per la valutazione della proprioccezione, i test preferiti sono JPS, cinestesia, attivazione del riflesso muscolare e test di equilibrio e perturbazione dello stesso.⁷ Nonostante la sua importanza e necessità, un accurato test propriocettivo presuppone dispositivi costosi e questo problema frena la valutazione del JPS nella popolazione generale.^{1, 6} Con un miglioramento della tecnologia in campo medico, gli smartphone sono ritenuti una valida alternativa ai dispositivi standard per valutare il JPS.¹

Diversi studi hanno presupposto l'uso dei sensori motori di cui sono dotati gli smartphone. Tali ricerche hanno testato accelerazione, attività fisica, pattern relativi all'andatura, postura e range di movimento.¹

Furrer et al. hanno confrontato un'applicazione per smartphone e un sistema di rilevamento del movimento per valutare l'andatura e hanno riscontrato una buona validazione di questi due dispositivi. Grazie alla facilità di accesso, hanno proposto l'uso delle applicazioni per smartphone nella pratica clinica.⁶ Bergman et al. hanno incentrato il loro studio sul follow-up di un'attività fisica e hanno paragonato il pedometer per iPhone e il rilevatore di passi Stepwatch 3. Con il pedometer per iPhone sono emersi risultati inferiori relativi all'attività fisica e gli autori hanno concluso che tali applicazioni non erano idonee al follow-up di tale attività.⁸ Han et al. hanno sottolineato che l'accelerometro triassiale presente nell'iPod touch presentava un grande potenziale per l'analisi dell'andatura, la valutazione del range di movimento postoperatorio e la riabilitazione per una disfunzione dell'equilibrio.⁹

Jenny et al. hanno confrontato un'applicazione inclinometro e una prova fotocamera per valutare il range di movimento in pazienti con artroplastica totale del ginocchio e hanno trovato che la seconda funzionasse meglio della prima.¹⁰ Crasto et al. hanno comparato un goniometro manuale con l'analisi fotografica del range di movimento e hanno osservato la validazione delle due tecniche.¹¹ Huang

smartphone applications for evaluation of home rehabilitation compatibility of patients with vestibular hypofunction and reported good results. It was also found useful for recording the exercise performance to plan the follow-up treatment.¹²

The only study that evaluate JPS was planned by Edwards *et al.*¹ In this study, accelerometer of iPod touch and magnetic motion detector were compared to test shoulder proprioception. There was no difference in constant error and variable error values found but they found statistically significant difference in mean error value. In conclusion, they found enough compatibility between these two testing methods and they pointed out that iPod may be used for testing of active shoulder proprioception.¹

This is the first study that compares isokinetic dynamometer and smartphone application. Isokinetic dynamometer was accepted as standart referenced proprioception testing method and comperable results were found between two testing methods.

Limitations of the study

There were some limitations of this study. Heavy isokinetic dynamometer arm might effect the results and passive proprioception could not be tested with iPhone application so only active proprioceptive testing was performed for comparison.

Conclusions

Smartphones will be considered to be replaced several referenced testing devices because of their user friendly features. This is the first study that compares isokinetic dynamometer and a smartphone application. Isokinetic dynamometer was accepted as standart referenced proprioception testing method and comparable results were found between two testing methods. Mobile phone applications may be used for medical practice but may not have enough safety for scientific data collection. The future of proprioception testing applications are promising if they will be improved more.

et al. hanno usato le applicazioni per smartphone per valutare la compatibilità alla riabilitazione a domicilio di pazienti con ipofunzione vestibolare e hanno riferito di buoni risultati. Tali applicazioni sono risultate utili anche per registrare la performance durante l'esercizio fisico per poi pianificare il trattamento di follow-up.¹²

L'unico studio che ha analizzato il JPS è stato concepito da Edwards et al.¹ In questo studio, è stato messo a confronto l'accelerometro dell'iPod touch e un rilevatore magnetico di movimento per testare la propriocezione della spalla. Non sono state riscontrate differenze nei valori relativi a errori costanti e variabili, ma è stata osservata una differenza statisticamente significativa nel valore medio dell'errore. In conclusione, gli autori hanno notato una sufficiente compatibilità tra questi due metodi di test e hanno indicato che l'iPod potrebbe essere usato per testare la propriocezione attiva della spalla.¹

Questo è il primo studio che confronta il dinamometro isocinetico con un'applicazione per smartphone. Il dinamometro isocinetico è stato accettato come metodo standard per la valutazione della propriocezione e con i due metodi sono stati ottenuti risultati comparabili.

Limitazioni dello studio

Lo studio presentava alcune limitazioni. Il pesante braccio del dinamometro isocinetico può aver influito sui risultati e la propriocezione passiva non poteva essere testata con un'applicazione per iPhone; pertanto, è stato eseguito solo il test della propriocezione attiva per confronto.

Conclusioni

Gli samrtphone saranno considerati per sostituire diversi dispositivi di riferimento grazie alle loro caratteristiche user friendly. Questo è il primo studio che ha messo a confronto un dinamometro isocinetico e un'applicazione per smartphone. Il dinamometro isocinetico è stato accettato come metodo standard per la valutazione della propriocezione e con le due tecniche sono stati ottenuti risultati comparabili. Le applicazioni per cellulari possono essere usate nella pratica clinica ma potrebbero non disporre di una sufficiente sicurezza per raccogliere dati scientifici. Il futuro delle applicazioni che testano la propriocezione sarà promettente se esse verranno ulteriormente migliorate.

References/Bibliografia

- 1) Edwards ES, Lin YL, King JH, Karduna AR. Joint position sense-There's an app for that. J Biomech 2016;49:3529-33.
- 2) Mourcou Q, Fleury A, Diot B, Franco

C, Vuillerme N. Mobile phone-based joint angle measurement for functional assessment and rehabilitation of proprioception. Biomed Res Int 2015;1-15.

- 3) Relph N, Herrington L. Criterion-relat-

ed validity of knee joint position sense measurement using image capture and isokinetic dynamometry. J Sport Rehabil 2015;13:10.

- 4) Smith TO, Davies L, Hing CB. A systematic review to determine the reliability

of knee joint position sense assessment measures. *The Knee* 2013;20:162-9.

5) Jenny YV, Bureggah A, Diesinger Y. measurement of the knee flexion angle with smartphone applications: which technology is better? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24:2874-7.

6) Wingert JR, Welder C, Foo P. Age-related hip proprioception declines: effects on postural sway and dynamic balance. *Arch Phys Med Rehabilitation* 2014;95:253-61.

7) Furrer M, Bichsel L, Niederer M, Baur H, Schmid S. Validation of a smartphone-

based measurement tool for the quantification of level walking. *Gait Posture* 2015;42:289-94.

8) Bergman RJ, Spellman JW, Hall ME, Bergman SM. Is there a valid app for that? Validity of a free pedometer iPhone application. *J Phys Activ Health* 2012;9:670-6.

9) Han CKC, Shanmugam RA, Kit DCS. Accuracy, consistency, and reproducibility of the triaxial accelerometer in the iPod touch: a pilot study. *JMIR mHealth and uHealth* 2014;2.

10) Jenny JY. Measurement of the knee

flexion angle with a smartphone-application is precise and accurate. *J Arthroplasty* 2013;28:784-7.

11) Crasto JA, Sayari AJ, Gray RR, Askari M. Comparative analysis of photograph-based clinical goniometry to standard techniques. *Hand* 2015;10:248-53.

12) Huang K, Sparto PJ, Kiesler S, Siewiorek DP, Smailagic A. iPod-based in-home system for monitoring gaze-stabilization exercise compliance of individuals with vestibular hypofunction. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:69.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: October 12, 2017. - Manuscript received: May 5, 2017.

PHYSIOLOGICAL AREA

Physical demands, heart rate response and performance of talent soccer referees

Sollecitazioni fisiche, reazione della frequenza cardiaca e prestazione di talentuosi arbitri di calcio

Valentín E. FERNÁNDEZ-ELÍAS ¹*, Maite GÓMEZ-LÓPEZ ²,
Ricardo de la VEGA ³, Vicente J. CLEMENTE-SUÁREZ ¹

¹Department of Sport Sciences, European University of Madrid, Madrid, Spain; ²Department of Physical Activity and Sport Sciences, Polytechnic University of Madrid, Madrid, Spain; ³Department of Physical Education, Sport, and Human Movement, Autonomous University of Madrid, Madrid, Spain

*Corresponding author: Valentín E. Fernández Elías, Faculty of Sport Sciences, Calle Tajo s/n, 28670 Villaviciosa de Odón, Madrid, Spain. E-mail: valentin.fernandez@universidadeuropea.es

SUMMARY

BACKGROUND: To explore the physical and physiological activity demands of talent soccer referees which belong to the Spanish Referees Technical Committee (CTA-RFFM) in order to understand the need of physical training and prescribe the most adequate exercise.

METHODS: Fourteen semi-professional referees (25.8±3.8 years old; 1.79±0.03 m; 74.4±2.3 kg) from 2nd B Division and 3rd Division of the Spanish Football League were monitored during 2 games (total of 28 games) by wearing a global positioning system (GPS) device and a heart rate monitor in order to assess workload and heart rate.

RESULTS: Total running distance was 8733.6±2238.0 m with no significant differences between first (4385.8±1122.7 m) and second match half (4347.9±1164.9 m). Further, distances covered at different intensity zones were similar between match halves. Average heart rate (HR_{avg}) among matches was 151.2±16.6 bpm. No differences were found among HR_{avg} between match halves (151.9±16.2 and 150.6±17.5 for the 1st and the 2nd half, respectively) and among the different intensity zones during the matches. Also, body load and the number of impacts registered were similar between match halves, with no differences among the intensity zones.

CONCLUSIONS: Data showed, talent referees' physical fitness should be aerobically trained adequately in order to accomplish performance demands during matches.

(Cite this article as: Fernández-Elías VE, Gómez-López M, de la Vega R, Clemente-Suárez VJ. Physical demands, heart rate response and performance of talent soccer referees. Med Sport 2017;70:447-56. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03076-9)

KEY WORDS: Physical education and training - Workload - Athletic performance - Soccer.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Esplorare la richiesta di attività fisica e fisiologica di giovani e talentuosi arbitri di calcio che appartengono al Comitato Tecnico degli Arbitri Spagnoli (CTA-RFFM) per poter comprendere le necessità di allenamento fisico e prescrivere l'esercizio migliore.

METODI: Quattordici arbitri semi professionali (25.8±3.8 anni; 1.79±0.03 m; 74.4±2.3 kg) che appartengono alle categorie inferiori 2^a Divisione B e 3^a Divisione del Campionato spagnolo di calcio furono monitorati durante 2 partite (28 partite totali) utilizzando dispositivi GPS e di frequenza cardiaca per poter valutare il carico di lavoro sia fisico che cardiaco.

RISULTATI: La distanza percorsa totale media è stata di 8733.6±2238.0 m senza una differenza sostanziale fra il primo (4385.8±1122.7 m) e il secondo tempo della partita (4347.9±1164.9 m). Inoltre, le distanze coperte nelle diverse zone di intensità erano simili fra primo e secondo tempo degli incontri. La frequenza cardiaca media nelle partite era di 151.2±16.6 battiti/min. Non sono state riscontrate differenze nella frequenza cardiaca media fra i due tempi delle partite (151.9±16.2 vs. 150.6±17.5 rispettivamente per primo e secondo tempo) né fra le diverse zone di intensità durante le stesse. Anche la carica corporale ed il numero di impatti registrati furono simili fra le metà delle partite, senza differenziarsi fra le zone di intensità.

CONCLUSIONI: I dati mostrano che gli arbitri giovani talentuosi necessitano di un allenamento aerobico corretto per poter soddisfare la domanda di rendimento fisico durante le partite.

PAROLE CHIAVE: Allenamento - Carico di lavoro fisico - Prestazione atletica - Calcio.

Soccer is one of the most common sports worldwide. For this reason, the physical performance of soccer players has often been analyzed in the scientific literature for decades, and attention has been placed upon on the physiological demands of professional soccer players during competitive matches.¹⁻⁷ In the other hand, soccer referees have the obligation of implementing the rules of the match and guaranteeing that players abide by its regulations. Fulfilling this responsibility means that referees must to keep up with play intensity and mobility requirements in order to maintain a good position to detect players' infringements.⁸ In this way, only a few researches have given importance to referees' performance and physical demands during competition,^{8,9} being poor researched the talent referees.¹⁰

Previous studies have shown that individual professional soccer referees cover between 7 and 13 km during a match.⁸ In the Italian Serie A and Serie B^{11,12} and the Danish Superliga¹³ referees have shown to cover ~11 km during official matches. In a 2009 study,¹⁴ referees in international matches covered ~10 km. Whereas, English soccer referees covered ~9 km in a study in 1993.¹⁵ Approximately 1 km of these distance is covered at high speed (>19.8 km/h).¹⁶ According to Reilly,¹⁷ referees work rate during matched seems to depend on the competitive component of the players involved. Regarding differences between match halves work rates, D'Ottavio and Castagna¹¹ found no differences between distance covered in the 1st and 2nd halves when they analyzed referees performance of Serie A, however they found a 4.1% decrement after analyzing the performance of referees from Serie A and Serie B together.¹¹ This fact was also observed by Catterall *et al.* in English referees.¹⁵ Hence, it seems that referees' performance may also depend on players' level performance.

The monitoring of heart rate has been adopted as a means of indicating the referees' physiological strain during a match. Despite the irregular fluctuations in exercise intensity, the average heart rate (HR_{avg}) during a match can provide a reasonable estimate of the energy expended.^{2,17} The HR_{avg} of referees has shown an outstanding agreement between studies, within a range 162-165 bpm⁸ and 85-90% of HR_{max} .^{18,19} Furthermore, HR_{avg} between halves have not shown significant differences in previous studies, despite some have shown a decline in the work rate. This consistency in heart rate throughout

Il calcio è uno dei più comuni sport in tutto il mondo. Per questo, da decenni la prestazione fisica dei giocatori di calcio è spesso analizzata dalla letteratura scientifica, con un particolare interesse per le sollecitazioni fisiche dei giocatori professionisti di tale disciplina durante le partite.¹⁻⁷ Dall'altro lato, gli arbitri hanno l'obbligo di applicare le regole del match e di garantire che i giocatori si attengano ad esse. Onorare questa responsabilità significa stare al passo con l'intensità del gioco e le esigenze di mobilità per mantenere una buona posizione che permetta all'arbitro di notare le infrazioni dei giocatori.⁸ Solo poche ricerche hanno dato importanza alla prestazione e alle sollecitazioni fisiche degli arbitri durante la competizione,^{8,9} essendo pochi gli arbitri di talento studiati.¹⁰

*Precedenti studi hanno mostrato che i singoli arbitri di calcio professionisti coprono dai 7 ai 13 km durante una partita.⁸ Nella Serie A e Serie B italiane^{11,12} e nella Superliga¹³ danese gli arbitri coprono ~11 km durante le competizioni ufficiali. In uno studio del 2009,¹⁴ è emerso che durante gli incontri internazionali la distanza coperta era di ~10 km. Invece, in uno studio del 1993¹⁵ gli arbitri inglesi di calcio coprivano ~9 km. Circa 1 km di questa distanza veniva percorsa ad alta velocità (>19.8 km/h).¹⁶ Secondo Reilly,¹⁷ il ritmo di lavoro degli arbitri durante i match sembra dipendere dalla componente competitiva dei giocatori coinvolti. Analizzando le differenze tra i ritmi di lavoro durante i due tempi, D'Ottavio e Castagna¹¹ non hanno riscontrato differenze tra la distanza coperta nel primo e nel secondo tempo quando hanno preso in esame la prestazione degli arbitri di Serie A, mentre hanno osservato un calo del 4,1% nell'analisi della prestazione dei professionisti di Serie A e Serie B messi insieme.¹¹ Ciò è stato notato anche da Catterall *et al.* negli arbitri inglesi.¹⁵ Quindi, sembra che la performance degli arbitri dipenda anche dal livello di prestazione dei giocatori.*

Il monitoraggio della frequenza cardiaca è stato adottato come mezzo per indicare lo sforzo fisiologico degli arbitri durante una partita. Nonostante le oscillazioni irregolari di intensità dell'esercizio, la frequenza cardiaca media (FC_{media}) durante un match può fornire una stima sensata dell'energia consumata.^{2,17} In termini di FC_{media} degli arbitri, gli studi si sono mostrati notevolmente in linea, con valori che hanno oscillato tra 162 e 165 bpm⁸ e rappresentanti l'85-90% della FC_{max} .^{18,19} Inoltre, la FC_{media} tra i due tempi non ha fatto registrare differenze significative negli studi precedenti, anche se alcuni hanno rilevato un calo nel ritmo di lavoro. Questa

the game accompanied by a fall in work rate has been attributed to the cardiovascular drift that occurs with prolonged exercise.¹⁵ This physical strain has been shown to be smaller in lower division in a study that analyzed referees from the English Premier League and the Soccer League.²⁰ In consequence, referees' fitness level need has been established to match aerobic endurance requirements. Thus, scientific literature has proposed different training methods.^{6, 21}

According to Krustup and Bangsbo¹³ and Castagna and D'Ottavio²² the fitness level of referees clearly affects the distance they cover during a match. Obviously, besides the distance covered, the speed used to cover the distance is influenced by play rhythm and/or accumulated fatigue.^{23, 24} In this way, Krustup and Bangsbo¹³ reported that referees were further away from infringements in the second half than in the first, suggesting that the fall in work rate manifests as true fatigue. Most of the activity of referees is conducted at a low intensity, comprising walking and jogging (41.4 and 15.6%, respectively).⁸ However, low, moderate and high speed running and sprinting are also activity intensities performed by soccer referees, this changes performance intensity have implications in the body load (*i.e.* acceleration forces that the referees generate during the sport action), and number of impacts performed during soccer matches that would need to be consider in order to properly adequate referees training and fitness needs, as it has been reported in other sports such as rugby²⁵ or ice-hockey²⁶ and in the military training.²⁷ On the other hand, although the above exposed wide evidence supporting the importance of heart rate in referee performance, to our knowledge, there is no literature on its importance in the case of talent referees, as it exists on other sports.¹⁰ In this framework, it is essential to know their response levels in order to make appropriate training programs that increase their chances of reaching professional soccer level since during their formation the competition level of the players is much lower than professional soccer. In this line non-professional soccer training protocol are usually design less carefully, which is logical attending to economic and social issues, being strength training the main careless physical parameter, as observed in previous studies in amateur Spanish²⁸ and in Greek²⁹ level referees performing at similar levels.

Therefore, the purpose of this study was to analyze physical, mechanical, and physiologi-

uniformità della frequenza cardiaca durante la competizione, accompagnata da una riduzione del ritmo di lavoro, è stata attribuita alla deriva cardiovascolare che si verifica con un esercizio fisico prolungato.¹⁵ In uno studio che ha analizzato gli arbitri della Premier League e della Football League inglesi, questo sforzo fisico si è dimostrato minore in una divisione di categoria inferiore.²⁰ Di conseguenza, è stato stabilito che il livello di forma fisica deve combaciare con le esigenze di resistenza aerobica. Per questo, la letteratura scientifica ha proposto diversi metodi di allenamento.^{6, 21}

Secondo Krustup e Bangsbo¹³ e Castagna e D'Ottavio,²² il livello di forma fisica degli arbitri influisce chiaramente sulla distanza che coprono durante un match. Ovviamente, oltre alla distanza coperta, la velocità impiegata per coprire tale distanza è influenzata dal ritmo di gioco e/o dall'affaticamento accumulato.^{23, 24} In questo modo, Krustup e Bangsbo¹³ hanno osservato che gli arbitri erano più distanti dalle infrazioni nel secondo tempo che nel primo, suggerendo che il calo nel ritmo di lavoro si manifesta come un vero affaticamento. La maggior parte dell'attività degli arbitri viene condotta a una bassa intensità, tra cui camminata e jogging (rispettivamente 41,4% e 15,6%).⁸ Tuttavia, corsa e sprint a bassa, moderata e alta velocità sono altre intensità a cui gli arbitri di calcio eseguono le loro attività e tali cambiamenti nell'intensità della performance hanno implicazioni sul carico fisico (cioè le forze di accelerazione che gli arbitri generano durante l'azione sportiva) e sul numero di contatti durante le partite, che andrebbero considerati per adeguare appropriatamente l'allenamento degli arbitri alle necessità fisiche, come notato in altri sport come rugby,²⁵ hockey su ghiaccio²⁶ e addestramento militare.²⁷ Dall'altro lato, anche se le ampie evidenze illustrate sopra sostengono l'importanza della frequenza cardiaca nella prestazione degli arbitri, a quanto sappiamo non vi sono opere in letteratura dedicate all'importanza di questo elemento nel caso degli arbitri talentuosi, come accade per altri sport.¹⁰ In questo contesto, è essenziale conoscere i loro livelli di risposta per strutturare programmi di formazione adeguati che aumentino le loro possibilità di raggiungere il livello dei professionisti del calcio, poiché durante la formazione il livello di competizione dei giocatori è molto inferiore rispetto a quanto accade nelle partite dei calciatori professionisti. Su questa linea, i protocolli di addestramento nel calcio dilettantistico sono solitamente concepiti in maniera meno attenta, una cosa logica se ci si deve occupare di questioni economi-

cal parameters of soccer talent referees in terms of physical strain distance covered, speed, sprints, impacts, body load and heart rate, and to analyze the differences in these responses between the first and the second half during soccer matches in semi-professional Spanish 2nd Division B and 3rd Division. The hypothesis of the present research was that global positioning satellite (GPS) will confirm previous studies data and further, will report a high mechanical stress. In consequence, data will justify the implementation of strength training in referees' fitness programs allowing referees to perform adequately into an elite environment. Also, data will aim to improve the referee's talent detection and preparation to reach the elite soccer referees level.

Materials and methods

Fourteen referees (all men) from 2nd División B and 3rd Division of the Spanish Soccer League volunteered to participate in the study. All of them are participating into the Talent Referees Develop Program (Referees Technical Committee CTA-RFFM-RFEF). This program selects the referees of greater talent of Madrid, and we counted on the participation of all the group. Their mean age, height, body weight and Body Mass Index (BMI) were 25.8 ± 3.8 years old; 1.79 ± 0.03 m; 74.4 ± 2.3 kg. All participants had between 4 and 9 years of experience on officiating soccer matches. Referees dressed up with the official uniform (T-shirt, short pants, and cleats) besides they wore the experimental instruments during the matches. Prior to participation, the experimental procedures were explained to all the participants, who gave their voluntary written informed consent in accordance with the Declaration of Helsinki. The present study emerged out in a collaboration with the Royal Madrid Soccer Federation (RFFM) and the Royal Spanish Soccer Federation (RFEF).

Procedures

Referees movement patterns (mechanical and physical) and physiological demands were analyzed during 2 different games for each referee (total of 28 games) during the 2015-16 season. Before starting each match, the referees have a 30-minute warmup consisting of 10 minutes of continuous running and joint mobility, 5 minutes of running with different types of

che e sociali. Come osservato in precedenti studi su arbitri amatoriali spagnoli²⁸ e greci²⁹ con prestazioni di livello simile, l'allenamento di forza è il principale parametro fisico impreciso.

Quindi, lo scopo del presente studio era analizzare i parametri fisici, meccanici e fisiologici di talentuosi arbitri di calcio in termini di sforzo fisico, distanza coperta, velocità, sprint, contatti, carico fisico e frequenza cardiaca e studiare le differenze in queste risposte tra il primo e il secondo tempo delle partite di calcio nell'ambito della seconda divisione B e terza divisione spagnole semi-professionistiche. L'ipotesi della presente ricerca era che il sistema di posizionamento globale (GPS) avrebbe confermato i dati dei precedenti studi e avrebbe segnalato un elevato stress meccanico. Di conseguenza, i dati avrebbero giustificato l'implementazione dell'allenamento di forza nei programmi di fitness degli arbitri, permettendo loro di avere una prestazione adeguata a un ambiente di élite. Inoltre, i dati miravano a migliorare la scoperta del talento degli arbitri e la loro preparazione per raggiungere il livello di quelli di élite nel calcio.

Materiali e metodi

Quattordici arbitri (tutti uomini) della seconda e terza divisione del campionato di calcio spagnolo hanno scelto volontariamente di partecipare allo studio. Tutti facevano parte del Programma di sviluppo di arbitri talentuosi (Comitato tecnico arbitri CTA-RFFM-RFEF). Il programma seleziona gli arbitri di maggior talento di Madrid e abbiamo potuto contare sulla partecipazione di tutto il gruppo. L'età, l'altezza, il peso e l'indice di massa corporea (IMC) medi erano $25,8 \pm 3,8$ anni; $1,79 \pm 0,03$ m e $74,4 \pm 2,3$ kg. Ogni partecipante aveva dai quattro ai nove anni di esperienza nella direzione delle partite di calcio. Durante i match, gli arbitri indossavano la divisa ufficiale (maglietta, pantaloncini e scarpini da calcio) e gli strumenti dell'esperimento. Prima della partecipazione, tutti i soggetti hanno ricevuto una spiegazione delle procedure sperimentali, a cui hanno fornito il loro volontario consenso informato in forma scritta in conformità con la Dichiarazione di Helsinki. Il presente studio è frutto di una collaborazione con la Reale Federazione di Calcio di Madrid (RFFM) e la Reale Federazione di Calcio Spagnola (RFEF).

Procedure

I pattern di movimento (meccanici e fisici) e le sollecitazioni fisiologiche degli arbitri sono stati

displacement, and 5 minutes of stretching. All matches were played in stadiums with official dimensions and similar characteristics (100×70 m). Participants wore a GPS device (SPI Elite, GPSports Systems, Canberra, Australia) inserted in a purpose-built backpack that recorded speed and distance. Also, they wore a HR transmitter belt (Polar Electro, Kempele, Finland) to incorporate the HR data. Referees' accelerations were also recorded using a triaxial built-in accelerometer with an operational sampling rate of 100 Hz. The GPS system was switched on before starting the match, switched off at the end of the first half, again switched on before the beginning of the second half, and switched off immediately at the end of the match. Data stored included velocity, distance, body load, HR, and number and intensity of impacts. After collection, data were downloaded into a personal computer where further analysis was carried out with Team AMS software (v. 1.2; GPSports Systems).

Soccer matches were held during the same competition season and in the center area of Spain, thus physiological differences because of geographical locations were discarded. However, time-of-day schedule was either in the morning or in the evening, thus circadian rhythm interactions could be present.³⁰ Also, weather issues could be present.

Analyses of referees' movement during the match were categorized as follows, based on previous studies analyzing soccer performance.^{31, 32} Standing (Z1: 0-0.4 km/h); walking (Z2: 0.5-3.0 km/h); jogging (Z3: 3.1-8.0 km/h); medium-intensity running (Z4: 8.1-13.0 km/h); high-intensity running (Z5: 13.1-18.0 km/h); and sprinting (Z6: running speed higher than 18.0 km/h). The impact data of the referees were gathered from accelerometer data, expressed as *g* force. Minimum impact intensity was 5×*g*. We analyzed the number of impact higher than 5×*g*. Computation of soldier body load during exercise also involved use of the above-mentioned acceleration zone forces. All the data analyses were performed with a specific software package (Team AMS software v. R1.2011.6, GPSports). Recorded HR during matches were grouped into 6 HR zones based on each subject known maximum HR (HR_{max}).^{25, 27} HR zones were as follows: Z1: 0-59.9% HR_{max} ; Z2: 60-69.9% HR_{max} ; Z3: 70-79.9% HR_{max} ; Z4: 80-89.9% HR_{max} ; Z5: 90-94.9% HR_{max} ; and Z6: >95% HR_{max} . The HR_{max} was estimated using the formula proposed by Tanaka *et al.*³³

analizzati nell'ambito di due partite per ciascun professionista (per un totale di 28 partite) durante la stagione 2015-2016. Prima dell'inizio dei match, gli arbitri si riscaldavano per 30 minuti, con dieci minuti di corsa continua e mobilità articolare, cinque minuti di corsa con diversi tipi di spostamento e cinque minuti di stretching. Tutte le partite sono state giocate in stadi con dimensioni ufficiali e caratteristiche analoghe (100×70 m). I partecipanti indossavano un dispositivo GPS (SPI Elite, GPSports Systems, Canberra, Australia) che registrava velocità e distanza inserito in uno zaino appositamente costruito. Inoltre, portavano un trasmettitore di HR da cintura (Polar Electro, Kempele, Finlandia) per registrare i dati sulla HR. Sono state annotate anche le accelerazioni degli arbitri tramite un accelerometro triassiale incorporato con un tasso di campionamento di 100 Hz. Il sistema GPS è stato acceso prima dell'inizio della competizione, spento alla fine del primo tempo, acceso di nuovo prima dell'inizio del secondo tempo e rispento subito dopo la fine della partita. I dati raccolti includevano velocità, distanza, carico fisico, HR e numero e intensità dei contatti. Dopo la raccolta, i dati sono stati scaricati su un personal computer dove è stata condotta un'ulteriore analisi con il software Team AMS (v. 1.2; GPSports Systems).

Le partite di calcio hanno avuto luogo durante la stessa stagione di campionato e nell'area centrale della Spagna, quindi le differenze fisiologiche a causa delle posizioni geografiche sono state scartate. Tuttavia, le competizioni si sono svolte di mattina o di sera, quindi potrebbero essersi verificate interazioni dei ritmi circadiani.³⁰ Inoltre, potrebbero essere state presenti questioni legate al meteo.

*Le analisi del movimento degli arbitri durante il match sono state classificate come segue sulla base di precedenti studi che hanno analizzato le prestazioni nel calcio:^{31, 32} posizione eretta con assenza di movimento (Z1: 0-0,4 km/h); camminata (Z2: 0,5-3,0 km/h); jogging (Z3: 3,1-8,0 km/h); corsa a media intensità (Z4: 8,1-13,0 km/h); corsa ad alta intensità (Z5: 13,1-18,0 km/h) ed esecuzione di sprint (Z6: velocità di corsa superiore a 18,0 km/h). I dati sui contatti degli arbitri sono stati dedotti da quelli dell'accelerometro, espressi come forza *g*. La minima intensità di contatto corrispondeva a 5×*g*. Abbiamo analizzato il numero di contatti superiori a 5×*g*. Il calcolo del carico fisico durante l'esercizio ha previsto anche l'uso delle forze delle zone di accelerazione sopra citate. Tutte le analisi dei dati sono state condotte con uno specifico pacchetto software (software Team AMS v. R1.2011.6, GP-*

Statistical analysis

Results are presented as mean and standard deviation. Shapiro-Wilks test revealed that data were normally distributed. A paired t-test was used to compare mean values. Data variability between halves for distance covered and HR_{avg} was calculated using the coefficient of variation (CV).³⁴ The data were analyzed with the statistical package SPSS v. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results

Distance covered and running speed

The total distance covered by the referees during soccer matches was 8733.6 ± 2238.0 m, with no significant differences between match halves (4385.8 ± 1122.7 vs. 4347.9 ± 1164.9 m for 1st and 2nd half, respectively; CV $6.6 \pm 8.3\%$). Figure 1 illustrates the distance covered at different speeds, ranging from standing (Z1) to sprinting (Z6). No significant differences were noticed among distances covered at the different intensity zones between the 1st and the 2nd half of the matches. Finally, the number of sprint bouts registered was also similar between match halves (6.9 ± 5.6 vs. 7.1 ± 5.7 bouts for the 1st and

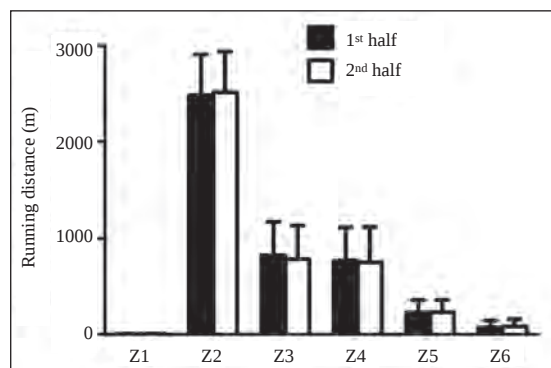


Figure 1.—Running distance covered at different speeds during soccer match. Data are expressed as mean $\pm$ SD. Z1 (standing: 0-0.4 km/h); Z2 (walking: 0.5-3.0 km/h); Z3 (jogging: 3.1-8.0 km/h); Z4 (medium-intensity running: 8.1-13.0 km/h); Z5 (high-intensity running: 13.1-18.0 km/h); and Z6 (sprinting: running speed higher than 18.0 km/h).

Figura 1. — Distanza percorsa a diverse velocità durante una partita di calcio. I dati sono espressi come media $\pm$ DS. Z1 (posizione eretta con assenza di movimento: 0-0,4 km/h); Z2 (camminata: 0,5-3,0 km/h); Z3 (jogging: 3,1-8,0 km/h); Z4 (corsa a media intensità: 8,1-13,0 km/h); Z5 (corsa ad alta intensità: 13,1-18,0 km/h) e Z6 (esecuzione di sprint: velocità di corsa superiore a 18,0 km/h).

Sports). L'HR registrata durante le partite è stata raggruppata in sei zone sulla base della frequenza cardiaca massima nota di ogni soggetto (FC_{max}).^{25, 27} Le zone erano le seguenti: Z1: 0-59,9% FC_{max} ; Z2: 60-69,9% FC_{max} ; Z3: 70-79,9% FC_{max} ; Z4: 80-89,9% FC_{max} ; Z5: 90-94,9% FC_{max} e Z6: $>95\%$ FC_{max} . L' FC_{max} è stata stimata utilizzando la formula proposta da Tanaka et al.³³

Analisi statistica

I risultati sono presentati come media e deviazione standard. Il test di Shapiro-Wilks ha rivelato che i dati erano normalmente distribuiti. Per confrontare i valori medi è stato utilizzato un test t per dati appaiati. La variabilità dei dati tra i due tempi per la distanza coperta e la FC_{media} è stata calcolata tramite il coefficiente di variazione (CV).³⁴ I dati sono stati analizzati con il pacchetto statistico SPSS v. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Risultati

Distanza coperta e velocità di corsa

La distanza totale coperta dagli arbitri durante le partite di calcio è stata di $8733,6 \pm 2238,0$ m, senza alcuna differenza significativa tra i due tempi del match (rispettivamente $4385,8 \pm 1122,7$ nel primo tempo vs. $4347,9 \pm 1164,9$ m nel secondo; CV $6,6 \pm 8,3\%$). La Figura 1 illustra la distanza coperta a diverse velocità, dalla posizione eretta con assenza di movimento (Z1) all'esecuzione di sprint (Z6). Non sono state notate differenze significative tra le distanze coperte alle diverse zone di intensità tra il primo e il secondo tempo delle partite. Infine, anche il numero di sessioni di sprint registrate era simile tra i due tempi del match (rispettivamente $6,9 \pm 5,6$ sessioni nel primo tempo vs. $7,1 \pm 5,7$ nel secondo).

Frequenza cardiaca durante l'esercizio

FC_{media} , FC_{max} e FC_{min} sono risultate simili tra i due tempi durante le partite di calcio (Tabella I). Inoltre, anche la percentuale di metri coperti alle diverse intensità si è rivelata simile (Tabella I). Pertanto, durante gli incontri calcistici lo stress fisiologico era affine tra i due tempi. Il CV della frequenza cardiaca tra i tempi era di $2,4 \pm 2,5\%$.

Prestazione meccanica

I dati meccanici sono mostrati nella Tabella II. La velocità massima raggiunta dagli arbitri du-

TABLE I.—Referees' physiological strain parameters during football match.

TABELLA I. — *Parametri di sforzo fisiologico degli arbitri durante una partita di calcio.*

Parameters	First half	Second half
HR _{avg} , bpm	151.9±16.2	150.6±17.5
HR _{max} , bpm	185.6± 11.3	184.8±8.5
HR _{min} , bpm	97.7±26.2	103.1±24.7
% Time in HR Z1	11.5±22.3	9.5±19.6
% Time in HR Z2	14.6±14.2	16.6±16.1
% Time in HR Z3	32.2±16.6	32.5±13.8
% Time in HR Z4	33.7±20.9	34.2±21.7
% Time in HR Z5	6.6±11.2	6.2±8.6
% Time in HR Z6	1.3±4.0	0.7±1.6

Data are presented as mean±SD.

HR_{avg}: average heart rate; HR_{max}: maximum heart rate; HR_{min}: minimum heart rate; HR Z: heart rate zone intensity; Z1: 0-59.9% HR_{max}; Z2: 60-69.9% HR_{max}; Z3: 70-79.9% HR_{max}; Z4: 80-89.9% HR_{max}; Z5: 90-94.9% HR_{max}; Z6: >95% HR_{max}.the 2nd half, respectively).

Exercise heart rate

HR_{avg}, HR_{max}, and HR_{min} heart rates were similar between halves during the soccer matches (Table I). Also, the percentage of meters covered at the different intensities (Z1 to Z6) was similar (Table I). Thus, physiological stress was similar between halves during the soccer matches. Heart rate CV between halves was 2.4±2.5%.

Mechanical performance

Mechanical data is shown in Table II. Maximum speed reached by referees during the matches was 26.0±2.6 and 26.5±3.2 km/h for the 1st and the 2nd half, respectively. Besides, total body load and total body impacts were similar during match halves. Further, body load and impact at different intensity zones were not significantly different.

Discussion

The aim of the present study was to analyze physical, mechanical, and physiological parameters and to analyze the differences in these responses between the first and the second half of soccer talent referees during official matches in semi-professional Spanish 2nd Division B and 3rd Division. Data obtained from GPS and HR devices confirms findings in previous studies^{11, 15} that in low competitions levels, referees' activity and physiological strain are at the low edge of the activity

TABLE II.—Referees' maximum sprinting speed and mechanical stress parameters during football match.

TABELLA II. — *Velocità massima di sprint e parametri di stress meccanico degli arbitri durante una partita di calcio.*

Parameters	First half	Second half
Maximum speed, km/h	26.0±2.6	26.5±3.2
Total body load, au	62,042.8±69,287.7	68,752.5±86,348.6
Body load Z1, au	12,740.8±10,977.2	14,274.7±13,254.4
Body load Z2, au	17,342.6±19,052.7	18,361.8±22,538.7
Body load Z3, au	28,713.9±37,149.3	32,212.2±47,162.2
Body load Z4, au	2669.3±5124.5	3443.7±10,047.1
Body load Z5, au	459.9±1960.7	419.7±1336.8
Body load Z6, au	116.3±347.6	40.5±214.3
Total impacts, N.	605.9±422.6	660.4±449.5
Impacts Z1, N.	197.7±107.9	203.5±84.7
Impacts Z2, N.	133.5±80.4	144.9±80.3
Impacts Z3, N.	154.6±118.9	176.8±141.6
Impacts Z4, N.	91.9±115.3	107.0±150.4
Impacts Z5, N.	25.0±38.7	25.5±42.9
Impacts Z6, N.	3.1±12.7	2.8±8.5

Data are presented as mean±SD.

Z1: standing, 0-0.4 km/h; Z2: walking, 0.5-3.0 km/h; Z3: jogging, 3.1-8.0 km/h; Z4: medium-intensity running, 8.1-13.0 km/h; Z5: high-intensity running, 13.1-18.0 km/h; Z6: sprinting, running speed >18.0 km/h.

rante le partite è stata rispettivamente di 26,0±2,6 e 26,5±3,2 km/h per il primo e il secondo tempo. Inoltre, il carico fisico totale e i contatti fisici totali sono risultati simili durante i due tempi dei match. A ciò va aggiunto che il carico fisico e i contatti alle diverse zone di intensità non hanno differito significativamente.

Discussione

Lo scopo del presente studio era di analizzare i parametri fisici, meccanici e fisiologici e le differenze in tali risposte da parte di talentuosi arbitri di calcio tra il primo e il secondo tempo di partite ufficiali nell'ambito della seconda divisione B e terza divisione semiprofessionistiche spagnole. I dati ottenuti dai dispositivi GPS e da quelli per la misurazione dell'HR confermano i risultati dei precedenti studi,^{11, 15} secondo cui a bassi livelli di agonismo, l'attività e lo sforzo fisiologico degli arbitri si trovano al margine inferiore del range di attività.⁸ Inoltre, l'analisi del carico fisico e dei contatti ha fatto emergere informazioni sullo stress meccanico fornendo dati molto utili sulla frenata e sui cambiamenti di direzione, che evidenziano la necessità di implementare un alle-

range.⁸ Furthermore, body load and impacts analysis showed mechanical stress information that provided very useful information on braking and changes of direction that evidences the need of implementing strength training on referees' fitness programs.

The mean distance covered by referees in the present study was 8.7 ± 2.2 km, which is within the range of 7 to 13 km shown in previously studies.⁸ Nevertheless, the mean 8.7 km covered during matches by the referees in this study are near to the low edge of the range distances, which is in accordance with data reported in previous studies.^{11, 15} As in these previous researches, the referees monitored in our study belonged to a lower competition level (*i.e.* semiprofessional Spanish soccer). Regarding match halves differences, our data shows similar outcomes between 1st and 2nd half. This fact is accordance with previous studies performed in high levels competition referees,^{9, 12-14, 18, 23} but disagrees with data from studies with similar levels referees.^{11, 15, 35, 36} A possible explanation of this circumstance is the implementation and improvement of referees' aerobic physical training programs as a consequence of scientific researches and its considerations.^{6, 37} Distance covered at different speed zones reported in our data is in accordance with previous studies,^{2, 4, 11-13} with ~60% of the distance covered by walking and jogging and ~40% covered at speeds higher than 13. km/h, with a mean maximum sprint velocity of 26.5 ± 3.2 km/h reported in this study (Table II). And with no significant differences in speed zones between halves, as shown in previous studies with similar distances covered between halves, despite some reported higher total distances covered during matches.

Referees physical strain reported in our study by HR analysis showed a HR_{avg} in accordance with the distance covered during matches. Also, the percentage of time spent at different intensities is similar to speed zones (Figure 1). In this way, our data is in accordance with the literature.^{11-13, 15} However, referees in our study reported a HR_{avg} ~10 bpm lower than previous researches.^{9, 13, 15} This difference may lie on the lower competition level,⁸ but HR_{avg} in this study is similar to that shown by international-elite referees.¹⁴ Thus, the improvements of referees training programs in the last decade, and their implementation in referees from lower level competitions may explain this HR_{avg} decrease compared to previous studies.

namiento di forza nei programmi di fitness degli arbitri.

La distanza media coperta dagli arbitri nel presente studio è stata di $8,7 \pm 2,2$ km e si trova all'interno del range che oscilla tra i 7 e i 13 km emerso negli studi precedenti.⁸ Ciò nonostante, gli 8,7 km medi coperti durante le partite dagli arbitri in questo studio sono vicini al margine inferiore del range delle distanze, elemento in linea con i dati riportati in studi precedenti.^{11, 15} Come avvenuto in tali ricerche precedenti, gli arbitri monitorati nello studio operavano nell'ambito di un livello agonistico basso (cioè, il calcio semiprofessionistico spagnolo). Per quanto riguarda le differenze tra i tempi del match, i nostri dati mostrano risultati simili tra il primo e il secondo tempo. Ciò risulta in linea con gli studi precedenti condotti su arbitri che dirigevano partite di alto livello,^{9, 12-14, 18, 23} ma si discosta dai dati di studi con arbitri di livello simile.^{11, 15, 35, 36} Una possibile spiegazione risiede nell'implementazione e nel miglioramento dell'allenamento fisico aerobico degli arbitri in conseguenza di ricerche scientifiche e delle loro considerazioni.^{6, 37} I nostri dati relativi alla distanza coperta a diverse zone di velocità risultano in linea con le ricerche precedenti,^{2, 4, 11-13} con ~60% della distanza coperta camminando e ~40% coperta a velocità superiori a 13 km/h, con una velocità massima di sprint media di $26,5 \pm 3,2$ km/h (Tabella II). Come mostrato in studi precedenti con distanze simili coperte tra i due tempi, non sono state riscontrate differenze significative nelle zone di velocità tra i due tempi, nonostante alcune ricerche abbiano segnalato la copertura di distanze totali maggiori durante le partite.

Lo sforzo fisico degli arbitri osservato nel nostro studio tramite l'analisi dell'HR ha mostrato una FC_{media} conforme alla distanza coperta durante gli incontri. Inoltre, la percentuale di tempo spesso a diverse intensità è risultata simile alle zone di velocità (Figura 1). In questo modo, i nostri dati sono in linea con quelli riportati in letteratura.^{11-13, 15} Tuttavia, gli arbitri che abbiamo studiato avevano una FC_{media} minore di ~10 bpm rispetto alle ricerche precedenti.^{9, 13, 15} Tale differenza potrebbe risiedere nel minor livello di agonismo,⁸ ma la FC_{media} risultava simile a quella degli arbitri di élite internazionali.¹⁴ Quindi, i miglioramenti nei programmi di allenamento degli arbitri nell'ultimo decennio e la loro implementazione in arbitri che dirigono competizioni di minor livello potrebbero spiegare tale riduzione della FC_{media} rispetto agli studi precedenti.

Per ciò che riguarda il carico fisico e i contatti riferiti durante le partite, a quanto sappia-

In reference to body load and impact reported during matches, to our knowledge, our study throws a novel insight in soccer referees mechanical demands, that must be considered to improve referees' fitness programs, implementing strength training according to the needs reported. The maximum sprint speed registered of ~26.5 km/h, means that referees have the need of explosive strength training. In addition, total body load and divided by intensity zones, and further, the number of impacts reported (Table II) by referees in our study suggest that, besides aerobic training, strength must be relevant in order to referees accomplish the physiological and mechanical demands during matches. Body load and impacts monitored in this study had a threshold of $5\times g$, which means that, according to the data reported, it is important to perform an adequate resistance training in order to maintain the fitness need to maintain performance in terms of physical strength. Thus, referees will improve their ability to avoid fatigue and to maintain a proper cognitive-perception in order to guarantee a correct compliance with the regulation. The continuous accelerations and decelerations increase fatigue of neuromuscular systems. A correct strength training would prevent this and the referee's performance during the match would be better.

Conclusions

Interest in determining the characteristics that referees must have to participate in elite sport is without doubt growing. Taking into account that experience is developed by a complex interaction of factors (physiological, technical, tactical, psychological), we presented empirical great value physiological characteristics that must comply talent soccer referees. Talent soccer referees presented a predominant aerobically intensity and a body load that suggest the combination of aerobic and resistance training to improve their fitness levels and performance in matches. Also, no significant differences between cardiovascular, speed, body load and number of impacts between the half of the match were found. The data obtained in the present research allow us to have a standardized index to the previous literature in professional soccer referees to improve the referees' talent recruitment. New talent recruitment strategies, ought

mo il nostro studio fornisce una nuova visione delle sollecitazioni meccaniche degli arbitri di calcio, da considerare per migliorare i programmi di fitness di tali professionisti implementando l'allenamento di forza sulla base delle esigenze riportate. La velocità massima di sprint registrata di ~26,5 km/h indica che gli arbitri necessitano di un allenamento di forza esplosivo. Inoltre, il carico fisico totale diviso per le zone di intensità e il numero di contatti riferiti (Tabella II) dagli arbitri nel nostro studio suggeriscono che, oltre all'allenamento aerobico, è importante anche quello di forza perché tali professionisti soddisfino le sollecitazioni fisiologiche e meccaniche durante le partite. Il carico fisico e i contatti monitorati nel presente studio avevano un valore soglia di $5\times g$; ciò significa che, in base ai dati riportati, è importante eseguire un adeguato allenamento di resistenza per avere la forma fisica necessaria per mantenere la prestazione in termini di forza fisica. Così, gli arbitri miglioreranno la loro capacità di evitare l'affaticamento e mantenere un'appropriate percezione cognitiva per garantire una corretta adesione al regolamento. Le continue accelerazioni e decelerazioni aumentano l'affaticamento dei sistemi neuromuscolari. Un giusto allenamento di forza provverebbe ciò e migliorerebbe la prestazione degli arbitri durante le partite.

Conclusioni

L'interesse nel determinare le caratteristiche che gli arbitri devono possedere per partecipare a sport di élite sta sicuramente crescendo. Considerando che l'esperienza si sviluppa a partire da una complessa interazione di fattori (fisiologici, tecnici, tattici e psicologici), abbiamo presentato caratteristiche fisiologiche dal grande valore empirico che devono essere rispettate dai talentuosi arbitri di calcio. Tali professionisti mostravano un'intensità aerobica predominante e un carico fisico che suggerivano la combinazione di allenamento aerobico e di resistenza per migliorare i loro livelli di forma fisica e la prestazione durante le partite. Inoltre, non sono state riscontrate differenze significative tra i fattori cardiovascolari, la velocità, il carico fisico e il numero di contatti tra i due tempi del match. I dati ottenuti nella presente ricerca ci permettono di disporre di un indice standardizzato della letteratura precedente sugli arbitri di calcio professionisti per migliorare il reclutamento di talenti in questo ambito. Le strategie per il reclutamento di nuovi talenti dovrebbero rimodernare i programmi di allenamento

to update the training programs focusing on referee's explosive strength needs. In this way, referees' associations could use the reported data discriminant marks in the recruitment and training process until they join the professional status.

focalizzandosi sulle necessità di forza esplosiva degli arbitri. Così, le associazioni degli arbitri potrebbero usare i dati riportati come discriminanti nel processo di reclutamento e formazione finché tali soggetti non raggiungono lo status professionale.

References/Bibliografia

- 1) Andersen JL, Klitgaard H, Bangsbo J, Saltin B. Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of soccer players: effects of strength-training. *Acta Physiol Scand* 1994;150:21-6.
- 2) Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 1994;12 Spec No:S5-12.
- 3) Bangsbo J, Lindquist F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med* 1992;13:125-32.
- 4) Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci* 1991;16:110-6.
- 5) Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci* 2000;18:669-83.
- 6) Weston M, Helsen W, MacMahon C, Kirkendall D. The impact of specific high-intensity training sessions on football referees' fitness levels. *Am J Sports Med* 2004;32:548-61S.
- 7) Volpi P. Epidemiology and risk factors in soccer. *Medicina dello Sport* 2008;61:111-9.
- 8) Reilly T, Gregson W. Special populations: the referee and assistant referee. *J Sports Sci* 2006;24:795-801.
- 9) Helsen W, Bultynck JB. Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sports Sci* 2004;22:179-89.
- 10) Ollis S, Macpherson A, Collins D. Expertise and talent development in rugby refereeing: an ethnographic enquiry. *J Sports Sci* 2006;24:309-22.
- 11) D'Ottavio S, Castagna C. Analysis of match activities in elite soccer referees during actual match play. *J Strength Cond Res* 2001;15:167-71.
- 12) D'Ottavio S, Castagna C. Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:27-32.
- 13) Krstrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci* 2001;19:881-91.
- 14) Krstrup P, Helsen W, Randers MB, Christensen JF, MacDonald C, Rebelo AN, et al. Activity profile and physical demands of football referees and assistant referees in international games. *J Sports Sci* 2009;27:1167-76.
- 15) Catterall C, Reilly T, Atkinson G, Coldwells A. Analysis of the work rates and heart rates of association football referees. *Br J Sports Med* 1993;27:193-6.
- 16) Weston M, Castagna C, Impellizzeri FM, Bizzini M, Williams AM, Gregson W. Science and medicine applied to soccer refereeing: an update. *Sports Med* 2012;42:615-31.
- 17) Reilly T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci* 1997;15:257-63.
- 18) Mallo J, Navarro E, Garcia Aranda JM, Helsen W. Physical demands of top-class soccer assistant refereeing during high-standard matches. *Int J Sports Med* 2009;30:331-6.
- 19) Weston M, Drust B, Atkinson G, Gregson W. Variability of soccer referees' match performances. *Int J Sports Med* 2011;32:190-4.
- 20) Weston M, Helsen W, Bird S, Nevill A, Castagna C. The effect of match standard on objective and subjective demands on elite soccer players. *Journal of Sports Sciences* 2005;23:189.
- 21) Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1925-31.
- 22) Castagna C, D'Ottavio S. Effect of maximal aerobic power on match performance in elite soccer referees. *J Strength Cond Res* 2001;15:420-5.
- 23) Mallo J, Navarro E, Aranda JM, Helsen WF. Activity profile of top-class association football referees in relation to fitness-test performance and match standard. *J Sports Sci* 2009;27:9-17.
- 24) Mallo J, Navarro E, Garcia-Aranda JM, Gilis B, Helsen W. Analysis of the kinematical demands imposed on top-class assistant referees during competitive soccer matches. *J Strength Cond Res* 2008;22:235-42.
- 25) Cunniffe B, Proctor W, Baker JS, Davies B. An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using Global Positioning System tracking software. *J Strength Cond Res* 2009;23:1195-203.
- 26) Stanula A, Rocznik R. Game intensity analysis of elite adolescent ice hockey players. *J Hum Kinet* 2014;44:211-21.
- 27) Clemente-Suarez VJ, Robles-Perez JJ. Mechanical, physical, and physiological analysis of symmetrical and asymmetrical combat. *J Strength Cond Res* 2013;27:2420-6.
- 28) Ruiz Caballero JA, Brito Ojeda E, Garcia-Aranda JM, Mallo J, Helsen W, Sarmiento S, et al. Echocardiographic study of structure and functional cardiac profile of football referees. *J Sports Med Phys Fitness* 2011;51:633-8.
- 29) Rontoyannis GP, Stalikas A, Sarros G, Vlastaris A. Medical, morphological and functional aspects of Greek football referees. *J Sports Med Phys Fitness* 1998;38:208-14.
- 30) Chtourou H, Hammouda O, Souissi H, Chamari K, Chaouachi A, Souissi N. Diurnal variations in physical performances related to football in young soccer players. *Asian J Sports Med* 2012;3:139-44.
- 31) Castagna C, D'Ottavio S, Abt G. Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res* 2003;17:775-80.
- 32) Del Coso J, Munoz-Fernandez VE, Munoz G, Fernandez-Elias VE, Ortega JF, Hamouti N, et al. Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. *PLoS One* 2012;7:e31380.
- 33) Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6.
- 34) William Vincent JW. Statistics in Kinesiology. Human Kinetics; 2012. p. 392.
- 35) Castagna C, Abt G, D'Ottavio S. The relationship between selected blood lactate thresholds and match performance in elite soccer referees. *J Strength Cond Res* 2002;16:623-7.
- 36) Castagna C, Abt G, D'Ottavio S. Relation between fitness tests and match performance in elite Italian soccer referees. *J Strength Cond Res* 2002;16:231-5.
- 37) Bartha C, Petridis L, Hamar P, Puhl S, Castagna C. Fitness test results of Hungarian and international-level soccer referees and assistants. *J Strength Cond Res* 2009;23:121-6.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: November 28, 2017. - Manuscript received: February 6, 2017.

MEDICAL AREA

Atrial fibrillation and flutter in sportsmen: pathophysiological mechanisms, diagnostic-therapeutic process and judgement of eligibility

Fibrillazione e flutter atriale negli sportivi:
meccanismi fisiopatologici, iter diagnostico
terapeutico e giudizio di idoneità

Stefano CAMELIO ^{1,2*}, Ugo LUCIANI ^{1,3}, Fabio FAIOLA ^{1,3}, Antonella COTUGNO ^{1,3},
Giovanni VINETTI ^{1,2}, Matteo D'ELIA ^{1,2}, Maurizio CASASCO ^{1,3}, Gaetano BIANCHI ^{1,3}

¹Federazione Medico Sportiva Italiana (FMSI), Rome, Italy; ²School of Sports Medicine, University of Brescia, Brescia, Italy; ³Panathleticon, Brescia, Italy

*Corresponding author: Stefano Camelio, Federazione Medico Sportiva Italiana (FMSI), Rome, Italy.
E-mail: stefano.camelio@gmail.com

SUMMARY

BACKGROUND: A body of evidence in the literature points to an increased risk of developing atrial fibrillation and flutter in athletes practicing endurance sports; this association, however, continues to be debated and the pathophysiological mechanisms underlying it are not entirely clear. The aim of this study is to carry out a critical review of case series of sportsmen with atrial fibrillation or flutter attending our Sports Medicine Center, investigating the role possibly played by sports participation in the genesis of these arrhythmias.

METHODS: We took into consideration the entire adult sports population aged ≥ 21 years that, from January 2006 to February 2017, underwent the pre-participation screening at our Sports Medicine Center, identifying all subjects in whom atrial fibrillation or flutter was diagnosed. We subsequently reviewed the clinical documentation, excluding from the investigation those who were found to have a triggering condition. In the remaining cases, we identified characteristics that allow us to hypothesize a possible association between arrhythmia and the sporting activity.

RESULTS: Over a period of 10 years and 2 months, out of a total of 21,191 sportsmen and sportswomen (average age: 28.3 ± 9.4 years; 21-30 years: 65.7%; 31-40 years: 20.1%; ≥ 41 years: 14.2%), sports medical fitness examinations found 7 subjects with paroxysmal or persistent episodes of atrial fibrillation or atrial fibrillo-flutter (prevalence: 0.33‰); of these, no triggering condition was identified in 6 cases.

CONCLUSIONS: In the population examined in our survey, the prevalence of atrial fibrillation and flutter is very low and, considering the characteristics of the sample, it is not comparable with other reported prevalence data. The possible pathophysiological mechanisms found are probably related to various combinations of vagal and adrenergic hypertonus, sudden reduction of vagal tone, adrenergic activation and increased atrial automaticity. In the cases described, strenuous, continuous sporting activity may have predisposed the athlete to the onset of such arrhythmias.

(Cite this article as: Camelio S, Luciani U, Faiola F, Cotugno A, Vinetti G, D'Elia M, et al. Atrial fibrillation and flutter in sportsmen: pathophysiological mechanisms, diagnostic-therapeutic process and judgement of eligibility. Med Sport 2017;70:457-79. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03155-6)

KEY WORDS: Atrial fibrillation - Atrial flutter - Sports medicine - Athletes.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Numerose evidenze in letteratura mostrano un aumentato rischio di sviluppare fibrillazione e flutter atriale nei praticanti attività sportive di endurance; tuttavia, a oggi, tale associazione è dibattuta e i meccanismi fisiopatologici che ne sono alla base non sono del tutto chiari. L'obiettivo dello studio era quello di affrontare una revisione critica della casistica di sportivi con fibrillazione o flutter atriale relativa al nostro Centro di Medicina dello Sport, indagando il possibile ruolo dell'attività sportiva nella genesi di queste aritmie.

METODI: Abbiamo preso in considerazione tutta la popolazione sportiva adulta con età ≥ 21 anni che, dal Gennaio 2006 al Febbraio 2017, ha eseguito la visita di idoneità sportiva agonistica presso il nostro Centro di Medicina dello Sport, identificando tutti i soggetti nei quali è stata posta una diagnosi di fibrillazione o flutter atriale. Abbiamo successivamente revisionato la documentazione clinica, escludendo dall'indagine coloro nei quali è stata riscontrata una condizione scatenante. Nei restanti casi, abbiamo identificato alcune caratteristiche che ci permettono di ipotizzare una possibile associazione fra l'aritmia e l'attività sportiva svolta.

RISULTATI: In un periodo di 10 anni e 2 mesi, su un totale di 21.191 sportivi (età media: $28,3 \pm 9,4$ anni; 21-30 anni: 65,7%; 31-40 anni: 20,1%; ≥ 41 anni: 14,2%), in occasione delle visite di idoneità medico-sportive abbiamo riscontrato 7 soggetti con episodi parossistici o persistenti di fibrillazione o fibrillo-flutter atriale (prevalenza: 0,33‰); fra questi, in 6 casi non è stato possibile identificare una condizione scatenante.

CONCLUSIONI: Nella popolazione oggetto della nostra indagine la prevalenza della fibrillazione e del flutter atriale è molto esigua e, in considerazione delle caratteristiche del campione, non risulta confrontabile con altri dati di prevalenza presenti in letteratura. I possibili meccanismi fisiopatologici riscontrati sarebbero da riferire a varie combinazioni fra ipertono vagale e adrenergico, improvvisa riduzione del tono vagale, attivazione adrenergica e aumentato automatismo atriale. Nei casi descritti un'attività sportiva strenua e continuativa può aver predisposto all'insorgenza di tali aritmie.

PAROLE CHIAVE: Fibrillazione atriale - Flutter atriale - Medicina dello sport - Atleti.

Atrial fibrillation (AFib) affects about 3% of the general population over 20 years of age;¹ its prevalence increases significantly with age and in the presence of structural heart disease or other cardiovascular risk factors.²⁻⁴ The prevalence of atrial flutter (AFlutter), on the other hand, is about one tenth that of AFib,⁵ but often coexists with it or precedes it.⁶

Some important causes of AFib are heart failure, ischemic heart disease, diabetes, arterial hypertension, obesity, aging and genetic predisposition.⁷ These different etiologic factors cause a complex set of pathophysiological changes in atria (fibrosis, hypocontractility, adipose infiltration, inflammation, vascular remodeling, areas of ischemia and ion channel dysfunction) that enhance both atrial ectopy and conduction disturbances, increasing the propensity of the atria to develop and maintain the arrhythmia.⁷

Other recognized or emerging causes of AFib are hyperthyroidism, chronic obstructive pulmonary disease, obstructive sleep apnea syndrome, chronic renal failure, abuse of pro-arrhythmic substances, such as coffee, alcoholic beverages and cigarette smoking.⁸ When it is not possible to identify any etiological factors, the term "idiopathic AFib" or "Lone atrial fibrillation" (LAF) is often and sometimes improperly used.⁹

In the last 20 years, several studies have also identified an increased risk of developing AFib and AFlutter in endurance sports practitioners, especially if carried out at high intensity and continuously.¹⁰⁻¹⁶ In a recent Consensus Conference⁸ and in the latest guidelines of the European Society of Cardiology⁷ this activity is considered as a potential risk fac-

La fibrillazione atriale (FA) colpisce circa il 3% della popolazione generale sopra i 20 anni;¹ la sua prevalenza aumenta sensibilmente con l'età e in presenza di una cardiopatia organica o di altri fattori di rischio cardiovascolare.²⁻⁴ La prevalenza del flutter atriale (FLA), invece, è circa un decimo di quella della FA,⁵ ma spesso coesiste con questa o ne rappresenta l'anticamera.⁶

Alcune importanti cause di FA sono l'insufficienza cardiaca, la cardiopatia ischemica, il diabete, l'ipertensione arteriosa, l'obesità, l'invecchiamento e la predisposizione genetica.⁷ Questi diversi fattori eziologici provocano una serie complessa di modifiche fisiopatologiche a livello degli atri (fibrosi, ipocontrattilità, infiltrazione adiposa, infiammazione, rimodellamento vascolare, aree di ischemia e disfunzione dei canali ionici) che contribuiscono a una maggiore attività di foci ectopici di automatismo atriale e a disturbi nella conduzione dello stimolo elettrico, aumentando dunque la suscettibilità allo sviluppo e al mantenimento dell'aritmia.⁷

Ulteriori cause riconosciute o emergenti di FA sono l'ipertiroidismo, le pneumopatie ostruttive croniche, la sindrome delle apnee notturne, l'insufficienza renale cronica, l'abuso di sostanze pro-aritmiche, come caffè, bevande alcoliche e il tabagismo.⁸ Quando non è possibile accertare alcun fattore eziologico, spesso e talvolta impropriamente, viene utilizzato il termine "FA idiopatica" o "lone atrial fibrillation" (LAF).⁹

Negli ultimi 20 anni, numerosi studi hanno inoltre identificato un aumentato rischio di sviluppare FA e FLA con la pratica di attività sportiva di endurance, in particolar modo se condotta ad alta intensità e continuativamente.¹⁰⁻¹⁶ In una recente Consensus Conference⁸ e nelle ultime linee guida della Società Europea di Cardiologia⁷ questa attività viene considerata come

tor for the development of AFib and some authors have also proposed the existence of a new syndrome under the acronym “PAFIY-AMA” (*paroxysmal AF in young and middle-aged athletes*).¹⁷ By contrast, according to other authors, the association between sporting activity and AFib remains controversial¹⁸ or even groundless.^{19, 20}

Although the underlying pathophysiological mechanisms are not yet completely clear and shared, athlete predisposition to develop AFib and Aflutter, in the absence of other known causes, is thought to be due to three main factors: a triggering mechanism consisting of the increased automatic discharge ability on the part of supraventricular ectopic foci (mainly localized at the entrance to the pulmonary veins), a vulnerability condition originating from imbalances (particularly towards vagal predominance) in the neuro-vegetative system and a supportive anatomical substrate represented by atrial remodeling (as a consequence of dilation, inflammation and fibrosis).^{17, 18, 21-26}

A long-term, high-intensity exercise performed continuously over a long period has proved able to determine in various ways the above conditions. Studies have also identified a correlation between the risk of developing AFib and the cumulative amount of sporting activity of different intensity carried out in the course of a lifetime (Table I).^{11-13, 15}

The chronic increase in preload and afterload, deriving from high training volumes, plays a key role in inducing some of the cardiac adaptations typical of the “athlete’s heart”²⁷ and, among these, dilation of the atrial cavi-

un potenziale fattore di rischio per lo sviluppo di FA e alcuni autori hanno anche proposto una nuova sindrome, sotto l’acronimo di “PAFIY-AMA” (paroxysmal AF in young and middle-aged athletes).¹⁷ Per contro, secondo altri autori, l’associazione tra attività sportiva e FA rimane controversa¹⁸ o perfino inconsistente.^{19, 20}

Sebbene i meccanismi fisiopatologici sottostanti non siano ancora del tutto chiari e condivisi, la predisposizione allo sviluppo di FA e FLA negli atleti, in assenza di altre cause note, sarebbe da ricondurre a tre fattori principali: un meccanismo d’innescò costituito dall’aumentata capacità di scarica automatica da parte di foci ectopici sopraventricolari (prevalentemente localizzati all’imbocco delle vene polmonari), una condizione di vulnerabilità originante da squilibri del sistema neurovegetativo (in particolar modo verso una predominanza vagale) e un substrato anatomico favorente rappresentato dal rimodellamento atriale (conseguente a fenomeni di dilatazione, infiammazione e fibrosi).^{17, 18, 21-26}

Un esercizio fisico di lunga durata e alta intensità, praticato continuativamente per molto tempo, si è dimostrato in grado di determinare in vario modo alcune delle condizioni sopracitate. Alcuni studi hanno anche individuato una correlazione tra rischio di sviluppare FA e volume cumulativo di attività sportiva svolta, a diversa intensità, nel corso della vita (Tabella I).^{11-13, 15}

Il cronico aumento del pre e postcarico, derivante dagli elevati volumi di allenamento, ha un ruolo chiave nell’indurre alcuni adattamenti cardiaci, caratteristici del “cuore d’atleta”²⁷ e, fra questi, la dilatazione delle cavità atriali risulta un reperto ecografico comune negli sportivi allenati.²⁸⁻³¹

TABLE I.—Summary of published studies analyzing the risk of developing AFib on the basis of amount of sporting/physical activity practiced in a lifetime or in particular periods.

TABELLA I. — *Sintesi di alcuni studi pubblicati che analizzano il rischio di sviluppare FA in base alla quantità di attività sportiva/fisica svolta nel corso o in particolari momenti della vita.*

Author, year	Type of study	Subjects enrolled in the study	Level of sporting/physical activity at highest risk for developing AFib	Relative risk for developing AFib
Elosua <i>et al.</i> , ¹¹ (2006)	Retrospective, case-control	160 (51 with LAF/109 controls)	Ongoing sporting practice and >1500 cumulative lifetime hours of sporting activity	2.87 (95% CI: 1.20-6.91)
Mont <i>et al.</i> , ¹² (2008)	Prospective, case-control	214 (107 con LAF/107 controls)	>564 cumulative hours of lifetime intensive physical activity	7.31 (95% CI: 2.33-22.96)
Drca <i>et al.</i> , ¹³ (2014)	Prospective, cohort	44,410 men without AFib	>5 hours a week of moderate or intensive sporting activity carried out at the age of 30	1.19 (95% CI: 1.05-1.36)
Calvo <i>et al.</i> , ¹⁵ (2015)	Prospective, case-control	172 (115 with LAF/57 controls)	>2000 cumulative hours of intensive sporting activity in the course of a lifetime	3.88 (95% CI: 1.55-9.73)

ties is a common ultrasound finding in trained sportsmen.²⁸⁻³¹

In addition, endurance sports activity is associated with acute increases in pro-inflammatory cytokines (e.g. IL-6 and TNF α) and oxidative stress markers; such insults, repeated over time, might contribute to the neo-apposition of collagen in the heart.²⁴ However, to date, the presence of atrial fibrosis and an increased susceptibility to the development of AFib after a period of intense, continuous physical exercise, has only been demonstrated experimentally in murine guinea-pigs.³²

Among the various factors and mechanisms studied, special attention was paid to the role of the autonomic nervous system.²³ Both the sympathetic and parasympathetic system influence the electrophysiological activity of cardiac cells in various ways, playing an important role in the onset and maintenance of episodes of AFib and AFlutter.^{25, 33} Athletes would seem particularly subject to autonomic influence,^{17, 23, 34} presenting a greater vagal tone at rest,^{30, 31} as well as increased adrenergic activity during high-intensity exercises,²³ before a major competition or in overtraining situations.³⁵

Supraventricular ectopic beats (SVE) originating in the pulmonary veins are considered to be the main trigger mechanism for many cases of atrial fibrillation³⁶ and are recognizable by the typical electrocardiographic appearance of the "P on T wave".³⁷ Also further ectopic foci at atrial level may be responsible for triggering episodes of AFib³⁸ and there are discordant data about the increase in atrial ectopic activity in sportspersons.^{21, 26}

Further factors that may contribute to the onset and maintenance of an AFib episode following an intense, lengthy physical event (e.g. a marathon) may be a condition of hypovolemia and concomitant electrolytic changes,³⁹ acute myocardial damage and a systemic inflammatory response.²²

According to Mont *et al.*,²¹ the classic profile of subjects that develop this particular form of arrhythmia is that of a middle-aged man, who since his youth has been passionately and continuously engaged in a sporting activity involving an important aerobic component (soccer, cycling, swimming, running) and is still dedicated to it. AFib episodes are initially paroxysmal, progressively increasing in duration and frequency; they usually occur in situations of greater parasympathetic activity, such as after meals or during sleep, and almost never during physical effort itself.

Inoltre, lo svolgimento di un'attività sportiva di endurance è associato a rialzi acuti di citochine pro-infiammatorie (esempio, IL-6 e TNF α) e di marker di stress ossidativo; tali insulti, ripetuti nel tempo, potrebbero contribuire alla neo-apposizione di collagene a livello cardiaco.²⁴ Tuttavia, a oggi, la presenza di fibrosi atriale e un aumentata suscettibilità allo sviluppo di FA, dopo un periodo di esercizio fisico intenso e continuativo, è stata dimostrata, a livello sperimentale, solo su cavie murine.³²

Fra i diversi fattori e meccanismi studiati, particolare attenzione è stata posta al ruolo del sistema nervoso autonomo.²³ Sia il sistema simpatico che parasimpatico influenzano in vario modo l'attività elettrofisiologica delle cellule cardiache, svolgendo un ruolo importante per l'insorgenza e il mantenimento di episodi di FA e FLA.^{25, 33} Gli atleti sembrerebbero particolarmente soggetti all'influenza autonoma,^{17, 23, 34} presentando un maggior tono vagale in condizioni di riposo,^{30, 31} nonché un'aumentata attività adrenergica durante esercizi di alta intensità,²³ prima di una competizione importante o in situazioni di overtraining.³⁵

La presenza di battiti ectopici sopraventricolari (BESV) con origine nelle vene polmonari è ritenuta il principale meccanismo di innesco per molti casi di fibrillazione atriale³⁶ ed è riconoscibile dall'aspetto elettrocardiografico caratteristico di "onda P su T".³⁷ Anche ulteriori foci ectopici a livello degli atri possono essere responsabili dell'innesco di episodi di FA³⁸ ed esistono dati discordanti circa l'aumento dell'attività ectopica atriale fra gli sportivi.^{21, 26}

Ulteriori fattori in grado di favorire l'insorgenza e il mantenimento di un episodio di FA, a seguito di un esercizio fisico lungo e intenso (ad esempio, una maratona), potrebbero essere una condizione di ipovolemia e concomitanti alterazioni elettrolitiche,³⁹ un danno miocardico acuto e una risposta infiammatoria sistemica.²²

*Secondo Mont *et al.*²¹ il classico profilo del soggetto che sviluppa questa particolare forma di aritmia risponde a quello di un uomo di mezz'età, che fin da giovane ha svolto con passione e continuativamente attività sportive costituite da un'importante componente aerobica (calcio, ciclismo, nuoto, corsa) e ancora ne risulta dedito. Gli episodi di FA sono inizialmente parossistici, aumentando progressivamente di durata e frequenza; solitamente si verificano in situazioni di maggiore attività parasimpatica, come nella fase post-prandiale o durante il sonno, e quasi mai durante lo sforzo fisico.*

In base alle raccomandazioni emanate

According to the recommendations issued by the American College of Cardiology and the American Heart Association, athletes with AFib should undergo a diagnostic process that includes thyroid function testing, serial electrocardiograms and echocardiograms (ECHO), as well as a thorough anamnestic investigation on the use of drugs and doping substances; no restrictions are placed on the practice of sports in athletes with well-tolerated and self-limiting episodes of AFib.⁴⁰ In the event of AFib or AFlutter being detected, COCIS protocols include the performance of II level cardiological tests consisting of an echocardiogram, a maximal ergometer test (MET) and ECG Holter monitoring to exclude possible underlying structural heart disease; clearance for sports participation can only be granted in the presence of definite conditions and after excluding a concomitant heart disease.⁴¹

The therapeutic options for AFib management in athletes should follow the same principles as those used in the treatment of arrhythmia in the general population;⁷ however, due to the poor tolerance and possible adverse effects on sports performance of drugs used for heart rate and rhythm control, transcatheter ablation of pulmonary veins foci is often used, a procedure that has been found to be safe and effective.^{17, 24} This procedure, which prevents the condition progressing towards persistent or permanent forms of AFib, seems to be the best therapeutic option for athletes with disabling symptoms or for those determined to continue training and compete at high levels.¹⁷ In addition, reduction in the volume of sports activity has also proved to be effective in reducing the paroxysms of AFib, and should therefore be recommended, although it is not always accepted by the athletes themselves.^{22, 24, 26}

In consideration of the doubts and conflicts that still remain on the subject, we decided to review the series of AFib and AFlutter cases observed in our Sports Medicine Centre, analyzing the possible role of sporting activity in their genesis.

Materials and methods

Identification of cases

In identifying cases retrospectively we took into consideration the whole adult

dall'American College of Cardiology e dall'American Heart Association, gli atleti con FA dovrebbero essere sottoposti a un iter diagnostico che includa test di funzionalità tiroidea, elettrocardiogrammi seriati ed ecocardiogramma (ECO), oltre a una approfondita indagine anamnistica sull'utilizzo di droghe e sostanze dopanti; non vengono poste limitazioni alla pratica sportiva in atleti con episodi di FA ben tollerata e a carattere autolimitante.⁴⁰ I protocolli COCIS, in caso di rilievo di FA o FLA, prevedono invece l'esecuzione di accertamenti cardilogici di II livello, consistenti in ecocardiogramma, test ergometrico massimale (TEM) ed ECG dinamico secondo Holter, al fine di escludere una possibile cardiopatia organica sottostante; l'idoneità può essere concessa solo in presenza di definite condizioni e dopo aver escluso una concomitante cardiopatia.⁴¹

Le opzioni terapeutiche per la gestione della FA negli atleti dovrebbero seguire gli stessi principi usati nel trattamento dell'aritmia nella popolazione generale;⁷ tuttavia, per la scarsa tollerabilità e i possibili effetti avversi sulla performance sportiva dei farmaci utilizzati per il controllo della frequenza e del ritmo cardiaco, spesso si fa ricorso alla ablazione trans-catetere dei foci di automatismo nelle vene polmonari, procedura risultata sicura ed efficace.^{17, 24} Tale procedura, prevenendo la progressione verso forme persistenti o permanenti di FA, sembra essere l'opzione terapeutica migliore per atleti con sintomi invalidanti o per coloro determinati a continuare ad allenarsi e a competere ad alti livelli.¹⁷ Inoltre, anche una riduzione del volume di attività sportiva si è dimostrata efficace nel ridurre i parossismi di FA, e dovrebbe pertanto essere consigliata, sebbene non sempre accettata dagli atleti stessi.^{22, 24, 26}

In considerazione dei dubbi e contrasti che tuttora permangono sull'argomento, ci siamo posti come obiettivo quello di revisionare la casistica di FA e FLA relativa al nostro Centro di Medicina dello Sport, interrogandoci sul possibile ruolo dell'attività sportiva nella loro genesi.

Materiali e metodi

Identificazione dei casi

Nell'identificazione retrospettiva dei casi abbiamo preso in considerazione tutta la popolazione sportiva adulta con età superiore a 21 anni giunta in visita medico-sportiva, con richiesta di certificazione di idoneità sportiva agonistica, nel periodo compreso da Gennaio 2006 a Feb-

sports population aged 21 years or over who underwent a sports medical examination, in order to obtain the certification of eligibility for competitive sports, in the period from January 2006 to February 2017; starting from an electronic register of this population, we reviewed all sportspersons who had been temporarily or permanently restricted from practicing sport, or for whom cardiological consultation had been requested, thereafter identifying all subjects diagnosed with AFib or AFlutter.

For case selection, we considered subjects with known AFib and AFlutter, as well as those in whom the first arrhythmia event had been ascertained during the medical examination for sports eligibility; we did not apply exclusion criteria based on the characteristics of the arrhythmia involved (paroxysmal, persistent or permanent) or the treatment carried out (pharmacological therapy, cardioversion, cryoablation, no treatment or therapy at all).

In order to identify possible predisposing causes of arrhythmic events and their possible association with the practice of sport, we reviewed and analyzed the clinical documentation and anamnestic data collected during the sports medical examinations, contacting the subjects by telephone where the information was incomplete. Those found to have a specific AFib or AFlutter trigger condition were excluded from the discussion.

Diagnostic-therapeutic process on the occasion of sports medical examinations

Medical examination for competitive sports eligibility were carried out according to Italian law.⁴² On the basis of COCIS protocols,⁴³ before the examination all sportsmen and women completed a detailed anamnestic questionnaire, with particular reference to the sport practiced (type of sport, years practiced and hours of weekly practice). Any clinical aspects to emerge from the questionnaire were further checked out in the course of the examination and added to the case file.

In cases where AFib or AFlutter were observed during the examination, subjects were monitored with a continuous ECG and, if no speedy recovery in sinus rhythm was observed, they were sent to the A&E department for immediate treatment. Cardiological evaluation was subsequently requested for these athletes and an ECHO, ECG Holter and MET,

braio 2017; fra questa, a partire da un registro elettronico, abbiamo revisionato tutti gli sportivi giudicati non idonei o sospesi dalla pratica sportiva, o per i quali è stata richiesta consulenza cardiologica, individuando successivamente tutti i soggetti con diagnosi di FA o FLA.

Nella scelta dei casi abbiamo considerato sia soggetti con FA e FLA noti, sia coloro in cui il primo evento aritmico è stato appurato durante la visita di idoneità medico-sportiva; non abbiamo posto criteri di esclusione in merito alle caratteristiche dell'aritmia (parossistica, persistente o permanente) né al trattamento eseguito (terapia farmacologica, cardioversione, crioablazione, nessun trattamento né terapia).

Per accertare le possibili cause predisponenti agli eventi aritmici e una loro possibile associazione con la pratica sportiva, abbiamo revisionato e analizzato la documentazione clinica e i dati anamnestici raccolti in occasione delle visite medico-sportive, provvedendo a contattare telefonicamente i soggetti in caso di informazioni lacunose. Coloro in cui è stata accertata una precisa condizione scatenante FA o FLA sono stati esclusi dalla discussione.

Iter diagnostico terapeutico condotto in occasione delle visite medico-sportive

Le visite di idoneità sportiva agonistica sono state eseguite secondo le disposizioni della legislazione italiana.⁴² Sulla base di quanto indicato nei protocolli COCIS,⁴³ prima della visita tutti gli sportivi hanno compilato un approfondito questionario anamnestico, con particolare riferimento all'attività sportiva praticata (tipo di sport, anni di pratica nel corso della vita e ore di pratica settimanali). Alcuni aspetti clinici emersi dal questionario sono stati ulteriormente esaminati in corso di visita e annotati nella cartella clinica.

Nel caso di riscontro di FA o FLA durante la visita, i soggetti sono stati monitorati con un ECG continuo e, se non osservabile un rapido ripristino del ritmo sinusale, inviati in Pronto Soccorso (PS) per un eventuale trattamento immediato. Per questi sportivi è stata successivamente richiesta una valutazione cardiologica, l'esecuzione di ECO, ECG Holter e TEM, esami biochimici di funzionalità tiroidea e il dosaggio di elettroliti plasmatici (sodio, potassio, cloro, magnesio, calcio); a completamento, prima del giudizio di idoneità definitivo, è stata richiesta consulenza aritmologica, per l'indicazione all'esecuzione di eventuali approfondimenti diagnostici di III livello (studio elettrofisiologico), all'inizio di

biochemical tests of thyroid function and the measurement of plasma electrolytes (sodium, potassium, chlorine, magnesium, calcium) carried out; to complete the process and before the final fitness opinion was issued, arrhythmological consultation was requested regarding the possible execution of level III diagnostic analysis (electrophysiological study), in view of starting specific pharmacological therapy or carrying out cardioversion treatment and/or the ablation of ectopic atrial foci. In the case of athletes with a history of AFib or AFlutter, the documentation certifying the condition and previously performed diagnostic examinations were examined; if not conclusive, repetition was requested or completion with the instrumental and clinical investigations outlined above. Medical clearance for sports participation was granted on the basis of COCIS guidelines.⁴¹

Results

Out of a total of 21,191 sportspersons over the age of 21 (average age: 28.3 ± 9.4 years; 21-30 years: 65.7%; 31-40 years: 20.1%; ≥ 41 years: 14.2%) who performed the fitness for competition examination at our Center at least once during the period (10 years and 2 months), we identified 7 male subjects (prevalence: 0.33%) aged between 24 and 65 (age at the first arrhythmia episode documented) in whom AFib or AFlutter was diagnosed. Of the cases identified, in 1 athlete with persistent AFib, the tests carried out showed a condition of hyperthyroidism and he was therefore excluded from the subsequent process.

We report the clinical diagnostic report and the judgement on eligibility for competitive sports for the remaining 6 cases (5 athletes and 1 former athlete), in whom it is possible to hypothesize an association of the arrhythmia observed with sporting practice. Table II summarizes some clinical and anamnestic data and the pathophysiological mechanisms that may have predisposed the case in question to the onset of episodes of AFib or AFlutter.

Case 1

G.M., 31-year-old male athlete, reports for sports medical examination and the request for fitness certification to play competitive football. In the past he had played football

una terapia farmacologica specifica oppure al trattamento di cardioversione e/o ablazione di foci atriali ectopici. Nel caso di atleti con FA o FLA anamnestici, è stata visionata la documentazione attestante la condizione e gli esami diagnostici precedentemente eseguiti; qualora non conclusivi, ne è stata richiesta la ripetizione o un completamento con gli approfondimenti strumentali e clinici sopra descritti. L'idoneità è stata concessa sulla base delle linee guida COCIS.⁴¹

Risultati

Per un totale di 21.191 sportivi con età superiore a 21 anni (età media: $28,3 \pm 9,4$ anni; 21-30 anni: 65,7%; 31-40 anni: 20,1%; ≥ 41 anni: 14,2%) che nel periodo intercorso (10 anni e 2 mesi) hanno svolto almeno una volta la visita di idoneità agonistica presso il nostro Centro, abbiamo identificato 7 soggetti di sesso maschile (prevalenza: 0,33%) e di età compresa fra i 24 e i 65 anni (età al primo episodio aritmico documentato), in cui è stata posta una diagnosi di FA o FLA. Fra i casi identificati, in 1 atleta con FA persistente, gli accertamenti eseguiti hanno evidenziato una condizione di ipertiroidismo e pertanto è stato escluso dalla seguente trattazione dei casi.

Riportiamo il resoconto clinico diagnostico e il giudizio di idoneità sportiva per i rimanenti 6 casi (5 atleti e 1 ex-atleta), in cui è possibile ipotizzare un associazione dell'aritmia manifestata con la pratica sportiva. Nella Tabella II sono riassunti alcuni dati clinici e anamnestici e i meccanismi fisiopatologici che possono aver predisposto all'insorgenza degli episodi di FA o FLA nei casi esaminati.

Caso 1

G.M., atleta maschio di 31 anni, giunge in visita medico-sportiva con richiesta di idoneità agonistica per la pratica dello sport calcio. In passato ha praticato calcio (centrocampista) a livello giovanile e successivamente dilettantistico (circa 22 anni di pratica complessivi, con una frequenza di 3-4 allenamenti settimanali da 2 ore più partita). Nega familiarità per cardiopatia e morte cardiaca improvvisa, riferisce di essere da sempre asintomatico per episodi lipotimici o sincopali, angore e cardiopalmo. Non fuma, non assume terapie farmacologiche, non consuma alcolici abitualmente e beve circa 2 caffè al giorno. Sulla base di un ECG basale (marcata bradicardia a riposo, battiti di scappamento a possibile origine giunzionale) eseguito durante

TABLE II.—Summary of clinical-anamnestic characteristics of the cases examined and possible pathophysiological mechanisms implicated in the onset of episodes of AFib and AFlutter.

TABELLA II. — *Sintesi delle caratteristiche clinico-anamnestiche dei casi esaminati e possibili meccanismi fisiopatologici implicati nell'insorgenza degli episodi di FA e FLA.*

Case	Age (at onset of arrhythmia), gender	Weight, height (BMI)*	Type of arrhythmia involved	Sport practiced (how many years)	ANS imbalances predisposing to episodes of arrhythmia	Supposed arrhythmia trigger mechanism	Atrial dilation	Other risk factors
1	28, M	57 kg, 160 cm, (22.3 kg/m ²)	Paroxysmal AFib	Football (about 22 years)	Vagal hyper-tonia (marked resting bradycardia)	Increase in atrial automatism (ECG Holter revealed numerous SVEB)	No	Nothing
2	35, M	77 kg, 180 cm (23.8 kg/m ²)	Paroxysmal fibrillo-flutter	Football (about 28 years)	Adrenergic activation/sudden reduction in vagal activity (arrhythmia occurring shortly after the start of exercise test from a marked bradycardia condition)	Enhanced atrial automatism (observation of moderate supraventricular extrasystole on ECG Holter)	No	Nothing
3	24, M	102 kg, 187 cm (29.2 kg/m ²)	Paroxysmal fibrillo-flutter	Football (about 18 years)	Vagal hyper-tonia (marked resting bradycardia)	Automatism of ectopic foci located at entrance to pulmonary veins (determined at EPS)	No	Nothing
4	26, M	67 kg, 181 cm (20.5 kg/m ²)	Persistent fibrillo-flutter	Running (about 11 years)	Not established	Not established	No	Nothing
5	44, M	74 kg, 177 cm (23.6 kg/m ²)	Paroxysmal AFib	Cycling (about 35 years)	Adrenergic activation (arrhythmia arising during MET)	Enhanced atrial automatism (observation of numerous SVEB during exercise)	No	Nothing
6	65, M	78 kg, 177 cm (24.9 kg/m ²)	Persistent fibrillo-flutter	Cycling (about 2 years); running (about 40 years)	Vagal hyper-tonia (arrhythmia occurring during recovery from exercise test)	Not established	No	Systemic arterial hypertension; elderly age

ANS: autonomic nervous system; EPS: electrophysiologic study.

*For each case, weight and height are as measured at the sports medical fitness examination referred to in the text.

(mid-field player) at youth level and later at amateur level (about 22 years of playing in total, with a frequency of 3-4 weekly workouts of 2 hours each plus the game itself). He reports that there is no heart disease or sudden cardiac death in the family and that he has always been asymptomatic for lipothymic or syncopal episodes, angor and cardiopalms.

una visita di idoneità medico-sportiva presso il nostro Centro all'età di 28 anni (Figura 1A), si richiedeva l'esecuzione di un ECG Holter, durante il quale emergeva un ritmo prevalentemente sinusale con normale variabilità della frequenza cardiaca (FC), evidenza di "segnapassi migrante" e assenza di aritmie di rilievo e pause significative. Si rilasciava il certificato di idoneità

He does not smoke, is not having pharmacological treatment, is not a habitual consumer of alcohol and drinks about 2 coffees a day. On the basis of a basic ECG (marked resting bradycardia, escape beats possibly of junctional origin) carried out during a sports medical fitness examination at our Centre at the age of 28 (Figure 1A), an ECG Holter was requested, during which a prevalently sinus rhythm emerged with normal variability in heart rate (CF), evidence of a wandering pacemaker and absence of significant arrhythmias or pauses. A medical certificate of eligibility for competitive sport with validity 6 months was issued, with the indication that a Holter ECG should be repeated before the following examination. At the end of the certificate validity period, G.M. returned to us to renew it, bringing with him his recent Holter result for our inspection (Figure 1): the finding was of a short episode of AFib with low ventricular response (<1 minute), frequent sinus pauses prevalently at

tà sportiva agonistica con durata di validità di 6 mesi, ponendo indicazione a ripetere un ECG Holter prima della visita successiva. Al termine del periodo di validità del certificato rilasciato, G.M. torna in visita per il rinnovo dell'idoneità sportiva agonistica, portando in visione l'ECG Holter (Figura 1) recentemente eseguito: riscontro di breve episodio di FA a bassa risposta ventricolare (<1 minuto), frequenti pause sinusali prevalentemente notturne (durata massima di circa 2,8 secondi) e presenza di extrasistolia sopraventricolare di entità elevata, caratterizzata da coppie e brevi salve in sequenza tachicardica.

In considerazione del nuovo dato elettrocardiografico venivano eseguiti ECO, TEM, funzionalità tiroidea e profilo degli elettroliti plasmatici, che risultavano tutti nella norma. Veniva inoltre richiesta una consulenza aritmologica, che alla luce degli accertamenti eseguiti, non poneva controindicazione alla pratica dell'attività sportiva agonistica.

In seguito, l'atleta ha interrotto per due anni l'attività sportiva per altri motivi. Alla visita attuale, l'esame obiettivo non identifica reperti patologici; la pressione arteriosa (PA) a riposo è 125/75 mmHg. L'ECG basale, durante sforzo e nel recupero e gli ulteriori accertamenti eseguiti non evidenziano condizioni patologiche controindicanti l'attività sportiva.

Stante il precedente esaustivo studio del fugace evento aritmico manifestato e della completa assenza di sintomatologia riferibile a cardiopalmo nel periodo intercorso, si rilascia l'idoneità sportiva agonistica per lo sport richiesto.

Caso 2

D.P., ex-calciatore di 39 anni, giunge in visita medico-sportiva (1° visita presso il nostro Centro) di idoneità agonistica, in quanto allenatore di una squadra di calcio professionistica. Ha giocato a livello professionistico nel ruolo di attaccante per 18 anni circa, concludendo la carriera all'età di 36 anni. Nega familiarità per cardiopatia e morte cardiaca improvvisa; non fuma e non consuma caffè, né bevande alcoliche. In anamnesi si segnalano plurimi episodi di fibrillazione atriale parossistica (FAP) recidivanti dall'età di 35 anni, a carattere paucisintomatico e a prevalente insorgenza durante l'attività sportiva, per cui da allora è in terapia con propafenone 150 mg/die e cardi aspirin 100 mg/die. Gli accertamenti eseguiti in passato risultavano inoltre negativi per una condizione di distiroidismo, disionia e per la presenza di una cardiopatia organica. Riferisce di non aver mai

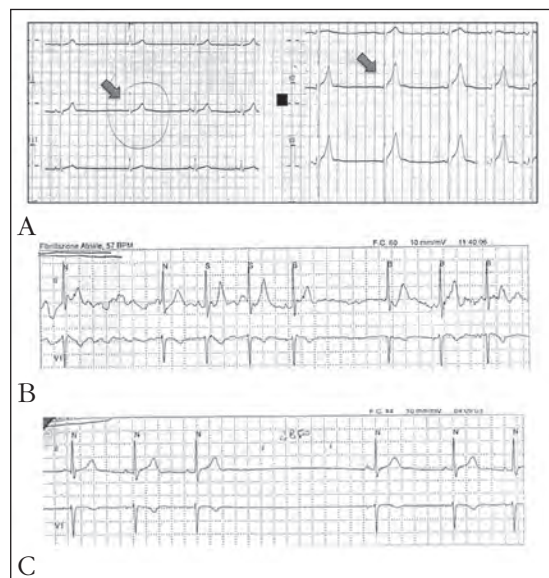


Figure 1.—A) Detail from basal ECG: marked bradycardia (HR: 42 bpm), escape beats of possible junctional origin (arrows) and high and sharp T waves (precordial leads). Details from Holter: B) short episode of low ventricular response AFib (11:40 am); C) nocturnal sinus pause.

Figura 1. — A) Particolare da ECG basale: riscontro di bradicardia marcata (FC: 42 bpm), battiti di scappamento a possibile origine giunzionale (frecche) e onde T alte e appuntite (derivazioni precordiali). Particolari da ECG Holter: B) riscontro di breve episodio di FA a bassa risposta ventricolare (ore: 11:40); C) pausa sinusale notturna.

night (maximum duration about 2.8 seconds) and the presence of frequent supraventricular extrasystoles, characterized by short bursts of tachycardia. In consideration of the new electrocardiographic data, an ECHO, MET, thyroid function and plasma electrolyte profile were performed, all of which were within normal limits. An arrhythmological consultation was also requested, which, in the light of the tests carried out, did not result in a contraindication for the practice of competitive sports.

Thereafter, the athlete gave up his sport for two years for other reasons. At the current visit, objective examination did not identify pathological findings; resting blood pressure (AP) was 125/75 mmHg. Basic ECG, during exercise and recovery and the further investigations that were carried out did not reveal any pathological conditions contraindicating sporting activity.

Given the previous exhaustive study of the short-lived arrhythmia event and the complete absence of symptoms attributable to cardiopalmus in the elapsed period, we issued the requested medical certification of eligibility for competitive sports.

Case 2

D. P., a former soccer player of 39, came to us for a sports medical examination (1st visit to our Center) to certify his fitness for competitive activity, as coach of a professional football team. He had played professionally as a forward for about 18 years, ending his career at the age of 36. He reported no heart disease and sudden cardiac death in the family; he does not smoke and does not drink coffee or alcoholic beverages. His medical history revealed multiple episodes of recurring paroxysmal atrial fibrillation (PAF) from the age of 35, paucisymptomatic and with onset prevalently during sports activity, so since then he has been treated with propafenone 150 mg/day and cardioaspirin 100 mg/day. In addition, previous tests have proved negative for a condition of dysthyroidism, dysionia and the presence of an organic heart disease. He reports that he has never suffered from any lipothymic, syncopal, or angina episodes. Objective cardiopulmonary examination under rest conditions is normal (resting AP: 110/80 mmHg). Basic ECG reveals sinus bradycardia and an episode of asymptomatic high-frequency atrial fibrilloflutter (Figure 2B) appearing between

accusato episodi lipotimici o sincopali, né anginosi. L'obiettività cardiopolmonare effettuata in condizioni di riposo risulta normale (PA a riposo: 110/80 mmHg). L'ECG basale rivela una bradicardia sinusale e tra il 2° e 3° minuto dall'inizio della prova da sforzo compare un episodio di fibrillo-flutter atriale ad alta frequenza (Figura 2B), asintomatico, per cui viene prontamente interrotto il test. Al 5°-6° minuto di recupero si osserva il ripristino del ritmo sinusale. Viene sospeso dalla pratica sportiva e, a distanza di pochi giorni, viene sottoposto a ECO (minimo rigurgito mitralico, cavità atriali non dilatate, normali i restanti reperti), esami di funzionalità tiroidea e dosaggio degli elettroliti plasmatici (entrambi nella norma). Inoltre, dopo adeguamento della terapia antiaritmica (propafenone 300 mg/die) da parte del collega aritmologo, vengono eseguiti i seguenti accertamenti cardiologici:

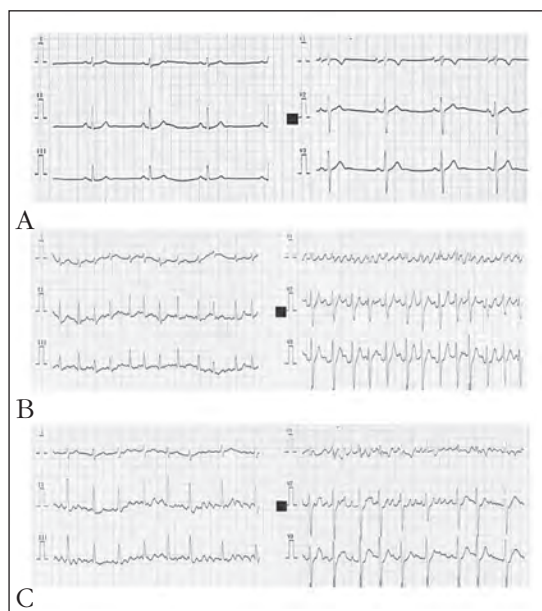


Figure 2.—Details from the ECG carried out during sports medical fitness examination. A) Sinus bradycardia and rSr' type complexes observed at basic ECG (HR: 42 bpm); B) observation of atrial fibrillo-flutter with rapid ventricular response on exercise ECG; C) on ECG carried out at 1st minute of recovery observation of transformation of the arrhythmia from prevalently Aflutter to variable conduction.

Figura 2. — Particolari da ECG eseguiti durante la visita di idoneità medico-sportiva. A) All'ECG basale si osserva bradicardia sinusale (FC: 42 bpm) e complessi del tipo rSr'; B) riscontro di fibrillo-flutter atriale ad alta frequenza di risposta ventricolare all'ECG eseguito durante sforzo; C) all'ECG eseguito al 1° minuto di recupero si osserva conversione dell'aritmia a prevalente FLA a conduzione variabile.

the 2nd and 3rd minute from the start of the exercise test which was promptly discontinued. At the 5th-6th minute of recovery, sinus rhythm was restored. He was suspended from practicing sport and, after a few days, subjected to an ECHO (minimum mitral regurgitation, atrial cavities not dilated, remaining findings normal), thyroid function tests and measurement of plasma electrolytes (both within the norm). In addition, after our arrhythmologist colleague had adjusted his antiarrhythmia therapy (propafenone 300 mg/day), the following cardiology tests were carried out:

— ECG Holter for 48 hours: sinus rhythm, tendentially bradycardic (average HR: 51 bpm), moderate supraventricular extrasystoles with short bursts and absence of significant pauses;

— MET: no pathological findings.

Given the persistent control of cardiac rhythm, both at rest and during maximal exercise, with therapy adjusted and no contraindications of any other nature against practicing sports, we issued the medical certificate of sports eligibility required as a member of the technical staff of a professional football team.

Case 3

F.A., a 24-year-old male athlete, came to us for a sports medical examination requesting a

— ECG Holter delle 48 ore: ritmo sinusale, tendenzialmente bradicardico (FC media: 51 bpm), moderata extrasistolia sopraventricolare con brevi salve e assenza di pause significative;

— TEM: assenza di reperti patologici.

Stante il persistente controllo del ritmo cardiaco, sia a riposo che durante esercizio massimale, con le modifiche terapeutiche impostate e l'assenza di controindicazioni di altra natura alla pratica dell'attività sportiva, si rilascia il certificato di idoneità medico-sportiva, richiesto come membro dello staff tecnico di una squadra di calcio professionistica.

Caso 3

F.A., atleta maschio di 24 anni, giunge in visita medico-sportiva con richiesta di certificato di idoneità agonistica per la pratica dello sport calcio. Per circa 18 anni l'atleta ha praticato calcio (attaccante), inizialmente a livello giovanile e successivamente dilettantistico (frequenza di 2-4 allenamenti a settimana da 2 ore, più partita). L'anamnesi familiare risulta positiva per infarto miocardico acuto in giovane età (nonna materna, a 58 anni). L'atleta riferisce di fumare circa 10 sigarette al giorno dall'età di 20 anni, un consumo giornaliero di circa 2 caffè e occasionale di bevande alcoliche. Nega terapia farmacologica domiciliare.

Da numerosi anni l'atleta svolge annualmente la visita di idoneità presso il nostro Centro, risultando sempre idoneo alla pratica agonistica dello sport calcio; durante le visite effettuate sono da rilevare i seguenti reperti all'ECG basale:

— a 15 anni, ritmo atriale ectopico;

— a 18 anni, dissociazione atrioventricolare isoritmica (FC pari a 48 bpm);

— a 23 anni, marcata bradicardia sinusale (Figura 3A).

Nega pregressi episodi lipotimici o sincopali e dolore toracico di qualsiasi natura, mentre riferisce di aver accusato ripetuti episodi di cardiopalmo intermittente negli ultimi mesi. Tre mesi prima, a seguito di uno di questi eventi, l'atleta si è recato in PS, dove veniva documentato un episodio di FAP, venendo dimesso senza alcuna terapia.

Alla visita attuale la PA a riposo è 130/70 mmHg, all'obiettività cardiaca è possibile apprezzare un'irregolarità del ritmo cardiaco e all'ECG basale viene documentato un episodio di fibrillo-flutter atriale (Figura 3B). Inviato in PS e trattenuto in osservazione, dopo poco più di 20 ore si osserva il ripristino spontaneo del ritmo sinusale. Il dosaggio degli elettroliti plasmatici, de-

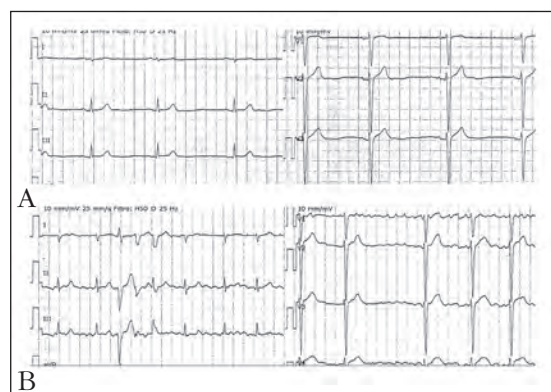


Figure 3.—A) Detail from basal ECG carried out during sports medical fitness examination at age 23: observation of marked bradycardia (HR: 42 bpm); B) Detail from basal ECG carried out during sports medical fitness examination at age 24: observation of atrial fibrillo-flutter. Figura 3. — A) Particolare da ECG basale eseguito durante la visita di idoneità medico-sportiva a 23 anni: riscontro di bradicardia marcata (FC: 42 bpm); B) particolare da ECG basale eseguito durante la visita di idoneità medico-sportiva a 24 anni: riscontro di fibrillo-flutter atriale.

medical certificate of eligibility to practice competitive football. The athlete had played football (forward) for about 18 years, initially at youth and then amateur levels (frequency of 2-4 training sessions of 2 hours each per week, plus the actual game). The family history was positive for acute myocardial infarction at a young age (maternal grandmother, aged 58). The athlete reported smoking about 10 cigarettes a day from the age of 20, daily consumption of about 2 coffees and occasional alcoholic beverages. No home pharmacological treatment.

For many years now the athlete has visited our Centre every year, always proving fit for competitive football; during the examinations carried out on those occasions, the following findings at basic ECG should be noted:

- at 15, ectopic atrial rhythm;
- at 18, isorhythmic atrioventricular dissociation (HR: 48 bpm);
- at 23, marked sinus bradycardia (Figure 3A).

He denies previous lipothymic or syncopal episodes and chest pain of any kind, while reporting repeated episodes of intermittent cardiopalmus in recent months. Three months earlier, following one of these events, the athlete checked in to an A&E where an episode of PAF was documented. He was discharged without any therapy being prescribed.

On his current visit to our Center, resting AP is 130/70 mmHg, objective cardiac examination revealed irregular heart rhythm, and basic ECG documented an episode of atrial fibrillo-flutter (Figure 3B). He was sent to A&E and held under observation; after a little more than 20 hours sinus rhythm was recovered spontaneously. The measurement of plasma electrolytes, inflammatory indices and cardiac cytonecrosis performed in A&E were normal.

A temporary sports restriction is issued, with indication to carry out:

- thyroid function tests: within the norm;
- ECHO: slight hypertrophy of the left ventricle, atrial cavities not dilated, remaining findings normal;
- MET: nothing pathological;
- ECG Holter: appearance of AFib, with ventricular response oscillations, tendentially tachycardic, lasting a total of about 15 hours; during the sinus rhythm segment, presence of a supraventricular extrasystolic arrhythmia of modest entity, once occurring in triplet form.

Upon the indication of our arrhythmologist colleague, the athlete was submitted to elec-

gli indici infiammatori e di citonecrosi cardiaca eseguito in tale sede risulta nella norma.

Viene emesso un giudizio di non idoneità temporanea, con indicazione a eseguire:

— *esami di funzionalità tiroidea: nella norma;*

— *ECO: lieve ipertrofia del ventricolo sinistro, cavità atriali non dilatate, normali i restanti reperti;*

— *TEM: nulla di patologico;*

— *ECG Holter: comparsa di FA, con oscillazioni della risposta ventricolare, tendenzialmente tachicardica, della durata totale di circa 15 ore; durante il tratto in ritmo sinusale presenza di aritmia extrasistolica sopraventricolare di entità modesta, una volta raccolta in tripletta.*

Su indicazione del collega aritmologo, l'atleta viene sottoposto a studio elettrofisiologico (SEF) e successiva crioablazione degli osti a livello delle vene polmonari di sinistra e superiore di destra.

A distanza di 5 mesi dall'intervento, dopo aver sospeso la terapia anticoagulante e aver documentato la persistenza del ritmo sinusale durante monitoraggio ECG Holter e TEM, l'atleta viene sottoposto nuovamente a visita medico-sportiva, ottenendo l'idoneità agonistica per lo sport calcio, con indicazione a ripetere annualmente ECG Holter di controllo.

Caso 4

D.F., atleta maschio di 28 anni, giunge in visita medico-sportiva (1° visita presso il nostro Centro), con richiesta di certificato per idoneità sportiva agonistica per lo sport atletica leggera. L'atleta pratica podismo (specialità: 10.000 metri) da circa 11 anni, con una frequenza media di 4 allenamenti a settimana da 1 ora e mezza circa. Riferisce di non aver mai fumato né aver fatto uso di sostanze dopanti; assume in media 1 bicchiere di vino al giorno durante il pasto e fa un consumo occasionale di caffè. Nega familiarità per patologie cardiovascolari. Riferisce di aver sofferto in passato di una "forma di tachicardia atriale", recando in visione documentazione medica; da questa si evince che a 26 anni, per cardiopalmi, ha eseguito:

— *ECO: cavità atriali non dilatate, normali i restanti reperti;*

— *ECG Holter: fibrillo-flutter persistente a conduzione ventricolare variabile (FC media di 102 bpm) (Figura 4);*

— *Esami di funzionalità tiroidea: eutiroidismo.*

Su indicazione del collega aritmologo veniva

trophysiological study (EPS) and subsequent cryoablation of the left and right superior pulmonary vein ostia.

Five months after surgery, after discontinuing anticoagulant therapy and documenting the persistence of sinus rhythm during ECG Holter and MET monitoring, the athlete underwent a new sports medical examination, obtaining certification of eligibility for competitive football, with indication to repeat ECG Holter control annually.

Case 4

D.F., a 28-year-old male athlete, came to us for a sports medical examination (1st visit to our Centre), and a request for a medical certificate of eligibility for competitive athletics. The athlete had been running (specialty: 10,000 meters) for about 11 years, with an average frequency of 4 training sessions per week of about 1 hour and a half. He reported never having smoked or used doping substances; on average he consumes 1 glass of wine a day during meals and occasionally drinks coffee. No cardiovascular diseases in the family. He says that in the past he has suffered from a "form of atrial tachycardia", for which he produces medical documentation for us to see; from this it could be seen that at the age of 26, for cardiopalmus, he carried out:

— ECHO: atrial cavities not dilated, remaining findings normal;

— ECG Holter: persistent fibrillo-flutter with variable ventricular conduction (mean HR: 102 bpm) (Figure 4);

— Thyroid function examinations: euthyroidism.

On the recommendation of an arrhythmologist colleague he underwent electric cardioversion, which proved effective; 24 h ECG Holter monitoring carried out one month after the procedure confirmed the persistence of sinus rhythm.

At present the subject is asymptomatic and at the last ECG Holter control (done about two months previously) persistent sinus rhythm was documented.

No pathological findings (resting AP: 120/60 mmHg) were observed at objective examination. ECGs carried out resting, at peak effort and in recovery, and further investigations carried out during the examination did not document pathological changes. A medical certifi-

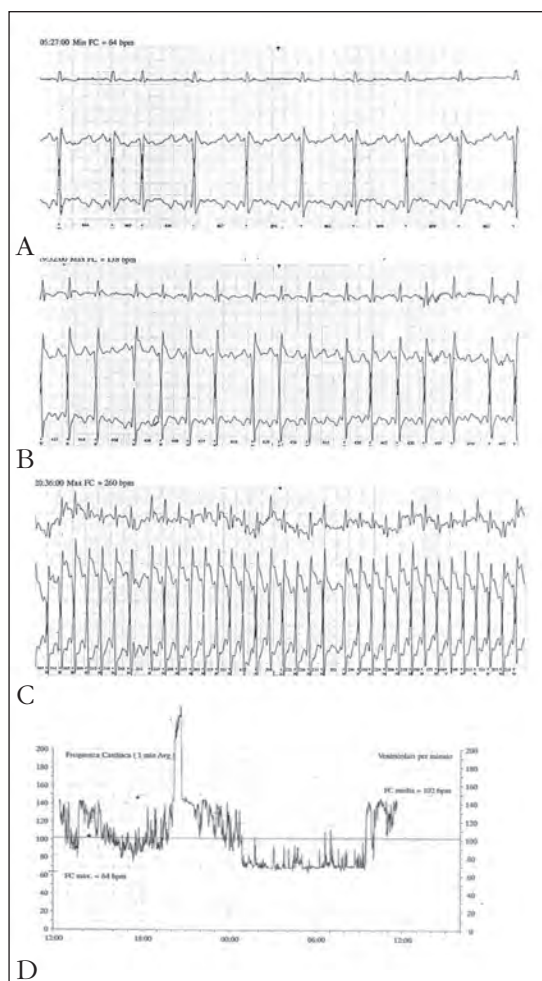


Figure 4.—Details from ECG Holter. Persistent variable conduction atrial fibrillo-flutter, with HR of 64 bpm at 05:27 (A), 138 bpm at 19:32 (B) and 260 bpm at 20:36 (C); D) evolution of CF in the course of the 24 h of the recording.

Figura 4. — Particolari da ECG Holter. Fibrillo-flutter atriale persistente a conduzione variabile, con FC di 64 bpm alle ore 05:27 (A), di 138 bpm alle ore 19:32 (B) e di 260 bpm alle ore 20:36 (C); D) evoluzione della FC nell'arco delle 24 h complessive di registrazione.

sottoposto a cardioversione elettrica, che risultava efficace; anche l'ECG Holter delle 24 h di controllo, eseguito a un mese dalla procedura, confermava la persistenza del ritmo sinusale.

Attualmente il soggetto è asintomatico e anche all'ultimo monitoraggio ECG Holter di controllo (eseguito circa due mesi prima) veniva documentato un ritmo sinusale persistente.

All'esame obiettivo non si riscontrano reperti patologici (PA a riposo: 120/60 mmHg); Gli ECG eseguiti a riposo, al picco dello sforzo, nel recu-

cate of eligibility for the desired sport was issued.

Case 5

A.B., a 44-year-old male athlete, came in for a sports medical examination, and a request for a medical certificate of eligibility for competitive cycling (which he had practiced for about 35 years, with a frequency of 5-7 training sessions of about 1 hour each per week). He reported no home pharmacological therapy and that he had never taken doping substances. He did not smoke and drank an average of 1 coffee per day and 1 glass of wine at meals. The family history was negative for cardiovascular diseases. He reported having always been asymptomatic for episodes of lipothymia or syncope, angor and cardiopalmus.

The athlete had carried out the sports medical fitness examination at our Centre for many years, always proving fit for the practice of competitive sports; during these examinations the ECGs performed at rest, during and after exercise never pointed to significant changes.

At the current examination, too, the objec-

pero e gli ulteriori accertamenti eseguiti in corso di visita non documentano alterazioni patologiche. Si rilascia il certificato medico di idoneità sportiva agonistica per lo sport richiesto.

Caso 5

R.B., atleta maschio di 44 anni, giunge in visita medico-sportiva, con richiesta di certificato di idoneità agonistica per lo sport ciclismo (praticato da circa 35 anni, con una frequenza di 5-7 allenamenti alla settimana da 1 ora circa). Nega terapia farmacologica domiciliare e di aver mai assunto sostanze dopanti. Non fuma e assume in media 1 caffè al giorno e 1 bicchiere di vino ai pasti. L'anamnesi familiare risulta negativa per patologie cardiovascolari. Riferisce di essere da sempre asintomatico per episodi lipotimici o sin-copali, angor e cardiopalmus.

Da numerosi anni l'atleta svolge la visita di idoneità medico-sportiva presso il nostro Centro, risultando sempre idoneo alla pratica sportiva agonistica; durante tali visite gli ECG eseguiti a riposo, durante e dopo sforzo non hanno mai identificato alterazioni di rilievo.

Anche alla visita attuale l'obiettività cardiopolmonare e generale risulta nella norma (PA a riposo: 135/80 mmHg). All'ECG basale il ritmo è sinusale, la FC è di circa 70 bpm; gli ECG eseguiti al picco dello sforzo e nel successivo recupero, documentano invece frequenti battiti ectopici sopraventricolari (Figura 5A).

Viene sospeso dalla pratica sportiva, con indicazione a eseguire:

— ECO: cavità atriali non dilatate, non ulteriori alterazioni di rilievo;

— ECG Holter: numerosi BESV, secondo il diario giornaliero del paziente, in maggior parte riferibili al periodo di allenamento;

— TEM: frequenti BESV, anche a brevi salve, durante tutto lo sforzo e breve episodio di FA ad alta risposta ventricolare al picco dello sforzo, con ripristino del ritmo sinusale nel recupero successivo (Figura 5B).

Alla luce di tali riscontri, viene richiesta consulenza aritmologica, con indicazione a inizio di terapia con verapamil 80 mg per 3 volte al dì. Dopo due settimane dall'inizio della terapia, l'atleta ripete il TEM, che risulta negativo per induzione di tachiaritmie sia durante sforzo che nel recupero e registra un regolare incremento cronotropo e pressorio.

Dopo rivalutazione aritmologica, con nulla osta alla pratica dell'attività sportiva, e successiva rivalutazione in Sede, viene rilasciato certi-

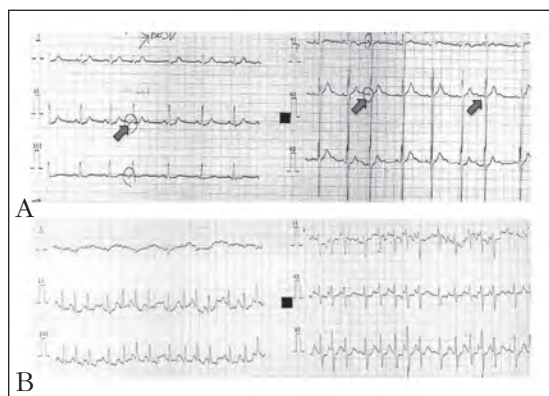


Figure 5.—A) Detail from ECG performed at 1st minute of exercise recovery during the sports medical fitness examination: in the bipolar leads it is possible to observe a SVEB with upper nodal origin (arrow); in V1, V2 and V3 the presence of further SVEBs may be observed (arrows). B) Detail from ECG executed during MET: AFib segment with high ventricular response at peak effort.

Figura 5. — A) Particolare da ECG eseguito al 1° minuto di recupero dallo sforzo durante la visita di idoneità medico-sportiva: nelle derivazioni bipolari è possibile osservare un BESV con origine nodale superiore (freccia); in V1, V2 e V3 si osserva la presenza di ulteriori BESV (freccie). B) Particolare da ECG eseguito durante TEM: tratto di FA ad alta risposta ventricolare al picco dello sforzo.

tive cardiopulmonary and general results were in the norm (resting AP: 135/80 mmHg). Basic ECG showed sinus rhythm with HR about 70 bpm; ECGs performed at peak stress and during subsequent recovery, however, documented frequent supraventricular ectopic beats (Figure 5A).

His sporting activity was suspended with the indication to carry out:

— ECHO: atrial cavities not dilated, no other significant changes;

— ECG Holter: numerous SVEBs, according to the patient's daily diary, mainly relatable to the training period;

— MET: frequent SVEBs, sometimes in short bursts, during the entire exercise, and brief episodes of rapid ventricular response AFib at peak effort, with return of sinus rhythm in the subsequent recovery (Figure 5B).

In the light of these findings, arrhythmological consultation was requested with indication to begin therapy with verapamil 80 mg 3 times per day. Two weeks after the start of therapy, the athlete repeated the MET, which was negative for induction of tachyarrhythmia during both exercise and recovery, and recorded a regular chronotropic and pressure increase.

After arrhythmological re-evaluation, which authorized sporting activity, and subsequent re-evaluation at our Centre, a certificate of eligibility for competitive cycling was issued as requested.

Case 6

A.B., 65-year-old male athlete, came to us for a sports medical examination (1st visit to our Centre), with a request for a certificate of eligibility for competitive track athletics. The athlete had taken up running about 2 years previously (specializing in the half marathon), and he took part in an average of 4 training sessions per week of about 1 hour each; as an adolescent and up to the age of 50, he had engaged in road cycling at a competitive level. He does not drink coffee or alcohol, nor has he ever smoked. Suffering from systemic arterial hypertension he takes enalapril 10 mg daily. He has no family history of cardiovascular disorders. He reports noting sporadic episodes of accelerated heart beat in the last few months.

Objective cardiopulmonary examination was negative (resting AP: 135/85 mmHg) while basal ECG showed the presence of a first

degree of atrioventricular block.

Caso 6

R.B., atleta maschio di 65 anni, giunge in visita medico-sportiva (1° visita presso il nostro Centro), con richiesta di certificato di idoneità agonistica per lo sport atletica leggera. L'atleta ha iniziato a praticare podismo da circa 2 anni (specialità: mezza maratona), con una media di 4 allenamenti a settimana da 1 ora circa; a partire dall'età adolescenziale e fino ai 50 anni, ha

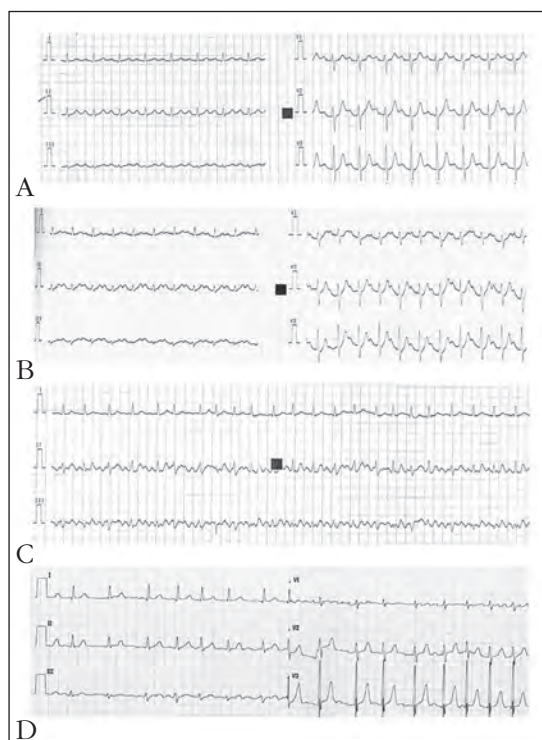


Figure 6.—Details from ECG performed during sports medical fitness examination: A) basal ECG observation of 1st degree atrioventricular block; B) ECG at peak effort in the norm; C) ECG at 1st minute of recovery observation of atrial fibrillo-flutter with high ventricular frequency and spontaneous resolution; D) detail from basal ECG performed during cardiological examination: atrial fibrillo-flutter with average ventricular response.

Figura 6. — Particolari da ECG eseguiti durante la visita di idoneità medico-sportiva: A) all'ECG basale riscontro di blocco atrioventricolare di 1° grado; B) ECG al picco dello sforzo nella norma; C) all'ECG eseguito al 1° minuto di recupero riscontro di tratto di fibrillo-flutter atriale ad alta frequenza ventricolare e a risoluzione spontanea; D) particolare da ECG basale eseguito durante visita cardiologica: fibrillo-flutter atriale a media risposta ventricolare.

degree atrioventricular block. ECG during exercise was in the norm while during the recovery phase a fleeting, subjectively asymptomatic episode of atrial fibrillo-flutter appeared which resolved spontaneously (Figure 6A). He was suspended from sporting activities, with the indication to carry out second level cardiologic tests; after a few days, the ECG carried out by the consultant cardiologist showed a new and seemingly persistent atrial fibrillo-flutter (Figure 6B) as a result of which he was immediately sent to A&E. An ECHO was performed there which detected a slight ascending aorta ectasia, normal atrial cavity dimensions and slight hypertrophy of the left ventricle. Pharmacological cardioversion was attempted with propafenone 600 mg. This proved ineffective, and the patient was treated with warfarin. After 15 days, after performing an ECG Holter (confirmation of persistent atrial fibrillo-flutter) and a transesophageal echocardiogram (absence of endocavitary thrombosis), electric cardioversion was performed, and this proved effective. Since the athlete has not yet been back to our Centre for evaluation, he is still restricted from competitive sport.^{42, 43}

Discussion

In a period of 10 years and 2 months, in all adult athletes aged 21 or over (21,191 subjects) who came to our Sports Medicine Centre for medical clearance for competitive sports participation, we found a prevalence of AFib (including those with associated AFlutter) of 0.33%, much lower than in the general population (0.5-3.4%).¹⁻⁴ As far as the sports population is concerned, Pelliccia *et al.*²⁸ reported a prevalence of AFib of 0.3% in a cohort of 1777 top level athletes (average age 24±6 years) followed up for 7±3 years, similar to that of the general population of the same age.

Some considerations are called for in this regard. In the first place, our research was based on the retrospective observation of cases of AFib or AFlutter in subjects who were examined at least once in a single Sports Medicine Centre: it cannot be excluded that there may have been athletes who over the years have preferred to interrupt their sporting activity or change Centre, thus representing potential cases we lost touch with. In addition, the population studied by us is in a particularly young age group (21-30 years: 65.7%), where

invece praticato ciclismo su strada a livello agonistico. Non consuma caffè, non beve alcolici, né ha mai fumato. Soffre di ipertensione arteriosa sistemica, per cui assume quotidianamente enalapril 10 mg. L'anamnesi familiare per disturbi cardiovascolari risulta muta. Riferisce di avvertire da qualche mese sporadici episodi di battito accelerato.

L'obiettività cardiopolmonare risulta negativa (PA a riposo: 135/85 mmHg) mentre l'ECG basale rileva la presenza di un blocco atrioventricolare di I grado. L'ECG durante sforzo risulta nella norma, mentre durante la fase di recupero si ha la comparsa di un episodio fugace di fibrillo-flutter atriale, soggettivamente asintomatico e a risoluzione spontanea (Figura 6A). Viene sospeso dalla pratica sportiva, con indicazione a eseguire accertamenti cardiologici di II livello; dopo pochi giorni, all'ECG eseguito durante consulenza cardiologica, si ha un nuovo riscontro di fibrillo-flutter atriale (Figura 6B), con caratteristiche di persistenza, per cui si provvede all'invio immediato in PS. In tale sede viene eseguito ECO, che rileva una lieve ectasia dell'aorta ascendente, normali dimensioni cavitariatriali e una lieve ipertrofia del ventricolo sinistro. Viene tentata cardioversione farmacologica con propafenone 600 mg, che risulta inefficace, e il paziente viene posto in terapia con warfarin. A distanza di 15 giorni, previa esecuzione di ECG Holter (conferma di fibrillo-flutter atriale persistente) ed ecocardiogramma transesofageo (assenza di trombosi endocavitaria), viene eseguita cardioversione elettrica, che risulta efficace. Non essendo ancora tornato in valutazione presso il nostro Centro, l'atleta risulta ancora sospeso dalla pratica sportiva.^{42, 43}

Discussione

In un periodo di 10 anni e 2 mesi, in tutti gli sportivi adulti con età ≥ 21 anni (21.191 soggetti) afferenti al nostro Centro di Medicina dello Sport per certificazione di idoneità sportiva agonistica, abbiamo riscontrato una prevalenza di FA (anche in associazione a tratti di FLA) dello 0,33%, ben inferiore rispetto alla popolazione generale (0,5-3,4%).¹⁻⁴ Per quanto riguarda la popolazione sportiva, Pelliccia et al.²⁸ hanno rilevato una prevalenza di FA dello 0,3% all'interno di una coorte di 1.777 atleti di alto livello (età media di 24±6 anni) e seguiti con un follow-up di 7±3 anni, assimilabile a quella della popolazione generale di pari età.

Alcune considerazioni in merito sono doveroso-

the overall prevalence of AFib is lower.²⁻⁴ Finally, it should be noted that those who participate in regular competitive sports activities have a reduced prevalence of traditional risk factors for AFib and AFlutter: on the one hand, as a result of the selection resulting from the pre-participation screening itself, and on the other, due to the benefits associated with regular physical activity.⁴⁴ This is also the reason why the finding of a tachyarrhythmia on the occasion of a sports medical examination is to be considered a very rare event.

It is also known that intense and protracted physical exercise can lead to cardiac adjustments, with a possible, but controversial, cardiotoxic effect:⁴⁵ a possible role of sports activity in favoring the onset of AFib and AFlutter should not therefore be underestimated.

In the cases described above, clinical and instrumental investigations did not identify an organic pathology or, with the exception of the athlete in case #6 (65 years of age and suffering from arterial hypertension), other possible known etiological factors of AFib and AFlutter. On the basis of the above mentioned evidence, however, some characteristics are recognizable and these allow us to hypothesize in all cases an association of the arrhythmias reported with the sporting activity carried out by the athletes. All have practiced sports, according to the classification reported in COCIS protocols,⁴⁶ with medium to high cardiovascular effort, albeit of different types. The athletes in cases #4, 5 and 6, have in the course of their lives dedicated themselves to a "pure" endurance activity (running, cycling), while the remainder (cases #1-3) have played football for different periods of time and at different levels. Soccer is considered an intermittent sport, with variable HR, peripheral resistance and cardiac output performance.⁴⁶ A high amount of energy is required and it is important for outfield players to be able to sustain high workloads repeatedly during the game, with some differences depending on role.⁴⁷ Consequently, training must also include frequent high intensity aerobic activity sessions and interval training to bring metabolic power to a higher level than maximum oxygen consumption (VO_{2max}).⁴⁷

Cardiac (atrial dilation) and neuro-autonomic (vaginal hypertonia) adaptations commonly observed in endurance athletes, are also frequently reported in professional footballers.³⁰ Mont *et al.*⁴⁸ reported a series of 32 subjects

se. In primo luogo, la nostra ricerca si è basata su un'osservazione retrospettiva di casi di FA o FLA occorsi in soggetti che hanno effettuato almeno una visita presso un unico Centro di Medicina dello Sport: non è da escludere che possano esserci stati atleti che nel corso degli anni abbiano preferito interrompere l'attività sportiva o cambiare Centro, rappresentando quindi dei potenziali casi usciti dall'osservazione. Inoltre, la popolazione da noi studiata si colloca in particolare modo in una fascia di età giovane (21-30 anni: 65,7%), in cui la prevalenza globale di FA è inferiore.²⁻⁴ Infine, bisogna sottolineare che chi svolge una attività sportiva agonistica regolare ha una ridotta prevalenza dei tradizionali fattori di rischio per FA e FLA: da un lato grazie alla selezione operata dalla visita di idoneità medico-sportiva, dall'altro grazie ai benefici associati a un'attività fisica regolare.⁴⁴ Anche per tale motivo, il riscontro di una tachiaritmia in occasione di una visita medico-sportiva è da considerarsi un evento molto raro.

È altresì noto che un esercizio fisico intenso e protratto nel tempo può comportare adattamenti a livello cardiaco, con anche un possibile, ma controverso, effetto cardiotossico:⁴⁵ un possibile ruolo dell'attività sportiva nel favorire l'insorgenza di FA e FLA non va pertanto sottovalutato.

Nei casi sopra descritti, le indagini cliniche e strumentali non hanno identificato né una patologia organica né, a eccezione dell'atleta del caso n°6 (65 anni di età e affetto da ipertensione arteriosa), altri possibili fattori eziologici noti di FA e FLA. In base alle evidenze precedentemente menzionate, sono invece riconoscibili alcune caratteristiche che ci permettono di ipotizzare in tutti i casi un'associazione delle aritmie manifestate con l'attività sportiva svolta dagli atleti. Tutti hanno praticato sport, secondo la classificazione riportata nei protocolli COCIS,⁴⁶ a impegno cardiocircolatorio da medio a elevato, sebbene di differente tipologia. Gli sportivi dei casi n°4, 5 e 6, nel corso della loro vita si sono dedicati a una attività di endurance "pura" (podismo, ciclismo), mentre i rimanenti (casi n°1-3) hanno giocato a calcio per periodi di tempo differenti e a diversi livelli. Il calcio è considerato uno sport intermittente, con variabile andamento della FC, delle resistenze periferiche e della gittata cardiaca.⁴⁶ In questo sport è richiesto un alto dispendio energetico e per i giocatori di movimento è importante sostenere ripetutamente alti carichi di lavoro nel corso della partita, con alcune differenze a seconda dei ruoli.⁴⁷ Conseguentemente, anche l'allenamento deve prevedere frequenti sessioni di attività aerobica ad alta intensità e interval

with episodes of LAF and with at least 2 years of regular sports practice (at least 3 hours per week) during their lifetime; among them, more than 40% (14 subjects) had played football for a period of 22 years (± 12), presenting the first episode of AFib at the age of 36 (± 12). As far as our own series is concerned, these considerations also allow us to look at the practice of football, as well as pure endurance sports, as potentially in the frame as a factor for the development of episodes of AFib or AFlutter.

In addition, based on the sports history reported, for all 6 cases we can state that the total amount of sporting activity, including high intensity, exceeds most of the increased risk thresholds identified by some authors^{11-13,15} and reported in Table I.

With regard to the pathophysiological mechanisms predisposing to arrhythmia events, we have found some agreement with literature reports. In 3 athletes (cases #1, 2, 3), the basal ECGs or those recorded during the execution of a Holter monitor, highlighted typical aspects (marked bradycardia, atrioventricular dissociation, sinus pauses, high T waves), which can be traced back to a vagal hypertonia condition: it is plausible that this picture of the autonomic nervous system may have been acquired during the many years of sporting activity. Of these, cases #1 and #3 presented episodes of arrhythmia at rest; in case #1, the ECG Holter documented the episode of AFib at 11:40 am, while in athlete #3, the fibrillo-flutter episode documented by us was recorded at basal ECG pre-exercise during the sports medical fitness examination. According to this last athlete's history, the previous episodes of cardiopalms, one of which was attributed in A&E to paroxysmal AFib, had also been experienced at rest and never during exercise. For these two athletes, and for the athlete of case #6 (episode of atrial fibrillo-flutter documented at the 1st minute of recovery from exercise), we can define the arrhythmia episodes as vagal, namely induced by an imbalance of the nervous system towards greater parasympathetic activity. Vagal activity reduces the duration of the action potential and the effective refractory period and increases atrial dispersion of the stimulus,³³ favoring the formation of macro-reentry circuits and the propagation of arrhythmia; from an electrocardiographic point of view, this presents with a typical atrial fibrillo-flutter pattern.²⁵ According to Coumel,²⁵ episodes of "Vagal AFib" are more frequent in

training da condurre a una potenza metabolica superiore al massimo consumo di ossigeno (VO_{2max}).⁴⁷

Gli adattamenti cardiaci (dilatazione atriale) e neuro-autonomici (ipertonía vagale) comunemente osservati fra gli atleti di endurance, sono di frequente osservazione anche fra calciatori professionisti.³⁰ Mont et al.⁴⁸ hanno descritto una casistica di 32 soggetti con episodi di LAF e con almeno 2 anni di pratica sportiva regolare (almeno 3 ore alla settimana) nel corso della loro vita; fra questi, oltre il 40% (14 soggetti) ha giocato a calcio per una durata di 22 anni (± 12), presentando il primo episodio di FA a 36 anni (± 12). Per quel che riguarda la nostra casistica, queste considerazioni ci permettono di esaminare anche la pratica del calcio, al pari di sport di endurance "puri", come potenzialmente in discussione nel predisporre allo sviluppo di episodi di FA o FLA.

Inoltre, in base all'anamnesi sportiva raccolta, per tutti i 6 casi possiamo affermare che la quantità totale di attività sportiva, anche di intensità elevata, supera gran parte delle soglie di aumentato rischio identificate da alcuni Autori^{11-13,15} e riportate in Tabella I.

Anche per quanto riguarda i meccanismi fisiopatologici predisponenti agli eventi aritmici, abbiamo trovato delle concordanze con quanto riportato in letteratura. In 3 atleti (casi n°1, 2, 3), i tracciati elettrocardiografici basali o registrati durante l'esecuzione di ECG Holter, hanno evidenziato degli aspetti tipici (bradicardia marcata, dissociazione atrioventricolare, pause sinusali, onde T alte), riconducibili a una condizione di ipertono vagale: è plausibile che tale assetto del sistema nervoso autonomo possa essere stato acquisito durante i numerosi anni di pratica sportiva. Fra questi, i soggetti dei casi n°1 e n°3 hanno manifestato gli episodi aritmici in condizioni di riposo; nell'atleta del caso n°1, l'ECG Holter ha documentato l'episodio di FA alle ore 11:40 del mattino, mentre nell'atleta del caso n°3, l'episodio di fibrillo-flutter da noi documentato è stato registrato all'ECG basale pre-sforzo durante la visita di idoneità medico-sportiva. In base all'anamnesi raccolta, in quest'ultimo caso anche i precedenti episodi di cardiopalmo, dei quali uno è stato ricondotto in PS a un parossismo di FA, sarebbero stati avvertiti in condizioni di riposo e mai durante sforzo. Per questi due atleti, e per l'atleta del caso n°6 (episodio di fibrillo-flutter atriale documentato al 1° minuto di recupero dallo sforzo), possiamo definire gli episodi aritmici come vagali, ovvero indotti da uno sbilanciamento del sistema nervoso verso una maggiore

young people with a "healthy heart"; diversely, episodes of "adrenergic AFib" often occur instead of structural cardiac changes. In 70% of subjects enrolled in the GIRAFA Study,¹² LAF episodes were found to have a vagal origin (at least 80% of the times originating in sleep or after meals).

On the other hand, the former footballer of case #2 reported some episodes of PAF in anamnesis, describing them as having a "prevalent onset during sporting activity", which allows us to suppose that in this case adrenergic activation played a fundamental role in the induction of the arrhythmia events. Nevertheless, the episode of fibrillo-flutter that we were able to document in this subject occurred a few minutes after the beginning of the exercise test, starting from a condition of marked bradycardia (42 bpm): this mode of onset suggests a more complex proarrhythmic mechanism, based on a rapid shift from a vagal to an adrenergic predominance.⁴⁹

Although in a different way, adrenergic activation has also proved to be a proarrhythmic factor for the athlete in case #5, where we have documented numerous SVEBs (both at Holter monitoring and during MET) and an episode of AFib during physical exercise (at MET). Sympathetic activation leads to an increasing introduction of calcium into the cell and its release at the level of the sarcoplasmic reticulum; through various mechanisms, it can induce a greater activity of ectopic automaticity foci; these can act both as an arrhythmic trigger on a supportive substrate, and can promote the maintenance of the AFib through repeated, continuous activation.³³ This mechanism seems to be particularly suitable for explaining the numerous SVEBs and the PAF episode in case #5.

Upon finding an arrhythmia, an ECHO was performed at our Centre or elsewhere in all subjects of the cases we have described; this was fundamental in terms of sports fitness assessment, enabling us to exclude possible organic heart disease as a cause of AFib and Aflutter and ascertaining that structural findings were within normal limits (especially that atrial cavities were of normal dimensions). However, since there were no previous ultrasound data available, even though the use of such data for comparison purposes could be invalidated by the operator-dependent nature of the examination, we cannot rule out that even a certain degree of atrial remodeling, always in the context of a long, physiological

attività parasimpatica. L'attività vagale riduce la durata del potenziale d'azione e del periodo refrattario effettivo e aumenta la dispersione atriale dello stimolo,³³ favorendo la formazione di circuiti di macro-rientro e il propagarsi dell'aritmia; dal punto di vista elettrocardiografico questa si presenta con un pattern tipico di fibrillo-flutter atriale.²⁵ Secondo Coumel,²⁵ gli episodi di "FA vagali" sarebbero più frequenti in soggetti giovani con "cuore sano"; diversamente, gli episodi di "FA adrenergici" spesso si verificano in luogo di alterazioni strutturali cardiache. Nel 70% dei soggetti arruolati nello studio GIRAFA¹² è stata appurata un'origine vagale (con origine almeno per l'80% delle volte nel sonno o durante la fase post-prandiale) degli episodi di LAF.

Invece, l'ex-calciatore del caso n°2 riportava in anamnesi alcuni episodi di FAP descritti "a prevalente insorgenza durante l'attività sportiva", il che ci permette di supporre che in questo caso l'attivazione adrenergica abbia avuto un ruolo fondamentale nell'induzione degli eventi aritmici. Non di meno, l'episodio di fibrillo-flutter che abbiamo potuto documentare in questo soggetto si è verificato dopo pochi minuti dall'inizio della prova da sforzo, a partire da una condizione di marcata bradicardia (42 bpm): questa modalità di insorgenza ci fa pensare a un meccanismo proaritmico più complesso, basato su un rapido shift da una predominanza vagale a una adrenergica.⁴⁹

Seppur in maniera differente, l'attivazione adrenergica si è rivelata un fattore proaritmico anche per l'atleta del caso n°5, in cui abbiamo documentato numerosi BESV (sia all'ECG Holter che durante il TEM) e un episodio di FA durante lo sforzo fisico (al TEM). L'attivazione simpatica determina un crescente ingresso di calcio all'interno della cellula e il suo rilascio a livello del reticolo sarcoplasmatico e, attraverso vari meccanismi, può indurre una maggiore attività di focolai di automatismo ectopici; questi possono agire sia come trigger aritmico su un substrato favorente, sia promuovendo il mantenimento della FA tramite un'attivazione ripetuta e continuativa.³³ Tale meccanismo sembra essere particolarmente adatto nel spiegare i numerosi BESV e l'episodio di FAP nel caso n°5.

Dopo il riscontro dell'aritmia, per tutti i soggetti dei casi che abbiamo descritto è stato eseguito, presso il nostro Centro o altra Sede, un ECO, che è risultato fondamentale nei termini della valutazione di idoneità sportiva, permettendo di escludere possibili cardiopatie organiche cause di FA e FLA e accertando reperti strutturali nei limiti di normalità (in particolar modo normali dimen-

adaptation to sports practice and/or as a result of a condition of chronic systemic inflammation (as hypothesized by Swanson),⁵⁰ could have constituted the anatomical substrate favoring episodes of AFib and Aflutter.

With regard to the phenomenon of how arrhythmia episodes are triggered, under no circumstances, during the fitness examination or through readings of 24 hour Holter monitoring, were we able to identify the appearance of the "P on T waves" typical of SVEBs originating in the pulmonary veins.³⁷ However, in case #3, the EPS identified the role of these automaticity foci as initiators of AFib, indicating the subsequent procedure of cryoablation of pulmonary vein ostia. In addition to the already discussed case #5, increased activity of ectopic atrial foci (Holter observation) could still have acted as a trigger for arrhythmia in cases #1 and #2 also.

Classically confined to cases in which drug therapy has proved ineffective,⁵¹ the trans-catheter ablation procedure, performed in centers with the necessary experience, is now considered the front-line therapeutic option in selected groups of patients with paroxysmal AFib, in whom a curative effect is sought.⁷ Despite its great efficacy, this method is still an invasive procedure, with the possibility of rare but debilitating complications;⁵¹ therefore, its indication must be accompanied by careful analysis of risks and benefits, especially as a first therapeutic option in young people. This strategy was preferred in case #3, due to the repetitive and symptomatic character of the AFib episodes, the young age of the athlete and the fact that he was strongly motivated to resume competitive activity. By the same token, trans-catheter ablation could have been indicated in case #2, both as a first therapeutic option during his career as a footballer, and as a second line choice, considering his relapse following therapy with propafenone.

With regard to the pharmacological therapy used, the use of aspirin in case 2 and verapamil in case 5 is questionable. In fact, on the basis of the clinical profile of the former footballer of case #2, there are no conditions, according to the stratification of thromboembolic risk (CHA₂DS₂VASc score=0), indicating the application of antiaggregating prophylaxis.⁷ On the contrary, it should be stressed that the use of calcium-antagonists in AFib is reserved solely as a strategy for heart rate and not rhythm control.⁷ We assume that the ve-

sioni cavitare atriali). Tuttavia, non disponendo di dati ecografici precedenti, sebbene la confrontabilità di questi potrebbe essere inficiata dalla natura operatore-dipendente dell'esame, non possiamo escludere che anche un certo grado di rimodellamento atriale, sempre nel contesto di un lungo e fisiologico adattamento alla pratica sportiva e/o conseguente a una condizione di infiammazione sistemica cronica (come ipotizzato da Swanson),⁵⁰ abbiano potuto costituire il substrato anatomico favorente gli episodi di FA e FLA.

In merito al fenomeno d'innesco degli episodi aritmici, in nessun caso abbiamo potuto accertare, durante la visita di idoneità o altresì per mezzo dei report degli ECG Holter delle 24 ore portati in visione, l'aspetto elettrocardiografico di "onda P su T" tipico dei BESV con origine nelle vene polmonari.³⁷ Tuttavia, nell'atleta del caso n°3, il SEF ha accertato il ruolo di tali focolai di automatismo come iniziatori di FA, ponendo indicazione alla successiva procedura di crioablazione degli osti delle vene polmonari. Oltre al già discusso caso n°5, un'aumentata attività di focolai atriali ectopici (riscontrata all'ECG Holter) avrebbe comunque potuto agire da trigger aritmico anche nei casi n°1 e 2.

Classicamente riservata in caso di inefficacia della terapia farmacologica,⁵¹ la procedura di ablazione trans-catetere, eseguita in centri con esperienza, è oggi considerata l'opzione terapeutica di prima linea in selezionati gruppi di pazienti con FA parossistica, in cui viene ricercato un effetto curativo.⁷ Nonostante l'ottima efficacia, questa metodica rappresenta pur sempre una procedura invasiva, con la possibilità complicanze rare ma debilitanti;⁵¹ pertanto, la sua indicazione non può prescindere da un'attenta analisi dei rischi e dei benefici, specie come prima opzione terapeutica in soggetti giovani. Tale strategia è stata preferita nel caso n°3, per il carattere ripetitivo e sintomatico degli episodi di FA, per la giovane età dell'atleta e per la forte motivazione a voler riprendere l'attività agonistica. Allo stesso modo, nel caso n°2, l'ablazione trans-catetere avrebbe potuto trovare indicazione, sia come prima opzione terapeutica, ancora durante la carriera da calciatore, sia come scelta di seconda linea, in considerazione della recidiva in terapia con propafenone.

In merito alla terapia farmacologica impiegata, risulta discutibile l'utilizzo dell'aspirina nel caso n°2 e del verapamil nel caso n°5. Infatti, in base al profilo clinico dell'ex-calciatore del caso n°2, non risultano condizioni, secondo la stratificazione del rischio tromboembolico (CHA₂DS₂VASc score=0), indicative dell'utilizzo

rapamil indication in case #5, was adopted by interpreting the arrhythmia events as episodes of multifocal atrial tachycardia, an arrhythmia condition often associated with AFib and for which the use of the drug is justified both in the acute phase and as maintenance therapy.⁵² However, for the case in question, the effectiveness of the therapy supports the previously discussed pathophysiological mechanism for initiation of the arrhythmia.

In cases #1, 2, 3, 4 and 5, moreover, the absence of comorbidity, family history of similar phenomena and a heavy use of proarrhythmic substances (such as alcohol, coffee and tobacco) support the hypothesis of an association of the arrhythmias described with the many years of intense, continuous sporting practice. For the athlete of case #6, however, the additional risk factors for the development of AFib (elderly age and systemic arterial hypertension) could also have acted as a contributing cause.

After appropriate diagnostic and therapeutic procedures, a favorable opinion was given regarding competitive sports eligibility in the majority of cases.

Conclusions

AFib and AFlutter are rare in subjects undergoing a sports medical examination, and the onset of the paroxysmal episode during the examination itself is even rarer. In most of the cases examined, the absence of possible predisposing conditions and/or the presence of neuro autonomic characteristics already described by other Authors, allow us to hypothesize a link with the sporting activity practiced. Physical activity, especially when carried out regularly at mild to moderate intensity, plays a fundamental and notorious role in the prevention of many pathological conditions. Nevertheless, an increasing number of literature reports point to an increased risk of developing AFib and AFlutter in athletes engaged in long-term sports activities, conducted in a strenuous and continuous manner over the years. It is therefore essential for the sports physician to know what pathophysiological mechanisms underlie it and, if it emerges during the pre-participation screening, to consider the possibility of this association within the diagnostic-therapeutic process that will be undertaken.

di una profilassi antiaggregante.⁷ Bisogna invece sottolineare che l'utilizzo di calcio-antagonisti nella FA viene riservato unicamente come strategia di controllo della frequenza cardiaca e non del ritmo.⁷ Ipotizziamo che l'indicazione al verapamil, nel caso n°5, sia stata adottata interpretando gli eventi aritmici come episodi di tachicardia atriale multifocale, condizione aritmica spesso associata ad FA e per la quale l'utilizzo del farmaco è giustificata sia in fase acuta che come terapia di mantenimento.⁵² Comunque, per il caso in questione, l'efficacia della terapia supporta il meccanismo fisiopatologico precedentemente discusso di iniziazione dell'aritmia.

Nei casi n°1, 2, 3, 4 e 5, inoltre, l'assenza di comorbidità, di familiarità per fenomeni simili e di un uso consistente di sostanze proaritmogene (come alcool, caffè e tabacco), avvalorano l'ipotesi di un'associazione delle aritmie descritte con i numerosi anni di pratica sportiva intensa e continuativa. Per l'atleta del caso n°6, invece, gli ulteriori fattori di rischio per lo sviluppo di FA (età senile e ipertensione arteriosa sistemica) avrebbero anche potuto agire da concausa.

In merito all'idoneità medico-sportiva, dopo appropriato iter diagnostico-terapeutico, è stato emesso giudizio favorevole nella maggioranza dei casi.

Conclusioni

FA e FLA sono di raro riscontro in soggetti sottoposti a visita medico-sportiva, e ancor di più lo è l'insorgenza dell'episodio parossistico nel corso della visita stessa. Nella maggior parte dei casi esaminati, l'assenza di possibili condizioni predisponenti e/o la presenza di caratteristiche neuro-autonomiche già descritte da altri Autori, ci permettono di ipotizzare un nesso con l'attività sportiva praticata. L'attività fisica, specie se condotta regolarmente a intensità lieve-moderata, ha un ruolo fondamentale e condiviso nella prevenzione di molte condizioni patologiche. Nondimeno, un crescente numero di evidenze in letteratura riportano un aumentato rischio nello sviluppo di FA e FLA in atleti dediti ad attività sportive di lunga durata, condotte in maniera strenua e protratte continuativamente negli anni. Risulta pertanto fondamentale per il Medico specialista dello Sport conoscere i meccanismi fisiopatologici che ne sono alla base e, in caso di riscontro durante la visita di idoneità medico-sportiva, considerare la possibilità di tale associazione all'interno dell'iter diagnostico terapeutico che verrà intrapreso.

References/Bibliografia

- 1) Björck S, Palaszewski B, Friberg L, Bergfeldt L. Atrial fibrillation, stroke risk, and warfarin therapy revisited: a population-based study. *Stroke* 2013;44:3103-8.
- 2) Ball J, Carrington MJ, McMurray JJV, Stewart S. Atrial fibrillation: Profile and burden of an evolving epidemic in the 21st century. *Int. J. Cardiol.* 2013;167:1807-24.
- 3) Chugh SS, Havmoeller R, Narayanan K, Singh D, Rienstra M, Benjamin EJ, *et al.* Worldwide Epidemiology of Atrial Fibrillation: A Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation* 2014;129:837-47.
- 4) Zoni-Berisso M, Lercari F, Carazza T, Domenicucci S. Epidemiology of atrial fibrillation: European perspective. *Clin Epidemiol* 2014;6:213-20.
- 5) Granada J, Uribe W, Chyou PH, Maassen K, Vierkant R, Smith PN, *et al.* Incidence and predictors of atrial flutter in the general population. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:2242-6.
- 6) Halligan SC, Gersh BJ, Brown RD, Rosales AG, Munger TM, Shen WK, *et al.* The Natural History of Lone Atrial Flutter. *Ann Intern Med* 2004;140:265-8.
- 7) Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, Ahlsson A, Atar D, Casadei B, *et al.* 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Europace* 2016;18:1609-78.
- 8) Kirchhof P, Lip GYH, Van Gelder IC, Bax J, Hylek E, Kaab S, *et al.* Comprehensive risk reduction in patients with atrial fibrillation: Emerging diagnostic and therapeutic optionsa report from the 3rd Atrial Fibrillation Competence NETwork/European Heart Rhythm Association consensus conference. *Europace* 2012;14:8-27.
- 9) Wyse DG, Van Gelder IC, Ellinor PT, Go AS, Kalman JM, Narayan SM, *et al.* Lone atrial fibrillation: Does it exist? *J Am Coll Cardiol* 2014;63:1715-23.
- 10) Karjalainen J, Kujala UM, Kaprio J, Sarna S, Viitasalo M. Lone atrial fibrillation in vigorously exercising middle aged men: case-control study. *Br Med J* 1998;316:1784-5.
- 11) Elosua R, Arquer A, Mont L, Sambola A, Molina L, García-Morán E, *et al.* Sport practice and the risk of lone atrial fibrillation: A case-control study. *Int J Cardiol* 2006;108:332-7.
- 12) Mont L, Tamborero D, Elosua R, Molina I, Coll-Vinent B, Sitges M, *et al.* Physical activity, height, and left atrial size are independent risk factors for lone atrial fibrillation in middle-aged healthy individuals. *Europace* 2008;10:15-20.
- 13) Drca N, Wolk A, Jensen-Urstad M, Larsson SC. Atrial fibrillation is associated with different levels of physical activity levels at different ages in men. *Heart* 2014;100:1037-42.
- 14) Myrstad M, Nystad W, Graff-Iversen S, Thelle DS, Stigum H, Aarønæs M, *et al.* Effect of years of endurance exercise on risk of atrial fibrillation and atrial flutter. *Am J Cardiol* 2014;114:1229-33.
- 15) Calvo N, Ramos P, Montserrat S, Guasch E, Coll-Vinent B, Domenech M, *et al.* Emerging risk factors and the dose-response relationship between physical activity and lone atrial fibrillation: A prospective case-control study. *Europace* 2015;18:57-63.
- 16) Abdulla J, Nielsen JR. Is the risk of atrial fibrillation higher in athletes than in the general population? A systematic review and meta-analysis. *Europace* 2009;11:1156-9.
- 17) Sanchis-Gomar F, Perez-Quilis C, Lippi G, Cervellin G, Leischik R, Löllgen H, *et al.* Atrial fibrillation in highly trained endurance athletes - Description of a syndrome. *Int J Cardiol* 2017;226:11-20.
- 18) D'Ascenzi F, Cameli M, Ciccone MM, Maiello M, Modesti PA, Mondillo S, *et al.* The controversial relationship between exercise and atrial fibrillation: clinical studies and pathophysiological mechanisms. *J Cardiovasc Med* 2015;16:802-10.
- 19) Delise P, Sitta N, Berton G. Does long-lasting sports practice increase the risk of atrial fibrillation in healthy middle-aged men? Weak suggestions, no objective evidence. *J Cardiovasc Med* 2012;13:381-5.
- 20) Kwok CS, Anderson SG, Myint PK, Mamas MA, Loke YK. Physical activity and incidence of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol* 2014;177:467-76.
- 21) Mont L, Elosua R, Brugada J. Endurance sport practice as a risk factor for atrial fibrillation and atrial flutter. *Europace* 2009;11:11-7.
- 22) Calvo N, Brugada J, Sitges M, Mont L. Atrial fibrillation and atrial flutter in athletes. *Br J Sports Med* 2012;46(Suppl 1):i37-43.
- 23) Wernhart S, Halle M. Atrial fibrillation and long-term sports practice: epidemiology and mechanisms. *Clin Res Cardiol* 2015;104:369-79.
- 24) Elliott AD, Mahajan R, Lau DH, Sanders P. Atrial Fibrillation in Endurance Athletes: From Mechanism to Management. *Cardiol Clin* 2016;34:567-78.
- 25) Coumel P. Paroxysmal atrial fibrillation: a disorder of autonomic tone? *Eur Heart J* 1994;15(Suppl A): 9-16.
- 26) Wilhelm M. Atrial fibrillation in endurance athletes. *Eur J Prev Cardiol* 2014;21 1040-8.
- 27) Baggish AL, Wood MJ. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: Scientific and Clinical update. *Circulation* 2011;123:2723-35.
- 28) Pelliccia A, Maron BJ, Di Paolo FM, Biffi A, Quattrini FM, Pisicchio C, *et al.* Prevalence and clinical significance of left atrial remodeling in competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:690-6.
- 29) D'Ascenzi F, Cameli M, Padeletti M, Lisi M, Zacà V, Natali B, *et al.* Characterization of right atrial function and dimension in top-level athletes: a speckle tracking study. *Int J Cardiovasc Imaging* 2013;29:87-94.
- 30) Wilhelm M, Brem MH, Rost C, Klinghammer L, Hennig FF, Daniel WG, *et al.* Early repolarization, left ventricular diastolic function, and left atrial size in professional soccer players. *Am J Cardiol* 2010;106:569-74.
- 31) Wilhelm M, Roten L, Tanner H, Wilhelm I, Schmid JP, Saner H. Atrial remodeling, autonomic tone, and lifetime training hours in nonelite athletes. *Am J Cardiol* 2011;108:580-5.
- 32) Guasch E, Benito B, Qi X, Cifelli C, Naud P, Shi Y, *et al.* Atrial fibrillation promotion by endurance exercise: demonstration and mechanistic exploration in an animal model. *J Am Coll Cardiol* 2013;62:68-77.
- 33) Chen PS, Chen LS, Fishbein MC, Lin SF, Nattel S. Role of the Autonomic Nervous System in Atrial Fibrillation: Pathophysiology and Therapy. *Circ Res* 2014;114:1500-15.
- 34) Coumel P. Atrial fibrillation: one more sporting inconvenience? *Eur Heart J* 2002;23: 431-3.
- 35) Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, *et al.* Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation* 2002;105:2719-24.
- 36) Haïssaguerre M, Jaïs P, Shah DC, Takahashi A, Hocini M, Quiniou G, *et al.* Spontaneous Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating in the Pulmonary Veins. *N Engl J Med* 1998;339:659-66.
- 37) Bianchi G. Elementi di elettrocardiografia pratica in medicina dello sport, II. Rome: FMSI, 2017.
- 38) Schmitt C, Ndrepepa G, Weber S, Schmieder S, Weyerbrock S, Schneider M, *et al.* Batrial multisite mapping of atrial premature complexes triggering onset of atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 2002;89:1381-7.
- 39) Edwards JD, Wilkins RG. Atrial fibrillation precipitated by acute hypovolaemia. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1987;294:283-4.
- 40) Zipes DP, Link MS, Ackerman MJ, Kovacs RJ, Estes NM. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 9: Arrhythmias and Conduction Defects. *J Am Coll Cardiol* 2015;66:2412-23.
- 41) Delise P, Giada F, Inama G. Aritmie cardiache e condizioni cliniche potenzialmente aritmogene. *Med Sport* 2010;63:25-41.
- 42) Ministero della Sanità. Norme per la tutela sanitaria delle attività sportive agonistiche. *Gazz. Uff. della Repubblica*. 1982;63:1715-9.
- 43) Corrado D, Biffi A, Schiavon M. Lo screening cardiologico dell'atleta. *Med Sport* 2010;63:15-24.
- 44) Kesaniemi YK, Danforth E, Jensen MD, Kopelman PG, Lefebvre P, Reeder B a. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(Suppl 6):S351-8.
- 45) La Gerche A. The Potential Cardio-toxic Effects of Exercise. *Can J Cardiol* 2016;32:421-8.
- 46) Faina M, Veicsteinas A, Biffi A. Classificazione degli sport in relazione all'impegno cardiovascolare. *Med Sport* 2010;63:9-13.
- 47) Iaia MF, Rampinini E, Bangsbo J. High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform* 2009;4:291-306.
- 48) Mont L, Sambola A, Brugada J, Vacca M, Marrugat J, Elosua R, *et al.* Long-last-

ing sport practice and lone atrial fibrillation. Eur Heart J 2002;23:477-82.

49) Wen ZC, Chen SA, Tai CT, Huang JL, Chang MS. Role of autonomic tone in facilitating spontaneous onset of typical atrial flutter. J Am Coll Cardiol 1998;31:602-7.

50) Swanson DR. Atrial fibrillation in

athletes: Implicit literature-based connections suggest that overtraining and subsequent inflammation may be a contributory mechanism. Med Hypotheses 2006;66:1085-92.

51) Nault I, Miyazaki S, Forclaz A, Wright M, Jadidi A, Hai M, *et al.* Drugs vs. abla-

tion for the treatment of atrial fibrillation: the evidence supporting catheter ablation. Eur Heart J 2010;31:1046-54.

52) Levine LH, Michael JR, Guarnieri T. Treatment of multifocal atrial tachycardia with verapamil. N Engl J Med 1985;312:21-5.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: November 3, 2017. - Manuscript received: June 27, 2017.

MEDICAL AREA

Food elimination based on immunoglobulin G antibodies improves gastrointestinal discomfort symptoms and sport performance in professional athletes

L'eliminazione dei cibi in base agli anticorpi immunoglobuline G migliora i sintomi dei disturbi gastrointestinali e la prestazione sportiva negli atleti professionisti

Marija KOSTIC-VUCICEVIC ^{1*}, Danica MICHALICKOVA ², Nenad DIKIC ¹,
Tamara STOJIMENOVIC ¹, Marija ANDJELKOVIC ¹, Ivan NIKOLIC ¹,
Milica VUKASINOVIC-VESIC ¹, Tatjana MALIC ¹

¹Sports Medicine Association of Serbia, Belgrade, Serbia; ²Institute of Pharmacology, First Faculty of Medicine, Charles University, Prague, Czech Republic

*Corresponding author: Marija Kostic-Vucicevic, Sports Medicine Associations of Serbia, Palmoticeva 26, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: marijamkostic@yahoo.com

SUMMARY

BACKGROUND: Intensive and frequent physical activity causes increase of the gastrointestinal (GI) barrier permeability leading to food intolerance. The aim was to examine the impact of 3-month elimination diet on specific IgG antibodies level, GI discomfort intensity, body composition and sports performance of the athletes.

METHODS: 22 professional athletes participated in this longitudinal study: 12 males (mean age 25±7 years) and 10 females (mean age 25±4 years), were on a 3-month elimination diet based on the results of specific IgG food intolerance blood test. The Allergy Questionnaire for Athletes (AQUA) and Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS) questionnaires, specific IgG food intolerance blood test, basic medical examination and cardiopulmonary testing were assessed prior to and after the study.

RESULTS: AQUA scores were significantly lowered (P=0.0009). There was a trend to a significant reduction in total GSRS score (P=0.05) and a significant reduction of indigestion syndrome score (P=0.01). The level of the specific IgG antibodies was significantly decreased for all athletes and all foods they were intolerant to. Fat percent (FAT%) of the athletes decreased significantly (P=0.0008) without change in weight (P=0.06). Heart rate (HR) at the second (P=0.02) and the third (P=0.006) minute recovery phase was significantly lower. The flexibility of athletes significantly increased (P=0.001). The most important result is a significant reduction of the self-assessed indigestion syndrome. The decrease of the IgG antibody level points out that 3-month elimination diet decreased chronic inflammation of GI tract. The diet had a significant influence on athletes' body composition and it is indirect improvement of their sports performance. Reduction of the HR at the second and the third minute recovery phase is a direct improvement of sports performance.

CONCLUSIONS: Elimination diet based on IgG food intolerance leads to a significant improvement of GI discomfort symptoms and sports performance.

(Cite this article as: Kostic-Vucicevic M, Michalickova D, Dikic N, Stojmenovic T, Andjelkovic M, Nikolic I, et al. Food elimination based on immunoglobulin G antibodies improves gastrointestinal discomfort symptoms and sport performance in professional athletes. Med Sport 2017;70:480-94. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03102-7)

KEY WORDS: Diet - Athletes - Malabsorption syndromes - Survey and questionnaires.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: L'attività fisica intensa e frequente aumenta la permeabilità della barriera gastrointestinale (GI) causando l'intolleranza alimentare. Lo scopo dello studio era di valutare l'influenza della dieta di eliminazione, della durata di

tre mesi, sul livello degli anticorpi specifici IgG nel sangue degli atleti, sull'intensità dei disturbi gastrointestinali, sulla composizione corporea e sulle capacità sportive.

METODI: Ventidue atleti professionisti hanno partecipato a questo studio longitudinale (12 maschi — età media 25±7 anni — e 10 femmine — età media 25±4 anni) e sono stati sottoposti alla dieta di eliminazione per un periodo di tre mesi, basata sull'esame del sangue specifico per l'intolleranza alimentare IgG. All'inizio e alla fine dello studio, i partecipanti hanno compilato i questionari AQUA (Allergy Questionnaire for Athletes) e GSRS (Gastrointestinal Symptom Rating Scale) e sono stati sottoposti all'esame del sangue specifico per l'intolleranza alimentare IgG, all'esame medico e alla valutazione cardio-polmonare.

RISULTATI: Il punteggio AQUA è risultato significativamente ridotto ($P=0,0009$). Si è osservata una tendenza ad una riduzione significativa del punteggio totale GSRS ($P=0,05$) e del punteggio della sindrome di indigestione ($P=0,01$). Il livello degli anticorpi specifici IgG era notevolmente diminuito nel sangue di tutti gli atleti e per tutti gli alimenti a cui erano intolleranti. Il percentuale di grassi (FAT%) degli atleti è diminuito in modo significativo ($P=0,0008$) senza variazioni di peso corporeo ($P=0,06$). La frequenza cardiaca (HR) al secondo ($P=0,02$) e al terzo ($P=0,006$) minuto della fase di recupero del test cardio-polmonare era notevolmente più bassa. La flessibilità degli atleti è notevolmente aumentata ($P=0,001$). Il risultato più importante dello studio è la notevole riduzione della sindrome di indigestione valutato dagli atleti stessi. La riduzione del livello degli anticorpi IgG nel sangue degli atleti ha mostrato che la dieta di eliminazione ha comportato ad una diminuzione della infiammazione cronica del tratto gastrointestinale. La dieta ha avuto una importante influenza sulla composizione corporea degli atleti, il che rappresenta, in maniera indiretta, il miglioramento delle loro prestazioni sportive. La riduzione del HR al secondo e al terzo minuto della fase di recupero del test cardiopolmonare rappresenta il miglioramento delle prestazioni sportive.

CONCLUSIONI: La dieta di eliminazione basata sui risultati dell'esame del sangue specifico per l'intolleranza alimentare IgG riduce notevolmente i disturbi GI e migliora le prestazioni sportive degli atleti.

PAROLE CHIAVE: Dieta - Atleti - Intolleranze alimentari - Sondaggi e questionari.

Food intolerance is a subject of discussion within the scientific community, due to a huge amount of contradicting results obtained in clinical studies.¹⁻³ Different trials show that food intolerance is present in 2-20% of the world population.^{4,6} The prevalence is up to 80% in patients experiencing irritable bowel syndrome.⁴ Therefore, food intolerance appears to be a significant problem of modern humans and can be the cause of many health problems, such as chronic iron deficiency, chronic rhinitis, obesity, irritable bowel syndrome, eczema, hypertension, diabetes type II, migraine, chronic fatigue, malabsorption syndrome, hypothyroidism, depression, asthma.^{1, 7-16} Yet it is still difficult to be recognized.

Generally, the term of food intolerance is used to describe a list of health discomforts related to food consumption.¹⁷ Food intolerance of functional origin could be both toxic and non-toxic, thus the latter is related to microorganism toxins or natural food contaminants. Furthermore, non-toxic reactions are divided in immunologically and non-immunologically mediated reactions. Specifically, immunologic hypersensitivity reaction to some foods can include IgE antibodies (Type I) and can be non-IgE mediated (Type III).¹⁸

Type I is a typical hypersensitivity reaction with a quick onset and dramatic development. Destruction of IgE sensitized cells causes specific gastrointestinal (GI), cutaneous, respiratory and cardiovascular symptoms.¹ The type III hypersensitivity reaction is mediated by immune (IgG antibodies-food antigen) complexes formed in the gastrointestinal tract (GIT). The existence of

*L'*intolleranza alimentare è un tema dibattuto all'interno della comunità scientifica per i tanti risultati contraddittori ottenuti negli studi clinici.¹⁻³ Diversi studio mostrano che tale intolleranza è presente in una percentuale che varia dal 2% al 20% della popolazione mondiale.^{4,6} La prevalenza raggiunge l'80% nei pazienti che soffrono della sindrome del colon irritabile.⁴ Quindi, quello dell'intolleranza alimentare appare come un problema significativo per gli uomini moderni e può essere la causa di molti problemi di salute, come carenza cronica di ferro, rinite cronica, obesità, sindrome del colon irritabile, eczema, ipertensione, diabete di tipo II, emicrania, stanchezza cronica, sindrome da malassorbimento, ipotiroidismo, depressione e asma.^{1, 7-16} Tuttavia, è ancora difficile da riconoscere.

In generale, il termine intolleranza alimentare è utilizzato per descrivere una serie di disturbi legati all'assunzione dei cibi.¹⁷ Quella di origine funzionale può essere sia tossica che non tossica, nell'ultimo caso è legata a tossine dei microrganismi o a contaminanti naturali degli alimenti. Inoltre, le reazioni non tossiche si dividono in immunologicamente e non immunologicamente mediate. Nello specifico, la reazione di ipersensibilità immunologica ad alcuni cibi può includere anticorpi IgE (Tipo I) e può essere non-IgE mediata (Tipo III).¹⁸

Il Tipo I è una tipica reazione di ipersensibilità con una rapida insorgenza e un marcato sviluppo. La distruzione delle cellule IgE-sensibilizzate provocano specifici sintomi gastrointestinali (GI), cutanei, respiratori e cardiovascolari.¹ Il tipo III di reazione di ipersensibilità è mediata da immunocomplessi (anticorpi IgG-antigene alimentare) che

increased GI barrier permeability is necessary for this type of hypersensitivity. The formed immune complexes enter the blood circulation and can cause different symptoms depending on the tissue where they depose. There at the target tissue, immune complexes attract the phagocytes and release inflammatory mediators, leading to chronic inflammation development.² In addition, type III hypersensitivity reaction to food has been widely identified by popular diagnostic techniques measuring the presence of food-specific IgG antibodies in serum. Namely, it has been shown that IgG antibody serum level determined by the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) test is a useful indicator for adverse reactions to food and food hypersensitivity.¹⁹

On the other hand, it is known that moderately physical activity have positive effects on the immunity, such as increase of immune competence and reduction of the risk of infection compared to a sedentary lifestyle.²⁰ However, it is shown that very intensive and frequent physical activity, as in the case of professional athletes, can have negative effects on immunity.²¹ It appears that intensive exercise induces the reduction of blood flow and elevation of temperature in the GIT,²¹ resulting in disruption of tight junctions and increase of GI barrier permeability, bacterial translocation and systemic inflammation.²¹ This could be the reason of a greater susceptibility to food intolerance in the population of elite athletes.²²

For this study, we hypothesized that the 3-month elimination diet could:

- decrease the level of specific IgG antibodies in serum for all foods to which the athletes were intolerant;
- reduce GI discomfort intensity in athletes;
- improve the body composition and sport performance in athletes.

While there is an emerging amount of evidence of the elimination diet effectiveness in some chronic pathogenic conditions, the data in professional athletes remains to be scarce. The aim of this, to our knowledge, first clinical trial in professional athletes was to examine the impact of 3-month elimination diet based on specific IgG antibodies on level of specific IgG antibodies, GI discomfort intensity, body composition and sport performance in the athletes.

Materials and methods

This was an experimental longitudinal study conducted during the period from December

si formano nel tratto gastrointestinale (GIT). Per questo tipo di ipersensibilità è necessaria l'esistenza di un'aumentata permeabilità della barriera GI. Gli immunocomplessi formati entrano nella circolazione del sangue e possono causare diversi sintomi a seconda del tessuto su cui si depositano. Nel tessuto target, gli immunocomplessi attraggono i fagociti e rilasciano mediatori infiammatori conducendo allo sviluppo di un'inflammatione cronica.² Inoltre, la reazione di ipersensibilità ai cibi di tipo III è stata ampiamente rilevata tramite comuni tecniche diagnostiche volte alla valutazione della presenza di anticorpi IgG specifici per un alimento nel siero. In altre parole, è stato dimostrato che il livello nel siero di anticorpi IgG determinato attraverso il saggio immunoassorbente legato a un enzima (ELISA) è un utile indicatore di reazioni avverse al cibo e ipersensibilità agli alimenti.¹⁹

Dall'altro lato, è noto che una moderata attività fisica ha effetti positivi sull'immunità, come l'aumento della capacità immunitaria e la riduzione del rischio di infezioni, rispetto a uno stile di vita sedentario.²⁰ Tuttavia, è stato dimostrato che un'attività fisica intensa e frequente, come nel caso degli atleti professionisti, può avere effetti negativi sull'immunità.²¹ Sembra che un esercizio intenso comporti la riduzione del flusso sanguigno e l'aumento della temperatura nel GIT,²¹ determinando interruzione delle giunzioni strette e aumento della permeabilità della barriera GI, traslocazione batterica e infiammazione sistemica.²¹ Ciò potrebbe motivare una maggiore suscettibilità all'intolleranza alimentare nella popolazione degli atleti di élite.²²

Per questo studio, abbiamo ipotizzato che la dieta trimestrale con l'eliminazione di alcuni cibi potesse:

- ridurre il livello di anticorpi IgG specifici nel siero per tutti i cibi a cui gli atleti erano intolleranti;
- ridurre l'intensità dei disturbi GI negli atleti;
- migliorare la composizione corporea e la prestazione fisica degli atleti.

Anche se vi sono sempre più evidenze dell'efficacia della dieta di eliminazione in alcune condizioni patologiche croniche, i dati sugli atleti professionisti rimangono scarsi. Lo scopo di questo che ci risulta essere il primo studio clinico sugli atleti professionisti era quello di valutare l'impatto di una dieta di eliminazione di tre mesi basata sul livello di anticorpi IgG specifici, l'intensità dei disturbi GI, la composizione corporea e la prestazione fisica sugli atleti.

Materiali e metodi

Si è trattato di uno studio longitudinale sperimentale condotto da dicembre 2015 a maggio

2015 to May 2016. The athletes kept food diary and physical activity diary for a period of 3 days at baseline, before the new way of nutrition. They filled in the Allergy Questionnaire for Athletes (AQUA) and Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS) at baseline and at the end of the study. Each athlete had to follow individual elimination diet based on the results of a specific IgG food intolerance test. The data regarding specific IgG food intolerance blood test, basic medical examination and cardiopulmonary testing were collected prior to and after a 3-month elimination diet. During the study all athletes had a steady training and competition regime. The only exception of their routine was the new way of nutritional habits.

Participants

Twenty-two professional Caucasian athletes participated in this study: 12 males (aged 25 ± 7 years) and 10 females (aged 25 ± 4 years), non-smokers, with training >11 hours/week (considered for high training load).²³ Inclusion criteria were: score ≥ 5 on AQUA and score ≥ 5 on GSRS, presence of sensitivity to at least one of the most common foodstuffs (defined as IgG level towards any foodstuff ≥ 12.5 $\mu\text{g/mL}$). Exclusion criteria were: diagnosis of celiac disease, gluten-free or vegetarian diet, chronic diseases and a recent surgical intervention.

The participants of the study were training: kick box, taekwondo, tennis, bicycling, badminton, alpinism, kayak, triathlon, fencing, volleyball, karate, savate. They were the winners of the national or European and world championships in their categories and sport.

Ethics approval for the study was obtained from the Ethics committee of Sports medicine association of Serbia (SMAS). All the experimental procedures in the study followed the guidelines laid down in Declaration of Helsinki. The participants were informed about the study procedure, benefits and risks of the investigation prior to inclusion and before signing the informed consent.

Questionnaires

GSRS

GSRS questionnaire is a 15-item questionnaire for the purpose of gastrointestinal problems measurement.^{24, 25} The athletes were required to numerically rate their subjective

2016. Gli atleti hanno tenuto un diario alimentare e uno sull'attività fisica per tre giorni al basale, prima della nuova alimentazione. Al basale e alla fine dello studio, hanno compilato l'Allergy Questionnaire for Athletes (AQUA) e la Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS). Ogni atleta ha dovuto seguire una dieta di eliminazione individualizzata sulla base dei risultati di un test per le intolleranze alimentari mediate da IgG specifici. Prima e dopo una dieta di eliminazione di tre mesi, sono stati raccolti i dati riguardanti tale test effettuato sul sangue e si è proceduto a una visita medica di base e a un test cardiopolmonare. Durante lo studio, tutti gli atleti si sono allenati costantemente e hanno seguito una dieta da gara. L'unica eccezione alla loro routine erano le nuove abitudini alimentari.

Partecipanti

Allo studio hanno partecipato 22 atleti caucasici professionisti, 12 maschi (età 25 ± 7 anni) e 10 femmine (età 25 ± 4 anni), non fumatori, con un allenamento >11 ore a settimana (considerando un elevato carico di allenamento).²³ I criteri di inclusione erano: un punteggio ≥ 5 nel questionario AQUA e un punteggio ≥ 5 sulla scala GSRS, presenza di sensibilità ad almeno uno degli alimenti più comuni (definita come livello di IgG per qualsiasi alimento $\geq 12,5$ $\mu\text{g/mL}$). I criteri di esclusione erano: diagnosi di malattia celiaca, alimentazione vegetariana o senza glutine, malattie croniche e un recente intervento chirurgico.

I partecipanti allo studio si allenavano in: kick box, taekwondo, tennis, ciclismo, badminton, alpinismo, kayak, triathlon, scherma, pallavolo, karate e savate. Erano i vincitori dei campionati nazionali, europei o mondiali delle loro categorie e sport.

L'approvazione etica per lo studio è stata ottenuta dal Comitato etico dell'Associazione serba di medicina sportiva (SMAS). Tutte le procedure sperimentali hanno seguito le linee guida stabilite nella Dichiarazione di Helsinki. I partecipanti sono stati informati sul procedimento, i benefici e i rischi dello studio prima di essere inclusi e prima della firma del consenso informato.

Questionari

GSRS

Il questionario GSRS è composto da 15 item per la valutazione dei problemi gastrointestinali.^{24, 25} Gli atleti sono stati invitati a classificare dal punto di vista numerico i loro sintomi soggettivi su una

symptoms on a scale of 0 (no symptoms, or symptom occurs very rarely) to 3 (very high intensity and frequency of the symptom), in order to count the total GSRS score, abdominal pain score, reflux score, indigestion score, diarrhea score and constipation score. GSRS questionnaire was self-administered twice: before and at the end of the study.

AQUA

The AQUA is a questionnaire specifically designed for allergy symptoms measurement in athletes. It contains 25 questions scored from 1 to 5, according to their positive likelihood ratio. A total AQUA score ≥ 5 is considered to be a positive predictive value for allergy.²⁶

The athletes self-administered AQUA questionnaire at the beginning and at the end of the study.

Specific IgG food intolerance test 22

Blood samples for this test were taken from the antecubital vein, prior to the cardiopulmonary testing. The samples were collected twice: at the beginning and at the end of the study. Serum was separated by centrifugation at 3500xg for 10 minutes. IgG food intolerance test (R-Biopharm AG®, Specific IgG Foodscreen Prescreen 1) is an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the quantitative determination of specific IgG against food allergens in human serum. This test was used to check the presence of intolerance in athletes for the 22 most common foodstuffs in the nutrition: rice, gluten, cow's milk, sheep's milk/cheese, goat milk/cheese, chicken eggs, lobster, soy, peas/string bean, carrot, sweet pepper, tomatoes, pineapple, banana, orange, hazelnut, almond, yeast, honey, garlic, vanilla and chicken. Briefly, the test was performed on 96-well micro titer plates, which were coated with food allergens. Participants' sera, standard and control sera were pipetted into the corresponding wells and incubated at room temperature (RT) for 90 minutes. For the analysis of food allergen-specific IgG, the participants' sera were diluted 100 times. Unbound material was removed by washing with phosphate buffered saline (PBS). Subsequently, anti-human IgG antibodies conjugated with alkaline phosphatase were added and incubated at RT for 90 minutes. Any unbound conjugate was removed by washing with PBS. Finally, the substrate (p-nitrophenyl

scala da 0 (nessun sintomo o sintomi molto rari) a 3 (elevatissima intensità e frequenza del sintomo) per conteggiare il punteggio totale e i punteggi relativi a dolore addominale, reflusso, indigestione, diarrea e stitichezza. Il GSRS è stato autosomministrato due volte: prima dello studio e alla fine di questo.

AQUA

L'AQUA è un questionario appositamente concepito per la valutazione dei sintomi allergici negli atleti. Contiene 25 domande a cui si risponde assegnando un punteggio da 1 a 5, a seconda del rapporto di verosimiglianza positivo. Un punteggio totale ≥ 5 è considerato un valore predittivo positivo per allergia.²⁶

Gli atleti si sono autosomministrati il questionario AQUA all'inizio e alla fine dello studio.

Test per le intolleranze alimentari mediate da IgG specifici 22

I campioni di sangue sono stati prelevati dalla vena anticubitale prima del test cardiopolmonare. I campioni sono stati raccolti due volte: all'inizio e alla fine dello studio. Il siero è stato separato tramite centrifugazione a 3500xg per 10 minuti. Il test per le intolleranze alimentari mediate da IgG è un saggio immunoassorbente legato ad un enzima (ELISA) per la determinazione quantitativa di IgG specifici contro gli allergeni alimentari nel siero umano. Tale test è stato usato per verificare la presenza di intolleranza ai 22 cibi più comuni nella dieta degli atleti: riso, glutine, latte di mucca, latte/formaggio di pecora, latte/formaggio di capra, uova, aragosta, soia, piselli/fagiolini, carota, peperone, pomodoro, ananas, banana, arancia, nocciola, mandorla, lievito, miele, aglio, vaniglia e pollo. In breve, il test è stato eseguito su piastre per microtitolazione da 96 pozzetti ricoperte di allergeni alimentari. I sieri dei partecipanti, quelli standard e quelli di controllo sono stati pipettati nei pozzetti corrispondenti e incubati a temperatura ambiente (RT) per 90 minuti. Per l'analisi degli IgG allergene-specifici, i sieri dei partecipanti sono stati diluiti 100 volte. Il materiale non legato è stato rimosso eseguendo un lavaggio con soluzione salina tamponata con fosfato (PBS). Successivamente, sono stati aggiunti anticorpi IgG anti-umani coniugati con fosfatasi alcalina e incubati a RT per 90 minuti. Tutti i coniugati non legati sono stati rimossi tramite un lavaggio con PBS. Infine, è stato aggiunto il substrato (p-nitrofenilfosfato) ed è stata sviluppata la reazione per 30 minuti. L'assorbanza è stata misurata a 405 nm dopo la

phosphate) was added and the reaction was developed for 30 minutes. Absorbance was measured at 405 nm after deduction of the reference wavelength of 620/630 nm by using ELISA plate reader (Ascent 6-384 Suomi, MTX Lab Systems Inc., Vienna, VA, USA). The results of the test were divided into five groups according to IgG level: no sensitivity (0-7.5 µg/mL), low sensitivity (7.5-12.49 µg/mL), increased sensitivity (12.5-19.99 µg/mL), high sensitivity (20.0-49.99 µg/mL), extremely high sensitivity (≥ 50 µg/mL). The athletes were diagnosed with the food intolerance if the IgG level towards any foodstuff was ≥ 12.5 µg/mL.

Basic medical examination

Clinical check-up included anthropometric and body composition measurements, 12-lead ECG at rest, blood pressure at rest, dynamometer test and flexibility test. Body composition: body weight, Body Mass Index (BMI), body fat percentage (FAT%), and free fat mass (FFM) were measured by Tanita® scale BC-418MA. It was measured by bioimpedance method each time under the same conditions in the morning.²⁷

Flexibility test was performed by Sit-And-Reach Test, version from Eurofit test.²⁸ The athletes sat on the floor with feet straight out and their heels were on the box. Both knees were pressed down to the floor. Their hands were on top of each other, with palms facing downward and then they reached as far as they could towards their toes over the box. The distance from their toes to finger tips was measured in centimeters. The test was performed twice and the better was considered.

Cardiopulmonary testing

The cardiopulmonary exercise test was performed on a treadmill (H-P-COSMOS®). Prior to each test, CPET system was calibrated. The athletes were wearing a facemask and ECG device (Quarck® T 12x, Wireless 12-lead ECG). They were running maximal progressive test. Oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) was measured breath-by-breath using Quark CPET system (Cosmed®). Heart rate (HR) was observed by ECG device (COSMED® Wireless HR Monitor). All athletes have reached the following parameters: they reached 90% or more of predicted maximal heart rate (HR_{max}) for age and gender, a respiratory exchange ratio (RER) was greater than 1.05,

sottrazione della lunghezza d'onda di riferimento di 620/630 nm utilizzando il lettore delle piastre ELISA (Ascent 6-384 Suomi, MTX Lab Systems Inc., Vienna, VA, USA). I risultati del test sono stati divisi in cinque gruppi in base al livello di IgG: assenza di sensibilità (0-7,5 µg/ml), scarsa sensibilità (7,5-12,49 µg/ml), aumentata sensibilità (12,5-19,99 µg/ml), elevata sensibilità (20,0-49,99 µg/ml), elevatissima sensibilità (≥ 50 µg/ml). Agli atleti è stata diagnosticata un'intolleranza alimentare se il livello di IgG verso qualsiasi alimento era $\geq 12,5$ µg/ml.

Visita medica di base

Il check-up clinico ha incluso misurazioni antropometriche e della composizione corporea, ECG a 12 derivazioni a riposo, pressione arteriosa a riposo, test del dinamometro e test della flessibilità. Per quanto riguarda la composizione corporea, peso, Indice di massa corporea (IMC), percentuale di grasso nel corpo (FAT%) e massa libera da grasso (FFM) sono stati misurati tramite la scala Tanita® BC-418MA. La valutazione è avvenuta di mattina tramite il metodo della bioimpedenza, ogni volta con le stesse condizioni.²⁷

Per valutare la flessibilità è stato eseguito il test Sit-And-Reach, versione Eurofit.²⁸ Gli atleti sedevano sul pavimento con i piedi dritti e i talloni appoggiati al box. Entrambe le ginocchia venivano premute verso terra. Le mani erano una sopra l'altra, con i palmi rivolti verso il basso, e si avvicinavano quanto più potevano alle dita dei piedi appoggiate al box. La distanza tra le dita dei piedi e la punta delle dita delle mani è stata misurata in centimetri. Il test è stato eseguito due volte ed è stato considerato il risultato migliore.

Test cardiopolmonare

Il test da sforzo cardiopolmonare è stato effettuato su un tapis roulant (H-P-COSMOS®). Prima di ogni test, si è proceduto alla calibrazione del sistema CPET. Gli atleti indossavano una maschera per il viso e un dispositivo ECG (Quarck® T 12x, ECG wireless a 12 derivazioni) ed eseguivano un test progressivo massimale. L'uptake di ossigeno ($\dot{V}O_{2max}$) è stato misurato respiro dopo respiro tramite il sistema Quark CPET (Cosmed®). La frequenza cardiaca (HR) è stata osservata grazie al dispositivo ECG (cardiofrequenzimetro wireless COSMED®). Tutti gli atleti hanno raggiunto i seguenti parametri: 90% o più della frequenza cardiaca massima (HR_{max}) prevista per età e sesso, rapporto di scambio respiratorio (RER) superiore a 1,05, raggiungimento di un plateau da

oxygen uptake (VO_{2max}) achieved a plateau despite increased workload, and they reached volitional exhaustion. Cardiopulmonary test was conducted twice (at the beginning and at the end of the study).

Elimination diet

The athletes kept a food diary and physical activity diary for a period of 3 days at baseline, before the elimination diet. The diaries were referred to their typical 3 days, in terms of training regime and nutrition. Estimation of nutrient and energy intake (EI) was evaluated by an original nutritional software made by SMAS (based on EuroFIR food database for Serbia). Energy expenditure (EE) was calculated according to the values of basal metabolism (determined by Tanita® scale BC-418MA) and coefficients of approximate energy cost of different activities (calculated as average value of 3×24 h EE).²⁹

The results of the food diary indicated that the participants weren't in the balance between EI and EE (2621 ± 570 kcal vs. 3241 ± 746 kcal), and the intake of macro- and micronutrients was not according to recommended dietary allowances (RDA) (Table I).

Elimination diet was based on the results of IgG food intolerance blood test, specific physi-

parte dell'uptake di ossigeno (VO_{2max}) nonostante un carico di lavoro aumentato e raggiungimento dell'esaurimento volontario. Il test cardiopolmonare è stato condotto due volte (all'inizio e alla fine dello studio).

Dieta di eliminazione

Gli atleti hanno tenuto un diario alimentare e uno sull'attività fisica per tre giorni al basale, prima della dieta di eliminazione. I diari si riferivano a loro tipiche tre giornate in termini di regime di allenamento e alimentazione. La stima dei nutrienti e dell'apporto di energia (EI) è stata effettuata grazie a un software originale per la nutrizione sviluppato dalla SMAS (sulla base del database alimentare EuroFIR per la Serbia). Il consumo energetico (EE) è stato calcolato in base ai valori del metabolismo basale (determinati attraverso la scala Tanita® BC-418MA) e dei coefficienti di costo energetico approssimativo delle diverse attività (calcolati come valore medio di 3×24 h EE).²⁹

I risultati del diario alimentare indicavano che i partecipanti non presentavano un equilibrio tra EI e EE (2621 ± 570 kcal vs. 3241 ± 746 kcal) e l'assunzione di macro- e micronutrienti non era conforme agli apporti nutrizionali consigliati (RDA) (Tabella I).

La dieta di eliminazione è stata basata sui risultati del test sul sangue per le intolleranze alimentari mediate da IgG, su specifiche esigenze fisiche e sulle abitudini alimentari. La dieta individualizzata soddisfaceva l'equilibrio energetico (EI=EE, 3241 ± 746 kcal vs. 3241 ± 746 kcal), l'assunzione di carboidrati (55-60% dell'EI totale), grassi totali (fino al 30% dell'EI totale) e proteine (15% dell'EI totale). L'assunzione di micronutrienti proposta era conforme agli RDA. Ogni atleta ha dovuto rispettare un regime alimentare a seconda del suo consumo di energia, ma senza i cibi a cui era risultato intollerante. I partecipanti hanno seguito una dieta per tre mesi e l'evoluzione dei sintomi GI è stata monitorata dai ricercatori due volte a settimana, mentre il peso è stato controllato due volte al mese.

Analisi statistica

Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il software IBM SPSS v. 20.0. La normalità dei dati è stata verificata con il test di Shapiro-Wilk. Per controllare i cambiamenti dei dati durante lo studio ci si è serviti del t-test accoppiato o del test dei ranghi con segno di Wilcoxon per campioni appaiati. I risultati per le variabili normal-

TABLE I.—Macro- and micronutrient intake in the participants.

TABELLA I. — Assunzione di macro- e micronutrienti da parte dei partecipanti.

Nutrient	Intake (mean $\pm$ SD)
Water, mL	2076 $\pm$ 988
Proteins, %	19.7 $\pm$ 5.9
Carbohydrates, %	40.2 $\pm$ 12.1
Total fat, %	40.1 $\pm$ 9.3
Cholesterol, mg	326.3 $\pm$ 276.9
Dietary fibers, g	11.7 $\pm$ 5.8
Lactose, mg	278.4 $\pm$ 619.5
Beta-carotenoids, μ g	1358 $\pm$ 1703
Calcium, mg	1062 $\pm$ 797
Iodide, μ g	67.7 $\pm$ 59.5
Iron total, mg	68.9 $\pm$ 253.6
Selenium, μ g	1142 $\pm$ 3544
Sodium, mg	2688 $\pm$ 1699
Zinc, mg	8.57 $\pm$ 4.91
Magnesium, mg	353.7 $\pm$ 161.4
Vitamin A, μ g	2940 $\pm$ 8835
Vitamin E, mg	11.3 $\pm$ 6.9
Vitamin D, μ g	2.1 $\pm$ 2.4
Vitamin C, mg	83.0 $\pm$ 64.06
Vitamin K, μ g	33.2 $\pm$ 45.9

cal requirements and nutritional habits. The individual diet satisfied energy balance (EI=EE, 3241 ± 746 kcal vs. 3241 ± 746 kcal), intake of carbohydrates (55-60% of total EI), total fat (up to 30% of total EI) and proteins (15% of total EI). The proposed intake of micronutrients was according to RDA. Each athlete had to respect a dietary regimen according to his energy consumption, but without the foodstuffs which he was found to be intolerant to. The athletes were on a diet for 3 months and their progress in GI symptoms was monitored by researches twice per week, while their weight was checked twice per month.

Statistical analysis

Statistical analyses were performed with the IBM SPSS software v. 20.0. The data normality was checked by Shapiro-Wilk test. Paired *t*-test or Wilcoxon signed-rank test for paired samples were used for checking the changes of the data during the study. The results for normally distributed variables data are expressed as mean value and standard deviation. When distribution was not normal, medians and 95% confidence intervals (CI) are given. A *P* value <0.05 was considered statistically significant.

Results

GSRS and AQUA results

There was a trend to a significant change in total score for GSRS at the beginning and at the end of the study (*P*=0.05). A significant reduction of syndrome indigestion score was noted (0.5, 0.3 to 0.7 vs. 0.3, 0.08 to 0.52; median, 95% confidence interval, *P*=0.01).

AQUA scores lowered significantly after the diet (4.9, 3.7 to 6.1 vs. 3.1, 1.9 to 4.2, *P*=0.0009).

Analysis of specific IgG antibody levels

The level of specific IgG antibodies significantly decreased for all athletes and all foodstuffs they were intolerant to. The only exception was soy, where the level of IgG antibodies was not decreased substantially, but there was a large numeric difference (3.4, -0.8 to 7.6 vs. 2.1, -1.1 to 5.3 µg/mL) (Table II).

The biggest changes in level of IgG antibodies were observed for gluten (63.9, 42.2 to 85.5 vs. 25.8, 11.8 to 39.8 µg/mL, *P*=0.00001), cow's milk (105.6, 83.8 to 127.2 vs. 52.1, 28.3

mente distribuite sono espressi come valore medio e deviazione standard. Quando la distribuzione era non normale, sono stati forniti mediane e intervalli di confidenza (CI) al 95%. Un valore di *P* <0,05 è stato considerato statisticamente significativo.

Risultati

Risultati GSRS e AQUA

È stata osservata una tendenza a un significativo cambiamento nel punteggio totale del GSRS all'inizio e alla fine dello studio (*P*=0,05). Inoltre, è stata notata una significativa riduzione del punteggio relativo alla sindrome da indigestione (0,5, da 0,3 a 0,7 vs. 0,3, da 0,08 a 0,52; mediana, IC 95%, *P*=0,01).

I punteggi AQUA si sono significativamente ridotti dopo la dieta (4,9, da 3,7 a 6,1 vs. 3,1, da 1,9 a 4,2, *P*=0,0009).

Analisi dei livelli di anticorpi IgG specifici

Il livello degli anticorpi IgG specifici è significativamente diminuito in tutti gli atleti e per tutti i cibi a cui erano intolleranti. L'unica eccezione è stata rappresentata dalla soia, dove tale livello non è sceso in maniera sostanziale, ma è stata notata un'ampia differenza numerica (3,4, da -0,8 a 7,6 vs. 2,1, da -1,1 a 5,3 µg/ml) (Tabella II).

I più grandi cambiamenti nel livello degli anticorpi IgG sono stati osservati per glutine (63,9, da 42,2 a 85,5 vs. 25,8, da 11,8 a 39,8 µg/ml, *P*=0,00001), latte di mucca (105,6, da 83,8 a 127,2 vs. 52,1, da 28,3 a 75,9 µg/ml, *P*=0,0009), uova (102,0, da 66,7 a 137,3 vs. 41,3, da 20,04 a 62,56 µg/ml, *P*=0,0001), ananas (19,7, da -6,6 a 46,0 vs. 6,6, da -0,02 a 13,22 µg/ml, *P*=0,004) e vaniglia (82,9, da 42,6 a 123,2 vs. 43,8, da 9,9 a 77,7 µg/ml, *P*=0,00001) (Figura 1).

Visita medica di base

L'analisi statistica non ha mostrato differenze in HR a riposo (*P*=0,07), pressione sistolica (TAs) a riposo (*P*=0,2) e pressione diastolica (TAd) a riposo (*P*=0,1). Questi risultati erano attesi e si presentavano come outcome secondari dello studio.

Durante lo studio non è stato notato alcun cambiamento significativo nella forza muscolare totale (*P*=0,1).

L'analisi statistica ha rivelato che la flessibilità degli atleti è significativamente aumentata (11,1, da 7,3 a 14,9 vs. 15,9, da 12,3 a 19,5 cm, *P*=0,001) alla fine dello studio.

TABLE II.—Number of intolerant athletes and IgG level at baseline and at the end of the study.

TABELLA II. — Numero di atleti intolleranti e livello di IgG al basale e alla fine dello studio.

Foodstuff	Baseline		End of study	
	N. intolerant athletes	IgG level	N. intolerant athletes	IgG level
Rice	2	4.5 (1.1 to 7.9)	1	2.4 (0.5 to 4.3)*
Gluten	21	63.9 (42.2 to 85.5)	19	25.8 (11.8 to 39.8)*
Cow's milk	17	105.6 (83.8 to 127.2)	16	52.1 (28.3 to 75.9)*
Sheep's milk/cheese	11	18.2±7.5	8	12.6±6.9*
Goat milk/cheese	13	17.1 (9.9 to 24.3)	9	11.7 (6.3 to 17.1)*
Chicken eggs	19	102.0 (66.7 to 137.3)	17	41.3 (20.04 to 62.56)*
Lobster	0	—	0	—
Soy	1	3.4 (-0.8 to 7.6)	1	2.1 (-1.1 to 5.3)
Peas/string bean	5	7.0 (3.1 to 10.9)	0	4.2 (1.9 to 6.5)*
Carrot	2	5.1 (-0.1 to 10.3)	0	1.9 (-0.2 to 3.9)*
Sweet pepper	4	9.9 (-0.1 to 19.8)	2	4.4 (0.3 to 8.5)*
Tomatoes	2	4.7 (-0.7 to 10.1)	1	2.3 (-0.7 to 5.3)*
Pineapple	6	19.7 (-6.6 to 46.0)	3	6.6 (-0.02 to 13.22)*
Banana	1	3.3±9.1	2	2.9±6.5*
Orange	3	4.5 (-0.6 to 9.6)	0	2.1 (0.1 to 4.1)*
Hazelnut	10	25.3 (3.6 to 47.0)	7	19.1 (0.04 to 38.16)*
Almond	8	28.0 (2.5 to 53.5)	5	16.0 (0.01 to 31.9)*
Yeast	2	9.0 (-2.8 to 20.8)	1	5.4 (-1.1 to 11.9)*
Honey	9	10.8 (6.8 to 14.8)	1	5.1 (2.9 to 7.3)*
Garlic	13	21.5 (10.7 to 32.3)	6	13.5 (4.6 to 22.4)*
Vanilla	17	82.9 (42.6 to 123.2)	9	43.8 (9.9 to 77.7)*
Chicken	1	1.9±5.6	0	0.9±2.7*

Data are expressed as mean±SD or as median (95% CI).

*Statistically significant difference ($P \leq 0.05$) by paired *t*-test or Wilcoxon signed-rank test.

to 75.9 $\mu\text{g/mL}$, $P=0.0009$), chicken eggs (102.0, 66.7 to 137.3 *vs.* 41.3, 20.04 to 62.56 $\mu\text{g/mL}$, $P=0.0001$), pineapple (19.7, -6.6 to 46.0 *vs.* 6.6, -0.02 to 13.22 $\mu\text{g/mL}$, $P=0.004$) and vanilla (82.9, 42.6 to 123.2 *vs.* 43.8, 9.9 to 77.7 $\mu\text{g/mL}$, $P=0.00001$) (Figure 1).

Basic medical examination

Statistical analysis showed no difference in HR at rest ($P=0.07$), systolic blood pressure (TAs) at rest ($P=0.2$), diastolic blood pressure (TAd) at rest ($P=0.1$). These results were expected and were secondary outcomes of the study.

There was no significant change in the total muscular strength along the study ($P=0.1$).

Statistical analysis showed that flexibility of athletes significantly increased (11.1, 7.3 to 14.9 *vs.* 15.9, 12.3 to 19.5 cm, $P=0.001$) at the end of study.

Body composition

Fat percent (FAT%) of the athletes decreased significantly (14.9, 11.7 to 18.1 *vs.* 13.2, 9.6 to 16.7%, $P=0.0008$) without significant difference

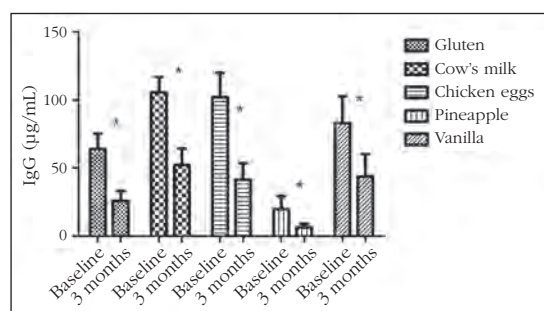


Figure 1.—The difference in IgG level for some foodstuffs at baseline and at the end of the study.

* $P \leq 0.05$.

Figura 1. — La differenza nel livello di IgG per alcuni cibi al basale e alla fine dello studio.

* $P \leq 0,05$.

Composizione corporea

La percentuale di grasso (FAT%) nel corpo degli atleti si è ridotta significativamente (14,9%, da 11,7% a 18,1% *vs.* 13,2%, da 9,6% a 16,7%, $P=0,0008$) senza essere accompagnata da una significativa differenza di peso (68,3±12,5 *vs.* 67,8±12,2 kg; $P=0,06$) (Figura 2).

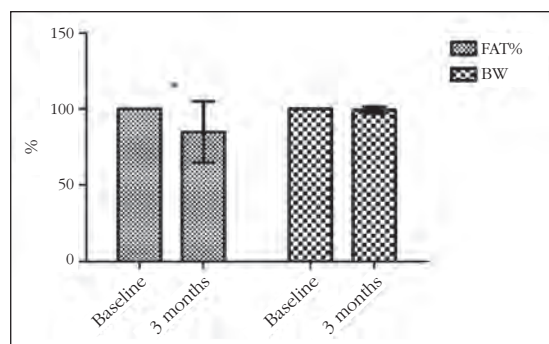


Figure 2.—The athletes' body composition at baseline and at the end of the study.

BW: body weight reported as percentage. * $P=0.0008$.

Figura 2. — La composizione corporea degli atleti al basale e alla fine dello studio.

BW: peso corporeo riportato come percentuale. * $P=0.0008$.

of weight (68.3 ± 12.5 vs. 67.8 ± 12.2 kg; $P=0.06$) (Figure 2).

Cardiopulmonary testing

VO_{2max} did not significantly change from baseline (ranged from 42.3 to 75.8 mL/kg/min) to the end of the study (from 44.3 to 78.1 mL/kg/min) ($P=0.3$). There were no significant changes in HR maximal ($P=0.6$), duration of the test ($P=0.2$), TAs maximal at the end of test ($P=0.2$), as well as in TAd maximal ($P=0.4$) along the study.

HR at the second (136.7 ± 12.6 vs. 132.2 ± 12.5 bpm, $P=0.02$) and the third (124.1 , 119.5 to 128.7 vs. 119.8 , 115.2 to 124.4 bpm, $P=0.006$) minute recovery phase was significantly lowered (Figure 3).

Discussion

The positive effect of food elimination based on IgG antibodies was previously observed in migraine, irritable bowel syndrome, depressive disorders and other conditions.^{1, 7-16} However, it seems this is the first study to examine the effects of food elimination diet based on IgG antibodies on sport performance and GI symptoms in professional athletes. GI dysfunction is reported to be common (15-30%) among endurance athletes³⁰ and it can be connected with food intolerance.²² Specifically, the most important result of the study was a significant reduction of the self-assessed indigestion syndrome. In other words, the athletes experienced less borborygmus, abdominal distension, eructation

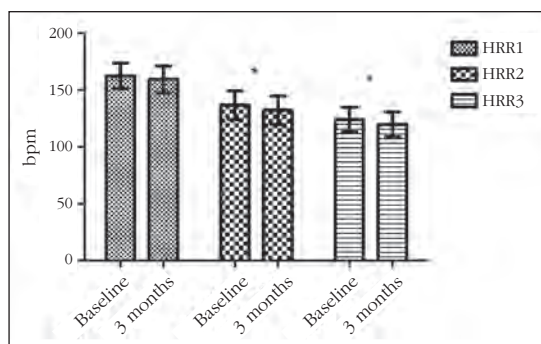


Figure 3.—Heart rate recovery (HRR) at the first 3 minutes' baseline and at the end of the study.

* $P \leq 0.05$.

Figura 3. — Recupero della frequenza cardiaca (HRR) nei primi tre minuti al basale e alla fine dello studio.

* $P \leq 0.05$.

Test cardiopolmonare

Non sono stati osservati cambiamenti significativi nel VO_{2max} dal basale (dove oscillava tra 42,3 e 75,8 mL/kg/min) alla fine dello studio (da 44,3 a 78,1 mL/kg/min) ($P=0.3$). Durante lo studio, non si è assistito a cambiamenti significativi in: HR massima ($P=0.6$), durata del test ($P=0.2$), TAs massima alla fine del test ($P=0.2$) e TAd massima ($P=0.4$).

L'HR al secondo ($136,7 \pm 12,6$ vs. $132,2 \pm 12,5$ battiti al minuto, $P=0.02$) e al terzo ($124,1$, da $119,5$ a $128,7$ vs. $119,8$, da $115,2$ a $124,4$ battiti al minuto, $P=0.006$) minuto della fase di recupero si è significativamente ridotta (Figura 3).

Discussione

L'effetto positivo della dieta di eliminazione in base agli anticorpi IgG è stato precedentemente osservato in emicrania, sindrome del colon irritabile, disturbi depressivi e altre condizioni.^{1, 7-16} Tuttavia, sembra che questo sia il primo studio ad aver esaminato gli effetti di tale dieta basata sugli anticorpi IgG sulla prestazione sportiva e i sintomi GI negli atleti professionisti. La disfunzione gastrointestinale viene segnalata come comune (15-30%) negli atleti di endurance³⁰ e può essere collegata all'intolleranza alimentare.²² Nello specifico, il risultato più importante dello studio è stata una significativa riduzione della sindrome da indigestione autovalutata. In altre parole, gli atleti hanno assistito a una diminuzione di borborigmi, distensione addominale, eruttazione e flatulenza in seguito alla nuova dieta. Inoltre, è stata osservata una tendenza a una significativa riduzione del punteggio totale nella GSRS. Infatti, i dati clinici e

and flatus reduction, due to the new diet inclusion. There was a trend to a significant reduction in total score for GSRS, too. Indeed, clinical and case-report data regarding gluten-free diet (GFD) adherence in athletes diagnosed with celiac disease report reducing of symptoms, such as abdominal bloating and fatigue.³¹

In 2015, Lis *et al.* ascertained that gluten-free diet had no overall effect on performance, GI symptoms and well-being in non-celiac endurance athletes.³² These results could be due to a very short period of the elimination diet, lasted for only 7 days, and a small number of participants. The optimal duration of the diet is 6 months. However, our findings are in accordance with the previous studies, showing the period of 3 months is long enough to observe the first improvement.⁹⁻¹⁴

Conversely to results of above mentioned study, a large survey in professional athletes showed that gluten removal from the diet was thought to be linked to alleviation of abdominal bloating, gas and diarrhea in 80.7% of the interviewed population.³² These beliefs were mainly subjective and were not confirmed by physician examinations. Yet this population keeps on avoiding certain foods, despite the lack of positive clinical evidences. In our study 21 athletes were intolerant to gluten, and only one athlete was not. According to this, maybe high presence of GFD in athletes is justifiable. However, this is highly speculative, since this study included a relatively small number of athletes. Interestingly, above mentioned survey among professional athletes showed their high adherence to GFD due to the belief of the body composition and the exercise performance improvement, too.³⁰ Saying it with professor Maughan, "If they [the athletes] said it helped, then it helps." In any case, it is reported that only 5-10% of the general population may benefit medically from a gluten-free diet.³³

The data from this study indicates that adherence to gluten-free diet only might not be enough for the GI problems improvement, but an individualized approach based on a quantitative analysis of food sensitivity should be included. These laboratory tests seem to be controversial and were reported to reflect only a history of exposure to a certain nutrient. In other words, the serum level of food-specific IgG antibodies may also be elevated in healthy individuals and depends on many factors, such as sex, region, age and presence of some GIT diseases. We do not agree on this because all

i case report sull'adesione a una dieta priva di glutine (GFD) da parte degli atleti celiaci segnalano una riduzione dei sintomi, come gonfiore addominale e affaticamento.³¹

Nel 2015, Lis et al. hanno accertato che una dieta priva di glutine non ha avuto effetti generali su prestazione, sintomi GI e benessere degli atleti di endurance non celiaci.³² Tali risultati potrebbero essere dovuti a un periodo molto breve di dieta di eliminazione, della durata di soli sette giorni, e a un ridotto numero di partecipanti. La durata ottimale della dieta è sei mesi. Tuttavia, i nostri risultati sono in linea con quelli degli studi precedenti, indicando che tre mesi sono abbastanza per osservare il primo miglioramento.⁹⁻¹⁴

In contrasto con i risultati dello studio sopra menzionato, un'ampia indagine che ha coinvolto atleti professionisti ha mostrato che l'eliminazione del glutine dalla dieta era considerata legata al sollievo di gonfiore addominale, gas e diarrea nell'80,7% della popolazione intervistata.³² Queste convinzioni erano principalmente soggettive e non sono state confermate dai medici con esami. Eppure, questa popolazione continua a evitare certi cibi, nonostante la mancanza di evidenze cliniche positive. Nel nostro studio, 21 atleti erano intolleranti al glutine e solo uno non lo era. In base a ciò, forse l'elevata presenza di GFD negli atleti è giustificabile. Tuttavia, è una questione altamente speculativa, poiché lo studio ha incluso un numero relativamente ridotto di atleti. Cosa interessante, l'indagine sugli atleti professionisti citata sopra ha rivelato che l'elevata adesione a una GFD era dovuta anche alla convinzione di un miglioramento della composizione corporea e della prestazione.³⁰ Per dirla con le parole del Professor Maughan, "Se [gli atleti] hanno dichiarato che è stata di aiuto, allora è così." In ogni caso, si segnala che solo il 5-10% della popolazione generale può beneficiare dal punto di vista medico di una dieta priva di glutine.³³

I dati del presente studio indicano che l'adesione a una dieta senza glutine potrebbe non bastare per migliorare i problemi GI, ma andrebbe incluso un approccio individualizzato basato su un'analisi quantitativa della sensibilità agli alimenti. Questi test di laboratorio sembrano essere controversi e riflettono solo una storia di esposizione a una data sostanza nutritiva. In altre parole, il livello nel siero di anticorpi IgG alimento-specifici può essere elevato anche in individui sani e dipende da molti fattori, tra cui sesso, regione di provenienza, età e presenza di alcune malattie GI. Noi non siamo d'accordo perché tutti gli atleti che hanno partecipato al nostro studio presentavano sintomi di disturbi gastrointestinali che sono mi-

athletes participated in our study had GI discomfort symptoms which decreased after the elimination diet. Here we suggest that food elimination based on IgG antibodies level in serum could be a part of such an individual approach.

There is high prevalence of allergic diseases and sensitization in the athletes.²⁶ Nevertheless, laboratory diagnosis tests are not included in sport medical examination. The allergic symptoms (measured by AQUA) were reduced in our study. The participants of this study have high susceptibility to food intolerance and other allergens, and the elimination of specific food allergens might have affected their general immunity.

The decrease of the IgG antibody level toward all the foodstuffs was observed, as we anticipated. That fact points out that 3-month elimination diet decreased chronic inflammation of GIT.²¹ Namely, that is a direct confirmation that diet based on IgG food intolerance, specifically for each athlete, had a lot of benefit for them.

It is known that the proper nutrition is very important for sports performance.^{34, 35} We show that diet had a significant influence on athletes' body composition. FAT% decreased significantly, without a significant change of weight. Strictly speaking, it means that the individual diet was precisely planned, with careful dosing of micro- and macronutrients, as well as daily energetic consumption of the all athletes. It is one of the most important benefits for the participants in this study. Lower fat percentage in the body is one of the predispositions for increasing aerobic capacity, higher speed and agility in the sports field.^{36, 37} This can be read as an indirect improvement in the performance of the professional athletes participated in the present study.

No significant increment was observed in VO_{2max} . This could be due to the small size of the examinee group, and/or to the relatively short period of elimination diet.

The post-exercise heart rate recovery (HRR) is a very important factor that indicates the sympathetic-vagal balance.³⁸ There are many studies showing a huge importance of rapid lowering HRR for athletes and their performances.^{38, 39} Also it is known that HRR depends on the age and level of training.³⁹⁻⁴¹ In this study HRR at the second (HRR_2) and HRR at the third minute (HRR_3) significantly lowered after inclusion of 3-month elimination diet. That is the direct im-

proved after the diet of elimination. Qui suggeriamo che l'eliminazione di cibi in base al livello degli anticorpi IgG nel siero potrebbe essere parte di tale approccio individualizzato.

Negli atleti vi è un'elevata prevalenza di malattie allergiche e sensibilità.²⁶ Ciò nonostante, gli esami di laboratorio non rientrano nella visita medica sportiva. I sintomi allergici (misurati tramite AQUA) si sono ridotti nello studio. I partecipanti presentavano un'elevata suscettibilità a intolleranza alimentare e altri allergeni e l'eliminazione di specifici allergeni alimentari potrebbe aver influito sulla loro immunità generale.

Come anticipato, abbiamo osservato la riduzione del livello degli anticorpi IgG verso tutti gli alimenti. Ciò indica che la dieta di eliminazione di tre mesi ha ridotto l'infiammazione cronica del tratto gastrointestinale.²¹ Vale a dire, questa è una conferma diretta che una dieta basata sulle intolleranze alimentari mediate dagli anticorpi IgG, specifica per ogni atleta, presentava molti benefici per i soggetti.

È noto che un'appropriata alimentazione è molto importante per la prestazione sportiva.^{34, 35} Abbiamo mostrato che la dieta ha avuto una significativa influenza sulla composizione corporea degli atleti. La FAT% si è ridotta significativamente, senza essere accompagnata da un significativo cambiamento di peso. In senso stretto, ciò significa che la dieta individuale è stata pianificata accuratamente, con un attento dosaggio di micro- e macronutrienti, nonché del consumo energetico giornaliero di tutti gli atleti. Si è trattato di uno dei più importanti benefici per i partecipanti allo studio. Una minore percentuale di grasso nel corpo è uno dei fattori che predispongono all'aumento della capacità aerobica e a una maggiore velocità e agilità sul campo.^{36, 37} Questo può essere interpretato come un miglioramento indiretto nella prestazione degli atleti professionisti che hanno partecipato al presente studio.

Non è stato osservato alcun incremento significativo nel VO_{2max} . Ciò può essere dovuto alla ridotta dimensione del gruppo esaminato e/o al periodo relativamente breve della dieta di eliminazione.

Il recupero della frequenza cardiaca (HRR) dopo sforzo è un fattore molto importante indicativo dell'equilibrio simpato-vagale.³⁸ Molti studi mostrano una grande importanza del rapido abbassamento dell'HRR per gli atleti e le loro prestazioni.^{38, 39} Inoltre, è noto che l'HRR dipende da età e livello di allenamento.³⁹⁻⁴¹ In questo studio, l'HRR al secondo (HRR_2) e al terzo minuto (HRR_3) è significativamente calato dopo l'inclusione della dieta di eliminazione trimestrale. È questo il miglioramento diretto della prestazione sportiva. Il

provement of sport performance. This result could be explained by a better physical status of the athletes, due to the proper nutrition, without foodstuffs they were intolerant to.

There are a lot of studies that examine different type of training for increasing flexibility.⁴²⁻⁴⁵ On the other hand, there are not any studies examining the specific diet on flexibility. The flexibility in athletes significantly increased in our study, probably due to a significant reduction of fat percentage and GI symptoms after elimination diet inclusion. It is clear that the athletes with GI symptoms (abdomen distension) cannot achieve the maximum in this test. Especially, if it is known that sit and reach test measures lower back and hamstring flexibility.²⁸

The limitation of the current study is a small group of examinees, as previously said. But the participants were the winners of the national or European and world championships in their categories and sport. The other weakness of the study could be heterogeneity of the athletes group, with respect to different sports they were training. Nonetheless, the aim of the study was to include only the elite athletes with high training loads, meaning over 11 hours of training per week.²³ On the other hand, it could be advantage of the study, considering their often competitions in Serbia and abroad, as well as difficulties in monitoring them for a period of 3 months. This study did not have a control group, and it is, for sure, another limitation. However, the present examination is a pilot study and the first of that kind. For that reason, future trials should include a parallel group design.

As previously said, this is apparently the first study to examine the effects of the elimination diet based on IgG antibodies on sport performance and athletes' GIT symptoms. Therefore, sport physicians might take food intolerance into consideration as a part of routine access in nutrition counseling, especially when solving GI problems. We believe that this is worthy of further research.

Conclusions

In the conclusions we would like to point out that the proper nutrition is one of the crucial factors for athlete's success at the competitions. The results of the current study show that elimination diet based on IgG food intolerance leads to a significant improvement of GI discomfort

risultato potrebbe essere spiegato da una migliore condizione fisica degli atleti a seguito di una corretta alimentazione, senza i cibi a cui erano intolleranti.

Molti studi esaminano diversi tipi di allenamento per migliorare la flessibilità.⁴²⁻⁴⁵ Invece, non esistono ricerche sugli effetti della dieta specifica sulla flessibilità.⁴²⁻⁴⁵ Nel nostro studio, la flessibilità negli atleti è aumentata significativamente, probabilmente grazie a una significativa riduzione della percentuale di grasso e dei sintomi GI dopo la dieta di eliminazione. È chiaro che gli atleti con sintomi GI (distensione addominale) non possono ottenere il massimo nel test, soprattutto se si sa che il test sit and reach misura la flessibilità della zona lombare e del tendine del ginocchio.²⁸

Come detto precedentemente, il limite del presente studio è la ridotta dimensione del gruppo esaminato. Ma i partecipanti erano i vincitori dei campionati nazionali, europei o mondiali nelle loro categorie e sport. L'altro punto debole potrebbe essere stato l'eterogeneità degli atleti per ciò che riguarda i diversi sport per cui si allenavano. Tuttavia, lo scopo dello studio era includere solo gli atleti di élite con elevati carichi di allenamento, ossia 11 ore a settimana.²³ D'altra parte, potrebbe essere un vantaggio dello studio stesso, considerando le loro frequenti competizioni in Serbia e all'estero e le difficoltà nel monitorarli per un periodo di tre mesi. Il presente studio non aveva un gruppo di controllo, e questo sicuramente è un altro limite. Tuttavia, si tratta di uno studio pilota ed è stato il primo del suo genere. Per questo motivo, i futuri trial dovrebbero includere anche un gruppo parallelo.

Come affermato in precedenza, apparentemente è il primo studio ad aver esaminato gli effetti della dieta di eliminazione basata sugli anticorpi IgG sulla prestazione sportiva e i sintomi GI degli atleti. Quindi, i medici dello sport dovrebbero considerare le intolleranze alimentari come parte di un accesso routinario al counseling in ambito nutrizionale, soprattutto quando devono risolvere problemi GI. Riteniamo che ciò meriti ulteriori ricerche.

Conclusioni

Nelle conclusioni, vorremmo evidenziare che la corretta alimentazione è uno dei fattori cruciali per il successo dell'atleta nelle competizioni. I risultati del presente studio mostrano che la dieta di eliminazione basata sulle intolleranze alimentari mediate da IgG conduce a un significativo miglioramento dei sintomi legati ai disturbi GI e

symptoms and sport performance. Sport physicians might take food intolerance into consideration when solving GI problems, in order to raise sport performance and achieve better results in the competitions.

della prestazione sportiva. I medici dello sport potrebbero tenere in considerazione le intolleranze alimentari quando devono risolvere problemi GI, per aumentare la prestazione sportiva e ottenere migliori risultati nelle competizioni.

References/Bibliografia

- 1) Pasha I, Saeed F, Sultan MT, Batool R, Aziz M, Ahmed W. Wheat allergy & intolerance; Recent updates and perspectives. Crit Rev Food Sci Nutr 2016;56:13-24.
- 2) Vandenplas Y. Debates in allergy medicine: food intolerance does exist. World Allergy Organization Journal 2015;8:36.
- 3) Dreborg S. Debates in allergy medicine: food intolerance does not exist. World Allergy Organization Journal 2015;8:37.
- 4) Lomer MC. Review article: the etiology, diagnosis, mechanisms and clinical evidence for food intolerance. Aliment Pharmacol Ther 2015;41:262-75.
- 5) Canani RB, Pezzella V, Amoroso A, Cozzolino T, Di Scala C, Passariello A. Diagnosing and Treating Intolerance to Carbohydrates in Children. Nutrients 2016;8:157.
- 6) Nelson M, Ogden J. An exploration of food intolerance in the primary care setting: The general practitioner's experience. Soc Sci Med 2008;67:1038-45.
- 7) Ahmad A, Mohanty P, Ghanim H, Abdo T, Tripathy D, Chaudhuri A, et al. Increase in intranuclear nuclear factor B and decrease in inhibitor B in mononuclear cells after a mixed meal: evidence for a proinflammatory effect. Am J Clin Nutr 2004;79:682-90.
- 8) Wilders-Truschning M, Mangge H, Lieners C, Gruber HJ, Mayer C, März W. IgG antibodies against food antigens are correlated with inflammation and intima-media thickness in obese juveniles. Exp Clin Endocrinol Diabet 2008;116:241-5.
- 9) Kalliomäki MA. Food allergy and irritable bowel syndrome. Curr Opin Gastroenterol 2005;21:708-11.
- 10) Atkinson W, Sheldon TA, Shaath N, Whorwell PJ. Food elimination based on IgG antibodies in irritable bowel syndrome: a randomised controlled trial. Gut 2004;53:1459-64.
- 11) Bentz S, Hausmann M, Paul S, Falk W, Obermeier F, Schölmerich G, et al. Clinical relevance of IgG antibodies against food antigen in Crohn's Disease - A double blind cross over diet intervention study. Digestion 2010;81:252-64.
- 12) Arroyave Hernandez, CM, Echevarria Pinto, M, Hernandez Montiel, HL. Food allergy mediated by IgG antibodies associated with migraine in adults. Rev Alerg Mex 2007;54:162-8.
- 13) Pascual J, Oterino A. IgG-mediated allergy: a new mechanism for migraine attacks? Cephalgia 2010.
- 14) Alpay K, Ertas M, Orhan EK, Ustay DK, Lieners C, Baykan B. Diet restriction in migraine, based on IgG against foods: a clinical double-blind, randomized, cross-over trial. Cephalgia. January 2010;30:777-9.
- 15) Aydinlar EI, Dikmen PY, Tiftikci A, Saruc M, Aksu M, Gunsoy HG, et al. IgG-based elimination diet in migraine plus irritable bowel syndrome. Headache 2013;53:514-25.
- 16) Karakula-Juchnowicz H, Szachta P, Opolska A, Morylowska-Topolska J, Gałęcka M, Juchnowicz D, et al. The role of IgG hypersensitivity in the pathogenesis and therapy of depressive disorders. Nutr Neurosci 2017;20:110-8.
- 17) Zopf Y, Baenkler HW, Silbermann A, Hahn EG, Raithel M. The differential diagnosis of food intolerance. Dtsch Arztebl Int 2009;106:359-69.
- 18) Stiefel GA, Roberts GR. How to use serum-specific IgE measurements in diagnosing and monitoring food allergy. BMJ: Arch Dis Child Educ Pract Ed 2012;97:29-36.
- 19) Volpi N, Maccari F. Serum IgG responses to food antigens in the Italian population evaluated by highly sensitive and specific ELISA test. Journal of Immunoassay and Immunochemistry 2008;30:51-69.
- 20) Karsten K, Frank-Christoph M, Christian P. The immunomodulatory effects of physical activity. Curr Pharm Des 2016;22:3730-48.
- 21) West NP, Pyne DB, Peake JM, Cripps AW. Probiotics, immunity and exercise. Exerc Immunol Rev 2009;15:107-26.
- 22) Lambert GP. Intestinal barrier dysfunction, endotoxemia, and gastrointestinal symptoms: the 'canary in the coal mine' during exercise-heat stress? Med Sport Sci 2008;53:61-73.
- 23) Gleeson M, Bishop N, Oliveira M, Tauler P. Influence of training load on upper respiratory tract infection incidence and antigen-stimulated cytokine production. Scand J Med Sci Sports 2013;23:451-7.
- 24) Van Wijck K, Lenaerts K, Van Loon LJ, Peters WH, Buurman WA, Dejong CH. Exercise-induced splanchnic hypoperfusion results in gut dysfunction in healthy men. PLoS One 2011;6:e22366.
- 25) Dimenas E, Glise H, Hallerback B, Hernqvist H, Svedlund J, Wiklund I. Well-being and gastrointestinal symptoms among patients referred to endoscopy owing to suspected duodenal ulcer. Scand J Gastroenterol 1995;30:1046-52.
- 26) Bonini M, Braidò F, Baiardini I, Del Giacco S, Gramiccioni C, Manara M, et al. AQUA: Allergy Questionnaire for Athletes. Development and validation. Med Sci Sports Exerc 2009;41:1034-41.
- 27) Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, et al. Bioelectrical impedance analysis - part II: utilization in clinical practice. Clin Nutr, 2004;23:1430-53.
- 28) Council of Europe, Committee for Development of Sport. Eurofit: Handbook for the European Test of Physical Fitness; 1988.
- 29) Gerrior SH, WenYen J, Basiotis P. An Easy Approach to Calculating Estimated Energy Requirements. Prev Chronic Dis 2006;3:A129.
- 30) Lis D, Stellingwerff T, Shing C, Kiran DK, Ahuja W, Fell J. Exploring the Popularity, Experiences, and Beliefs Surrounding Gluten-Free Diets in Nonceliac Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2015;25:37-45.
- 31) Black KE, Skidmore P, Brown RC. Case study: nutritional strategies of a cyclist with celiac disease during an ultraendurance race. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2012;22:304-31.
- 32) Lis D, Stellingwerff T, Kitic CM, Ahuja KD, Fell J. No Effects of a Short-Term Gluten-free Diet on Performance in Nonceliac Athletes. Med Sci Sports Exerc 2015;47:2563-70.
- 33) Hadjivassiliou M, Sanders DS, Grunewald RA, Woodroffe N, Boscolo S, Aeschlimann D. Gluten sensitivity: from gut to brain. Lancet Neurol 2009;9:318-30.
- 34) Mitchell N, Hewitt EC, Jayakody S, Islam M, Adamson J, Watt I, et al. Randomised controlled trial of food elimination diet based on IgG antibodies for the prevention of migraine like headaches. Nutr J 2011;10:85.
- 35) Hansen M, Bangsbo J, Jensen J, Krause-Jensen M, Bibby M, Sollie O, et al. Protein intake during training sessions has no effect on performance and recovery during a strenuous training camp for elite cyclists. J Int Soc Sports Nutr 2016;13:9.
- 36) Ubago-Guisado E, Martinez-Rodriguez A, Gallardo L, Sánchez-Sánchez J. Bone mass in girls according to their BMI, VO2 max, hours and years of practice. Eur J Sport Sci 2016;6:1-11.
- 37) Malina RM. Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. Clin Sports Med 2007;26:37-68.
- 38) Suzic Lazić J, Dekleva M, Soldatovic I, Leischik R, Suzic S, Radovanovic D, et al. Heart rate recovery in elite athletes: the impact of age and exercise capacity. Clin Physiol Funct Imaging 2017;37:117-23.
- 39) Barak O, Ovcin Z, Jakovljevic DJ, Lozanov-Crvenkovic Z, Brodie D, Grujic N. Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. J Sports Sci Med 2011;10:369-75.
- 40) Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. Med Sci Sports Exerc 2016;48:543-68.
- 41) Schmitt L, Regnard J, Desmarests M, Many F, Moutot L, Fouillot P, et al. Fatigue Shifts and Scatters Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes. PLoS One 2013;8:e71588.
- 42) Cochrane DJ, Stannard SR. Acute whole-body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. Brit J Sport Med 2005;39:860-5.
- 43) George D, Vasilis K, Vasilis M, Giorgos P. Acute effect of whole-body vibra-

tion combined with stretching on bridge performance in artistic gymnasts. *J Biol Exer* 2012;8:47-57.

44) Despina T, George D, George T, Sotiris P, Alessandra DC, George K, *et al.*

Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts. *Hum Movement Sci* 2014;33:149-58.

45) Dallas G, Kirialanis P. The effect of two different conditions of whole-body vibration on flexibility and jumping performance on artistic gymnasts. *Sci Gymnastics J* 2013;5:67-77.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Congresses.—This manuscript was presented at the 34th World Congress of Sports Medicine, which was held on September 30th, 2016.

Acknowledgments.—The authors would like to thank the Analiza biochemical laboratory, in Belgrade, Serbia for generously supporting this study and providing laboratory analysis.

Manuscript accepted: November 3, 2017. - Manuscript received: March 20, 2017.

MEDICAL AREA

Evaluation of the antioxidant effects of lycopene supplementation in athletes by high performance liquid chromatography

Valutazione degli effetti antiossidanti dell'integrazione di licopene negli atleti tramite cromatografia liquida ad alta prestazione

Qiuping ZHANG ¹, Jianheng ZHENG ^{1,2}, Jun QIU ¹, Xiahong WU ¹, Yangshuo XU ¹, Mengwei SUN ^{1*}

¹Key Laboratory of State General Administration of Sport, Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai, China; ²Key Laboratory of Public Health Safety, Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Public Health, Fudan University, Shanghai, China

*Corresponding author: Mengwei Sun, No. 87, Wuxing Road, Xuhui District, Shanghai 200030, China.
E-mail: sunmengwei@gmail.com

SUMMARY

BACKGROUND: the study was aimed to evaluate the antioxidant effect of lycopene supplementation in athletes by determining the concentration level of malondialdehyde (MDA) in plasma by high performance liquid chromatography (HPLC) for the first time.

METHODS: In this study, 14 female athletes were recruited and randomly divided into control and treated group. The treated group was administered with lycopene capsule continuously for 30 days during one period with high intensity of training, while the control group was administered with placebo instead. The plasma levels of MDA before and after the administration were detected by an HPLC method.

RESULTS: The lycopene can significantly reduce the rise of MDA level in the treated group when compared to that in control group (4.91 ± 0.31 vs. $5.78 \pm 0.65 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $P < 0.01$).

CONCLUSIONS: Lycopene supplementation has antioxidant effect in professional athletes.

(Cite this article as: Zhang Q, Zheng J, Qiu J, Wu X, Xu Y, Sun M. Evaluation of the antioxidant effects of lycopene supplementation in athletes by high performance liquid chromatography. Med Sport 2017;70:495-502. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03056-3)

KEY WORDS: Malondialdehyde - Lycopene - Athletes - Chromatography, high pressure liquid - Oxidative stress.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Lo studio mirava a valutare l'effetto antiossidante dell'integrazione di licopene negli atleti determinando il livello di concentrazione di malondialdeide (MDA) nel plasma tramite cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) eseguita per la prima volta.

METODI: Per il presente studio sono state reclutate 14 atlete e divise casualmente in gruppo di controllo e gruppo trattato. Il secondo ha ricevuto una capsula di licopene per 30 giorni durante un periodo di allenamento ad alta intensità, mentre al gruppo di controllo è stato somministrato un placebo. I livelli di MDA nel plasma prima e dopo la somministrazione sono stati rilevati tramite il metodo HPLC.

RISULTATI: Il licopene era in grado di ridurre significativamente l'aumento del livello di MDA nel gruppo trattato quando comparato a quello nel gruppo di controllo ($4,91 \pm 0,31$ vs. $5,78 \pm 0,65 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $P < 0,01$).

CONCLUSIONI: L'integrazione di licopene ha un effetto antiossidante sugli atleti professionisti.

PAROLE CHIAVE: Malondialdeide - Licopene - Atleti - Cromatografia, liquido ad alta pressione - Stress ossidativo.

It is well-known that under oxidative stress, polyunsaturated fatty acid (PUFA) of cell membrane can be attacked by free radicals

È ben noto che in condizioni di stress ossidativo, gli acidi grassi polinsaturi (PUFA) della membrana cellulare possono essere attaccati da

to form lipid hydroperoxides. These lipid hydroperoxides would readily decompose to a number of aldehydes, including malondialdehyde (MDA) and 4-hydroxynonenal (HNE) which showed high reactivity of cross-link with DNA and proteins.¹ These series of reactions in the body named lipid peroxidation (LPO) reaction. Excessive LPO might further lead to extensive cytotoxicity and genotoxicity.²⁻⁴ Among all the metabolites of LPO, MDA as the most abundant and stable aldehyde, was usually chosen as the reliable biomarker of oxidative stress.

It is now well established that acute exercise promotes free radicals, which will accelerate the LPO reaction and increase the chances of injury for athletes.⁵ Hence, to improve the health of athletes and reduce the chances of injury for athletes, it's very necessary to find some suitable sport supplements, by which the LPO reaction could be efficiently reduced. In this study, lycopene was selected as an ideal candidate due to the fact it was reported to be one of the most potent antioxidants, with a singlet-oxygen-quenching ability twice as high as that of β -carotene and ten times higher than that of α -tocopherol.⁶ Furthermore, to evaluate the efficacy of lycopene in athletes, one robust and efficient HPLC method was developed to study the MDA level in the blood sample of the recruited female athletes. In addition, the HPLC method was further compared with the conventional enzyme-linked immunoassay (ELISA) method.

Materials and methods

Subjects

Fourteen professional female players from Shanghai Women's Field Hockey Team were randomly divided into two groups: the treated group (N.=7) and the control group (N.=7). All the subjects were not taking any other supplements or drugs one month before or during the experiment, and were asked to avoid tomato products in diet. They were all healthy and non-smokers, with a mean age of 18.92 ± 2.23 y, mean height of 170.75 ± 5.89 cm and mean weight of 60.70 ± 7.22 kg. Informed consent was obtained from each subject and the protocol was approved by the Research Ethics Committee of Shanghai Research Institute of Sports Science.

Lycopene source

The lycopene source was purchased from Xinjiang Hongfan Biotechnology Beijing Co., Ltd. in

radicali liberi per formare idroperossidi lipidici. Essi si disintegrerebbero prontamente in una serie di aldeidi, tra cui malondialdeide (MDA) e 4-idrossinonenale (HNE), che hanno mostrato un'elevata reattività di legame incrociato con DNA e proteine.¹ Tali serie di reazioni nel corpo prendono il nome di reazione di perossidazione lipidica (LPO). Un'eccessiva LPO potrebbe ulteriormente condurre a un'ampia citotossicità e genotossicità.²⁻⁴ Tra tutti i metaboliti di LPO, la MDA veniva generalmente scelta come il biomarcatore affidabile di stress ossidativo in quanto si trattava dell'aldeide più abbondante e stabile.

Ora è radicato il fatto che l'esercizio fisico acuto promuove i radicali liberi, che accelerano la reazione di LPO e aumentano le possibilità di infortunio per gli atleti.⁵ Quindi, per migliorare la loro salute e ridurre le probabilità di infortunio, è assolutamente necessario trovare integratori sportivi adatti, tramite i quali ridurre efficientemente la reazione di LPO. In questo studio, è stato scelto il licopene come candidato ideale poiché è stato segnalato come uno dei più potenti antiossidanti, con una capacità di quenching dell'ossigeno singoletto doppia rispetto a quella del β -carotene e dieci volte superiore a quella dell' α -tocoferolo.⁶ Inoltre, per valutare l'efficacia del licopene negli atleti è stato sviluppato un solido ed efficiente metodo HPLC per studiare il livello di MDA nel campione di sangue delle atlete reclutate. Il metodo HPLC è stato poi comparato con quello tradizionale del saggio immunoenzimatico (ELISA).

Materiali e metodi

Soggetti

Quattordici giocatrici professioniste della Squadra femminile di hockey su prato di Shanghai sono state divise a caso in due gruppi: quello trattato (N.=7) e quello placebo (N.=7). Nessuna delle partecipanti aveva assunto altri integratori o farmaci nel mese precedente o durante l'esperimento; inoltre, è stato loro chiesto di evitare prodotti a base di pomodoro nella dieta. Tutte erano in salute e non fumatrici, con un'età media di $18,92 \pm 2,23$ anni, un'altezza media di $170,75 \pm 5,89$ e un peso medio di $60,70 \pm 7,22$ kg. Ognuna ha firmato un consenso informato e il protocollo è stato approvato dal Comitato etico per la ricerca dello Shanghai Research Institute of Sports Science.

Fonte di licopene

La fonte di licopene è stata acquistata da Hongfan Biotechnology Beijing Co., Ltd. sotto forma di

gelatin capsule type. The capsule was consisting of 1.4% lycopene, which was 14 mg·g⁻¹ capsule.

Administration method

The experiment period was designed for one month (30 d). On the first morning of the experiment (d 1), all the subjects were asked to enter the laboratory after overnight fasting for the first venous blood collection. Then the subjects were provided with lycopene capsules or placebos. The treated group consumed four lycopene capsules per day (which was equivalent to an intake of lycopene as 28 mg·d⁻¹) for 30 days, and the control group with the same amount of placebos. This dosage was selected according to the recommendations from previous dietary intervention studies⁶⁻⁸ and further reference to the ADI value of lycopene established by European Food Safety Authority (EFSA).⁹ During the experiment, all the subjects went into winter training with large amount of daily training (5 h of intensive training per day and 5.5 training days per week on average). Blood samples were collected again at the end (d 31) of the experiment. The MDA levels in blood samples were detected by HPLC.

Sample collection

Venous blood samples were collected from fasting subjects into vacuum tubes containing heparin as anticoagulant. The blood was immediately centrifuged at 2500 g for 15 min and the plasma (the supernatant liquid) was fractionated and aliquoted into cryovials, and stored at -80 °C until analysis.

Preparation of standard curve

The MDA standard stock solution (10 mM) was prepared by acid hydrolysis of 23.9 µl 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP) in 10 mL of 1% sulfuric acid for 2 h at room temperature. This solution was further diluted with water to 100 µM to be used as working standard solution. The calibration standards were prepared in 100 µl of plasma spiked with MDA series standard solution to achieve final blood concentrations of 1.0, 2.5, 5.0, 10.0, 20.0 and 40.0 µM, respectively. Another 100 µl of plasma was spiked with equivalent amount of 0.0 µM MDA to provide a baseline.

Sample preparation

A 100 µL human plasma (or standard) and 25 µL of 3 M NaOH were added into an Ep-

capsula gelatinosa. Nella capsula da 14 mg·g⁻¹ era presente l'1,4% di lycopene.

Metodo di somministrazione

L'esperimento è stato concepito per durare un mese (30 gg.). La prima mattina (g. 1), tutti i soggetti sono stati invitati a recarsi in laboratorio dopo un digiuno notturno per il prelievo del primo campione di sangue venoso. Poi, hanno ricevuto capsule di lycopene o placebo. Il gruppo trattato ha assunto quattro capsule al giorno (equivalenti a un'assunzione di lycopene di 28 mg·g⁻¹) per 30 giorni, l'altro ha assunto lo stesso quantitativo di placebo. Tale dosaggio è stato scelto seguendo le raccomandazioni di precedenti studi interventistici sull'alimentazione⁶⁻⁸ e facendo un ulteriore riferimento al valore ADI di lycopene stabilito dall'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA).⁹ Durante l'esperimento, tutte le partecipanti erano sotto allenamento invernale, che prevedeva molto allenamento giornaliero (5 ore di allenamento intensivo al giorno per una media di 5,5 giorni a settimana). I campioni di sangue sono stati raccolti nuovamente alla fine dell'esperimento (g. 31). I livelli di MDA nei campioni sono stati rilevati tramite HPLC.

Raccolta dei campioni

Il sangue venoso prelevato dai soggetti a digiuno è stato raccolto in provette sottovuoto contenenti eparina come anticoagulante. Il sangue è stato immediatamente centrifugato a 2500 g per 15 minuti e il plasma (il liquido supernatante) è stato frazionato e aliquotato in cryovial e conservato a -80°C fino al momento dell'analisi.

Preparazione della curva standard

La soluzione madre standard di MDA (10 mM) è stata preparata tramite idrolisi acida di 23,9 µl di 1,1,3,3-tetraetossipropano (TEP) in 10 mL di acido solforico 1% per due ore a temperatura ambiente. Tale soluzione è stata ulteriormente diluita con acqua a 100 µM per essere utilizzata come soluzione standard di lavoro. Gli standard di calibrazione sono stati preparati in 100 µl di plasma a cui è stata aggiunta la soluzione standard di MDA per raggiungere concentrazioni finali nel sangue rispettivamente di 1,0, 2,5, 5,0, 10,0, 20,0 e 40,0 µM. Ad altri 100 µl di plasma è stato aggiunto lo stesso quantitativo di MDA 0,0 µM per fornire un basale.

Preparazione dei campioni

100 µl di plasma umano (o standard) e 25 µl di 3 M di NaOH sono stati aggiunti a una provetta

pendorf tube. The tube was capped, vortexed and placed in a 60 °C water bath for 60 min. After alkaline hydrolysis, 1 mL of 0.05 M H₂SO₄ solution and 0.5 mL of 20% w/v trichloroacetic acid (TCA) solution were added. The tube was vortexed and centrifuged at 12,000 rpm for 10 min. Then 1 mL of the supernatant layer was removed into a fresh tube, and 0.5 mL of 0.355% w/v 2-Thiobarbituric acid (TBA) solution was added. The tube was vortexed and then heated in a 90 °C water bath for 40 min. After cooling, the tube was centrifuged at 10,000 rpm for 10 min, and a 50 µL volume of the aqueous phase was injected into the HPLC system for analysis.

HPLC equipment and chromatographic conditions

The HPLC analysis was carried out with an Agilent 1200 HPLC system (Agilent, USA) which consisted of gradient pump (G1312B), degasser, standard autosampler and a diode array detector (G1315C). Separation was performed with a Phenomenex Luna C18 column (150 × 4.6 mm, 5 µm). The mobile phase was composed of methanol (eluent A) and water with 0.1% (v/v) formic acid (eluent B). Optimum separation was achieved under gradient conditions as follows (expressed with the proportion of eluent A): 0-5.0 min, a linear gradient starting from 5 to 50%; 5.0-15.0 min, a linear gradient from 50 to 95%; 15.0-17.0 min, remaining 95%; then returning to 5% in 17.1 min and remaining for 3 min (17.1-20.0 min). The flow rate was set at 1.0 mL·min⁻¹ and the column temperature at 30 °C. MDA derivative was detected at 532 nm.

Human MDA ELISA kit

The ELISA kits used in the study were purchased from two different Biotechnology Companies. Procedures for the ELISA experiments were in accordance with the kit instructions. The MDA levels of 14 subjects were measured by HPLC and ELISA respectively, and the values were recorded as MDA-HPLC and MDA-ELISA.

Statistical analysis

Data are reported as mean±SD. Independent *t*-tests were used for the analysis of statistically significant differences between treatments (placebo vs. lycopene) and One-Way ANOVA was carried out to test for differences between

Eppendorf. La provetta è stata tappata, vorticata e posizionata in un bagno d'acqua a 60 °C per 60 minuti. Dopo idrolisi alcalina, sono stati aggiunti 1 ml di soluzione 0,05 M di H₂SO₄ e 0,5 ml di soluzione di acido tricloroacetico (TCA) 20% w/v. La provetta è stata vorticata e centrifugata a 12.000 rpm per 10 minuti. Poi, 1 ml dello strato supernatante è stato estratto e inserito in una nuova provetta e sono stati aggiunti 0,05 ml di soluzione di acido 2-tiobarbiturico (TBA) 0,355% w/v. La provetta è stata vorticata e successivamente riscaldata in un bagno d'acqua a 90 °C per 40 minuti. Dopo il raffreddamento, è stata centrifugata a 10.000 rpm e un volume di 50 µl della fase acquosa è stato introdotto nel sistema HPLC per l'esecuzione dell'analisi.

Attrezzatura HPLC e condizioni cromatografiche

L'analisi HPLC è stata condotta con un sistema HPLC Agilent 1200 (Agilent, USA) dotato di pompa a gradiente (G1312B), degasatore, autocampionatore standard e rivelatore a serie di diodi (G1315C). La separazione è stata eseguita con una colonna Phenomenex Luna C18 (150 × 4,6 mm, 5 µm). La fase mobile era composta da metanolo (eluente A) e acqua con acido formico allo 0,1% (v/v) (eluente B). Una separazione ottimale è stata ottenuta alle seguenti condizioni di gradiente (esprese con la percentuale dell'eluente A): 0-5,0 min., avvio del gradiente lineare dal 5 al 50%; 5,0-15,0 min, gradiente lineare dal 50 al 95%; 15,0-17,0 min, permanenza al 95%; min. 17,1 ritorno al 5% e permanenza così per 3 min. (17,1-20,0 min.). Il tasso di flusso è stato fissato a 1,0 mL·min⁻¹ e la temperatura della colonna a 30 °C. A 532 nm è stato rilevato un derivato di MDA.

Kit MDA ELISA per uso umano

I kit ELISA utilizzati nello studio sono stati acquistati da due diverse aziende di biotecnologia. Le procedure seguite per gli esperimenti con ELISA erano in linea con le istruzioni fornite nei kit. Il livello di MDA dei 14 soggetti è stato misurato tramite HPLC ed ELISA e i valori sono stati registrati come MDA-HPLC e MDA-ELISA.

Analisi statistica

*I dati sono riportati come media±SD. Per l'analisi di differenze statisticamente significative tra i trattamenti (placebo vs. licopene) sono stati utilizzati test *t* per campioni indipendenti, mentre per testare le differenze tra MDA-HPLC e MDA-ELISA ci si è serviti dell'ANOVA unidirezionale. Un va-*

MDA-HPLC and MDA-ELISA. $P<0.05$ was considered statistically significant.

Results

Plasma levels of MDA before and after administration

The MDA levels of the subjects before and after the administration were detected by HPLC method and the results were shown in Table I. From the statistics given in the table, it can be seen that at the beginning of the experiment (d 1), the MDA levels between the treated group and the control group showed no statistic difference. However, within the experiment period of high intensity training, the MDA level of the control group was significantly increased while the treated group showed no significant difference before and after the lycopene supplement (Table I, $P<0.01$). Furthermore, at the end of the experiment (d 31), the MDA level of the treated group was significantly lower contrasted with the control group (Table I, $P<0.01$).

Optimization of the HPLC method

The HPLC methods for separating MDA in human plasma have been reported by several researches. On the basis of previous research,¹⁰⁻¹² we tested and modified some HPLC conditions to obtain a sensitive and reliable method. Under the current condition, a sharp and symmetrical peak without matrix interference was obtained, and the retention time (11.8 min) was acceptable.

Validation of the HPLC method

To establish the linear range of the detector response, spiked plasma samples with 6 different concentrations were measured. Plotting the peak areas compared with MDA concentrations resulted in a linear curve over the range of 1.0-40.0 μM and the regression coefficient (R^2) was 0.9996. The limit of detection (LOD) was 0.5 μM with signal-to-noise ratio=3. The intraday precision was in the range of 1.33-4.71% and the recovery was established to be between 100.62% and 118.83%.

Comparison of MDA-HPLC and MDA-ELISA

The MDA levels of 14 subjects detected by HPLC and ELISA methods were shown in Figure 1. The values of MDA-ELISA were detected

lore di $P<0,05$ è stato considerato statisticamente significativo.

Risultati

Livelli di MDA nel plasma prima e dopo la somministrazione

I livelli di MDA nei soggetti prima e dopo la somministrazione sono stati rilevati tramite il metodo HPLC e i risultati sono mostrati nella Tabella I. Dai dati statistici riportati nella tabella, si può notare che all'inizio dell'esperimento (g. 1), i livelli di MDA tra il gruppo trattato e quello di controllo non mostravano differenze statistiche. Tuttavia, nell'arco del periodo di esperimento caratterizzato da un allenamento ad alta intensità, il livello di MDA nel gruppo di controllo è risultato significativamente aumentato, mentre il gruppo trattato non ha fatto registrare una differenza significativa prima e dopo l'integrazione di licopene (Tabella I, $P<0,01$). Inoltre, alla fine dell'esperimento (g. 31), il livello di MDA nel gruppo trattato era significativamente inferiore rispetto a quello nel gruppo di controllo (Tabella I, $P<0,01$).

Ottimizzazione del metodo HPLC

I metodi HPLC per separare la MDA nel plasma umano sono stati riportati da diverse ricerche. Sulla base degli studi precedenti,¹⁰⁻¹² abbiamo testato e modificato alcune condizioni HPLC per ottenere un metodo sensibile e affidabile. Nella presente condizione è stato ottenuto un picco acuto e simmetrico senza interferenza di matrice e il tempo di ritenzione (11,8 min) è risultato accettabile.

Validazione del metodo

Per stabilire il range lineare della risposta del rivelatore, sono stati valutati campioni di plasma fortificati con sei diverse concentrazioni. Il tracciato delle aree dei picchi confrontato con le concentrazioni di MDA è risultato in una curva lineare al di sopra del range di 1,0-40,0 μM e il

TABLE I.—MDA level in plasma before (d1) and after (d 31) administration.

TABELLA I. — Livello di MDA nel plasma prima (g. 1) e dopo (g. 31) la somministrazione.

	d 1 (μM)	d 31 (μM)
Control group (N.=7)	4.52 $\pm$ 0.31	5.78 $\pm$ 0.65*
Treated group (N.=7)	4.81 $\pm$ 0.26	4.91 $\pm$ 0.31*

*Significantly different from d1, $P<0.01$; *significantly different from control group, $P<0.01$.

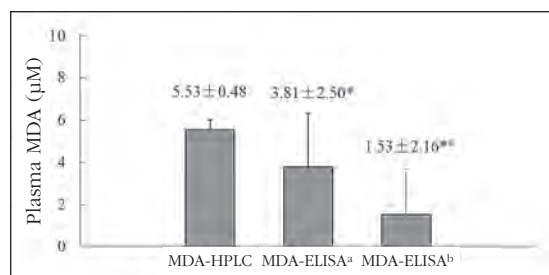


Figure 1.—Plasma MDA determined by HPLC and ELISA. ^a, ^bELISA kits with different brands; *significantly different from MDA-HPLC, $P < 0.05$; **significantly different from MDA-ELISA^a, $P < 0.05$.

Figura 1. — MDA nel plasma determinata da HPLC ed ELISA.

from two different brands of ELISA kits, and the results both showed significantly differences from MDA-HPLC. Furthermore, the detective values between different ELISA kits even showed significant difference and the inter-individual variation of MDA-ELISA was very great compared with MDA-HPLC. The CV values for MDA-HPLC, MDA-ELISA^a and MDA-ELISA^b were 8.68%, 65.62% and 141.18%, respectively (Figure 1).

Discussion

It is well known that exhaustive exercise can generate excessive reactive oxygen species (ROS), leading to oxidative stress-related tissue damages and impaired muscle contractility. Antioxidant intervention may be an effective way in reducing ROS levels and muscle fatigue, as well as enhancing exercise recovery.¹³

Lycopene was reported as one of the most potent antioxidants. Its potential antioxidant effects on prevention of chronic diseases such as cancer and cardiovascular diseases had been studied extensively and most of the results were quite promising.¹⁴⁻¹⁸ In addition, as a natural component of foods like tomato, lycopene alone was generally recognized as safe (GRAS) under the intended conditions of use by USA FDA.⁶ Due to its potent antioxidant effects, GRAS status plus easy access to the supplementation, lycopene captured our attention and was finally chosen as the ideal antioxidant supplementation for the athletes. However there is limited scientific report about the antioxidant bio-function of lycopene in athletes. Thus, to obtain the first-hand scientific evidence of antioxidant function of lycopene and to evaluate its

coefficient of regression (R^2) corrispondeva a 0,9996. Il limite di rilevabilità (LOD) era pari allo 0.5 μM con rapporto segnale-rumore=3. La precisione intraday era nel range di 1,33-4,71% e la ripresa è stata compresa tra 100,62% e 118,83%.

Confronto di MDA-HPLC e MDA-ELISA

I livelli di MDA delle 14 partecipanti rilevati tramite i metodi HPLC ed ELISA sono mostrati nella Figura 1. I valori di MDA-ELISA sono stati rilevati con kit ELISA di due diverse marche ed entrambi i risultati hanno mostrato differenze significative rispetto a quelli ottenuti eseguendo una HPLC. Inoltre, anche i valori ottenuti con i diversi kit ELISA hanno evidenziato una differenza significativa e la variazione interindividuale di MDA-ELISA era molto ampia rispetto a MDA-HPLC. I valori di CV per MDA-HPLC, MDA-ELISA^a e MDA-ELISA^b si attestavano rispettivamente all'8,68%, 65,62% e 141,18% (Figura 1).

Discussione

È noto che un esercizio fisico completo può generare una quantità eccessiva di specie reattive dell'ossigeno (ROS), conducendo a danni tissutali legati allo stress ossidativo e a una compromissione della contrattilità muscolare. Un intervento antiossidante potrebbe essere un modo efficace per ridurre i livelli di ROS e l'affaticamento muscolare, nonché per migliorare la ripresa dopo l'esercizio.¹³

Il licopene è stato segnalato come uno dei più potenti antiossidanti. I suoi potenziali effetti antiossidanti sulla prevenzione delle malattie croniche come cancro e malattie cardiovascolari sono stati ampiamente studiati e la maggior parte dei risultati si sono rivelati piuttosto promettenti.¹⁴⁻¹⁸ Inoltre, come componente naturale di cibi come il pomodoro, il licopene da solo è stato generalmente riconosciuto come sicuro (GRAS) se usato come previsto dalla FDA statunitense.⁶ Grazie ai suoi forti effetti antiossidanti, allo status di GRAS e al facile accesso all'integratore, il licopene ha catturato la nostra attenzione e alla fine è stato scelto come integrazione antiossidante ideale per gli atleti. Tuttavia, vi sono pochi articoli scientifici sulla biofunzione antiossidante del licopene negli atleti. Quindi, per ottenere evidenze scientifiche dirette della sua funzione antiossidante e per valutare la sua efficacia negli atleti, nel presente studio sono state reclutate 14 atlete e l'efficacia è stata analizzata confrontando il livello di MDA tra il gruppo trattato e quello di controllo dopo 30

efficacy in athletes, 14 female athletes were recruited in this study and the efficacy was evaluated by comparing the MDA level between the treated and control group after 30 days of intensive training. As a result, after 30 days of administration, the MDA level in the treated group were significantly lower than that of the control group, and in the treated group, there is no significant difference between the MDA level of day 1 and day 31. This result indicated intensive training lasting for a short period such as one month before competition may adversely impact the endogenous antioxidant system in athletes, which could be illustrated by the rise of MDA level in the control group. Lycopene, as an antioxidant, successfully inhibited the rise of MDA level in the treated group in this research. This result might be interpreted by lycopene's effect in trapping ROS and reducing oxidative stress and damages to cellular components.¹⁹

In addition, in order to accurately detect the MDA level in blood sample, one highly sensitive and accurate HPLC method was developed. Although the determination methods of MDA in biological matrix are diverse, most of the traditional methods like UV and ELISA have poor specificity or reproducibility. We especially compared MDA-HPLC with MDA-ELISA in this research and the results showed that significant differences existed between different methods and even between different ELISA kits. The big CV values of MDA-ELISA indicated the stability of this method was not very robust compared with HPLC. Currently, mixed conclusions from sport supplement intervention studies may be interpreted by many factors and in which the variances in detective method makes great influence. Employing more accurate and reliable detective method could maximum reduce the chances of misestimate for these supplements. Therefore, we strongly suggest specific techniques such as the HPLC analysis to detect the possible effects of antioxidant supplementation and preserve the final results and conclusions in future studies and applications.

Conclusions

From this study, the antioxidant effect of lycopene supplementation in professional athletes was investigated and the result was supportive for short-term supplement of lycopene in athletes during intensive training. In addition, an HPLC analysis method was established and rec-

giorni di allenamento intensivo. Ne è risultato che, dopo 30 giorni di assunzione, il livello di MDA nel gruppo trattato era significativamente inferiore a quello nel gruppo di controllo e che, nel gruppo trattato, non si notavano differenze significative tra il livello di MDA al giorno 1 e al giorno 31. Tale risultato ha indicato che un allenamento intensivo per un breve periodo come un mese prima della competizione potrebbe influire negativamente sul sistema antiossidante endogeno, cosa che potrebbe spiegare l'aumento del livello di MDA nel gruppo di controllo. Come antiossidante, il licopene ha inibito con successo l'aumento del livello di MDA nel gruppo trattato partecipante a questa ricerca. Il risultato potrebbe essere interpretato come un effetto del licopene nel bloccare le ROS e ridurre lo stress ossidativo e i danni alle componenti cellulari.¹⁹

Va aggiunto che, per rilevare accuratamente il livello di MDA nel campione di sangue, è stato sviluppato un metodo HPLC altamente sensibile e preciso. Anche se i metodi di determinazione della MDA nella matrice biologica sono diversi, la maggior parte di quelli tradizionali come UV e ELISA hanno una scarsa specificità o riproducibilità. In particolare, in questa ricerca abbiamo confrontato MDA-HPLC e MDA-ELISA e i risultati hanno mostrato l'esistenza di significative differenze tra i vari metodi e addirittura tra i diversi kit ELISA. Gli alti valori di CV di MDA-ELISA hanno indicato che la stabilità del metodo non era molto solida rispetto all'HPLC. Attualmente, le conclusioni contrastanti a cui sono giunti gli studi interventistici sugli integratori sportivi possono essere interpretate tramite molti fattori e le variazioni nei metodi di rilevamento esercitano una grande influenza. Impiegare un metodo di rilevamento più accurato ed efficace potrebbe ridurre al massimo le possibilità di una valutazione inappropriata di questi integratori. Quindi, suggeriamo fortemente tecniche specifiche come un'analisi HPLC per rilevare i possibili effetti dell'integrazione di antiossidanti e preservare i risultati finali e le conclusioni a cui giungeranno studi e applicazioni future.

Conclusioni

Nel presente studio è stato indagato l'effetto antiossidante dell'integrazione di licopene in atleti professionisti e il risultato ha supportato l'assunzione di un'integrazione di licopene per un breve periodo in atleti impegnati in un allenamento intensivo. Inoltre, nell'ambito della scienza dello sport è stato stabilito e raccomandato un meto-

ommended in the field of sports science, as the method is accurate and reliable in determining the biomarker of LPO and can be used for finding potent antioxidants for athletes.

do di analisi tramite HPLC, poiché si tratta di un metodo preciso e affidabile per determinare il biomarcatore di LPO e che può essere utilizzato per trovare potenti antiossidanti per gli atleti.

References/Bibliografia

- 1) Esterbauer H, Cheeseman KH. Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malondialdehyde and 4-hydroxynonenal. *Methods Enzymol* 1990;186:407-21.
- 2) Esterbauer H, Schaur RJ, Zollner H. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radic Biol Med* 1991;11:81-128.
- 3) Marnett LJ. Lipid peroxidation-DNA damage by malondialdehyde. *Mutation Research* 1999;424:83-95.
- 4) Nair U, Bartsch H, Nair J. Lipid peroxidation-induced DNA damage in cancer-prone inflammatory diseases: a review of published adducts types and levels in humans. *Free Radic Biol Med* 2007;43:1109-20.
- 5) Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress: relationship with exercise and training. *Sports Med* 2006;36:327-58.
- 6) Rao AV, Ray MR, Rao LG. Lycopene. *Adv Food Nutr Res* 2006;51:99-164.
- 7) Rao AV, Agarwal S. Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. *Nutr Cancer* 1998;31:199-203.
- 8) Rao AV, Agarwal S. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: a review. *Nutr Res* 1999;19:305-23.
- 9) EFSA. Statement on the divergence between the risk assessment of lycopene by EFSA and the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). *EFSA Journal* 2010;8:1676.
- 10) Moselhy HF, Reid RG, Yousef S, Boyle SP. A specific, accurate, and sensitive measure of total plasma malondialdehyde by HPLC. *J Lipid Res* 2013;54:852-8.
- 11) Richard MJ, Guiraud P, Meo J, Favier A. High-performance liquid chromatographic separation of malondialdehyde-thiobarbituric acid adduct in biological materials (plasma and human cells) using a commercially available reagent. *J Chromatogr A* 1992;577:9-18.
- 12) Spirlandeli AL, Deminice R, Jordao AA. Plasma Malondialdehyde as Biomarker of Lipid Peroxidation: Effects of Acute Exercise. *Int J Sports Med* 2014;35:14-8.
- 13) He F, Li J, Liu Z, Chuang CC, Yang W, Zuo L. Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise. *Front Physiol* 2016;7:486.
- 14) Bowen P, Chen L, Stacewicz-Sapuntzakis M, Duncan C, Sharifi R, Ghosh L, et al. Tomato sauce supplementation and prostate cancer: Lycopene accumulation and modulation of biomarkers of carcinogenesis. *Exp Biol Med* (Maywood) 2002;227:886-93.
- 15) Heber D, Lu QY. Overview of mechanisms of action of lycopene. *Exp Biol Med* (Maywood) 2002;227:920-3.
- 16) Jain AK, Mehra NK, Swarnakar NK. Role of antioxidants for the treatment of cardiovascular diseases: challenges and opportunities. *Curr Pharm Des* 2015;2:4441-55.
- 17) Muller L, Caris-Veyrat C, Lowe G, Bohm V. Lycopene and its antioxidant role in the prevention of cardiovascular diseases-a critical review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2016;56:1868-79.
- 18) Venkateswaran V, Fleshner N, Sugar L, Klotz L. Antioxidants block prostate cancer in lady transgenic mice. *Cancer Res* 2004;64:5891-6.
- 19) Agarwal S, Rao AV. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ* 2000;163:739-44.

Funding.—This work was supported by the General Programs of the National Natural Science Foundation of China under grant (81472099) and the Comprehensive Programs of Science and Technology of Shanghai Sports Bureau under grant (14ZH025).

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: October 12, 2017. - Manuscript received: December 23, 2016.

MEDICAL AREA

Prevalence of the RR genotypes of the locus ACTN3-R577X in Italian Muay Thai elite fighters

Prevalenza dei genotipi RR del locus ACTN3-R577X in una popolazione sarda di atleti professionisti di muay thai

Nicola MARZILIANO ¹, Giovanni FIORILLI ², Gavino CASU ¹, Gennaro LA DELFA ³,
David OCCHIPINTI ³, Damiana FISCELLA ⁴, Paola BERNE ¹, Enzo IULIANO ²,
Maddalena ARDISSINO ⁵, Mariano INTRIERI ^{2*}

¹ATS Sardegna, Unit of Cardiology, ASSL 3 Nuoro, Nuoro, Italy; ²V. Tiberio Department of Medicine and Health Sciences, University of Molise, Campobasso, Italy; ³Sports Medicine Center, FMSI, Catania, Italy; ⁴Unit of Cardiology, Garibaldi Hospital, Catania, Italy; ⁵Faculty of Medicine, Imperial College London, London, UK

*Corresponding author: Mariano Intrieri, V. Tiberio Department of Medicine and Health Sciences, University of Molise, Campobasso, Italy. E-mail: intrieri@unimol.it

SUMMARY

BACKGROUND: The α -actinin skeletal muscle isoform 3 ACTN3 p.Arg577X is one of the most frequently genetic variants tested for professional sports and exercise. The aim of this work was to evaluate the prevalence of the ACTN3 p.Arg577X genotypes in a consecutive series of 117 Italian Muay Thai elite fighters enrolled during the agonistic eligibility screening programs.

METHODS: One hundred and seventeen professional Muay Thai Italian athletes and 150 controls (all coming from Sardinia) were genotyped for the ACTN3 polymorphisms (SNP ID rs1815739) using real-time polymerase chain reaction.

RESULTS: In the two groups, the genotypes' distribution was as per the Hardy-Weinberg principle ($P>0.05$). Statistically significant differences were observed for the ACTN3 X-allele that was more frequent in the athletes group compared to the controls (32% vs. 29.2%; $P=0.012$). The association between the genotype (Arg and X alleles) and the athletic status for the participants were statistically different in the Muay Thai group (Arg/Arg 46.2%, Arg/X 43.5% and X/X 10.3%) compared with the controls (Arg/Arg 50%, Arg/X 41.3% and X/X 8.7%). Muay Thai is characterized is a highly demanding sport in terms of both anaerobic and aerobic exercise, due to the powerful strikes and intense resistance training programs. Our results shed light onto a much-debated issue regarding the contribution of genetics to physical performance in the setting of martial arts at elite level in Italy. Since both power and endurance-related phenotypes are needed to excel at elite level, it would be logical that the ArgX genotype played a key role in fighting performance. However, the prevalence of ArgArg+ArgX demonstrates that the R allele is still the "most desirable" genotype.

CONCLUSIONS: Although the present study was carried out on a small cohort of professional fighters, it can be concluded that the ACTN3 Arg allele is the "favored genotype."

(Cite this article as: Marziliano N, Fiorilli G, Casu G, La Delfa G, Occhipinti D, Fiscella D, et al. Prevalence of the RR genotypes of the locus ACTN3-R577X in Italian Muay Thai elite fighters. Med Sport 2017;70:503-11. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03135-0)

KEY WORDS: Human ACTN3 protein - Athletes - Martial arts.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: L'isoforma muscolare scheletrica α -actinina 3 ACTN3 p.Arg577X è una delle varianti genetiche che vengono più frequentemente valutate negli atleti professionisti. Lo scopo di questo lavoro è quello di valutare la prevalenza dei genotipi ACTN3 p.Arg577X in una serie consecutiva di 117 combattenti italiani sardi professionisti (cosiddetti atleti di élite) di muay thai arruolati durante i programmi di screening per l'idoneità sportiva agonistica.

METODI: Centodiciassette atleti italiani sardi professionisti di muay thai e 150 controlli, della stessa area geografica, sono stati genotipizzati per i polimorfismi ACTN3 (SNP ID rs1815739) utilizzando la tecnica della real-time PCR.

RISULTATI: Sia nel gruppo di controllo sia in quello degli atleti, la distribuzione dei genotipi è risultata in equilibrio alla legge di Hardy-Weinberg ($P>0,05$). Differenze statisticamente significative sono state osservate per l'allele X-ACTN3 più frequente nel gruppo degli atleti rispetto ai controlli (32% vs. 29,2%; $P=0,012$). L'associazione tra il genotipo

(Arg e allele X) e lo status atletico dei partecipanti è risultata statisticamente differenti nel gruppo muay thai (Arg/Arg 46,2%, Arg/X 43,5% e X/X 10,3%) rispetto ai controlli Arg/Arg 50%, Arg/X 41,3% e X/X 8,7%). Il muay thai è una disciplina caratterizzata da una maggiore richiesta sia dei sistemi aerobici sia di quelli anaerobici in quanto il combattente deve poter effettuare colpi potenti e deve sottoporsi a programmi di resistenza allo sforzo. I nostri risultati si inseriscono sul tema, molto dibattuto, del contributo genetico alle prestazioni fisiche nell'ambito italiano delle arti marziali. Laddove siano necessari sia i fenotipi di potenza sia quelli di resistenza, per eccellere a livello atletico elitario, sarebbe plausibile che il genotipo ArgX possa svolgere un ruolo fondamentale nelle prestazioni di combattimento. Tuttavia la prevalenza di ArgArg+ArgX dimostra che l'allele R è ancora il genotipo "auspicabile".

CONCLUSIONI: Sebbene i risultati dello studio si riferiscano ad una piccola coorte di combattenti professionisti, possiamo concludere che l'allele ACTN3 Arg sia il "genotipo favorito".

PAROLE CHIAVE: Proteina ACTN3 - Atleti professionisti - Arti marziali.

Over the past two decades, much has been written about a possible association between genes and susceptibility to sports activities. Several studies have focused their attention on the role of genetic variants on sports performance and susceptibility to competitive sports.

It is clear that genetic predisposition only is not sufficient to make someone an athlete or an elite athlete. A constant training, a targeted diet and a healthy lifestyle are necessary to become a successful athlete. In other words, genetic predisposition and environmental factors both contribute to the "construction" of an athlete. The genetic influence on athletic performance.¹ seems corroborated by some studies showing an athlete status heritability rate of about 66%.²

The evidence that some sports are dominated by athletes from certain geographical areas helps to validate the hypothesis that the genetic component has an important role in athletic performance.³ The world record for the 100 meters dash speed is held by black athletes, except one, since 1968. Furthermore, East African origin athletes, Kenyans and Ethiopians in particular, predominate in long distance running; those from western Africa in running sprints and Caucasians athletes in power sports such as weightlifting.^{4, 5}

Early talent identification is seen as a starting point to success and — on the basis of the results of genetic tests — parents and coaches are led to believe that they can acquire knowledge to plan and invest in the future of the youth.⁶⁻⁹ This information, indeed, may also be useful to understand if they are committed to power, endurance or sprint sports.¹⁰ Furthermore, some authors stated that it might be possible to tell the fate as professional (elite) or amateur athlete.¹

Under this light, the genetic variants most frequently tested for sports and exercise are

Negli ultimi due decenni si è dibattuto molto circa una possibile associazione tra geni e predisposizione alle attività sportive. Diversi studi hanno focalizzato la loro attenzione sul ruolo delle varianti geniche sul rendimento sportivo e sulla predisposizione agli sport di competizione.

Indubbiamente la predisposizione genetica da sola non è sufficiente per fare di una persona un atleta o un atleta professionista. Per divenire un atleta di successo c'è anche bisogno di un allenamento costante, di una dieta mirata e di uno stile di vita sano. In altre parole, sia la predisposizione genetica sia i fattori ambientali contribuiscono insieme alla "costruzione di un atleta". L'influenza di fattori genetici sul rendimento di un atleta¹ sembra corroborata anche da diversi studi che evidenziano una ereditabilità dello stato di atleta di circa il 66%.²

L'evidenza che in alcuni sport ci sia il predominio di atleti provenienti da determinate aree geografiche contribuisce a validare l'ipotesi che la componente genica abbia un ruolo fondamentale nel rendimento di un atleta. Il record di velocità dei 100 metri piani, ad esempio, è tenuto, con la sola eccezione di una volta, dal 1968 da atleti di colore. Inoltre, atleti originari dell'Africa orientale, Kenioti ed Etiopi in particolare, predominano nelle maratone, mentre quelli dell'Africa occidentale nelle corse e gli atleti Caucasicci negli sport di potenza come il sollevamento pesi.^{4, 5}

L'identificazione precoce dei talenti è vista come un punto di partenza per il successo e, sulle basi dei risultati dei test genetici, i genitori e gli allenatori sono portati a credere che essi possono avere informazioni per pianificare ed investire sul futuro dei giovani.⁶⁻⁹ Questa informazione, inoltre, potrebbe essere anche utile per capire se essi saranno più idonei per sport di potenza, di durata o di sprint.¹⁰ Inoltre, alcuni autori pensano che, sempre dai risultati dei test genetici, potrebbe essere anche possibile predire se un ragazzo diventerà un atleta professionista o un semplice atleta.

Da questo punto di vista, le varianti geniche più frequentemente testate per lo sport e per l'esercizio fisico sono i polimorfismi R577X dell'isoforma 3

the α -actinin skeletal muscle isoform 3 ACTN3 p.R577X and the angiotensin I-converting enzyme ACE II^{4, 11} genotypes respectively.

The ACTN3 gene (11q13.2) is expressed preferentially in fast glycolytic type II fibers of the skeletal muscle that are responsible for the generation of “explosive” powerful contractions^{12, 13} by stabilizing the α -actin filaments.

A common polymorphism of the ACTN3 gene (rs1815739) is located within the exon 16 in which the replacement of an arginine (R) with a stop codon (X) can give rise to two allelic variants (R and X) leading to 3 different genotypes: homozygous genotype p.R577R, homozygote p.X577X genotype and finally the heterozygous genotype p.R577X.

Several meta-analyses demonstrated that the alleles distribution might change with the RR genotypes associated with power/sprint sports and the XX genotypes with endurance sports (OR=1.3, 95% CI: 1.18-162) in elite athletes;¹⁴⁻¹⁷ additionally, geographic distributions of the different alleles have been shown.^{18, 19}

Enriquez and Gallan have recently pointed out that almost all male Olympic sprinters and power athletes possess the 577R allele.²⁰ On the basis of this observation they suggest three possible scenarios for future Olympics: the first reserved for the athletes who have a genetic advantage, that are, according to them, the current ones. The second reserved for athletes who do not have gene advantage and the third reserved for athletes who obtain the genetic advantage by gene therapy.²⁰

The aim of this work was to evaluate the prevalence of the ACTN3 p.R577X genotypes in a consecutive series of 117 Muay Thai Italian professionals fighters enrolled during the agonistic eligibility screening programs.

Materials and methods

This study was approved by the local Ethics Committee and informed consent for genotyping and DNA banking was obtained for each participant.

The study was performed in a group of 117 Muay Thai Italian elite athletes ranking in the top 10 Italian (N.=94) and European (N.=23) chart. They all came from Sardinia. Their mean age was 24 $\pm$ 7.8 years, males accounted for 94% (N.=110) and female for 6% (N.=7). “Elite athletes” were defined as having less than 5% of knock out lost matches and ranking at the top

dell' α -actinina (ACTN3) del muscolo scheletrico e l'enzima che converte l'angiotensina I.^{4, 11}

Il gene ACTN3 (11q13.2) è espresso prevalentemente nelle fibre glicolitiche a contrazione rapida di tipo II del muscolo scheletrico. Esse sono responsabili della generazione della contrazione di forza esplosiva^{12, 13} mediante stabilizzazione dei filamenti di α -actina.

Un polimorfismo comune del gene ACTN3 (rs1815739) è localizzato nell'esone 16 dove la sostituzione di una arginina (R) con un codone di stop (X) può portare alla formazione di due varianti alleliche (R e X) che daranno luogo a tre differenti genotipi: il genotipo omozigote p.R577R; il genotipo omozigote p.X577X e infine il genotipo eterozigote p.R577X.

Diversi studi di meta analisi hanno evidenziato che la distribuzione degli alleli negli atleti di élite¹⁴⁻¹⁷ può essere variabile, con il genotipo RR più frequentemente associato agli sport di forza e di sprint e il genotipo XX con gli sport di resistenza (OR=1.3, 95% CI: 1.18-162); inoltre, è stata evidenziata anche una variabilità nella distribuzione geografica dei vari alleli.^{18, 19}

Enriquez e Gallan, in un recente commento, hanno evidenziato come quasi tutti gli atleti olimpici di sport di sprint e di forza, di sesso maschile, posseggano l'allele 577R.²⁰ Essi arrivano ad ipotizzare tre possibili scenari diversi per le Olimpiadi del futuro: il primo riservato agli atleti che posseggono un vantaggio genico, che sarebbero, secondo la loro opinione, quelle attuali. Il secondo riservato ad atleti che non posseggono vantaggio genico ed il terzo riservato agli atleti che si procurano un vantaggio genetico mediante terapia genica.²⁰

Lo scopo di questo lavoro è quello di valutare la prevalenza del genotipo p.R577X ACTN3 in una serie consecutiva di 117 combattenti professionisti italiani di muay thai arruolati durante i programmi di screening per l'idoneità alle attività sportive di tipo agonistico.

Materiali e metodi

Questo studio è stato approvato dal Comitato Etico locale e ogni partecipante allo studio ha fornito il proprio consenso informato per la genotipizzazione e per la conservazione di propri campioni nella banca del DNA.

Lo studio è stato eseguito su 117 atleti sardi di muay thai classificati nelle prime 10 posizioni per titoli italiani (N.=94) ed europei (N.=23). L'età media era di 24 $\pm$ 7,8 anni. I maschi erano il 94% (N.=110) e le femmine il 6% (N.=7). Sono stati definiti come “atleti di élite” coloro che avevano perso

level in the regional/national leagues (among the first three positions) and European/world-wide circuits (among the first five positions). One hundred and fifty controls were enrolled (mean age 29 ± 7.9 ; 127 males, 23 females), who had no declared experience in competitive martial arts. Particular attention was paid to the psychological impact of genetic testing and its potential role in sports' performances by administering an *ad-hoc* questionnaire in order to measure several factors constituting the QoL according to the bio-psycho-social model.

Genotyping

For both cases and controls, genomic DNA was extracted from buccal swabs by means of the semi-automated platform Maxwell v. 16 (Promega, Madison, WI, USA) according to the manufacturer's instructions. Average recovered DNA was 12.8 ng/ μ L that was subsequently used for genotyping and banking. The ACTN3 p.Arg577X polymorphism (NM_01104.3:c.1729C>T) was detected by means of the commercially available TaqMan Genotyping assay C___590093_1 (Thermo Fisher, Waltham, MA, USA) being CAAGGCAACACTGCCCCGAGGCTGAC[T/C] GAGAGCGAGGTGCCATCATGGGCAT the context sequence (VICTM for the T allele and FAMTM for the C allele). Real-time polymerase chain reaction and subsequent allele discrimination runs were performed on a ABI PRISM 7500 platform (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) under universal cycling conditions. Data acquisition was set at 60 °C. Genotyping data were then exported for statistical analysis.

Statistical analysis

Genotype frequencies of the athletes and versus the controls were tested for the Hardy-Weinberg equilibrium (HWE). A Chi-square test was used to assess the fit of the observed genotype frequencies for the HWE. Differences between the two groups were assessed by χ^2 or Fisher's exact test as appropriate and the level of significance was set at 0.05.

Results

The ACTN3-R577X polymorphism was genotyped in 117 elite athletes belonging to regional, national and European fighting leagues. After

meno del 5% di incontri e se fossero stati classificati ai primi livelli nei campionati regionali/nazionali (tra le prime tre posizioni) e nei circuiti europei/mondiali (prime cinque posizioni). I soggetti di controllo erano 150 (età $29 \pm 7,9$ anni; 127 maschi, 23 femmine) tutti senza nessuna dichiarata esperienza di esperienza competitiva di arti marziali. Particolare attenzione è stata prestata all'impatto psicologico dei test genetici ed al loro potenziale ruolo nel rendimento sportivo distribuendo un questionario ad hoc per la valutazione dei diversi fattori che impattano sulla qualità della vita secondo un modello bio-psico-sociale.

Genotipizzazione

Il DNA genomico è stato estratto, sia per i casi sia per i controlli, da tampone della mucosa buccale mediante strumentazione semi-automatica Maxwell v. 16 (Promega, Madison, WI, USA) seguendo le istruzioni fornite dal costruttore.

La media di recupero del DNA è stata di 12,8 ng/ μ L che è stato successivamente utilizzato per la genotipizzazione e per la conservazione nella banca del DNA.

Il polimorfismo ACTN3p.Arg577X (NM_01104.3:c.1729C>T) è stato rilevato mediante il saggio commerciale TaqMan disponibile per la genotipizzazione C___590093_1 (Thermo Fisher, Waltham, MA, USA) essendo CAAGGCAACACTGCCCCGAGGCTGAC [T/C] GAGAGCGAGGTGCCATCATGGGCAT la sequenza intorno alla quale è posizionata la sonda TaqMan (VICTM per l'allele T e FAMTM per l'allele C). La reazione di PCR in real time e la successiva discriminazione allelica sono state eseguite su una strumentazione ABI PRISM 7500 (Applied Biosystems-ThermoFisher, Foster City, CA, USA) con condizioni di reazione standard. La temperatura durante l'acquisizione dei dati è stata selezionata a 60 °C. I dati della genotipizzazione sono stati successivamente esportati per la analisi statistica.

Analisi statistica

Le frequenze genotipiche degli atleti sono state testate per l'equilibrio di Hardy-Weinberg (HWE). Il test del χ^2 è stato usato per valutare che le frequenze genotipiche osservate rispondessero alla HWE. Le differenze tra i due gruppi sono state valutate con il test del χ^2 o con il test di Fisher e il livello di significatività è stato fissato a 0,05.

Risultati

Il polimorfismo ACTN3-R577X è stato genotipizzato in 117 atleti di élite appartenenti a leghe di

enrolling, DNA was banked for further association studies. Particular attention was paid to the psychosocial implications of genotyping. A three-phase questionnaire was administered at three different time points: at enrolment, after genotyping communication, and at 6-month follow-up. Interestingly, a substantial change in the aerobic program was observed only for the XX genotypes (reduction in 20% of time in the sparring training in favor of strength conditioning).

Genotypes

The distribution of the p.Arg577X polymorphism in the Muay Thai athletes and controls is represented in Table I. In both groups, the genotypes' distribution is in accordance with the HWE ($P>0.05$). Statistically significant differences were observed for the ACTN3 X-allele that was more frequent in the athletes group compared to the controls (32% vs. 29.2%; $P=0.012$).

Table I also shows the association between the genotype (R and X alleles) and the athletic status for the participants. Again, statistically significant differences were observed in the Muay Thai group (Arg/Arg 46.2%, Arg/X 43.5% and X/X 10.3%) compared with the controls (Arg/Arg 50%, Arg/X 41.3% and X/X 8.7%).

Discussion

We genotyped the rs1815739b polymorphism ACTN3 X-allele in a cohort of 117 Muay Thai Italian Sardinians athletes and 150 related controls of the same geographic area. Our results indicate that the null X allele is more abundant within the athletes' population compared to the controls' population although the

combattenti regionali, nazionali ed europee. Dopo l'arruolamento, i campioni di DNA sono stati conservati per ulteriori studi di associazione.

Particolare attenzione è stata prestata per le implicazioni psicosociali della genotipizzazione; da questo punto di vista è stato distribuito un questionario a tre fasi: uno al momento dell'arruolamento, uno dopo la comunicazione dei risultati della genotipizzazione e un altro al follow-up a 6 mesi. È interessante notare che un cambiamento sostanziale del programma aerobico è stato osservato solo per i genotipi XX (riduzione del 20% del tempo nella formazione di sparring a favore dello stato di condizionamento delle forze).

Genotipi

In Tabella I è riportata la distribuzione del polimorfismo p.Arg577X negli atleti muay thai e nei controlli. In entrambi i gruppi la distribuzione dei genotipi è in accordo con la HWE ($P>0.05$). Differenze statisticamente significative sono state osservate per l'allele X ACTN3 che è risultato più frequente nel gruppo degli atleti rispetto ai controlli (32% vs. 29,2%; $P=0,012$).

La Tabella I mostra anche l'associazione nei partecipanti allo studio tra il genotipo (allele R e X) e lo stato atletico. Ancora una volta differenze statisticamente significative sono state riscontrate nel gruppo muay thai (Arg/Arg 46,2%, Arg/X 43,5% and X/X 10,3%) rispetto ai controlli (Arg/Arg 50%, Arg/X 41,3% and X/X 8,7%).

Discussione

Abbiamo genotipizzato il polimorfismo rs1815739b dell'allele ACTN3 X in una coorte di 117 atleti italiani sardi di muay thai e in 150 controlli correlati della stessa area geografica. I nostri risultati indicano che l'allele nullo X è più frequente nella popolazione degli atleti rispetto

TABLE I.—ACTN3-Arg and -X alleles frequencies and genotypes in the participants.

TABELLA I. — Frequenze alleliche e geniche dei loci ACTN3-Arg e ACTN3-X fra i partecipanti.

ACTN3 p.Arg577X	Muay Thai athletes (N.=117)	Controls (N.=150)	P value
Allele			0.012
ACTN3-Arg	68	70.8	
ACTN3-X	32	29.2	
HWE P value	0.02	0.06	
Genotype	54 (46.2%)	75 (50%)	0.021
Arg/Arg			
Arg/X	51 (43.5%)	62 (41.3%)	
X/X	12 (10.3%)	13 (8.7%)	

HWE: Hardy-Weinberg principle.

R allele is prevalent (68% for the p(R) allele *vs.* 32% for the p(X) allele).

The first conclusion is that for the Sardinian population the p(R) and p(X) alleles frequencies in cases and controls are slightly different from those elsewhere observed (being p(R)=0.558 and p(X)=0.54, respectively).²¹ This can be easily explained by the geographic isolation and the genetic drift that are still ongoing for several alleles frequencies in this population.

The associations of sport performance with the ACTN3 genetic polymorphism are summarized in Table II.^{5, 16, 22-36} Some articles have consistently reported a strong association between the RR genotypes and elite power performance and other findings showed consistent association between the XX genotypes and endurance performance. In particular, the RR genotypes showed a preferential association for power athletes (throwers, wrestlers, weightlifters) with respect to XX genotypes that are of particular interest for the long-distance runners. Additionally, geographical differences were seen within the European population (Western *vs.* Eastern European).

In Western countries, the most famous Thai martial art is Thai kickboxing, also known as Muay Thai. Its techniques are taken from the more lethal art of *muay boran*, which originated from the older fighting style of *ling lom* (air monkey) *via* the ancient art of *krabi krabong* (stick and sword fighting). Muay Thai as a sport is characterized is highly demanding both in terms of anaerobic exercise, due to the powerful strikes (knees, elbows, punches, and kicks), and aerobic exercise, due to the extremely heavy resistance training programs (11.2 METs according to the Compendium of Physical Activities).³⁷ Recently, Deschamps *et al.*³⁸ have observed a correlation between R577X genotype and cardiometabolic fitness by demonstrating a higher $\text{VO}_{2\text{peak}}$ for the RR genotypes compared to the XX genotypes in young adults (15% increase). Our finding is in line with the theoretical and practical Muay Thai athletics' characteristics.

Moreover, genetic testing had a cascade effect on the training programs for the subset of individuals carrying the XX genotype: for those individuals, trainers and athletes preferred a training scheme with less endurance and more strength condition. However, follow-up is still ongoing to demonstrate the efficacy of this change.

alla popolazione dei controlli anche se l'allele R è prevalente (68% per l'allele R e 32% per l'allele X).

La prima conclusione è che per la popolazione sarda le frequenze degli alleli p(R) e p(X) sono leggermente diverse da quelle osservate altrove (p(R)=0,558 e p(X)=0,54).²¹ Ciò può essere facilmente spiegato dall'isolamento geografico e dalla deriva genetica che in questa popolazione sono ancora in corso per diverse frequenze di alleli.

In Tabella II^{5, 16, 22-36} sono riportati i risultati di alcuni studi relativi alle associazioni delle prestazioni sportive con il polimorfismo genetico ACTN3. Alcuni autori hanno evidenziato una forte associazione tra i genotipi RR e le prestazioni di élite mentre altri hanno riscontrato un'associazione costante tra i genotipi XX e le prestazioni di resistenza. In particolare, i genotipi RR hanno mostrato un'associazione preferenziale per gli atleti di potenza (lanciatori, lottatori, pesi di peso) rispetto ai genotipi XX che sono particolarmente interessanti per i corridori a lunga distanza. Inoltre, sono state osservate differenze geografiche nella popolazione europea (Europa orientale versus Europa occidentale).

Nei paesi occidentali, la più nota arte marziale thai è il thai kickboxing, più comunemente conosciuto col nome di muay thai. Le sue tecniche sono tratte dalla più pericolosa muay boran, che origina dall'antica forma di combattimento chiamata ling lom (aria scimmia) attraverso l'antica arte madre del krabi krabong (lotta con bastone e con la spada).

*Il muay thai, come attività sportiva, è caratterizzata sia da un aumento della domanda dal sistema anaerobico, per poter piazzare colpi potenti (ginocchia, gomiti, pugni e calci), sia da una maggiore richiesta del sistema aerobico per effettuare dei programmi di allenamento di resistenza estremamente intensi (11,2 METs come da Compendio delle Attività Fisiche).³⁷ Di recente Deschamps *et al.*³⁸ hanno ipotizzato un collegamento tra il genotipo R577X e il rendimento cardiometabolico dimostrando un picco più alto di VO_2 per i genotipi RR rispetto ai genotipi XX nei giovani adulti (15% aumentare). Da questo punto di vista la nostra osservazione è quindi in linea con le caratteristiche teoriche e pratiche dell'atletica muay thai.*

In terzo luogo, i test genetici hanno avuto un effetto a cascata sui programmi di allenamento per il sottogruppo degli individui che avevano il genotipo XX: per questi soggetti sia gli allenatori sia gli atleti preferivano un regime di formazione con meno resistenza e più potenza. Tuttavia il follow-up è ancora in corso per valutare l'efficacia di questo cambiamento.

TABLE II.—Association of sport performance with the ACTN3 genetic polymorphism.^{5, 16, 22-36}
 TABELLA II. — *Associazioni delle prestazioni sportive con il polimorfismo genetico ACTN3.*^{5, 16, 22-36}

Study	Year	Ethnicity/geographic area	N. population cases	N. controls	Main findings
Li ²²	2017	Caucasians; China	Swimmers (N.=160)	206	RR higher in elite (P=0.05)
Yang ²³	2017	Caucasians; China	Eite sprint/power athletes (N.=59)	50	Higher frequency of RR genotype (P=0.004)
Massidda ²⁴	2015	Caucasians; Central Europe	Team sports athletes (N.=75) Endurance athletes (N.=40) Sprint/power athletes (N.=64)	192	Lower frequency of XX in team sports <i>vs.</i> sprint/power
Gineviciene ²⁵	2016	Caucasians; Eastern Europe	Powerlifters (N.=61) Weightlifters (N.=86) Throwers (N.=14)	1202	No (P=0.159) (R577X) No (P=0.299) No (P=0.911)
Papadimitriou ¹⁶	2016	Caucasians and Africans	Male sprinters (200 m) (N.=79) Elite male African athletes (N.=34)		Higher frequency of RR and RX genotypes (P≤0.05) Higher frequency RR genotypes
Hefferman ²⁶	2016	Caucasians	Elite rugby athletes (N.=507)	710	Lower frequency of XX in rugby union backs <i>vs.</i> forwards (P=0.06)
Ben-Zaken ²⁷	2015	Caucasians; Middle East	Long distance elite swimmers (N.=48) Short distance elite swimmers (N.=43) Long distance runners (N.=65) Short distance runners (N.=72)	217	Higher frequency of RR genotypes (P<0.02) Higher frequency of RR genotypes (P<0.03) Higher frequency of XX genotypes (P<0.01) Higher frequency of RR genotypes (P<0.01)
Mikami ⁵	2014	Japan	Sprint/power athletes (N.=134) Endurance/middle-power athletes (N.=165)	649	Higher frequency of RR+RX genotype (P=0.025) No (P=0.48)
Orysiak ²⁸	2014	Caucasians; Poland	Elite athletes (N.=200)	No	RR and RX higher jump and power (P=0.04)
Persi ²⁹	2013	Caucasian; Italy	Athletes, power or endurance sports (N.=50)	50	64% R/R allelic distribution of ACTN3 (P=0.0024)
Pimenta ³⁰	2013	Brazil	Professional players soccer first division (N.=200)	No	RR faster in short distances (P<0.05) RR higher jump potential (P<0.05) XX highest aerobic capacity (P<0.05)
Kikuchi ³¹	2012	Japan	Elite male wrestlers World Champion (N.=52) National athletes (N.=83)	333	RR higher frequency (P<0.05)
Shang ³²	2012	China	Handgrip strength; male soldiers (N.=452)	No	XX lower than RR genotype (P=0.021)
Cięszczyk ³³	2011	Caucasians	Sprinters (N.=48) Sprint swimmers (N.=54) Weightlifters (N.=56)	254	Lower frequency of XX (P=0.041) No significant differences (P=0.130) No significant differences (P=0.205)
Ruiz ³⁴	2011	Caucasian; Spain	Power elite volleyball players (N.=66)	334	Similar genotype frequencies (P=0.095)
Shang ³⁵	2010	China	Female endurance athletes (N.=250)	450	XX higher in endurance athletes (P=0.02)
Ahmetov ³⁶	2010	Russia	Endurance-oriented athletes (N.=450)	1211	XX lower in endurance-oriented athletes (P<0.0001) RR better results in long-distance rowing

Conclusions

Although this study has been carried out in a small cohort, our results seem to shed light on a much-debated issue regarding the contribution of genetics to physical performance in the context of martial arts (Muay Thai) at regional level. Where both power and endurance-related phenotypes are needed to excel at the elite athletic level, it would be biological logical that the RX genotype may play a key role in fighting performance. However, the prevalence of RR+RX demonstrates that the R allele is still the “most desirable” genotype. Future research done in higher numbers of elite athletes and from different geographic origins will help in understanding the complexity of genetic contribution in elite performance in the setting of such an ancient martial art as Muay Thai.

Conclusioni

I nostri risultati, sebbene ottenuti su una piccola coorte di combattenti di élite di muay thai, fanno luce sul tema dibattuto del contributo genetico alle prestazioni fisiche nell'ambito delle arti marziali (muay thai) a livello regionale (caucasico italiano).

Laddove siano necessari sia i fenotipi di potenza sia quelli di resistenza, per eccellere a livello atletico professionistico, sarebbe plausibile che il genotipo RX possa svolgere un ruolo fondamentale nelle prestazioni di combattimento. Tuttavia la prevalenza di RR+RX dimostra che l'allele R è ancora il genotipo “auspicabile”.

Future ricerche effettuate su un numero maggiore di atleti di professionisti e di origini geografiche diverse aiuteranno a comprendere la complessità del contributo genetico nelle performance di élite nel contesto di una così antica arte marziale come la muay thai.

References/Bibliografia

- 1) Guth LM, Roth SM. Genetic influence on athletic performance. *Curr Opin Pediatr* 2013;25:653-8.
- 2) De Moor MH, Spector TD, Cherkas LF, Falchi M, Hottenga JJ, Boomsma DI, *et al.* Genome-wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs. *Twin Res Hum Genet* 2007;10:812-20.
- 3) Tucker R, Santos-Concejero J, Collins M. The genetic basis for elite running performance. *Br J Sports Med* 2013;47:545-9.
- 4) Papadimitriou ID, Lucia A, Pitsiladis YP, Pushkarev VP, Dyatlov DA, Orekhov EF, *et al.* ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study. *BMC Genomics* 2016;17:285.
- 5) Mikami E, Fuku N, Murakami H, Tsuchie H, Takahashi H, Ohiwa N, *et al.* ACTN3 R577X genotype is associated with sprinting in elite Japanese athletes. *Int J Sports Med* 2014;35:172-7.
- 6) Di Cagno A, Battaglia C, Fiorilli G, Piazza M, Giombini A, Fagnani F, *et al.* Motor Learning as Young Gymnast's Talent Indicator. *J Sports Sci Med* 2014;13:767-73.
- 7) Rice N. My kid, the future Olympian: predictive and genetic aptitude testing and the case for regulation. *J Leg Med* 2013;34:117-37.
- 8) Williams AG, Wackerhage H, Day SH. Genetic Testing for Sports Performance, Responses to Training and Injury Risk: Practical and Ethical Considerations. *Med Sport Sci* 2016;61:105-19.
- 9) Webbhorn N, Williams A, McNamee M, Bouchard C, Pitsiladis Y, Ahmetov I, *et al.* Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: Consensus statement. *Br J Sports Med* 2015;49:1486-91.
- 10) Eynon N, Hanson ED, Lucia A, Houweling PJ, Garton F, North KN, *et al.* Genes for elite power and sprint performance: ACTN3 leads the way. *Sports Med* 2013;43:803-17.
- 11) Di Cagno A, Sapere N, Piazza M, Aquino G, Iuliano E, Intrieri M, *et al.* ACE and AGTR1 polymorphisms in elite rhythmic gymnastics. *Genet Test Mol Biomarkers* 2013;17:99-103.
- 12) Mills M, Yang N, Weinberger R, Vander Woude DL, Beggs AH, Eastal S, *et al.* Differential expression of the actin-binding proteins, alpha-actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of functional redundancy. *Hum Mol Genet* 2001;10:1335-46.
- 13) MacArthur DG, North KN. ACTN3: A genetic influence on muscle function and athletic performance. *Exerc Sport Sci Rev* 2007;35:30-4.
- 14) Yang N, Garton F, North K. alpha-actinin-3 and performance. *Med Sport Sci* 2009;54:88-101.
- 15) Eynon N, Hanson ED, Lucia A, Houweling PJ, Garton F, North KN, *et al.* Genes for elite power and sprint performance: ACTN3 leads the way. *Sports Med* 2013;43:803-17.
- 16) Papadimitriou ID, Lucia A, Pitsiladis YP, Pushkarev VP, Dyatlov DA, Orekhov EF, *et al.* ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study. *BMC Genomics* 2016;17:285.
- 17) Ma F, Yang Y, Li X, Zhou F, Gao C, Li M, *et al.* The Association of Sport Performance with ACE and ACTN3 Genetic Polymorphisms: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* 2013;8.
- 18) Yang N, MacArthur DG, Gulbin JP, Hahn AG, Beggs AH, Eastal S, *et al.* ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet* 2003;73:627-31.
- 19) Amorim CE, Acuña-Alonso V, Salzano FM, Bortolini MC, Hünemeier T. Differing evolutionary histories of the ACTN3/R577X polymorphism among the major human geographic groups. *PLoS One* 2015;10(2).
- 20) Enriquez J, Gullans S. Olympics: Genetically enhanced Olympics are coming. *Nature* 2012;487:297.
- 21) Clarkson PM, Devaney JM, Gordish-Dressman H, Thompson PD, Hubal MJ, Urso M, *et al.* ACTN3 genotype is associated with increases in muscle strength in response to resistance training in women. *J Appl Physiol* (1985) 2005;99:154-63.
- 22) Jetté M, Sidney K, Blümchen G. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin Cardiol* 1990;13:555-65.
- 23) Deschamps CL, Connors KE, Klein MS, Johnsen VL, Shearer J, Vogel HJ, *et al.* The ACTN3 R577X Polymorphism Is Associated with Cardiometaabolic Fitness in Healthy Young Adults. *PLoS One* 2015;10(6).
- 24) Li YC, Wang LQ, Yi LY, Liu JH, Hu Y, Lu YF, *et al.* ACTN3 R577X genotype and performance of elite middle-long distance swimmers in China. *Biol Sport* 2017;34:39-43.
- 25) Yang R, Shen X, Wang Y, Voisin S, Cai G, Fu Y, *et al.* ACTN3 R577X Gene Variant Is Associated With Muscle-Related Phenotypes in Elite Chinese Sprint/Power Athletes. *J Strength Cond Res* 2017;31:1107-15.
- 26) Massidda M, Bachis V, Corrias L, Piras F, Scorcù M, Culigioni C, *et al.* ACTN3 R577X polymorphism is not associated with team sport athletic status in Italians. *Sports Med Open* 2015;1:6.
- 27) Gineviciene V, Jakaitiene A, Aksenov MO, Aksanova AV, Druzhevskaya AM, Asratenkova IV, *et al.* Association analysis of ACE, ACTN3 and PPARGC1A gene polymorphisms in two cohorts of European strength and power athletes. *Biol Sport* 2016;33:199-206.
- 28) Heffernan SM, Kilduff LP, Erskine RM, Day SH, McPhee JS, McMahon GE, *et al.* Association of ACTN3 R577X but not ACE I/D gene variants with elite rugby union player status and playing position. *Physiol Genomics* 2016;48:196-201.
- 29) Ben-Zaken S, Eliakim A, Nemet D, Rabinovich M, Kassem E, Meckel Y. ACTN3 Polymorphism: Comparison Between

Elite Swimmers and Runners. *Sports Med Open* 2015;1:13.

30) Orysiak J, Busko K, Michalski R, Mazur-Różycka J, Gajewski J, Malczewska-Lenczowska J, *et al.* Relationship between ACTN3 R577X polymorphism and maximal power output in elite Polish athletes. *Medicina (Kaunas)* 2014;50:303-8.

31) Persi A, Maltese PE, Bertelli M, Cecchin S, Ciaghi M, Guarnieri MC, *et al.* Polymorphisms of alpha-actinin-3 and ciliary neurotrophic factor in national-level Italian athletes. *Panminerva Med* 2013;55:217-24.

32) Pimenta EM, Coelho DB, Veneroso CE, Barros Coelho EJ, Cruz IR, Morandi RF, *et al.* Effect of ACTN3 gene on

strength and endurance in soccer players. *J Strength Cond Res* 2013;27:3286-92.

33) Kikuchi N, Min SK, Ueda D, Igawa S, Nakazato K. Higher frequency of the ACTN3 R allele + ACE DD genotype in Japanese elite wrestlers. *J Strength Cond Res* 2012;26:3275-80.

34) Shang X, Zhang F, Zhang L, Huang C. ACTN3 R577X polymorphism and performance phenotypes in young Chinese male soldiers. *J Sports Sci* 2012;30:255-60.

35) Cięszczyk P, Eider J, Ostanek M, Arczewska A, Leońska-Duniec A, Sawczyn S, *et al.* Association of the ACTN3 R577X Polymorphism in Polish Power-Oriented Athletes. *J Hum Kinet* 2011;28:55-61.

36) Ruiz JR, Fernández del Valle M, Verde Z, Díez-Vega I, Santiago C, Yvert T, *et al.* ACTN3 R577X polymorphism does not influence explosive leg muscle power in elite volleyball players. *Scand J Med Sci Sports* 2011;21:e34-41.

37) Shang X, Huang C, Chang Q, Zhang L, Huang T. Association between the ACTN3 R577X polymorphism and female endurance athletes in China. *Int J Sports Med* 2010;31:913-6.

38) Ahmetov II, Druzhevskaya AM, Astratenkova IV, Popov DV, Vinogradova OL, Rogozkin VA. The ACTN3 R577X polymorphism in Russian endurance athletes. *Br J Sports Med* 2010;44:649-52.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Funding.—N. Marziliano, P. Berne and G. Casu were supported by Regione Sardegna grant "Epidemiologia e Genetica della morte improvvisa in Sardegna e sue correlazioni con le canalopatie". N. Marziliano, G. La Delfa, D. Occhipinti and D. Fiscella were supported by the Fondazione Floresta Longo, Catania.

Congresses.—Preliminary data have already been presented at the XXXV National Congress of the Italian Sports Medicine Federation (FMSI), which was held in Rome, on November 30th to December 2nd, 2016.

Manuscript accepted: October 12, 2017. - Manuscript received: May 22, 2017.

MEDICAL AREA

Pulse pressure amplification and aortic augmentation index in adolescent competitive handball players

Amplificazione della pressione di pulsazione e indice di aumento aortico in giocatori agonisti di pallamano adolescenti

Cristian S. POTORĂ¹, Adriana ALBU²*, Simona TACHE¹

¹Department of Physiology, Iuliu Hatieganu University of Medicine and Pharmacy, Cluj-Napoca, Romania; ²Second Department of Internal Medicine, Iuliu Hatieganu University of Medicine and Pharmacy, Cluj-Napoca, Romania

*Corresponding author: Adriana Albu, Second Department of Internal Medicine, Iuliu Hatieganu University of Medicine and Pharmacy, Clinicilor str., no. 3-5, Cluj-Napoca, Romania. E-mail: albumed2@gmail.com

SUMMARY

BACKGROUND: Central hemodynamics and characteristics of wave reflexion are important determinants of left ventricular afterload. A decrease in central pulsatile flow might be associated with a reduction in left ventricular load and favorable cardiovascular effects. There are few studies which investigated the potential favorable role of intensive training on central hemodynamics. The aim of this study was to evaluate pulse pressure (PP) amplification and aortic augmentation index (Aix), as parameters of central hemodynamics and wave flection, in adolescent handball athletes. **METHODS:** Central aortic blood pressures, aortic Aix and brachial blood pressures, were measured using an oscillometric device, in twenty four adolescent handball athletes (mean age 16.4±0.1) and seventeen healthy controls, matched for sex, age and height. We calculated PP amplification as the ratio between brachial PP and aortic PP. Cardiorespiratory fitness was determined by the estimation of maximal oxygen consumption (VO_{2max}).

RESULTS: The PP amplification was significantly higher (1.70±0.35 vs. 1.58±0.29, P=0.01) in athletes compared to controls, whereas aortic Aix and aortic Aix75 were significantly lower in handball payers compared to controls (-0.57±0.62 vs. 5.45±2.6, P=0.01 and -1.9±0.9 vs. 4±3.1, P=0.03, respectively). The intensity of cardiovascular fitness correlated directly with PP amplification and inversely with aortic Aix.

CONCLUSIONS: Long-term, intensive training may have favorable effects on central hemodynamics, in adolescent handball athletes, suggesting a positive effect of exercise on wave reflection. This hemodynamic profile may protect cardiovascular system in young athletes.

(Cite this article as: Potoră CS, Albu A, Tache S. Pulse pressure amplification and aortic augmentation index in adolescent competitive handball players. Med Sport 2017;70:512-20. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03167-2)

KEY WORDS: Pulse - Heart rate - Pulse wave analysis - Exercise

RIASSUNTO

OBIETTIVO: L'emodinamica centrale e le caratteristiche di riflessione delle onde sono importanti fattori che determinano il post-carico del ventricolo sinistro. Una diminuzione del flusso pulsatile centrale può essere associata a una riduzione del carico ventricolare sinistro e a effetti cardiovascolari positivi. Pochi studi hanno indagato il ruolo potenzialmente positivo dell'allenamento intensivo sull'emodinamica centrale. Lo scopo del presente studio è stato quello di valutare l'amplificazione della pressione di pulsazione (PP) e l'indice di aumento aortico (Aix) come parametri dell'emodinamica centrale e della riflessione delle onde in atleti di pallamano adolescenti.

METODI: Tramite un dispositivo oscillometrico, si è proceduto alla misurazione delle pressioni aortiche centrali, dell'Aix e delle pressioni brachiali in ventiquattro atleti di pallamano adolescenti (età media 16,4±0,1) e diciassette soggetti di controllo, appaiati per sesso, età e altezza. Abbiamo calcolato l'amplificazione della PP come il rapporto tra la PP brachiale e quella aortica. Il fitness cardiorespiratorio è stato determinato stimando il massimo consumo di ossigeno (VO_{2max}).

RISULTATI: L'amplificazione della PP era significativamente più elevata negli atleti che nei soggetti di controllo (1,70±0,35 vs. 1,58±0,29, P=0,01), mentre l'Aix e l'Aix75 erano significativamente più bassi nei giocatori di palla-

mano che nel gruppo di controllo (rispettivamente, $-0,57 \pm 0,62$ vs. $5,45 \pm 2,6$, $P=0,01$ e $-1,9 \pm 0,9$ vs. $4 \pm 3,1$, $P=0,03$). L'intensità del fitness cardiovascolare si correlava direttamente all'amplificazione della PP e inversamente all'Aix.

CONCLUSIONI: *Un allenamento intensivo e a lungo termine può avere effetti favorevoli sull'emodinamica centrale in atleti di pallamano adolescenti, suggerendo un effetto positivo dell'esercizio fisico sulla riflessione delle onde. Tale profilo emodinamico può proteggere il sistema cardiovascolare nei giovani atleti.*

PAROLE CHIAVE: *Pulsazione - Frequenza cardiaca - Analisi dell'onda di polso - Esercizio fisico*

Each ventricular contraction generates a pressure wave which travels along the arterial tree to the peripheral arteries. This forward wave is reflected particularly at the level of arterial bifurcations, producing a reflected wave which travels backward and, in normal elastic arteries, reaches the heart during diastole, augmenting coronary blood flow.¹ In stiff arteries, pulse wave velocity (PWV) rises and the backward wave arrives earlier in central arteries, increasing systolic pressure. This augmentation of aortic systolic pressure imposes a high left ventricular load which predisposes to left ventricular hypertrophy and left ventricular diastolic dysfunction.² The aortic Aix, calculated as the difference between the second and the first systolic peaks and expressed as a percentage of aortic pulse pressure (PP), provides the augmenting effect of the reflected pressure wave.³ Recent research indicates that central (aortic and carotid) pressures better predict cardiovascular events than do peripheral pressures.^{3, 4}

In elastic arteries, systolic brachial pressure is superior to central aortic pressure due to phenomenon of pressure wave amplification. In stiff arteries, peripheral pressure wave amplification is reduced.^{2, 3} It has been shown that PP amplification is an independent predictor of mortality, at least as good as brachial and central PP.⁵

Regular physical activity has important preventive effects in cardiovascular diseases and is associated with decreased cardiovascular and all-cause mortality.⁶

Previous studies have investigated the effect of sustained training on central hemodynamics and arterial stiffness, in competing athletes and the results seem to be influenced by the type of exercise (endurance or resistance training) and the intensity of physical training.^{7, 8}

Aerobic exercise has been shown to improve vascular elastic aortic properties, reducing PWV and Aix.^{8, 9} Intensive aerobic training in relation with arterial distensibility was evaluated in 212 soccer players and 211 controls. The authors found lower values of aortic PWV in athletes group compared with controls.¹⁰ Nevertheless,

Ogni contrazione ventricolare genera un'onda di polso che viaggia lungo l'albero arterioso in direzione delle arterie periferiche. Questa onda progressiva è riflessa soprattutto al livello delle biforcazioni arteriose, producendo un'onda riflessa che viaggia all'indietro e che, nelle normali arterie elastiche, raggiunge il cuore durante la diastole aumentando il flusso coronarico.¹ Nelle arterie rigide, la velocità dell'onda di polso (PWV) aumenta e l'onda retrograda arriva prima nelle arterie centrali aumentando la pressione sistolica. Questo aumento della pressione sistolica aortica impone un elevato carico ventricolare sinistro, che predispone a ipertrofia ventricolare sinistra e disfunzione diastolica ventricolare sinistra.² L'Aix, calcolato come differenza tra il secondo e il primo picco sistolico ed espresso come percentuale della pressione di pulsazione (PP) aortica, fornisce l'effetto di aumento dell'onda di pressione riflessa.³ Recenti ricerche indicano che le pressioni centrali (aortica e carotidea) prevedono meglio di quelle periferiche gli eventi cardiovascolari.^{3, 4}

Nelle arterie elastiche, la pressione brachiale sistolica è superiore a quella aortica centrale per il fenomeno dell'amplificazione dell'onda di pressione. Nelle arterie rigide, l'amplificazione dell'onda di pressione periferica risulta ridotta.^{2, 3} È stato dimostrato che l'amplificazione della PP è un predittore indipendente di mortalità ed è efficace almeno tanto quanto la PP brachiale e centrale.⁵

Un'attività fisica regolare ha importanti effetti preventivi sulle malattie cardiovascolari ed è associata a una ridotta mortalità cardiovascolare e per tutte le cause.⁶

Precedenti studi hanno indagato l'effetto di un allenamento prolungato sull'emodinamica centrale e la rigidità arteriosa di atleti agonisti e i risultati sembrano essere influenzati dal tipo di esercizio (di endurance o di resistenza) e dall'intensità dell'allenamento.^{7, 8}

È stato provato che l'esercizio aerobico migliora le proprietà aortiche elastiche, riducendo PWV e Aix.^{8, 9} In 212 giocatori di calcio e 211 controlli è stato valutato un intenso allenamento aerobico posto in relazione con la distensibilità aortica. Gli autori hanno riscontrato valori più bassi della PWV nel gruppo degli atleti rispetto a quello di controllo.¹⁰ Tuttavia, negli atleti di ultra-en-

in ultra-endurance athletes, central arterial stiffness was increased as compared to recreationally active individuals.¹¹ Effects of resistance training on arterial stiffness have not yet been clarified. A recent meta-analysis indicates that resistance exercise produces no beneficial effects on PWV and Aix.⁸ Studies that compared parameters of arterial distensibility between endurance and resistance trained athletes reported contradictory results. Dulai *et al.* evaluated arterial stiffness in resistance athletes, endurance athletes and in healthy controls at rest and found no significant differences in resting PWV, between groups.¹² Otsuki *et al.* reported that endurance training was associated with reduced aortic PWV and increased systemic arterial compliance, whereas strength training increased aortic PWV and reduced systemic compliance.¹³ In contrast, in a recent study that compared intense resistance trained men with endurance runners and healthy controls, the authors reported that long-term resistance training was associated with decreased aortic stiffness and lower central augmentation pressure.¹⁴ Similar results were obtained by Saka *et al.*, in a study that compared aerobically trained and resistance trained elite athletes. They concluded that, in the long term, sport activities, which predominantly comprise of resistance training, improve arterial stiffness, despite deleterious effect on arterial distensibility, in the acute phase.¹⁵

Handball is a complex team sport. Competing players need various physical skills, including jumping, throwing with power, sprinting and ball control.¹⁶ Handball training imposes complex activities of both endurance and resistance exercises.

Data regarding the effect of competitive sports in very young athletes are sparse.

The aim of this study was to investigate PP amplification and other parameters of central hemodynamics and wave reflection in young competing handball players. We wanted to identify the effects of systematic, complex and combined physical exercise on elastic arteries of adolescent athletes.

Materials and methods

Subjects

Twenty four male handball players (ages 16-17 years) and seventeen male recreationally active healthy controls matched for age and height

durance, la rigidità arteriosa centrale risultava maggiore che negli individui attivi a livello amatoriale.¹¹ Gli effetti dell'allenamento di resistenza sulla rigidità arteriosa non sono stati ancora chiariti. Gli studi che hanno confrontato i parametri della distensibilità arteriosa tra atleti di endurance e di resistenza allenati hanno riportato risultati contraddittori. Dulai et al. hanno valutato la rigidità arteriosa negli atleti di resistenza, in quelli di endurance e in soggetti di controllo sani e non hanno rilevato differenze significative nella PWV a riposo.¹² Otsuki et al. hanno osservato che l'allenamento di endurance risultava associato a una ridotta PWV aortica e a una maggiore compliance arteriosa sistemica, mentre l'allenamento di forza aumentava la PWV aortica e riduceva la compliance sistemica.¹³ Al contrario, in un recente studio che ha messo a confronto uomini preparati a un'intensa resistenza con corridori di endurance e soggetti di controllo sani, gli autori hanno riscontrato che l'allenamento di resistenza a lungo termine si associava a una ridotta rigidità arteriosa e a una minore augmentation pressure centrale.¹⁴ Risultati simili sono stati ottenuti da Saka et al. in uno studio che ha comparato atleti di élite allenati alla resistenza con altri allenati dal punto di vista aerobico. Ne è emerso che, nel lungo periodo, le attività sportive che includono principalmente l'allenamento di resistenza migliorano la rigidità arteriosa, nonostante un effetto deleterio sulla distensibilità arteriosa nella fase acuta.¹⁵

La pallamano è un complesso sport di squadra. Gli agonisti devono possedere diverse capacità fisiche, tra cui saltare, lanciare con potenza, fare sprint e controllare la palla.¹⁶ Nella pallamano, l'allenamento prevede attività complesse con esercizi sia di endurance che di resistenza.

I dati sull'effetto degli sport competitivi in atleti molto giovani sono scarsi.

Lo scopo del presente studio era indagare l'amplificazione della PP e altri parametri di emodinamica centrale e riflessione delle onde in giovani giocatori di pallamano a livello agonistico. Il nostro desiderio era quello di cogliere gli effetti di un esercizio fisico sistematico, complesso e combinato sulle arterie elastiche degli atleti adolescenti.

Materiali e metodi

Soggetti

Lo studio ha coinvolto ventiquattro giocatori maschi di pallamano (età 16-17 anni) e diciassette controlli sani attivi a livello amatoriale appaiati

were included in this study. All subjects declare they do not smoke or drink alcohol. They have not cardiovascular risk factors or known chronic diseases and were not under vasoactive medication. Handball players are professional athletes from the Sports High School Cluj and the Potaissa Handbal Club Association Turda and have been exercising for 8-9 years. All athletes included in the study are field players, perform 5 training sessions of 2 hours per week and participate regularly in one match per week, in a national competition. Recreationally active subjects were defined as no more than 30 min/day, five days per week of physical activity.¹⁷

All subjects included in the study had a complete clinical evaluation. Height and weight were measured and Body Mass Index (BMI) was calculated as the ratio between weight, measured in kilograms, and the squared of height, measured in meters, BMI (kg/m^2). Athletes and controls signed the informed consent and the protocol was approved by the Committee of Ethics of our university.

Laboratory parameters

Blood samples were taken from the antecubital vein after a night of fast and total cholesterol, triglycerides and fasting plasma glucose were determined.

Cardiorespiratory fitness

Maximal oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$) was estimated using the classical Åstrand-Ryhming method.¹⁸ The procedure consists in 6 minute submaximal exercise, performed on the Ergoline 900 cycloergometer (commercialized by Tehnomed SRL, Cluj-Napoca, Romania), with a 40-80/min rotation and 2.5 W/kg intensity, maintained constant throughout the duration of the test.

Measurement of aortic PWV and central hemodynamics

Parameters of arterial stiffness and central aortic pressures were measured with an oscillometric device (Arteriograph, TensioMed Ltd., Budapest, Hungary). Arteriograph uses an arm cuff that measures brachial arterial pressures: systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP) and PP (as the difference between systolic and diastolic blood pressures). Then, the cuff is in-

per età e altezza. Tutti i soggetti hanno dichiarato di non fumare o bere alcool. I partecipanti non presentavano fattori di rischio cardiovascolare o note malattie croniche e non assumevano farmaci vasoattivi. I giocatori di pallamano erano atleti professionisti della Sports High School Cluje e della Potaissa Handbal Club Association Turda e si allenavano da 8-9 anni. Tutti gli atleti inclusi nello studio erano giocatori in campo, si allenavano cinque volte a settimana con sessioni di due ore e partecipavano regolarmente a una partita a settimana in un campionato nazionale. I soggetti attivi a livello amatoriale sono stati definiti come individui che eseguivano non più di 30 minuti al giorno di attività fisica per cinque giorni alla settimana.¹⁷

Tutti i partecipanti hanno ricevuto una valutazione clinica completa. Sono stati misurati il peso e l'altezza e l'Indice di massa corporea (IMC) è stato calcolato come rapporto tra il peso, misurato in chilogrammi, e il quadrato dell'altezza, misurata in metri, IMC (kg/m^2). Gli atleti e i controlli hanno firmato il consenso informato e il protocollo è stato approvato dal Comitato etico della nostra università.

Parametri di laboratorio

Dopo una notte di digiuno, sono stati prelevati campioni di sangue dalla vena antecubitale e sono stati determinati i valori del colesterolo totale, dei trigliceridi e della glicemia a digiuno.

Fitness cardiorespiratorio

Il massimo consumo di ossigeno ($\text{VO}_{2\text{max}}$) è stato stimato utilizzando il metodo classico Åstrand-Ryhming.¹⁸ La procedura consiste in 6 minuti di esercizio sottomassimale eseguito sul cicloergometro Ergoline 900 (commercializzato da Tehnomed SRL, Cluj-Napoca, Romania), con una rotazione di 40-80/min e un'intensità di 2,5 W/kg, mantenuta costante per tutta la durata del test.

Misura della PWV aortica e dell'emodinamica centrale

I parametri relativi a rigidità arteriosa e pressioni aortiche centrali sono stati misurati con un dispositivo oscillometrico (Arteriograph, TensioMed Ltd., Budapest, Ungheria). Arteriograph utilizza un bracciale che misura le pressioni arteriose brachiali: pressione arteriosa sistolica (SBP), pressione arteriosa diastolica (DBP), pressione arteriosa media (MAP) e PP (come differenza tra la pressione sistolica e quella diastolica). Succes-

flated at a pressure superior with 35 mmHg to the SBP measured and it detects pressure waves produced by the contraction of the left ventricle. These pressure waves are the result of the summation of the incident wave produced by each heart beat and the reflected wave that travels backward from the periphery to the heart, caused by the reflection of the incident wave. Central aortic blood pressures (aortic SBP and aortic PP), are measured using a transfer function. Amplification of PP was calculated as the ratio between brachial PP and aortic PP. The device also calculates Aix, as a ratio between aortic augmentation pressure and aortic PP.¹⁹ Augmentation pressure is the height above the first systolic shoulder of the aortic waveform. Because Aix is inversely and linearly correlated with heart rate,^{20, 21} Aix normalized to a heart rate of 75 battements /min (Aix75), was determined.

Arteriograph device was previously validated against an invasive method.¹⁹

Statistical analysis

Parameters were expressed as mean±standard error of the mean. Variables were tested for normal distribution with Shapiro-Wilk Test. Comparison of values between the two groups (athletes and controls) was evaluated using a parametric test (*t*-test for independent samples) Bivariate relationship between variables was analyzed using Spearman Rank Correlation Test. A P value <0.05 was considered statistically significant.

Results

As indicated in Table I, there were no significant differences in BMI, total cholesterol, triglycerides and fasting plasma glucose between athletes and controls. Heart rate in sportsmen was significantly decreased (64.8 ± 1.5 vs. 72 ± 3.4 beats/min, respectively, $P=0.04$) when compared to controls and VO_{2max} was significantly increased in athletes than in controls (52.6 ± 1.4 vs. 38.6 ± 0.9 , $P<0.001$).

Comparison of vascular parameters between athletes and controls (Table II) showed that SBP, DBP, and MAP were not different between athletes and controls. Aortic Aix was decreased in athletes compared to controls (-0.57 ± 0.62 vs. 5.45 ± 2.6 , $P=0.01$). Even after the adjustment for heart rate (75 beats/min), aortic Aix 75 remained significantly decreased in competi-

sivamente, il bracciale viene gonfiato a una pressione superiore di 35 mmHg rispetto alla SPB misurata e si rilevano le onde di pressione prodotte dalla contrazione del ventricolo sinistro. Tali onde sono il risultato della somma dell'onda incidente prodotta da ciascun battito cardiaco e dell'onda riflessa che viaggia all'indietro dalla periferia al cuore causata dalla riflessione dell'onda incidente. Le pressioni aortiche centrali (SPB aortica e PP aortica) sono misurate tramite una funzione di trasferimento. L'amplificazione della PP è stata calcolata come rapporto tra la PP brachiale e quella aortica. Il dispositivo misura anche la PP, come rapporto tra l'augmentation pressure aortica a la PP aortica.¹⁹ L'augmentation pressure è l'altezza sopra il primo picco sistolico della forma d'onda aortica. Poiché l'Aix è inversamente e linearmente correlato alla frequenza cardiaca,^{20, 21} è stato determinato l'Aix normalizzato a una frequenza cardiaca di 75 battiti al minuto (Aix75).

Il dispositivo Arteriograph è stato prima validato rispetto a un metodo invasivo.¹⁹

Analisi statistica

I parametri sono stati espressi come media±errore standard della media. Le variabili sono state testate per la distribuzione normale con il Test di Shapiro-Wilk. Il confronto dei valori tra i due gruppi (atleti e controlli) è stato effettuato tramite un test parametrico (t-test per campioni indipendenti). Il rapporto bivariato tra le variabili è stato analizzato tramite il test di correlazione per ranghi di Spearman. Un valore di $P<0,05$ è stato considerato statisticamente significativo.

Risultati

Come indicato nella Tabella I, non sono state riscontrate differenze significative in IMC, colesterolo totale, trigliceridi e glicemia a digiuno tra atleti e controlli. La frequenza cardiaca negli sportivi era significativamente più bassa rispetto a quella dei controlli (rispettivamente $64,8 \pm 1,5$ vs. $72 \pm 3,4$ battiti/min, $P=0,04$) e il VO_{2max} era significativamente più elevato negli atleti che nei controlli ($52,6 \pm 1,4$ vs. $38,6 \pm 0,9$, $P<0,001$).

La comparazione dei parametri vascolari tra i due gruppi (Tabella II) ha mostrato che SPB, DPB e MAP non differivano tra atleti e controlli. L'Aix risultava inferiore negli atleti ($-0,57 \pm 0,62$ vs. $5,45 \pm 2,6$, $P=0,01$). Anche dopo l'aggiustamento per la frequenza cardiaca (75 battiti/min), l'Aix 75 è rimasto significativamente inferiore negli atleti agonisti rispetto ai controlli ($-1,9 \pm 0,9$ vs. $4 \pm 3,1$,

TABLE I.—Clinical characteristics and biological parameters in athletes and controls.

TABELLA I. — *Caratteristiche cliniche e parametri biologici in atleti e soggetti di controllo.*

Parameters	Athletes N.=24	Controls N.=17	p
Age (years)	16.4±0.1	16.7±0.2	0.23
Height (cm)	184±0.9	181.9±1.2	0.21
Body mass index (kg/m ²)	22.8±0.4	22.2±0.3	0.21
Fasting plasma glucose (mg/dL)	84.2±2	83.6±2.4	0.85
Total cholesterol (mg/dL)	149.3±4.6	150.8±4.8	0.83
Triglycerides (mg/dL)*	80.2±2.6	81.9±3.1	0.67
Heart rate (beats/min)*	64.8±1.5	72± 3.4	0.04
Maximal oxygen consumption (mL/kg/min)	52.6±1.4	38.6±0.9	<0.001
Heart rate at maximal oxygen consumption	141.7±2.4	172±1.4	<0.001

Values are presented as mean±standard error

TABLE II.—Cardiovascular parameters in athletes and controls.

TABELLA II. — *Parametri cardiovascolari in atleti e soggetti di controllo.*

Parameters	Athletes N.=24	Controls N.=17	p
Brachial systolic blood pressure (mmHg)	123.5±1.4	123.6±1.7	0.97
Brachial diastolic blood pressure (mmHg)	61.8±1.4	63.8±2.1	0.43
Brachial mean blood pressure (mmHg)	83.4±1	83.8±1.8	0.85
Aortic systolic blood pressure (mmHg)	101.7±1.7	102±1.5	0.89
Aortic pulse pressure (mmHg)	36,3±0.9	37.8±1.1	0.35
Aortic Augmentation Index	-0.57±0.62	5.45±2.6	0.01
Aortic Augmentation Index 75	-1.9±0.9	4±3.1	0.03
Pulse pressure amplification	1.70±0.35	1.58±0.29	0.01

Values are presented as mean±standard error.

tive athletes compared to controls (-1.9±0.9 vs. 4±3.1, $P=0.03$). PP amplification was significantly increased in athletes compared to controls (1.70±0.35 vs. 1.58±0.29, $P=0.01$).

In the entire study population, VO_{2max} significantly correlated with aortic Aix ($r=-0.37$, $P=0.03$), aortic Aix 75 ($r=-0.44$, $P=0.004$) and PP amplification ($r=0.36$, $P=0.01$).

Discussion

Our study found an increased PP amplification and a decreased aortic Aix in male adolescent handball athletes, compared to recreationally active controls, with similar age, height and peripheral blood pressures, suggesting a favourable effect of intensive physical training on wave reflection and central pressures. Cardiovascular fitness, assessed as VO_{2max} , correlated directly with PP amplification and inversely with aortic Aix.

Heart rate was significantly lower in athletes, indicating an adaptation to sustained training.

The phenomenon of PP amplification is responsible for the increase in peripheral SBP, as

$P=0.03$). L'amplificazione della PP risultava significativamente aumentata negli atleti rispetto ai controlli (1,70±0,35 vs. 1,58±0,29, $P=0,01$).

Nell'intera popolazione di studio, il VO_{2max} si è significativamente correlato con Aix ($r=-0,37$, $P=0,03$), Aix 75 ($r=-0,44$, $P=0,004$) e amplificazione della PP ($r=0,36$, $P=0,01$).

Discussione

Il nostro studio ha riscontrato un'aumentata amplificazione della PP e un ridotto Aix negli atleti maschi di pallamano adolescenti rispetto ai controlli attivi a livello amatoriale con età, altezza e pressioni periferiche simili, suggerendo un effetto positivo dell'allenamento intensivo sulla riflessione delle onde e sulle pressioni centrali. Il fitness cardiovascolare, valutato come VO_{2max} , è risultato direttamente associato all'amplificazione della PP e inversamente correlato all'Aix.

La frequenza cardiaca era significativamente più bassa negli atleti, indicando un adattamento a un allenamento prolungato.

Il fenomeno dell'amplificazione della PP è responsabile dell'aumento della SPB periferica, poiché l'onda di pressione viaggia dall'aorta alle ar-

pressure wave travels from aorta to peripheral arteries. For a given peripheral MAP, an increase in PP amplification is associated with reduced central systolic and PP and, subsequently, with low left ventricular afterload and central arterial wall stress.¹⁹ This may explain the association of an increased PP amplification with a reduced cardiovascular risk.^{4, 21}

It has been shown that amplification from central to peripheral arteries is inversely correlated with large artery stiffness, peripheral arterial resistance, pressure wave reflections and heart rate.^{22, 23} Aortic Aix is predominantly influenced by wave reflection and is inversely correlated with heart rate.²² In our study, despite the reduction in heart rate, athletes had increased PP amplification and decreased aortic Aix.

It has been reported that aortic Aix is an independent predictor of cardiovascular events,⁴ even though it has a weak correlation with risk factors other than blood pressure.²⁴ In this context, the prognostic value of Aix has been linked to the adverse hemodynamic effects on left ventricle of an elevated Aix and not to the vascular damage caused by cardiovascular risk factors.²⁵

The results of our study indicate a favorable hemodynamic effect of intense exercise training in adolescent competitive athletes.

Lower reflection in young endurance athletes has been previously reported in a study that evaluated 16 competitive endurance athletes and 16 recreationally active subjects. Both, Aix and tension-time index, an indicator of systolic load, were lower in competitive group compared with recreational group.²⁶ A favorable effect of cardiorespiratory fitness on arterial distensibility has been reported in a study that investigated parameters of carotid distensibility (arterial compliance, elastic modulus, stiffness index β and carotid PWV), using B- and M-mode ultrasound, at the common carotid artery, in 697 children and adolescents, aged 7-17 years. Cardiorespiratory fitness correlated significantly with all cardiovascular parameters and it was an independent predictor of arterial stiffness measurements in multivariate regression analysis.²⁷ In young basketball players (mean age 23.9 ± 1.2 years), carotid arterial stiffness was significantly decreased at rest, as compared to healthy sedentary controls.²⁸

In contrast, in a study which evaluated young sportsmen, basketball players, and matched healthy controls, aged 11-16 years, Ratgeber *et al.* did not find significant differences for aortic PWV and aortic Aix between athletes and con-

terie periferiche. Per una data MAP periferica, un aumento nell'amplificazione della PP è associato a una ridotta pressione sistolica centrale e PP e, di conseguenza, a un basso post-carico ventricolare sinistro e stress della parete arteriosa centrale.¹⁹ Ciò può spiegare l'associazione tra un'aumentata PP e un ridotto rischio cardiovascolare.^{4, 21}

È stato dimostrato che l'amplificazione dalle arterie centrali a quelle periferiche è inversamente associata a un'ampia rigidità arteriosa, resistenza arteriosa periferica, riflessioni dell'onda di pressione e frequenza cardiaca.^{22, 23} L'Aix è principalmente influenzato dalla riflessione delle onde e inversamente correlato alla frequenza cardiaca.²² Nel nostro studio, nonostante la riduzione della frequenza cardiaca, gli atleti presentavano un'aumentata amplificazione della PP e un ridotto Aix.

È stato segnalato che l'Aix è un predittore indipendente di eventi cardiovascolari,⁴ anche se mostra una debole correlazione con fattori di rischio altri rispetto alla pressione arteriosa.²⁴ In questo contesto, il valore prognostico dell'Aix è stato legato agli effetti emodinamici avversi di un Aix elevato sul ventricolo sinistro e non al danno vascolare causato da fattori di rischio cardiovascolare.²⁵

I risultati del nostro studio indicano un effetto emodinamico positivo dell'allenamento intenso su atleti agonisti adolescenti.

In precedenza, uno studio che aveva messo a confronto 16 atleti agonisti di endurance e 16 soggetti attivi a livello amatoriale aveva osservato una minore riflessione nei giovani atleti di endurance. Sia l'Aix che l'indice tensione-tempo, un indicatore di carico sistolico, risultavano più bassi nel gruppo degli agonisti che in quello degli amatori.²⁶ Un effetto positivo del fitness cardiorespiratorio sulla distensibilità arteriosa è stato segnalato in uno studio che ha indagato i parametri della distensibilità carotidea (compliance arteriosa, modulo di elasticità, indice β di rigidità e PWV carotidea), tramite un'ecografia in modalità B e M dell'arteria carotide comune, in 697 bambini e adolescenti dai 7 ai 17 anni. Il fitness cardiorespiratorio risultava significativamente correlato con tutti i parametri cardiovascolari ed era un predittore indipendente delle misure di rigidità arteriosa in un'analisi di regressione multivariata.²⁷ Nei giovani giocatori di basket (età media $23,9 \pm 1,2$ anni), la rigidità arteriosa tiroidea era significativamente inferiore a riposo rispetto ai controlli sedentari in salute.²⁸

Al contrario, in uno studio che ha valutato giovani sportivi giocatori di basket e soggetti di controllo sani con un'età dagli 11 ai 16 anni, Ratgeber *et al.* non hanno riscontrato differenze significative in PWV aortica e Aix tra atleti e controlli,²⁹ ma questo studio ha incluso atleti più giovani con un

trols,²⁹ but this study included younger athletes with shorter period of intensive training, when compared to our subjects.

Favourable effects of regular training on arterial distensibility, observed in the majority of studies, may have several explanations. One possible mechanism involves a positive effect of exercise on endothelium-dependent vasodilation.³⁰ Shear stress may induce the expression of nitric oxide synthase in endothelial cells³¹ and suppression of vasoconstrictor agents, such as angiotensin-converting enzyme and endothelin I.^{32, 33} The stimulation of nitric oxide release may reduce peripheral vascular resistance which leads to reduction in Aix and increase in PP amplification.^{33, 34} Regular physical exercise may also reduce systemic inflammation with subsequent decrease in oxidative stress. It has been shown that exercise training increases anti-inflammatory and reduces pro-inflammatory cytokines and oxidative stress.³⁵ Another possible mechanism may involve a depressed sympathetic tone in trained athletes, which could reduce vasoconstriction and peripheral vascular resistance.²⁶

Structural modifications of arterial stiffness, such as fragmentation of elastin fibres and stimulation of collagen production, may be reduced by physical training.³⁶ However, these morphological alterations of the vascular wall develop during a long period of time are not usually detected in elastic arteries, of very young subjects.

Limitations of the study

One important limitation of our study is the small number of subjects investigated. Another limitation is the cross-sectional design of the study that does not allow us to establish a cause-effect relationship. The non-invasive determination of central pressures using a transfer function may introduce some inaccuracies in the determination of central pressures. However, the expression of PP amplification as a ratio between peripheral and central PP it is considered potentially less influenced by the methodological problems of central blood pressure measurement.²³

Conclusions

Our study indicates a favourable central arterial pressure profile in adolescent competing handball players, due, particularly, to lower wave reflection. The increase in PP amplifica-

periodo meno prolungato di allenamento intensivo rispetto ai nostri soggetti.

Gli effetti positivi dell'allenamento regolare sulla distensibilità arteriosa osservati nella maggior parte degli studi possono avere diverse spiegazioni. Un possibile meccanismo riguarda un effetto positivo dell'esercizio fisico sulla vasodilatazione endotelio-dipendente.³⁰ Lo sforzo di taglio può indurre l'espressione dell'ossido nitrico sintasi nelle cellule endoteliali³¹ e la soppressione degli agenti vasoconstrictori, come l'enzima di conversione dell'angiotensina e l'endotelina I.^{32, 33} La stimolazione al rilascio dell'ossido nitrico può ridurre la resistenza vascolare periferica che conduce a una riduzione dell'Aix e a un aumento dell'amplificazione della PP.^{33, 34} Un esercizio fisico regolare può anche ridurre l'infiammazione sistemica con un conseguente abbassamento dello stress ossidativo. È stato dimostrato che l'allenamento aumenta le citochine antinfiammatorie e riduce quelle pro-infiammatorie e lo stress ossidativo.³⁵ Un altro possibile meccanismo può coinvolgere un tono simpatico ridotto negli atleti allenati, che potrebbe diminuire la vasocostrizione e la resistenza vascolare periferica.²⁶

L'allenamento fisico può ridurre le modifiche strutturali della rigidità arteriosa, come la frammentazione delle fibre di elastina e la stimolazione della produzione di collagene.³⁶ Tuttavia, queste alterazioni morfologiche della parete vascolare si sviluppano durante un lungo periodo di tempo e solitamente non vengono rilevate nelle arterie elastiche dei soggetti molto giovani.

Limiti dello studio

Un importante limite del nostro studio è lo scarso numero di soggetti esaminati. Un altro limite è rappresentato dal design trasversale dello studio che non permette di stabilire una relazione causa-effetto. La determinazione non invasiva delle pressioni centrali tramite una funzione di trasferimento potrebbe produrre alcune imprecisioni nella determinazione di tali pressioni. Tuttavia, l'espressione dell'amplificazione della PP come rapporto tra la PP periferica e quella centrale è considerata potenzialmente meno influenzata dai problemi metodologici relativi alla misurazione delle pressioni arteriose centrali.²³

Conclusioni

Il nostro studio indica un profilo favorevole delle pressioni arteriose centrali nei giocatori agonisti di pallamano adolescenti, grazie soprattutto a una minore riflessione delle onde. L'aumento dell'amplificazione della PP e la riduzione dell'Aix, che

tion and the decrease in aortic Aix, which reduce left ventricular afterload, may protect the heart of intense exercising athletes.

abbassano il post-carico ventricolare sinistro, possono proteggere il cuore degli atleti che si allenano intensamente.

References/Bibliografia

- 1) Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, *et al.* European Network for Non-invasive Investigation of Large Arteries. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J* 2006;27:2588-605.
- 2) Adji A, O'Rourke MF, Namasivayam M. Arterial stiffness, its assessment, prognostic value, and implications for treatment. *Am J Hypertens* 2011;24:5-17.
- 3) Agabiti-Rosei E, Mancia G, O'Rourke MF, Roman MJ, Safar ME, Smulyan H, *et al.* Central blood pressure measurement and antihypertensive therapy. *Hypertension* 2007;50:154-60.
- 4) Vlachopoulos C, Aznaouridis K, O'Rourke MF, Safar ME, Baou K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with central hemodynamics: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J* 2010;31:1865-71.
- 5) Benetos A, Thomas F, Joly L. Pulse pressure amplification: a mechanical biomarker of cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:1032-7.
- 6) Nocon M, Hiemann T, Muller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN. Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15: 239-46.
- 7) Sardeli AV, Chacon-Michail MPT. Is the exercise induced increase in central arterial stiffness a risk factor for health? *J Arch Mil Med* 2016;4:e36833, doi: 10.5812/jamm.36833
- 8) Ashor AW, Lara J, Siervo M, Celis-Morales C, Mathers JC. Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS ONE* 2014;9:e110034.
- 9) Laurent P, Marengo P, Castagna O, Smulyan H, Blacher J, Safar ME. Differences in central systolic blood pressure and aortic stiffness between aerobically trained and sedentary individuals. *J Am Soc Hypertens* 2011;5:85-93.
- 10) Maldonado J, Pereira T, Polonia J, Martins L. Modulation of arterial stiffness with intensive competitive training. *Rev Port Cardiol* 2006;25:708-14.
- 11) Vlachopoulos C, Kardara D, Anastasakis A, Baou K, Terentes-Prinzios D, Tousoulis D, *et al.* Arterial stiffness and wave reflection in marathon runners. *Am J Hypertens* 2010;23:974-9.
- 12) Dulai R, Ahmed M, Morrissey D, Twycross-Lewis, Greenwald S. Arterial stiffness before and after moderate exercise in athletes and controls: a cross-sectional observational study. *Br J Sports Med* 2011;45:e1.
- 13) Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Aisaka R, *et al.* Relationship between arterial stiffness and athletic programs in young adult men. *J Hypertens* 2007;20:967-73.
- 14) Morra EA, Zaniqueli D, Rodrigues SL, El-Aouar LM, Lunz W, Mill JG, *et al.* Long-term intense resistance training in men is associated with preserved cardiac structure/function, decreased aortic stiffness, and lower central augmentation pressure. *J Hypertens* 2014;32:286-93.
- 15) Saka T, Sekir U, Dogan A, Akkurt S, Karakus M, Celebi MM, *et al.* Arterial stiffness differences between aerobically and resistance trained Turkish elite athletes. *Anthropologist* 2016;24:429-39.
- 16) Wallace B, Cardinale M. Conditioning for team handball. *J Strength and Cond* 1997;19:7-12.
- 17) Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, *et al.* American College of sports medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *MSSE* 2011;47:1334-59.
- 18) Astrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand Suppl* 1960;49:1-92.
- 19) Horvath IG, Nemeth A, Lenkey Zs, Alessandri N, Tufano F, Kis P, *et al.* Invasive validation of Arteriograph- a new oscillometric device for measuring augmentation index, central and brachial blood pressure and aortic pulse wave velocity simultaneously. *J Hypertens* 2010;28:2068-75.
- 20) Wilkinson IB, MacCullum H, Flint L, Cockcroft JR, Newby DE, Webb DJ. The influence of heart rate on augmentation index and central arterial pressure in humans. *J Physiol* 2000;20:1743-51.
- 21) Munir S, Guilcher A, Kamallesh T, Clapp B, Redwood S, Marber M, Chowienczyk P. Peripheral augmentation index defines the relationship between central and peripheral pulse pressure. *Hypertension* 2008;51:112-8.
- 22) Avolio AP, van Bortel LM, Boutouyrie P, Cockcroft JR, McEniery CM, Protogerou AD, *et al.* Role of pulse pressure amplification in arterial hypertension. Experts' opinion and review of the data. *Hypertension* 2009;54:375-83.
- 23) Segers P, Mathieu D, Kips J, Rietzschel E, De Buyzere M, De Bacquer D, *et al.* for the Asklepios Investigators. Amplification of the pressure pulse in the upper limb in healthy, middle-aged men and women. *Hypertension* 2009;54:414-20.
- 24) Chirinos JA, Kips JG, Roman MJ, Medina-Lezama J, McEniery Y, *et al.* Central pressure: variability and impact of cardiovascular risk factors: the Anglo-Cardiff Collaborative Trial II. *Hypertension* 2008;51:1476-82.
- 25) Chowienczyk P. Pulse wave analysis. What do the numbers mean? *Hypertension* 2011;57:1051-2.
- 26) Edwards DG, Lang JT. Augmentation index and systolic load are lower in competitive endurance athletes. *Am J Hypertens* 2005;18:679-83.
- 27) Weberuss H, Pirzer R, Schulz T, Bohm B. Reduced arterial stiffness in very fit boys and girls. *Cardiol Young* 2016;29:1-8.
- 28) Liu HB, Yuan WX, Qin KR, Hou J. Acute effect of cycling intervention on carotid arterial hemodynamics: basketball athletes versus sedentary controls. *BioMedical Engineering On Line* 2015;14(Suppl 1):S17.
- 29) Ratgeber L, Lenkey Z, Németh A, Hidvégy E, Husznay R, Verzár Z, *et al.* The effect of physical exercise on arterial stiffness parameters in young sports men. *Acta Cardiol* 2017;70:56-65.
- 30) Silber HA, Bluemke DA, Ouyang P, Du YP, Post WS, Lima JA. The relationship between vascular wall shear stress and flow mediated dilation: endothelial function assessed by phase-contrast magnetic resonance angiography. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1859-65.
- 31) Woodman CR, Muller GM, Laughlin MH, Prince EM. Induction of nitric oxide synthase mRNA in coronary resistance arteries isolated from exercise-trained pigs. *Am J Physiol* 1997;273:H2575-9.
- 32) Riedr MJ, Carmona R, Krieger JE, Pritchard KA Jr, Greene AS. Suppression of angiotensin-converting enzyme expression and activity by shear stress. *Circ Res* 1996;80:312-9.
- 33) Higashi Y, Yoshizumi M. Exercise and endothelial function: role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients. *Pharmacol Ther* 2004;102:87-96.
- 34) Padilla J, Harris RA, Rink LD, Wallace JP. Characterization of the brachial artery shear stress following walking exercise. *Vasc Med* 2008;13:105-11.
- 35) Teixeira-Lemos E, Nunes S, Teixeira F, Reis F. Regular physical exercise training assists in preventing type 2 diabetes development: focus on its antioxidant and anti-inflammatory properties. *Cardiovasc Diabetol* 2011;10:12.
- 36) Roque FR, Briones AM, Garcia-Redondo AB, Galan M, Martinez-Revelles S, Avendaño MS, *et al.* Aerobic exercise reduces oxidative stress and improves vascular changes of small mesenteric and coronary arteries in hypertension. *Br J Pharmacol* 2013;168:686-703.

Authors' contributions.—Cristian S. Potoră performed the selection of subjects, measured the antropometric and cardiorespiratory fitness parameters and developed the design of the study. Adriana Albu performed the vascular measurements and wrote the manuscript. Simona Tache reviewed the manuscript for important intellectual content.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: October 13, 2017. - Manuscript received: July 6, 2017.

MEDICAL AREA

Physical motor competences of severely mentally challenged children in King William's Town, South Africa

Capacità fisico-motorie di bambini gravemente ritardati di King William's Town, Sud Africa

Seyide SALAWU ¹, Philemon LYOKA ¹, Daniel T. GOON ^{2 *}

¹Department of Human Movement, Faculty of Health Sciences, University of Fort Hare, Alice, South Africa; ²Department of Nursing Science, Faculty of Health Sciences, University of Fort Hare, East London, South Africa

*Corresponding author: Daniel T. Goon, Faculty of Health Sciences, University of Fort Hare, East London Campus, 5 Oxford Street, 5201, South Africa. E-mail: dgoon@ufh.ac.za

SUMMARY

BACKGROUND: The purpose of the study was to assess the levels of physical motor competences among severely mentally challenged children (SMCC); and identify the physical motor difficulties they experienced.

METHODS: Participants were 25 SMCC (18 boys and 7 girls) aged 6-10 years, attending at King William Special School, East London, South Africa. The TGMD-2 Test battery was utilized to assess motor competency. Five locomotor subtests (run, hop, leap, horizontal jump and slide); and six object control subtests (striking stationary ball, stationary dribble, catch, kick, overhand throw and underhand roll) were measured.

RESULTS: The gross motor quotient were very poor and poor, respectively (ranging from GMQ<70 and 70-79). About 96% of the children had their gross motor competence below average. Generally, GMQ were below 70 in gross motor abilities. The object control competences of SMCC indicates that the highest score was in striking (10), stationary dribbling (8), kicking (8), overhand throw (8) underhand rolls (8) and catching (6). Overall, SMCC were competent in upper body coordination, especially in catching. The gross motor difficulties in the locomotor subtests among the SMCC were: running (superior category=38%; average performance=29%; very poor and poor=33%); hopping (very superior (38%) and superior (10%) performances. Performance was low (45%) among the rated very superior (18), superior (27) in horizontal jumping activity. The results from sliding ability was encouraging as SMCC had 57% performance score, obtained from very superior (22%), superior (35%) scores. The best cumulative locomotor performance was 62% in hop activity, followed by 57% in slide activity. Apart from the 54% in horizontal jump, SMCC scored below 50% in running. The performance score in striking was 40% (very superior -12 and superior -28). Critical challenges were observed in stationary dribbling, as only few had superior performance (12%), average (12%), and poor/very poor (76%). About 64% performed average and poor/very poor (36%) in catching activity; kicking (58% very superior). Majority of the SMCC were competent (59%), performed very superiorly (27) and superior (32) in overhead throws. Majority (60%) performed well in underhand rolling. None of the SMCC scored 20%, except, in kicking the ball (23%), while stationary dribble recorded the lowest (4%).

CONCLUSIONS: The highest motor competence of SMCC was above average in object control ability, kicking while locomotor ability, leaping was poor. The SMCC were competent in object control abilities. Hence, these results have implications for teaching and supporting children with mental disabilities.

(Cite this article as: Salawu S, Lyoka P, Goon DT. Physical motor competences of severely mentally challenged children in King William's Town, South Africa. Med Sport 2017;70:521-36. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.02962-3)

KEY WORDS: Motor skills - Child development disorders, pervasive - Disabled Children.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Lo scopo dello studio era valutare le capacità fisico-motorie di bambini gravemente ritardati (SMCC, severely mentally challenged children) e individuare le difficoltà fisico-motorie che riscontravano.

METODI: Allo studio hanno partecipato 25 SMCC (18 maschi e 7 femmine) dai 6 ai 10 anni che frequentavano la King William Special School di East London, Sud Africa. Per valutare la capacità motoria è stato utilizzata una batteria di test TGMD-2. Inoltre, sono stati eseguiti cinque subtest locomotori (corsa, saltello su una gamba, salto, salto orizz-

zontale e scivolata) e sei subtest sul controllo degli oggetti (colpire una palla ferma, palleggiare da fermi, afferrare la palla, calciarla, tirarla alzando il braccio sopra la spalla e rotolarla dal basso verso l'alto).

RISULTATI: Il quoziente grosso motorio è risultato molto basso e basso (oscillando da un GMQ<70 a un 70-79). Circa il 96% dei bambini presentava una capacità grosso-motoria sotto la media. In generale, il GMQ era inferiore a 70 per quanto riguarda le capacità grosso-motorie. Tra le capacità di controllo degli oggetti degli SMCC quella più sviluppata era il colpo (10), seguita da palleggio da fermi (8), calcio (8), lancio con il braccio sopra la spalla (8), rotolamento della palla dal basso verso l'alto (8) e presa (6). In generale, gli SMCC erano capaci nella coordinazione della parte superiore del corpo, soprattutto nella presa. Le difficoltà grosso-motorie riscontrate nei test locomotori hanno riguardato: corsa (categoria superiore=38%; prestazione media=29%; prestazione scarsa e molto scarsa=33%) e saltello (prestazioni molto superiori (38%) e superiori (10%)). Nel salto orizzontale, la prestazione è stata scarsa (45%) tra i soggetti giudicati appartenenti a una categoria molto superiore (18%) e superiore (27%). In termini di capacità di scivolata, i risultati sono stati incoraggianti, in quanto i bambini hanno ottenuto un punteggio relativo alla prestazione pari al 57%, la somma del 22% totalizzato da quelli di categoria molto superiore e del 35% di quelli di categoria superiore. La migliore prestazione locomotoria cumulativa è risultata il saltello con il 62%, seguito dalla scivolata con il 57%. A parte il 54% ottenuto nel salto orizzontale, gli SMCC hanno raggiunto un punteggio inferiore al 50% nella corsa. La prestazione in termini di colpo della palla è stata del 40% (categoria molto superiore -12% e superiore -28%). Seri problemi sono stati osservati nel palleggio da fermi, poiché solo pochi soggetti hanno avuto una prestazione superiore (12%) e nella media (12%); gli altri hanno performato in maniera scarsa/molto scarsa (76%). Nella presa, circa il 64% dei partecipanti ha ottenuto una prestazione nella media e scarsa/molto scarsa (36%), mentre nel calcio il 58% si è inserito nella categoria molto superiore. Nei lanci con il braccio sopra la spalla, la maggior parte (60%) dei bimbi SMCC è risultata capace (59%), il 27% ha performato in maniera molto superiore e il 32% in maniera superiore. La maggioranza dei soggetti (60%) ha eseguito bene il rotolamento dal basso verso l'alto. Nessuno dei soggetti ha ottenuto un punteggio pari al 20%, tranne che nel calcio della palla (23%), mentre il palleggio da fermi è stato il più difficile (4%).

CONCLUSIONI: La più elevata capacità motoria degli SMCC è risultata sopra la media nella capacità di controllo degli oggetti (calcio), mentre l'abilità locomotoria (salto) è risultata scarsa. I soggetti erano capaci nel controllo degli oggetti. Quindi, i risultati hanno implicazioni per ciò che riguarda l'insegnamento e il supporto ai bambini con disabilità mentali.

PAROLE CHIAVE: Capacità motorie - Disturbi evolutivi nei bambini - Bambini disabili.

On a daily basis, we are connected with our living world through movement. It is through movement that we are able humans to learn, know the environment as well as to perform daily activities of living. Developing motor competence is one of the most important qualities for facilitating learning and motor functionality of children including the mentally challenged. During play and other physical activities, children need motor competence to function independently. Assessment of physical motor competence of severely mentally challenged children (SMCC) is important in order to plan for and implement effective motor stimulation programs that meet their physical, cognitive and social needs. Research has shown that mentally challenged children are slow in learning movement skills and show qualitative differences in the performance of their movement skills.¹

Mental disability has previously been perceived as an illness but it is a condition that is not related to mental illnesses.² Specifically it is a cerebral functioning limitation that affects the adaptive behavior mainly the conceptual, social and practical skills leading to being sub-average in intellectual functioning and impaired in adaptive behaviour.³⁻⁶ Insufficient motor development at an early age can have negative effects on skill-related motor competences in the

Ogni giorno, siamo connessi con il nostro mondo attraverso il movimento. È grazie al movimento che noi esseri umani siamo capaci di apprendere, conoscere l'ambiente e portare avanti le attività quotidiane del vivere. Lo sviluppo delle capacità motorie è uno degli elementi più importanti per agevolare l'apprendimento e la funzionalità motoria dei bambini, anche di quelli mentalmente ritardati. Durante il gioco e altre attività fisiche, i bambini necessitano della capacità motoria per essere autonomi. La valutazione delle capacità fisico-motorie dei bambini gravemente ritardati (SMCC, severely mentally challenged children) è importante per pianificare e implementare programmi di stimolazione motoria efficaci che rispondano ai loro bisogni fisici, cognitivi e sociali. La ricerca ha evidenziato che i bambini ritardati sono lenti nell'apprendimento delle capacità motorie e mostrano differenze qualitative nel modo in cui mettono in atto tali capacità.¹

Un tempo, la disabilità mentale veniva percepita come una malattia, ma si tratta di una condizione non correlata alle patologie mentali.² Nello specifico, è una limitazione della funzione cerebrale che interessa il comportamento adattivo, soprattutto le capacità concettuali, sociali e pratiche, portando i soggetti a essere sotto la media nella funzione cerebrale e ad avere un comportamento adattivo compromesso.³⁻⁶ Uno sviluppo motorio insufficiente da piccoli può avere effetti negativi sulle capacità motorie future del bambino.^{2, 7} Durante il gioco, ad

children's future.^{2, 7} During play, for example, a mentally challenged child would demonstrate limitations in movement coordination, timing of the responses, poor self-confidence, getting easily upset, limited social skills, being hyper-active and demonstrate laps of concentration.²

Through participation in daily physical activities and games, mentally challenged children tend to redevelop their mental capacity, social skills, and physical related health and learning.^{8, 9} Therefore, targeting the development of fundamental movement skills among mentally challenged children would be important because it would make them move with confidence and develop a positive view of who they are. As a result of deficits in cognitive functioning, mentally challenged children have limited working memory, are slow learners, lack concentration and motivation.¹⁰ The poor memory retention affects the rate at which mentally challenged children acquire new knowledge and skills; probably because such children cannot adequately transfer their new knowledge and skills to other related new settings or situations.

In South Africa, the Bureau for the Education for the Handicapped (BEH) emphasizes that mentally challenged children need specialized social, physical, mental, psychological, medical support. It is also observed that helping SMCC acquire education through regulated physical activities is one of the effective approaches for opening up meaningful life skills development among the children at risk. This can be possible through formulation and implementing structured physical education curricular that would effectively improve student's learning and performance.¹¹ Since mentally challenged children learn effectively through play,^{12, 13} there is need to involve them in regular sport programs, which should form the main part of the education curriculum. This is very crucial as organized physical activities are important for the expansion and improvement of academic readiness, physical fitness, social and psychological health of mentally challenged children.^{8, 14}

The assessment of physical motor competence of SMCC is important in many ways. It serves to identify children who are generally below age norms in terms of gross motor development; plan training programs to improve gross motor competences among children tailored to their age and experience; and assess changes in gross motor skill development as a result of functional instructional approaches.¹⁵ However, there is a paucity of data on assess-

esempio, un bambino ritardato mostrerebbe limitazioni nella coordinazione dei movimenti, nella tempistica con cui risponde, avrebbe una scarsa autostima, si arrabbierebbe facilmente, avrebbe abilità sociali limitate, sarebbe iperattivo e dimostrerebbe una mancanza di concentrazione.²

Attraverso la partecipazione alle attività fisiche quotidiane e ai giochi, i bambini ritardati tendono a risviluppare la loro capacità mentale, le abilità sociali, la salute legata all'attività fisica e l'apprendimento.^{8, 9} Quindi, mirare allo sviluppo delle capacità motorie fondamentali nei bambini ritardati sarebbe importante perché li farebbe muovere con fiducia e svilupperebbe in loro una visione positiva di chi sono. A causa di deficit nella funzione cognitiva, i bambini ritardati hanno una memoria di lavoro limitata, apprendono lentamente e sono carenti di concentrazione e motivazione.¹⁰ La scarsa memoria influisce sulla velocità con cui tali soggetti acquisiscono nuove conoscenze e abilità, probabilmente perché non possono adeguatamente trasferirle in altri nuovi contesti o situazioni collegati.

In Sud Africa, il Bureau for the Education for the Handicapped (BEH) sottolinea che i bambini ritardati necessitano di un supporto sociale, fisico, mentale, psicologico e medico specializzato. Inoltre, osserva che aiutare gli SMCC a formarsi attraverso attività fisiche controllate è uno degli approcci più efficaci per favorire lo sviluppo di competenze utili per la vita nei soggetti a rischio. Ciò è possibile tramite lo sviluppo e l'implementazione al livello curricolare di un'educazione fisica strutturata, che migliorerebbe efficacemente l'apprendimento e la prestazione degli studenti.¹¹ Poiché i bambini ritardati apprendano bene attraverso il gioco,^{12, 13} è necessario coinvolgerli nei normali programmi sportivi, che dovrebbero rappresentare la parte più importante del programma scolastico. Ciò è fondamentale, poiché le attività fisiche organizzate sono importanti per lo sviluppo e il miglioramento della preparazione scolastica, della condizione fisica e della salute sociale e psicologica dei bambini ritardati.^{8, 14}

La valutazione delle capacità fisico-motorie degli SMCC è importante sotto tanti punti di vista. Serve a individuare i bambini che generalmente hanno uno sviluppo grosso-motorio al di sotto della prassi in funzione dell'età, a progettare programmi di allenamento per migliorare le capacità grosso-motorie dei soggetti a seconda della loro età ed esperienza e a valutare i cambiamenti nello sviluppo di tali capacità in conseguenza di approcci educativi funzionali.¹⁵ Tuttavia, esistono pochi dati sulla valutazione delle capacità fisico-motorie dei bimbi gravemente ritardati iscritti in scuole speciali nella provincia di Eastern Cape. Sebbene

ment of physical motor competence of SMCC enrolled in special schools in the Eastern Cape. Although the King William Special School for mentally retarded children has been in existence for 26 years; there is no study on the physical motor competences among the severely MCC. Therefore, this study was designed to assess the levels of physical motor competences among severely MCC enrolled in the Special School, and identify physical motor difficulties experienced by severely MCC. Importantly, the findings from the study would serve as a guide to sport educational pediatrics and researchers in the area of mental retardation in recommending physical activity programs for SMCC in schools and at home.

Materials and methods

Study design

This was a descriptive, case control design that utilized data from SMCC attending a special school. Case study approach was selected because this was the only school, offering education for SMCC from impoverished communities of King William's Town.

Participants

This study involved purposively selected 25 SMCC (18 males and 7 females) children aged 6-10 years attending a special school in the Sweet Water area, King William's Town in Eastern Cape.

Ethics considerations

The research ethical approval was obtained from University of Fort Hare. Permission to conduct the study was obtained from the Department of Education, Amathole district; and the school principal prior to data collection. The aim and nature of the study was explained to the participants, stressing the confidentiality and voluntariness of the study.

Instrumentation

The TGMD-2 Test battery¹⁵ was used for data collection. It is a qualitative instrument tailored to measure gross motor competencies of SMCC; with high reliability (0.72) and content validity (0.71). The TGMD-2 Test comprised of 12 activity items. However, only 11 test items were

la King William Special School per bambini mentalmente ritardati esista da 26 anni, nessuno studio si è occupato delle capacità fisico-motorie dei piccoli gravemente ritardati. Quindi, questo studio è stato concepito per valutare il livello di tali capacità in bambini gravemente ritardati iscritti alla Scuola Speciale e individuare le difficoltà fisico-motorie riscontrate da questi soggetti. Cosa importante, i risultati dello studio fungerebbero da guida per i pediatri che si occupano di educazione fisica e i ricercatori nel campo del ritardo mentale per raccomandare programmi di attività fisica per gli SMCC a scuola e a casa.

Materiali e metodi

Progettazione dello studio

Si è trattato di uno studio descrittivo, caso-controllo che ha utilizzato i dati di bambini gravemente ritardati iscritti a una scuola speciale. È stato scelto l'approccio del caso di studio poiché quella era l'unica scuola che offriva istruzione a SMCC delle comunità povere di King William's Town.

Partecipanti

Il presente studio ha coinvolto 25 SMCC selezionati allo scopo (18 maschi e 7 femmine) con un'età compresa tra i 6 e i 10 anni che frequentavano una scuola speciale nell'area di Sweet Water della città di King William's Town, situata nella provincia di Eastern Cape.

Considerazioni etiche

L'approvazione etica della ricerca è stata ottenuta dall'Università di Fort Hare. Il permesso a condurre lo studio è giunto dal Dipartimento di istruzione del distretto di Amathole e dal dirigente scolastico prima della raccolta dei dati. Lo scopo e la natura dello studio sono stati spiegati ai partecipanti, sottolineando la confidenzialità e la volontarietà dello stesso.

Strumentazione

Per la raccolta dei dati è stata utilizzata la batteria di test TGMD-2. Si tratta di uno strumento qualitativo atto a valutare le capacità grosso-motorie degli SMCC con un'elevata affidabilità (0,72) e validità di contenuto (0,71). Il test TGMD-2 comprendeva 12 item di attività. Tuttavia, nel presente studio sono stati utilizzati solo 11 perché adatti a essere somministrati agli SMCC. Per le capacità locomotorie, sono state scelte corsa, saltello su una gamba, salto, salto orizzontale e scivolata. Per il

used in the current study because they are convenient to administer to the SMCC. For locomotor abilities, run, hop, leaps, horizontal jump and slide were selected. In the object controls, strike stationary ball, stationary dribble, catch, kick, overhead throw and underhand roll were measured.

Validity and reliability of TGMD-2

The TGMD-2 Test demonstrates content validity, high construct validity in both normal and mentally challenged populations.¹⁶ Further, the reliability coefficients of TGMD-2 Test have been reported as: 0.85;¹⁵ 0.72.¹⁷ In the current study, the TGMD-2 was found to have reliability coefficients of 0.78 for the locomotor subtest and 0.79 for the object control subtests for SMCC.

Pilot study

A pilot study was undertaken to enable the research team trained on how to use the TGMD-2 manual for scoring, timing and interpretation of the test results. The pilot study involved Grade 4 normal school children of similar chronological age (10 years old) enrolled in a primary school in the setting.

Data collection procedure

Each participant was assessed within 15-20 minutes. The first week was utilized to select the participants, and explain the TGMD-2. Assessments took place within the school premises, because it was comfortable, secured and familiar to all the participants. The children were helped by their class teachers who knew how to communicate with the children in isiXhosa. Two weeks before data collection, consent letters were sent to the parents/guardians of the selected children. Only children whose parents/guardians signed the consent forms took part in the study.

Protocol

Before the commencement of the tests, the bio-data (name, gender, age, date of testing, date of birth) of the participants were recorded. The daily weather was checked. For best performance results, the motor competence testing was conducted on a cool weather. The equipment used for measurement of children's motor competences were: two bean bags size 10.2 cm- 12.7 cm square; which was placed on the

controllo degli oggetti, sono stati valutati il colpire una palla ferma, il palleggio da fermi, la presa, il calcio, il lancio con il braccio sopra la spalla e il rotolamento della palla dal basso verso l'alto.

Validità e affidabilità del TGMD-2

Il test TGMD-2 Test dimostra validità di contenuto e un'alta validità di costrutto sia in popolazioni normali che mentalmente retardate.¹⁶ Inoltre, i coefficienti di affidabilità del test sono stati riportati come: 0,85;¹⁵ 0,72.¹⁷ Nel presente studio, sono stati riscontrati coefficienti di affidabilità del test di 0,78 per i subtest locomotori e di 0,79 per quelli sul controllo degli oggetti negli SMCC.

Studio pilota

È stato condotto uno studio pilota per permettere al team di ricerca di essere formato su come usare il manuale TGMD-2 per classificare, cronometrare e interpretare i risultati del test. Lo studio pilota ha coinvolto bambini di classe Grade 4 iscritti a una normale scuola elementare e di un'età simile (10 anni).

Procedura di raccolta dei dati

Ogni partecipante è stato valutato nell'arco di 15-20 minuti. La prima settimana è stata spesa per scegliere i partecipanti e spiegare loro il test TGMD-2. La valutazione ha avuto luogo nei locali scolastici poiché erano confortevoli, sicuri e familiari per tutti i partecipanti. I bambini sono stati aiutati dagli insegnanti che sapevano come comunicare con loro in isiXhosa. Due settimane prima della raccolta dei dati, sono state inviate lettere di consenso ai genitori/tutori dei soggetti scelti. Soltanto i bambini i cui genitori/tutori hanno firmato i moduli di consenso hanno partecipato allo studio.

Protocollo

Prima dell'inizio dei test, sono stati registrati i biodati dei partecipanti (nome, sesso, età, data del test, data di nascita) ed è stato controllato il meteo. Per ottenere i migliori risultati in termini di prestazioni, il test delle capacità motorie è stato condotto con condizioni climatiche fredde. L'attrezzatura usata per la valutazione di tali capacità era composta da: due grossi sacchi imbottiti di 10,2 cm x 12,7 cm quadrati, posti sul terreno e attaccati a un nastro, parallelo e distante tre metri.

Durante il test, il bambino si trovava in posizione parallela e vicina al nastro e correva e superava il sacco non appena ricevuto l'ordine. Le dimostrazioni dei test sono state eseguite per cinque volte accompagnate da brevi spiegazioni dei movimenti

floor attached to a tape, parallel to the beanbag and 10feet away from the beanbag.

During testing, the child stands parallel and close to the tape and runs up and leaps over the beanbag upon receiving the command. Tests demonstrations were repeated five times accompanied with brief explanations about the gross motor movements for each child to see. Then children were allowed to practice in the presence of the teachers for feedback. During the test day, no feedback was given about the performance of the child except positive feedback like "thanks for coming". During the test, one child was tested at a time during which all safety measures were considered.

Each activity was demonstrated to the participant before allowing them to take two practice trial tests. This was necessary as SMCC have short memory retention. The correct answer for each movement was scored as 1 and 0 where the movements were not correctly demonstrated. Each of the gross skill had 3-5 performance criteria from which a correct gross movement skill would be subjectively judged. Each child was motivated to take two trials in each of the five subtests of locomotor skills and six object control subtest skills. Each child had an opportunity to complete eleven gross motor skills to accumulate 40 point and 48 points, respectively. The subtest skill scores were added into a sum of the raw subtest score. The addition of standard scores for locomotor and object control skills translated as the sum of standard scores, which was then converted to Gross Motor Quotient score for the child as provided by the TGMD-2 manual. The high subtest standard score was an indicator of improved motor competence in a given motor skill.

LOCOMOTOR SKILLS ASSESSMENT

In this category, participant's physical motor competences were measured from running, hopping, leaping, horizontal jump and sliding.

OBJECT CONTROL SKILLS ASSESSMENT

In this category, participant's physical motor competences were measured from striking stationary object, stationary dribble, catch, kick, overhead throw and underhand roll.

Data analysis

Motor competencies of SMCC were analyzed based on Gross Motor Quotient (GMQ) as

grosso-motori di modo che ciascun bambino potesse vederli. Poi, ai bimbi è stato permesso di provare in presenza degli insegnanti per ricevere un feedback. Il giorno del test, non è stato fornito alcun commento sulla prestazione del bambino, eccetto feedback positivi come "grazie per essere venuto". Durante il test, è stato valutato un bambino alla volta nel rispetto di tutte le misure di sicurezza.

Ogni attività è stata dimostrata al partecipante prima di permettergli di eseguire due test di prova. Ciò si è reso necessario poiché i bimbi gravemente ritardati hanno una memoria a breve termine. Ciascun movimento corretto ha ricevuto un punteggio di 1, mentre i movimenti dimostrati scorrettamente sono stati classificati come 0. Ogni capacità grosso-motoria aveva dai 3 ai 5 criteri di performance attraverso cui poteva essere soggettivamente giudicata come corretta. Tutti i bambini sono stati incoraggiati a eseguire due prove in ciascuno dei cinque subtest sulle capacità locomotorie e nei sei subtest sul controllo degli oggetti. Ogni soggetto ha avuto la possibilità di completare 11 subtest sulle capacità grosso-motorie per totalizzare rispettivamente 40 e 48 punti. I punteggi ottenuti nei subtest sono stati aggiunti al punteggio grezzo. L'aggiunta dei punteggi standard per le capacità locomotorie e di controllo degli oggetti si è tradotta nella somma di tali punteggi, poi convertita in punteggio del Quoziente Grosso Motorio del bambino come previsto nel manuale TGMD-2. Un punteggio standard elevato ottenuto nei subtest indicava una migliore capacità motoria in una data abilità motoria.

VALUTAZIONE DELLE CAPACITÀ LOCOMOTORIE

In questa categoria, sono state valutate le capacità fisico-motorie dei partecipanti attraverso corsa, saltello, salto, salto orizzontale e scivolata.

VALUTAZIONE DELLE CAPACITÀ DI CONTROLLO DEGLI OGGETTI

In questa categoria, sono state valutate le capacità fisico-motorie dei partecipanti attraverso il colpo di un oggetto fermo, il palleggio da fermi, la presa, il calcio, il lancio con il braccio sopra la testa e il rotolamento dal basso verso l'alto.

Analisi dei dati

Le capacità grosso-motorie degli SMCC sono state analizzate sulla base del Quoziente Grosso-Motorio (GMQ) come stabilito nel manuale TGMD-2.¹⁵ I punteggi grezzi dei test sono stati normalizzati e confrontati con la prassi per ogni categoria per individuare i livelli di capacità motoria dei bambini. Inoltre, è stata condotta un'analisi entro i gruppi

stipulated in the TGMD-2 manual.¹⁵ The raw scores from tests were normalized and then compared with the norms for each category to identify the levels of children's motor competencies. In addition, within group analysis of gross motor abilities was calculated to identify motor abilities as well as levels of difficulty. Statistical calculations were performed using the Statistical Package for Social Science (SPSS version 21).

Results

The gross motor performances for the SMCC's quotient (Table I), indicates that the gross motor quotient of 16 and six SMCC were very poor and poor, respectively (ranging from GMQ<70 and 70-79). Physical motors competent of two SMCC were rated below average (GMQ range; 80-89) while one severely mentally challenged child had average gross motor quotients of 90-110. According to the norms, majority (96%) of children gross motor competence was below average (Table I).

delle capacità grosso-motorie per individuare le abilità motorie e i livelli di difficoltà. I calcoli statistici sono stati effettuati utilizzando lo Statistical Package for Social Science (SPSS versione 21).

Risultati

Le prestazioni grosso-motorie per il quoziente degli SMCC (Tabella I) indicano che il quoziente di 16 e sei bambini è risultato rispettivamente molto basso e basso (oscillazione del GMQ da <70 a 70-79). Le capacità fisico-motorie di due soggetti sono state ritenute sotto la media (range GMQ: 80-89), mentre un bambino gravemente ritardato aveva quozienti grosso-motori medi di 90-100. Secondo le norme, la maggior parte (96%) dei bambini presentava una capacità grosso-motoria sotto la media (Tabella I).

Prestazione fisico-motoria

Le prestazioni fisico-motorie dei partecipanti sono state determinate dalle abilità locomotorie e di controllo degli oggetti dimostrate dai soggetti nei subtest (Tabelle I, II).

TABLE I.—*Locomotor competences of severely mentally challenged children.*

TABELLA I. — *Capacità locomotorie dei bambini gravemente ritardati.*

S/N	Pseudo name	A	G	LRS	R	H	L	HJ	S	GMQ
1	Toto	7.2	M	18	3	5	2	4	4	46*
2	Sigo	8.7	M	30	7	4	6*	7	6	70
3	Ana	8.7	F	22	6	5	3	4	4	52
4	Kiki	8.1	F	29	7	6	2	8*	6	73
5	Mofe	10.6	F	18	4	4	3	3	4	52
6	Cole	9.10	M	24	8*	5	3	0	8*	55
7	Nikole	8.6	M	16	1	1	3	3	8*	52
8	Kalmar	9.9	M	24	4	5	3	8*	4	55
9	Dell	8.6	M	4	2	0	2	0	0	46*
10	Emile	10.9	M	28	6	7	6*	5	8*	88
11	Lala	8.7	M	6	0	0	0	0	6	49
12	Gold	9.9	M	17	4	0	5	8*	0	49
13	Silver	8.2	F	18	3	2	3	8*	2	52
14	Wood	10.1	F	27	5	8	3	6	7	58
15	Maggi	10.11	F	26	6	6	4	6	4	76
16	Smith	10.10	M	5	2	2	0	1	0	46*
17	Bruse	8.6	M	28	6	8	2	5	7	64
18	Maker	10.9	M	30	7	7	3	7	6	64
19	Kilo	6.8	M	29	5	6	4	6	8*	79
20	Mayi	10.3	M	33	6	7	6*	8*	6	94*
21	Black	8.10	M	30	6	7	5	6	6	55
22	Gray	10.4	M	29	6	8	4	3	8*	64
23	Brown	8.1	M	28	4	7	5	6	6	82
24	Peace	6.5	F	8	2	3	2	1	0	70
25	Noel	6.4	M	26	7	9*	2	4	4	73

SN: serial number; N: name; A: age; G: gender; LSRS: locomotor subtest raw scores; LRS: locomotor raw score; R: run; H: hop; L: leap; HJ: horizontal jump; S: slide.

*Highest scores in the skills.

TABLE II.—Object control competences of severely mentally challenged children.

TABLE II. — *Capacità di controllo degli oggetti dei bambini gravemente ritardati.*

S/N	Pseudo name	A	G	ORS	SSB	SD	C	K	OT	UR	GMQ
1	Toto	7.2	M	5	5	0	0	0	0	0	46*
2	Sigo	8.7	F	37	5	2	6*	8*	8*	8*	70
3	Ana	8.7	M	20	2	0	6*	5	2	5	52
4	Kiki	8.1	M	32	4	3	6*	5	7	7	73
5	Mofe	10.6	F	25	7	0	6*	6	4	2	52
6	Cole	9.10	M	30	7	2	4	6	5	6	55
7	Nikole	8.6	M	28	5	0	2	7	8*	6	52
8	Kalmar	9.9	F	32	8	0	3	8*	7	6	55
9	Dell	8.6	M	14	4	1	2	2	2	3	46*
10	Emile	10.9	M	48	10*	8*	6*	8*	8*	8*	88*
11	Lala	8.7	M	25	10*	0	6*	1	2	6	49
12	Gold	9.9	M	29	4	2	6*	8	6	3	49
13	Silver	8.2	F	24	2	2	3	7	6	4	52
14	Wood	10.1	M	23	5	0	3	4	8*	2	58
15	Maggi	10.11	M	42	9	8*	6*	5	7	7	76
16	Smith	10.10	M	13	4	0	3	4	2	0	46*
17	Bruse	8.6	M	32	4	0	6*	8*	6	8*	64
18	Maker	10.9	M	33	5	0	6*	8*	6	7	64
19	Kilo	6.8	M	32	4	0	6	6	8	8*	79
20	Mayi	10.3	F	48	10*	8*	6*	8*	8*	8*	94*
21	Black	8.10	M	14	10*	0	0	4	0	0	55
22	Gray	10.4	M	37	7	0	6*	8	8*	8*	64
23	Brown	8.1	F	43	10*	3	6*	8	8*	8*	82
24	Peace	6.5	M	29	4	0	4	5	8*	8*	70
25	Noel	6.4	M	21	3	4	3	7	4	0	73

S/N: serial number; A: age; G: gender; ORS: object control raw score; SSB: striking stationary ball; SD: stationary dribble; C: catch; K: kick; OT: overhead throw; UR: underhand roll; GMQ: gross motor quotient.

*Highest scores in the skills.

Physical motor performance

The physical motor performances of SMCC were determined from locomotor and objects control abilities by each participant in the subtests (Tables I, II).

The highest score was recorded in hopping (9), running (8), horizontal jumping (8), sliding (8) and leaping (6). In hopping events, one child scored 9 out of 10 marks from two trials; running (one child scored 8 out of 8 marks); horizontal jump (5 children scored 8 out of 8 marks); sliding (5 children scored 8 out of 8 marks); and leaping (3 children scored 6, out of 6 marks). In general, the GMQ result shows that 19 SMCC were below 70 in gross motor abilities while one child was above 90. A child with GMQ 46 was indicative of very poor physical motor skills (<70) and the child GMQ- 94 was average (90-110) (Table I).

The object control competences of SMCC (Table II), indicates the highest score in striking the ball (10), stationary dribbling (8), kicking (8), overhead throw (8) underhand rolls (8)

Il punteggio più elevato è stato registrato nel saltello (9), seguito da corsa (8), salto orizzontale (8), scivolata (8) e salto (6). Durante i saltelli, un bambino ha totalizzato un punteggio di 9 su 10 in due prove; nella corsa, un soggetto ha ottenuto un punteggio di 8 su otto; nel salto orizzontale e nella scivolata, 5 bimbi hanno totalizzato un punteggio di 8 su 8 e nel salto, tre partecipanti hanno ottenuto un punteggio di 6 su 6. In generale, il risultato del GMQ mostra che 19 SMCC avevano un quoziente inferiore a 70 per quanto riguarda le capacità grosso-motorie, mentre uno superava i 90. Un GMQ pari a 46 indicava un soggetto con capacità fisico-motorie molte scarse, mentre il bambino con 94 era nella media (90-110) (Tabella I).

Tra le capacità di controllo degli oggetti degli SMCC (Tabella II) il punteggio più elevato è stato ottenuto dal colpo della palla (10), seguito da: palleggio da fermi (8), calcio (8), lancio con il braccio sopra la spalla (8), rotolamento dal basso verso l'alto (8) e presa (6). Durante il colpo della palla, 5 bambini hanno ottenuto un punteggio di 10 su 10 in due prove; con il palleggio da fermi tre bambini hanno totalizzato un punteggio di 8 su 8; con il calcio e il lancio nove bambini hanno avuto un

and catching (6). In striking the ball events, 5 children scored 10 out of 10 marks in two trials; stationary dribbling (3 children scored 8 out of 8 marks); kicking (9 children scored 8 out of 8 marks); overhand throw (9 children scored 8 out of 8 marks); underhand roll (8 children scored 8 out of 8 marks); and catching (14 children scored 6 out of 6 marks). In general, the results show that SMCC was competent in upper body coordination, especially in catching.

Locomotor challenges of SMCC

The gross motor difficulties in the locomotor subtests among the SMCC are shown in Figures 1-5.

In running (Figure 1), the superior category (38%), average performance (10+19=29%) and very poor and poor (9+14+10+33%), no one performed above 40%. In hopping ability (Figure 2), children scored 48% that were obtained from summing very superior (38%) and superior (10%) performances. Other children were average (14+5+19%) and the rest were poor and very poor (19+9+5) 33%. None scored above 50%.

In the horizontal jumping activity (Figure 3) the performance was low (45%) among the very superior (18) and superior (27). There were encouraging results from the sliding ability as follows: sliding performance (Figure 4), a high performance (57%) was obtained from very superior (22%), superior (35%) scores while others performed average 22% and poor/very poor (17+4) 21%.

Majority of the children were poor in locomotor gross motor skill performances. The

punteggio di 8 su 8; con il rotolamento dal basso verso l'alto otto soggetti hanno ottenuto un punteggio di 8 su 8 e nella presa 14 partecipanti hanno totalizzato un punteggio 6 su 6. In generale, i risultati mostrano che i bambini erano capaci nella coordinazione della parte superiore del corpo, soprattutto nella presa.

Problemi locomotori degli SMCC

Le difficoltà grosso-motorie evidenziate nei subtest locomotori sono mostrate nelle Figure 1-5.

Nella corsa (Figura 1), nessuno ha performato oltre il 40% e i soggetti sono rientrati nella categoria superiore (38%), hanno eseguito una prestazione media (10+19=29%) o molto scarsa/scarsa (9+14+10+33%). Nella capacità di saltello (Figura 2) i bambini hanno ottenuto un 48%, derivante dalla somma delle prestazioni di categoria molto superiore (38%) e superiore (10%). Altri bambini hanno ottenuto punteggi medi (14+5+19%), mentre il resto dei partecipanti si è dimostrato scarso e molto scarso (19+9+5) con il 33%. Nessuno ha ottenuto un punteggio superiore al 50%.

Nell'attività di salto orizzontale (Figura 3) la prestazione è stata scadente (45%) tra i bimbi appartenenti alla categoria molto superiore (18%) e superiore (27%). La capacità di scivolata (Figura 4) ha fornito risultati incoraggianti: un'elevata prestazione (57%) è stata ottenuta dalle categorie molto superiore (22%) e superiore (35%); gli altri soggetti hanno avuto una prestazione media, il 22%, e scarsa/molto scarsa, il 21%.

La maggior parte dei bambini si è rivelata scarsa nelle prestazioni legate alle capacità grosso-motorie. La migliore performance locomotoria cumulativa è stata ottenuta nell'attività di saltello in cui è stato totalizzato il 62%, derivante dai bambini che hanno eseguito i test in maniera molto superiore,

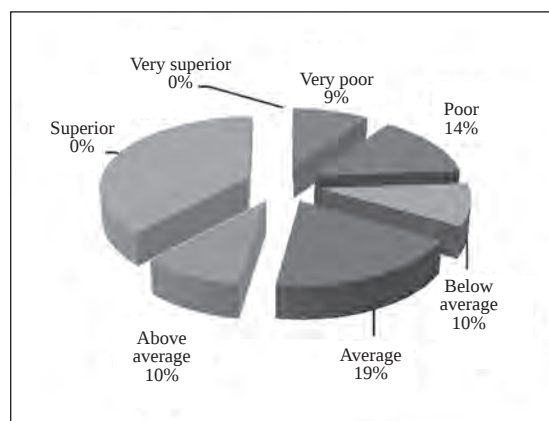


Figure 1.—Run.
Figura 1. — Corsa.

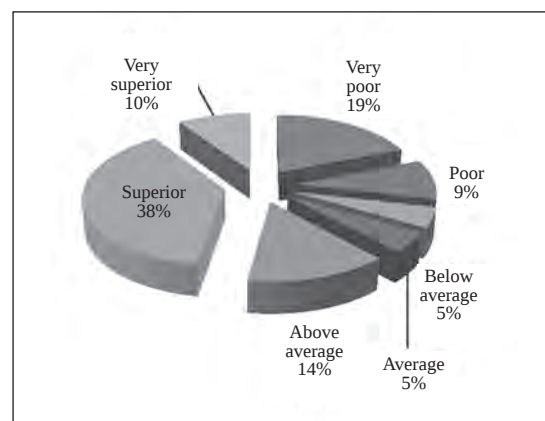


Figure 2.—Hop.
Figura 2. — Saltello.

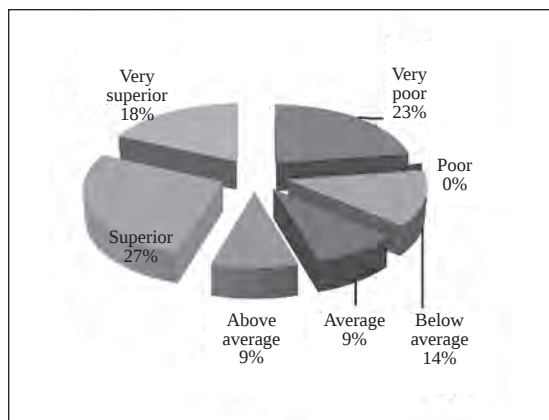


Figure 3.—Horizontal jump.
Figura 3. — Salto orizzontale.

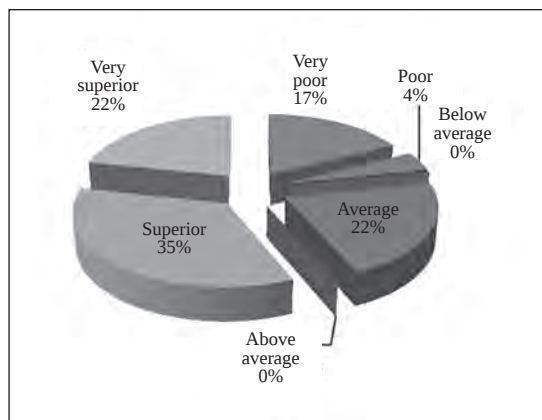


Figure 4.—Slide.
Figura 4. — Scivolata.

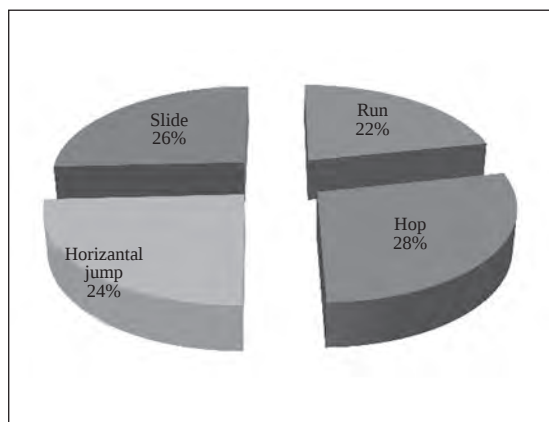


Figure 5.—Locomotor competences (mean±SD= 25±3).
Figura 5. — Capacità locomotorie (media±SD= 25±3).

best cumulative locomotor performance was 62% in hop activity (i.e. 10%+38%+14%) very superior, superior and above average, respectively (Figure 2), followed by 57% in slide activity (i.e. 22%+35%) very superior and superior respectively (Figure 4). The lowest cumulative locomotor performance among the SMCC was observed in leap activity, which all SMCC performed poorly. Apart from the 54% in horizontal jump (i.e. 18+27+9) very superior, superior and above average, SMCC scored below 50% in running. The locomotor abilities of the SMCC are further summarized (Figure 5).

The results from general motor competence of the children (Figure 5) show challenges in all gross motor abilities: run (22%), hop (28%), horizontal jump (24%) and slide (26%). None of the children scored at least 30%, suggesting

superiore e sopra la media (cioè il 10%+38%+14%) (Figura 2), seguita dal 57% nella scivolata, derivante dal 22% della categoria molto superiore e dal 35% di quella superiore (Figura 4). La peggiore performance locomotoria cumulativa è stata osservata nell'attività di salto, che tutti i bambini hanno eseguito male. A parte il 54% nel salto orizzontale derivante dalla somma delle prestazioni molto superiori, superiori e sopra la media (i.e. 18+27+9), nella corsa i bimbi hanno totalizzato un punteggio inferiore al 50%. Le capacità locomotorie dei partecipanti sono ulteriormente riassunte nella Figura 5.

I risultati relativi alla capacità motoria generale dei bambini (Figura 5) mostrano difficoltà in tutte le abilità grosso-motorie: corsa (22%), saltello (28%), salto orizzontale (24%) e scivolata (26%). Nessuno dei bambini ha ottenuto minimo un 30%, suggerendo una scarsa prestazione in termini di capacità grosso-motorie e di controllo degli oggetti.

Il punteggio più alto è stato totalizzato nel saltello (28%) e il più basso nella corsa (22%). In generale, le capacità locomotorie dei bambini erano troppo generiche (media=25), cosa che indica che tutti i bambini hanno avuto diversi gradi di difficoltà.

Difficoltà nel controllo degli oggetti degli SMCC

Le difficoltà fisico-motorie riscontrate dai bambini durante i subtest sul controllo degli oggetti sono presentate nelle figure 6-12. In termini di controllo degli oggetti, tutti gli SMCC hanno incontrato notevoli difficoltà.

Colpire una palla ferma era un'abilità rara per alcuni bambini (Figura 6). Il punteggio relativo alla prestazione è stato pari al 40% (categoria molto superiore, 12% e superiore, 28%). La maggior parte ha ottenuto punteggi medi (48%) e gli altri si sono rivelati molto scarsi/scarsi (12%). Nel palleg-

poor performance in their gross motor and object control abilities/skills.

The highest score was in hopping (28%) and lowest running (22%). In general, the children's locomotor abilities were too broad (mean=25) indicating that all children experienced different levels of difficulty.

Object control challenges of SMCC

The physical motor difficulties observed during the object control subtests experienced by the SMCC are presented in Figures 6-12. In terms of object control abilities, all SMCC had significant challenges.

Striking a stationary ball was a rare ability to some children (Figure 6). The performance score was 40% (very superior -12 and superior -28). Majority were average (48%) and others were very poor/poor (12%). There were critical challenges in stationary dribbling (Figure 7). Only a few had superior performance (12%), average (4+8), 12, and the rest were poor/very poor (76%).

In catching (Figure 8), SMCC was 64% (56%+ 8%) average and poor/very poor (8+8+20) 36%, while in kicking, 58% of the children were able to kick the ball (very superior (33%); superior (25%)) (Figure 9). Half of the children performed well (59%), that is, very superior (27%) and superior (32%), while few were average (14%) and the rest were poor/very poor (9+18) 27%.

Overhead throws task was relatively easy (Figure 10), as majority were competent (59%), and performed very superiorly (27%) and superior (32%). Few performed averagely (14%)

gio da fermi sono state riscontrate importanti difficoltà (Figura 7). Solo pochi hanno ottenuto una prestazione superiore (12%) e nella media (4+8), 12%, il resto ha performato in maniera scarsa/molto scarsa (76%).

Nella presa (Figura 8), gli SMCC si sono rivelati per il 64% (56%+ 8%) nella media e per il 36% (8+8+20) scarsi/molto scarsi, mentre nel calcio, il 58% dei bambini è stato capace di calciare la palla (categoria molto superiore (33%) e superiore (25%)) (Figura 9). La metà dei soggetti ha performato bene (59%), ovvero in maniera molto superiore (27%) e superiore (32%), mentre pochi si sono dimostrati nella media (14%) e il resto scarsi/molto scarsi (9+18), il 27%.

I lanci con il braccio sopra la spalla sono risultati relativamente facili (Figura 10), con la maggior parte dei bimbi che si è rivelata capace (59%) e ha eseguito il compito in maniera molto superiore

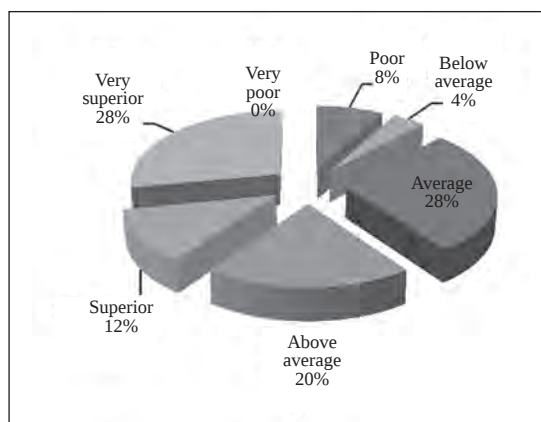


Figure 6.—Striking stationary ball.
Figura 6. — Colpo di una palla ferma.

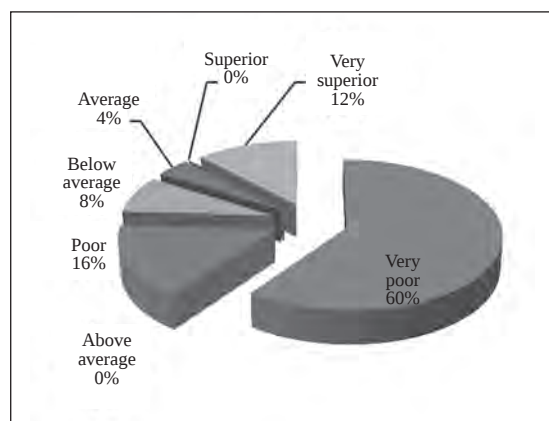


Figure 7.—Stationary dribble.
Figura 7. — Palleggio da fermi.

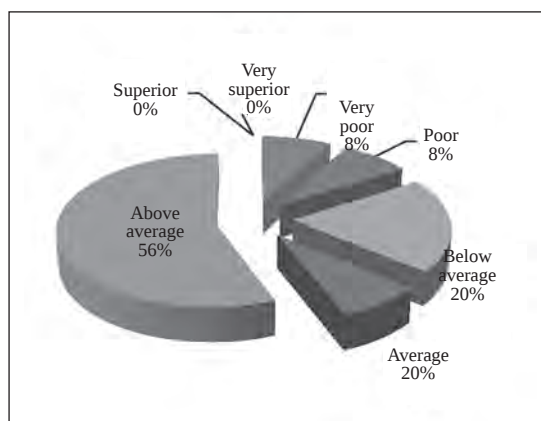


Figure 8.—Catch.
Figura 8. — Presa.

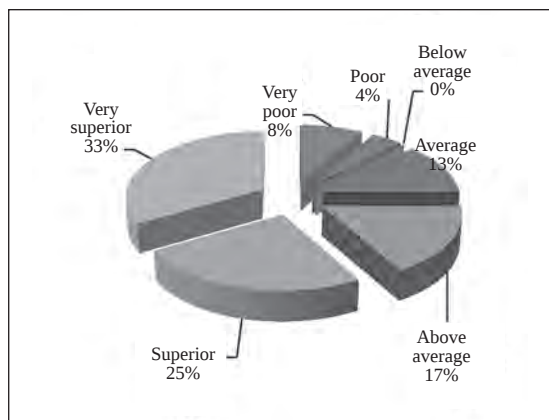


Figure 9.—Kick.
Figura 9. — Calcio.

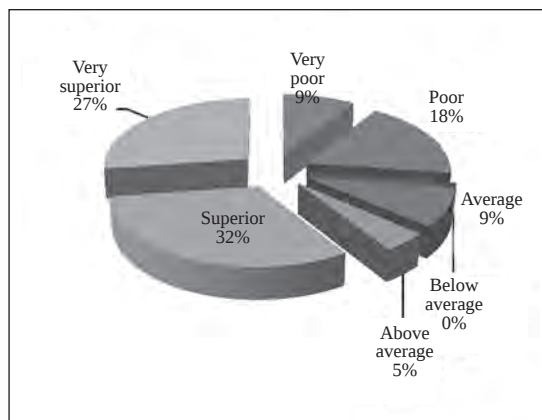


Figure 10.—Overhand throw.
Figura 10. — Lancio con il braccio sopra la spalla.

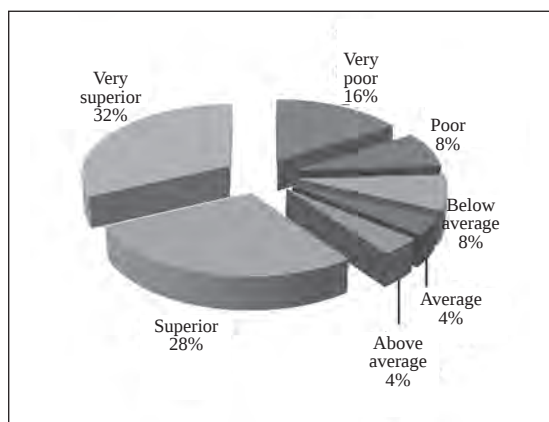


Figure 11.—Underhand roll.
Figura 11. — Rotolamento dal basso verso l'alto.

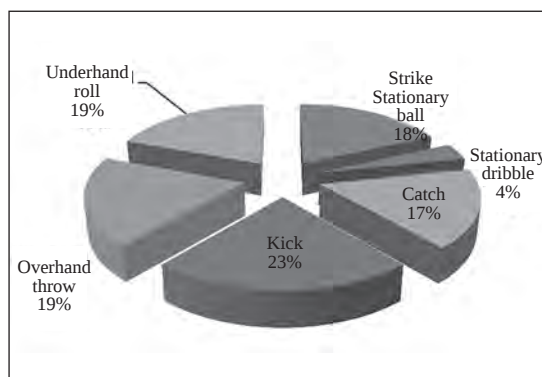


Figure 12.—Object control competences.
(mean±SD = 16,67±12,67).
Figura 12. — Capacità di controllo degli oggetti.
(media±SD = 16,67±12,67).

and the rest were poor/very poor (27%). Underhand rolling (Figure 11) was easy for a majority (60%). Their performances were rated very superior (32%) and superior (28%).

Generally, in object control skills (Figure 12), none of the SMCC scored 20%, except in kicking the ball (23%). The highest score was in kicking (23%) while stationary dribble was the low (4%), indicating the children had not yet developed adequate object control abilities.

Discussion

The present study seek to assess the development of gross motor skills among SMCC from a special school in King William's Town, Eastern Cape, South Africa, which no previous assess-

(27%) e superiore (32%). Pochi hanno performedo nella media (14%) e il resto è stato scarso/molto scarso (27%). Il rotolamento dal basso verso l'alto (Figura 11) è stato facile per la maggioranza dei partecipanti (60%). Le loro performance sono state giudicate molto superiori (32%) e superiori (28%).

In generale, nelle capacità di controllo degli oggetti (Figura 12), nessuno dei bambini ha ottenuto il 20%, tranne che nel calcio della palla (23%). Il punteggio più alto è stato totalizzato nel calcio (23%), mentre quello più basso nel palleggio da fermi (4%), indicando che i bambini non avevano ancora sviluppato capacità di controllo degli oggetti adeguate.

Discussione

Il presente studio ha cercato di valutare lo sviluppo delle capacità grosso-motorie di SMCC iscrit-

ment has been undertaken. Children, regardless of age and gender and level of disability learn and adapt their behavior through participation in different movements and play activities.

Mentally challenged children have limited working memory leading to being slow during learning, sporadic concentration, and low motivation levels.¹⁰ The affected central nervous system causes significant delay in gross motor development which is observed when mentally challenged children fail to perform movement isolation necessary for skills development, demonstrate low levels of cardiovascular endurance, poor muscular power/strength, poor running speed, balance and agility.¹⁸ Similarly, these cognitive and perceptual-motor challenges were observed during the gross motor assessment of SMCC from this present study. The observed poor locomotor competences among severely mentally children were expected; however, the degree of motor control was the focus of the study. The children in this study experienced challenges towards integrating perceptual information into motor action required in identifying and executing effective solutions for the motor tasks. Particularly, the measured neuromotor coordination complications of the lower limb skeletal muscles in particular affected the locomotor competencies of the children leading to poor generation of muscular power, speed, strength, balance/posture and directionality. The difficulty stems from the children's intellectual disability causing poor integration of visual inputs with the hand or leg movements.¹⁹

The neuromotor systems do not function in isolation, but in synchronization with other body systems. That is, before and during movement production, the efficiency of perceptual processes to interact with motor processes must be facilitated by action feedback, and action conception is critical.²⁰ While such processes may be smooth in normal learners, it is critically a challenge to the mentally impaired learner. During structured motor competence tests, the performances of SMCC can be affected by many factors, including visual motor integration during performances of fine motor skills that demand eye-hand or eye-foot coordination. Therefore, failure in some of the fine motor tests may be caused by underlying visual-cognitive deficits such as inability to integrate visual – cognitive and motor processes, visual discrimination, compromised fine motor skills and/or a combination of these parameters.²¹

ti a una scuola speciale di King William's Town, Eastern Cape, Sud Africa, che non erano mai stati oggetto di valutazione. I soggetti, a prescindere da età, sesso e livello di disabilità, apprendono e adattano il loro comportamento eseguendo diversi movimenti e partecipando ad attività.

I bambini mentalmente ritardati hanno una memoria di lavoro limitata che comporta un apprendimento lento, concentrazione sporadica e scarsi livelli di motivazione.¹⁰ Il sistema nervoso centrale colpito causa un significativo ritardo nello sviluppo grosso motorio, osservato quando i piccoli con un ritardo mentale non riescono a eseguire l'isolamento dei movimenti necessario per lo sviluppo delle capacità e dimostrano scarsi livelli di resistenza cardiovascolare, scarsa potenza/forza muscolare, scarsa velocità di corsa e poco equilibrio e agilità.¹⁸ Tali difficoltà cognitive e percettivo-motorie sono state osservate durante la valutazione grosso-motoria degli SMCC partecipanti allo studio. Ci si aspettava di notare scarse capacità locomotorie nei bimbi gravemente ritardati; tuttavia, il focus dello studio è stato il grado di controllo motorio. I soggetti hanno avuto difficoltà nell'integrare le informazioni percettive nelle azioni motorie richieste per individuare e mettere in atto soluzioni efficaci per i compiti motori assegnati. In particolare, le complicazioni nella coordinazione neuromotoria dei muscoli scheletrici degli arti inferiori hanno interessato le capacità locomotorie dei bambini portandoli ad avere poca potenza muscolare, velocità, forza, equilibrio/postura e direzionalità. La difficoltà deriva dalla disabilità intellettuale dei bambini che provoca una scarsa integrazione degli input visivi con i movimenti delle mani o delle gambe.¹⁹

I sistemi neuromotori non funzionano in isolamento, ma in sincronia con altri sistemi del corpo. Quindi, prima e durante la produzione dei movimenti, l'efficienza dei processi percettivi che devono interagire con quelli motori deve essere agevolata da un feedback sull'azione, e la concezione di tale azione è fondamentale.²⁰ Mentre nei discenti normali questi processi possono essere facili, in quelli mentalmente ritardati rappresentano un serio problema. Durante test strutturati sulle capacità motorie, le prestazioni degli SMCC possono essere influenzate da molti fattori, tra cui l'integrazione visuo-motoria durante l'esecuzione di abilità fino-motorie che richiedono una coordinazione occhio-mano o occhio-piede. Pertanto, l'insuccesso in alcuni dei test fino-motori può essere causato da deficit visuo-cognitivi come: incapacità di integrare processi visuo-cognitivi e motori, discriminazione visiva, abilità fino-motorie ridotte e/o una combinazione di tali parametric.²¹

Le difficoltà osservate nei bambini nel controllo

The observed children's difficulties in object control tasks explain the poor degree of motor coordination development of the upper limbs. The poor integration of the visual-cognitive and motor processes can be explained by critical difficulties in manipulative skills involving throwing, catching, striking, aiming, and remembering. Sporadic concentration and unsustainable motivation seem to have contributed to lack of interest in continuing to try to improve their performances from the given tasks.

An earlier study on motor and perceptual-motor competence in children with Down syndrome, reported that children who are severely impaired would have demonstrate delayed development with age and poor fine motor skills.²² In the current study, children had difficulties in all fine motor skills such as striking ball, catching, dribbling, throwing and rolling balls. Specifically, SMCC were unable to find the accuracy and timing of movements with bimanual coordination during the tasks. Although balance may affect the variability of ball skills, performance, the children were more homogeneous than heterogeneous.

The SMCC in this present study performed demonstrated poor gross motor skills. The findings support Yukselen *et al.*²³ that MCC are very poor in stationary dribble and leaping ability. The observed performances within locomotor and object control competences were borderline body management adaptations of SMCC with their environment. The results provide a starting mark for further intervention programs to improve motor competencies of SMCC. Studies have convincingly demonstrated that limitations in intellectual competences such learning, reasoning and problem solving, and adaptive behavior, clearly defines Intellectual Disability; and these difficulties significantly compromise motor skills of learners.^{6, 24}

Children (whether normal or mentally challenged) need games and physical activity opportunities in order to develop their physical motor competences, intelligence and social skills and health related fitness.²⁵ Therefore, the observed poor gross motor competences provide evidence of compromised intellectual functioning among SMCC pertaining to motor intelligence and psycho-social skills. Although, there may be differences in motor acquisition, engagement in physical games remains a core in intellectual learning, social skills and movement development.

degli oggetti spiegano lo scarso livello di sviluppo della coordinazione motoria degli arti superiori. La poca integrazione dei processi visuo-cognitivi e motori può essere spiegata da serie difficoltà nelle capacità manipolative coinvolte in lancio, presa, colpo, mira e ricordo. La concentrazione sporadica e la scarsa motivazione sembrano aver contribuito alla mancanza di interesse dei bambini nel continuare a cercare di migliorare le esecuzioni dei compiti ricevuti.

Un precedente studio sulla capacità motoria e percettivo-motoria dei bambini con sindrome di Down ha riscontrato che i soggetti con capacità gravemente compromesse dimostravano un ritardo nello sviluppo e scarse abilità fino-motorie.²² Nel presente studio, i bambini hanno trovato difficoltà in tutte le abilità fino-motorie come colpire una palla, afferrarla, palleggiare, lanciarla e farla rotolare. Nello specifico, i soggetti non sono riusciti a raggiungere precisione e tempismo dei movimenti con la coordinazione bimanuale durante i compiti assegnati. Anche se l'equilibrio poteva influire sulla variabilità delle prestazioni con la palla, i bambini si sono rivelati più omogenei che eterogenei.

Gli SMCC coinvolti nel presente studio hanno dimostrato capacità grosso-motorie scarse. I risultati sono in linea con quanto riscontrato da Yukselen et al.²³ secondo cui i bambini mentalmente ritardati hanno capacità di palleggio da fermi e salto molto ridotte. Le prestazioni osservate nell'ambito delle capacità locomotorie e di controllo degli oggetti erano adattamenti borderline della gestione corporea dei bimbi all'interno del loro ambiente. I risultati forniscono un punto di partenza per ulteriori programmi di intervento volti a migliorare le capacità motorie dei bambini gravemente ritardati. Alcuni studi hanno dimostrato in maniera convincente che le limitazioni nelle capacità intellettive come apprendere, ragionare e risolvere problemi e nel comportamento adattivo definiscono chiaramente la Disabilità Intellettiva; e tali difficoltà compromettono notevolmente le capacità motorie dei discenti.^{6, 24}

I bambini (normali o ritardati) hanno bisogno di giochi e opportunità di attività fisica per sviluppare le loro capacità fisico-motorie, l'intelligenza, le abilità sociali e la forma fisica con esercizi per la salute.²⁵ Quindi, le scarse capacità grosso-motorie osservate forniscono evidenze di una funzione intellettiva compromessa negli SMCC per quanto riguarda l'intelligenza motoria e le abilità psico-sociali. Anche se possono esistere differenze nell'acquisizione motoria, il coinvolgimento nei giochi fisici rimane centrale per l'apprendimento intellettuale, le abilità sociali e lo sviluppo dei movimenti.

Limitations of the study

Since the study is a case study, with small sample size; the generalizability of the findings of the study is limited. However, the findings of the study provide a basis for more research and as well as motivation for improvement in the school curriculum in order to cater for children's physical or motoric abilities/needs in ensuring optimal growth and development.

Conclusions

SMCC demonstrated poor development of gross motor skills in both locomotor and object control abilities. The observed poor gross motor abilities definitely motivate restricting of the school curriculum to address the children's concerns. A motor intervention program should be developed in the school to improve the skills of run, leap and stationary dribble. Also, there is need to institute interventions to improve motor competences of children based on individualized approaches. To achieve success in structuring the curriculum, teachers of SMCC should be part of curriculum planning because they understand the children better. Future research should be undertaken to include more special schools from different provinces with SMC children.

Limitazioni dello studio

Poiché si tratta di un caso di studio con una dimensione ridotta del campione, la generalizzabilità dei risultati è limitata. Tuttavia, essi forniscono una base per ulteriori ricerche e una spinta al miglioramento del programma scolastico per soddisfare le capacità/necessità fisiche o motorie dei bambini al fine di assicurare una crescita e uno sviluppo ottimali.

Conclusioni

Gli SMCC hanno dimostrato uno scarso sviluppo delle capacità grosso-motorie sia per quanto riguarda le abilità locomotorie che quelle di controllo degli oggetti. Le scarse capacità grosso-motorie osservate motivano assolutamente il restringimento del programma curricolare per affrontare i problemi dei bambini. A scuola dovrebbe essere sviluppato un programma per migliorare le capacità di corsa, salto e palleggio da fermi. Inoltre, è necessario stabilire interventi per migliorare le capacità motorie dei bambini sulla base di approcci individualizzati. Per raggiungere il successo nella strutturazione del programma scolastico, gli insegnanti dei bambini gravemente ritardati dovrebbero prenderne parte poiché conoscono meglio tali soggetti. Inoltre, dovrebbero essere condotte ulteriori ricerche per includere altre scuole speciali di province diverse con bambini gravemente ritardati.

References/Bibliografia

- 1) Yun J, Shapiro DR. A quantitative approach to movement skill assessment for children with mental retardation. *J Adap Phys Act Quart* 2004;21:269-80.
- 2) Gallahue DL, Donnelly FC. Developmental physical education for all children. Fourth edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.
- 3) Vuijk PJ, Hartman E, Scherder E, Visscher C. Motor performance of children with mild intellectual disability and borderline intellectual functioning. *J Intellect Dis Res* 2010;54:955-65.
- 4) Sadrossadat L, Moghaddami A, Sadrossadat SJ. A comparison of adaptive behaviours among mentally retarded and normal individuals: A guide to preventive and treatment. *Int J Prevent Med* 2010;1:34-8.
- 5) Wehmeyer ML. Education and training in developmental disabilities: Defining mental retardation and ensuring access to the general curriculum. *J Dev Disabilities* 2003;38:271-82.
- 6) American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD). Definition of Mental Retardation; 2007 [Internet]. Available from: www.aamr.org [cited 2015, Aug 15].
- 7) Kim Y, Park I, Kang M. Examining rater effects of the TGMD-2 on children with intellectual disability. *J Adap Phys Act Quart* 2012;29:346-65.
- 8) Wuest AD, Bucher CA. Foundations of physical education exercise science and sport. Sixth edition; 2009 [Internet]. Available from: www.statssa.gov.za/census96/html [cited 2017, Oct 17].
- 9) Stodden DF, Goodway JD. A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity. *J Natl Ass Kinesiol Phys Edu Higher Edu* 2008;60:290-306.
- 10) Heward WL. Characteristics of children with mental retardation; 2014 [Internet]. Available from: http://www.education.com/special_needs/mental_retardation [cited 2017, Oct 17].
- 11) Gentry D, Porks L. Education of the severely/ profoundly handicapped: Government planning council on developmental disabilities. Minnesota state planning agency; 1977.
- 12) Gallahue DL, Ozmun JC. Understanding motor development, infant, children, adolescents and adults. Sixth edition. New York: McGraw-Hill; 2006.
- 13) Kangas S, Maatta K, Uusiautti S. Alone and in a group ethnographic research on autistic children's play. *Int J Play* 2012;1:37-50.
- 14) Cooper RA, Quatnaro LA, Axelson PW, Harlan W, Stineman M, Franklin B, et al. Research on physical activity and health among people with disabilities, a consensus statement. *J Rehab Res Dev* 1999;36:1-18.
- 15) Ulrich D. Test for gross motor development-2 manual. Austin, TX: Pro.ed; 2000.
- 16) Lacy AC, Hastad DN. Measurement and evaluation in physical education and exercise science. Fifth edition. San Francisco: Pearson and Benjamin Cummings; 2007.
- 17) Houwen S, Hartman E, Jonker L, Visscher C. Reliability and validity of the TGMD-2 in primary- school- age children with visual impairments. *Adap Phys Act Quar* 2010;27:143-59.
- 18) Ahmadi R, Hassan D, Hosin B. The effect of six weeks core stabilization training programme on the balance in mentally retarded students. *Int J Sport Studies* 2012;2:496-501.
- 19) Carmeli E, Bar-Yossef T, Ariav C, Levy R, Liebermann DG. Perceptual-motor coordination in persons with mild intellectual disability. *J Disability Rehab* 2008;30:323-9.
- 20) Virji-Babul N, Kerns K, Zhou E, Kapur A, Shiffrar M. Perceptual-motor deficits in children with Down syndrome: Implications for intervention. *Down Synd Res Pract* 2006;10:74-82.
- 21) Sanghavi R, Kelkar R. Visual-motor integration and learning disa-

bled children. Indian J Occup Therapy 2005;37:33-8.

22) Spanò M, Mercuri E, Randò T, Pantò T, Gaglianò A, Henderson S, *et al.* Motor and perceptual-motor competence in children with Down syndrome: variation in performance with age. Eur J Paediatr Neurol 1999;3:7-14.

23) Yukselen A, Dogan O, Turan F, Cetin Z, Ungan M. Effects of exercises for fundamental movement skills in mentally retarded children. Middle East J Fam Med 2008;6:2-4.

24) Hartman E, Houwen S, Scherder E, Visscher C. On the relationship between motor performance and executive func-

tioning in children with intellectual disabilities. J Intellect Dis Res 2010;54:468-77.

25) Tomporowska PD, Lambourne K, Okumura MS. Physical activity interventions and children's mental function: An introduction and overview. Prevent Med 2011;52(Suppl 1):S3-S9.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: October 12, 2017. - Manuscript received: May 12, 2016.

MEDICAL AREA

The effect of two weeks Opuntia ficus-indica juice supplementation on heart rate and anaerobic performance

Effetti dell'integrazione di due settimane
di succo di *Opuntia ficus-indica* sul ritmo
cardiaco e la performance anaerobica

Khouloud ALOUI^{1, 2}, Salma ABDELMALEK^{3 *}, Hamdi CHTOUROU²,
Myriam DENGHEZLI³, Nizar SOUISSI²

¹Faculty of Sciences of Bizerte, University of Carthage, Bizerte, Tunisia; ²Research Laboratory "Sports performance optimization" National Center of Medicine and Science in Sports (CNMSS), Tunis, Tunisia; ³Department of Physiology and functional explorations, Sousse Faculty of Medicine, Sousse, Tunisia

*Corresponding author: Salma Abdelmalek, Department of Physiology, Sousse Faculty of Medicine, Ave Mohamed Karoui, 4002, Sousse, Tunisia. E-mail: s_abdelmalek@yahoo.fr

SUMMARY

BACKGROUND: The aim of this study was to investigate the effect of polyphenols-rich fruit juice supplementation on heart rate (HR), Sargent jump test, sprint 10 m and Wingate test (*i.e.* peak power [PP], mean power [MP] and Fatigue Index [FI]).

METHODS: In randomized order, twenty-two healthy subjects participated in this study divided into two groups: an experimental group (EG: N.=11) who consumed the antioxidant supplement and a control group (CG: N.=11). All groups performed sessions of test at 07:00 h before and after supplementation.

RESULTS: Our results showed that following the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•) test, the *Opuntia ficus-indica* juice has an antioxidant capacity for capturing free radicals ($P<0.05$). In addition, our results showed that HR values increased significantly after the Wingate test. Moreover, a significant enhancement on PP, MP and the FI ($P<0.01$) as well as the rating of perceived exertion (RPE) was observed. Furthermore, the performance of Sargent jump test ($P<0.01$) are significantly higher after *Opuntia ficus-indica* juice supplementation and sprint performance are significantly reduced ($p < 0.05$) after supplementation ($P<0.01$). Nevertheless, no significant effect on HR was observed after supplementation on *Opuntia ficus-indica* juice.

CONCLUSIONS: These results suggest that 14-day *Opuntia ficus-indica* juice supplementation has an impact on anaerobic performance.

(Cite this article as: Aloui K, Abdelmalek S, Chtourou H, Denghezli M, Souissi N. The effect of two weeks *Opuntia ficus-indica* juice supplementation on heart rate and anaerobic performance. Med Sport 2017;70:537-50. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.02986-6)

KEY WORDS: Antioxidants - Heart rate - Athletic performance.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Lo scopo dello studio è stato quello di indagare l'effetto dell'integrazione con un succo di frutta ricco di polifenoli su frequenza cardiaca (HR), test del salto di Sargent, sprint sui 10 m e test di Wingate (cioè, potenza di picco [PP], potenza media [MP] e indice di affaticamento [FI]).

METODI: In ordine casuale, ventidue soggetti sani hanno partecipato allo studio divisi in due gruppi: uno sperimentale (EG: N.=11) che ha assunto l'integratore antiossidante e uno di controllo (CG: N.=11). Entrambi hanno eseguito sessioni di test alle ore 07:00 prima e dopo l'assunzione.

RISULTATI: I nostri risultati hanno mostrato che per il test 2,2-difenil-1-picrilidrazile (DPPH•), il succo di fico d'india ha una capacità antiossidante in termini di cattura dei radicali liberi ($P<0,05$). Inoltre, sempre secondo i nostri risultati, i valori della HR sono aumentati significativamente dopo il test di Wingate. È stato osservato anche un significativo mi-

glieramento in PP, MP e FI ($P<0,01$) e nella scala di percezione dello sforzo (RPE). Va aggiunto che la prestazione nel test del salto di Sargeant ($P<0,01$) si mostrava significativamente migliore, mentre la prestazione nello sprint risultava significativamente ridotta ($P<0,05$) in seguito all'assunzione dell'integratore a base di succo di fico d'india ($P<0,01$). Ciò nonostante, non è stato osservato alcun effetto significativo sull'HR dopo l'integrazione con succo di fico d'india. CONCLUSIONI: Questi risultati suggeriscono che l'integrazione con succo di fico d'india per 14 giorni ha un impatto sulla prestazione anaerobica.

PAROLE CHIAVE: Antiossidanti - Frequenza cardiaca - Prestazione atletica.

Rhythmicity is a fundamental feature of life, and circadian rhythms have been observed in the vast majority of human physiological and metabolic variables.^{1, 2} The effects of the circadian rhythm and time of day on short-term maximal exercises involving anaerobic metabolism have been well investigated.^{3, 4} During the Wingate test, peak power (PP) and mean power (MP) fluctuate with time-of-day, with acrophases observed at 17:24±00:36 and 18:00±01:01 h (mean±SD), respectively^{3, 5} around the peak of the circadian rhythm of temperature.

Generally, the best performance is observed in the afternoon. Thus, studies in the domain continue to find strategies to thwart this drop of performance in the morning. Strenuous short-term maximal exercises were reported to enhance the production of reactive oxygen species (ROS) by cells, which may lead to oxidative stress and cellular damage.⁶ Thus, ROS not only cause cellular damage, but also play an important role in modulation of cell signaling involved in training adaptations at the cellular level.⁶ These ROS are considered as potent oxidative stress indicators in biological systems.^{7, 8} Several studies have identified an increase of muscle damage and oxidative stress after supra-maximal exercise, such as intermittent running, sprints, jumps, resistance exercise or 30-seconds Wingate tests.^{8, 9} Indeed, an increase of muscle damage parameters and/or a decrease of antioxidant status could explain the reduced muscle performance.¹⁰ Hence, elite athletes are more vulnerable, than a sedentary persons, to physical performance alteration and physiological responses due to stress caused by free radical production.^{11, 12}

Consequently, research in this domain showed that the consumption of flavonoids, substance present in a variety of fruits and vegetables is one strategy that can improve performance,¹³ decreased risk of cardiovascular disease and cancer.¹⁴ Among these fruits include the *Opuntia ficus-indica* which is already used as a traditional medicine for treating a number of diseases such as ulcers, allergy, rheumatism,

La ritmicità è un elemento fondamentale della vita e i ritmi circadiani sono stati osservati nella stragrande maggioranza delle variabili fisiologiche e metaboliche umane.^{1, 2} Gli effetti del ritmo circadiano e del momento della giornata sugli esercizi massimali di breve durata che coinvolgono il metabolismo anaerobico sono stati ben indagati.^{3, 4} Durante il test di Wingate, la potenza di picco (peak power, PP) e quella media (mean power, MP) oscillavano a seconda del momento della giornata, con acrofasi osservate rispettivamente alle ore 17:24±00:36 e 18:00±01:01 (media±SD)^{3, 5} attorno al picco del ritmo circadiano della temperatura.

In generale, le migliori prestazioni vengono osservate di pomeriggio. Quindi, gli studi in questo ambito continuano a cercare strategie per impedire il calo delle prestazioni al mattino. È stato segnalato che i faticosi esercizi massimali di breve durata aumentano la produzione di specie reattive dell'ossigeno (reactive oxygen species, ROS) da parte delle cellule, che potrebbe condurre a stress ossidativo e danno cellulare.⁶ Quindi, le ROS non solo causano un danno cellulare, ma rivestono un importante ruolo nella modulazione cellulare coinvolta negli adattamenti all'allenamento a livello cellulare.⁶ Tali ROS sono considerate potenti indicatori di stress ossidativo nei sistemi biologici.^{7, 8} Diversi studi hanno rilevato un incremento del danno muscolare e dello stress ossidativo dopo un esercizio sovramassimale, come corsa intermittente, sprint, salti, esercizi di resistenza o test di Wingate della durata di 30 secondi.^{8, 9} Infatti, un aumento dei parametri di danno muscolare e/o una riduzione dello stato antiossidante potrebbero spiegare il calo della prestazione dei muscoli.¹⁰ Perciò, gli atleti di élite sono più vulnerabili rispetto alle persone sedentarie all'alterazione della prestazione fisica e alle risposte fisiologiche dovute allo stress causato dalla produzione di radicali liberi.^{11, 12}

*Le ricerche in questo campo hanno mostrato che l'assunzione di flavonoidi, sostanze presenti in diversi frutti e ortaggi, è una strategia che può migliorare le prestazioni¹³ e ridurre il rischio di malattie cardiovascolari e tumori.¹⁴ Tra questi frutti figura l'*Opuntia ficus-indica*, già utilizzato come rimedio tradizionale per trattare diverse ma-*

obesity.¹⁵ Indeed, this fruit, beyond the nutritional benefits, its consumption is beneficial to human health due to its antioxidant functions.⁹ Moreover, *Opuntia ficus-indica* contains compounds with anti-radical activity (*i.e.* phenolics, flavonoids and pigment compounds).¹⁶ These compounds were found to have a high potential for capturing free radicals. Del Socorro Cruz-Cansino *et al.*¹⁷ evaluated the antioxidant activity of *Opuntia ficus-indica* juice, by the DPPH● Test. Thus, the phenolic compounds, pigments and flavonoids have antiradical activities. Several studies revealed that antioxidant supplements may hinder the beneficial cell adaptations to exercise and improve mental/physical performance.¹⁸

Thus, no one of these studies take into consideration the effect of natural antioxidant fruit supplementation especially on *Opuntia ficus-indica* juice. Only one studies observed in the literature *in vivo*. Deldicque *et al.*¹⁹ showed that chronic *Opuntia ficus-indica* supplementation (*i.e.*, specific extract fruit: capsule) could be an important nutritional strategy to resynthesize muscle glycogen post-exercise in healthy subjects.

It is critical therefore to investigate the effect of two weeks supplementation with *Opuntia ficus-indica* juice on heart rate (HR), vertical jump (Sargent jump test: SJT), sprint 10m and Wingate test (*i.e.*, PP, MP and FI).

Materials and methods

Subjects

Twenty two healthy students of physical education (Table I) volunteered for the study participated in this study. The subjects were randomly divided into two groups; an experimental group

lattie come ulcere, allergia, reumatismi e obesità.¹⁵ Infatti, oltre ai benefici tradizionali, il consumo di tale frutto è vantaggioso per la salute umana grazie alle sue funzioni antiossidanti.⁹ Inoltre, il l'Opuntia ficus-indica contiene composti con attività antiradicale (cioè fenoli, flavonoidi e composti pigmentati).¹⁶ È stato scoperto che tali composti detengono un elevato potenziale per la cattura dei radicali liberi. Del Socorro Cruz-Cansino et al.¹⁷ hanno valutato l'attività antiossidante del succo di Opuntia ficus-indica con il test DPPH●. Ne è emerso che composti fenolici, pigmenti e flavonoidi hanno attività antiradicali. Diversi studi hanno rivelato che gli integratori antiossidanti potrebbero ostacolare gli adattamenti cellulari benefici all'esercizio e migliorare la prestazione mentale/fisica.¹⁸

Nessuno di questi studi ha preso in considerazione l'effetto dell'integrazione con un frutto naturalmente ossidante, in particolare il succo di Opuntia ficus-indica. Solo uno studio in letteratura è stato condotto in vivo. Deldicque et al.¹⁹ hanno mostrato che l'integrazione cronica con Opuntia ficus-indica (tramite uno specifico estratto del frutto in capsule) potrebbe rappresentare un'importante strategia nutrizionale per risintetizzare il glicogeno muscolare postesercizio nei soggetti sani.

Quindi, era fondamentale indagare l'effetto dell'integrazione con succo di Opuntia ficus-indica per due settimane su frequenza cardiaca (heart rate, HR), salto verticale (test del salto di Sargeant: [Sargent Jump Test, SJT]), sprint sui 10 m e Test di Wingate (PP, MP e FI).

Materiali e metodi

Soggetti

Ventidue studenti di educazione fisica (TABELLA I) hanno partecipato volontariamente allo studio. I soggetti sono stati divisi casualmente in due

TABLE I.—Characteristic of the Study Groups (mean±SE).

TABELLA I. — Caratteristiche dei gruppi dello studio (media±SE).

	CG (N.=11)	EG (N.=11)	P value
Age (years)	20.91±1.22	21.00±0.84	NS; P=0.88
Height (cm)	181.82±8.13	181.36±2.28	NS; P=0.89
Weight (kg)	73.10±1.90	72.75±1.79	NS; P=0.89
BMI (kg/m ²)	22.13±0.49	22.15±0.54	NS; P=0.97
Energy intake (Kcal/day)	3084.9±74.1	2905.3± 69	NS; P=0.82
Protein (g/day)	107.7±4.9	104.3±4.8	NS; P=0.93
Fat (g/day)	89.5±1.9	84.6±2.1	NS; P=0.73
Carbohydrate (g/day)	451.3±12.07	420.1±9.7	NS; P=0.53
Vitamin E (g/day)	12±0.3	12.2±0.4	NS; P=0.67
Vitamin C (g/day)	52.9± 0.2	51.3±0.9	NS; P=0.001

(EG: N.=11) and control group (CG: N.=11). After receiving a thorough explanation of the protocol, they gave written consent to participate in this study. This study protocol was in accordance with the Helsinki Declaration for human experimentation and was approved by the university ethics committee. The participants were also selected based on their chronotype and on the basis of their answers to Horne and Ostberg²⁰ self-assessment questionnaire. They had an intermediate chronotype (*i.e.*, sleep duration between 23:00±1:00 and 07:00±1:00 h) and kept standard times for eating prior to the beginning of the study (breakfast at 07:00±1:00 h, lunch at 12:00±1:00 h, and dinner at 20:00±1:00 h).¹

No subject had been treated with any drug, had experienced acute illness from infection during the first three months. The exclusion criteria were the use of tobacco products, alcohol consumption, sleep disorder, and use of any medicine or dietary supplements in 2 weeks prior to the study. Additionally, subjects suffering from diabetes mellitus, obesity, cardiovascular, pulmonary or renal disorders or taking any antioxidant vitamin supplements were also excluded from this study.

Procedures

A randomized controlled, clinical study was conducted. During two weeks^{21, 22} of treatment periods *Opuntia ficus-indica* juice supplementation of 150 ml/daily²³ was used. In this work, we are committed to check the effect of supplementation with *Opuntia ficus-indica* on HR, SJT, 10m sprint and Wingate Test (*i.e.*, PP, MP and FI). The test analyzing the antioxidant power; 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH● test) was used. During the week before the experiment, participants came to the laboratory several times to become fully familiarized with the procedure and tests involved so as to minimize learning effects during the experiment. In a randomized order, subjects participated in two experimental test sessions. The first was a baseline condition in which subjects were taking a normal diet (without *Opuntia ficus-indica* juice supplementation). The second is a condition of *Opuntia ficus-indica* juice supplementation for 2 weeks. The experimental group (EG) takes supplementation of 50 ml of *Opuntia ficus-indica* juice 3 times daily for two weeks. A control group (CG) does not take any antioxidant throughout the experimental period. Before and at the end of each of the two 2-week treat-

gruppi; uno sperimentale (experimental group, EG: N.=11) e uno di controllo (control group, CG: N.=11). Dopo aver ricevuto un'accurata spiegazione del protocollo, hanno fornito un consenso scritto alla partecipazione allo studio. Il protocollo di studio era conforme alla Dichiarazione di Helsinki per la sperimentazione sugli esseri umani ed è stato approvato dal comitato etico dell'università. I partecipanti sono stati selezionati in base al loro cronotipo e alle risposte fornite nel questionario di autovalutazione di Horne and Ostberg.²⁰ I soggetti presentavano un cronotipo intermedio (durata del sonno tra le 23:00±1:00 e le 07:00±1:00) e hanno mantenuto orari standard dei pasti prima dell'inizio dello studio (colazione alle ore 07:00±1:00, pranzo alle ore 12:00±1:00 e cena alle ore 20:00±1:00 h).¹

Durante i primi tre mesi, nessun soggetto è stato trattato con farmaci o ha sviluppato una patologia acuta da infezione. I criteri di esclusione erano l'uso di prodotti a base di tabacco, il consumo di alcool, un disturbo del sonno e l'assunzione di qualsiasi farmaco o integratore alimentare nelle due settimane precedenti allo studio. Inoltre, sono stati esclusi anche i soggetti che soffrivano di diabete mellito, obesità, malattie cardiovascolari, polmonari o renali o che assumevano integratori vitaminici antiossidanti.

Procedure

È stato condotto uno studio clinico controllato randomizzato. Per due settimane^{21, 22} è stato utilizzato un'integratore a base di succo di *Opuntia ficus-indica* nella quantità di 150 ml al giorno.²³ In questo lavoro, il nostro impegno era quello di verificare l'effetto dell'integrazione con *Opuntia ficus-indica* su HR, SJT, sprint sui 10 m e test di Wingate (PP, MP e FI). Siamo ricorsi all'utilizzo del test che analizza il potere antiossidante, il 2,2-difenil-1-picrilidrazile (test DPPH●). Nella settimana precedente all'esperimento, i partecipanti si sono recati in laboratorio diverse volte per familiarizzare appieno con la procedura e i test previsti, in modo da minimizzare gli effetti apprendimento durante l'esperimento. In ordine casuale, i soggetti hanno partecipato a due sessioni di test sperimentali. La prima era al basale, dove i soggetti seguivano la loro normale alimentazione (senza integrazione con succo di *Opuntia ficus-indica*). La seconda prevedeva l'assunzione di un integratore a base di succo di *Opuntia ficus-indica* per due settimane. Il gruppo sperimentale ha assunto 50 ml di succo di *Opuntia ficus-indica* come integratore tre volte al giorno per due settimane. Il gruppo di controllo (CG) non ha assunto alcun antiossidante per

ment periods, subjects performed tests at the same time of day (07:00-09:00 h) in the same order at air temperature between 27 °C and 28 °C and with 53-56% relative humidity.

At the beginning of each session, the weight and body composition of subjects were recorded using bioelectrical impedance scale to the nearest 0.1 kg (Tanita, Tokyo, Japan) calibrated in accordance with the manufacturer's guidelines by one trained technician. The body mass index (BMI; kg.m^{-2}) was then calculated. The heart rate and was monitored using Automatic Blood Pressure (Microlife, W90, Paris, France). Following this, duplicate measurements were taken with participants standing and wearing only briefs, as recommended by the guidelines. The average of these two measurements was used for the final analysis. Throughout the experimental period, the subjects were instructed to not perform hard physical training for 48 hours and avoid drinking tea and caffeinated beverages within 24 hours prior to each of the test session. The subjects were asked to refrain from any dietary supplements for the duration of the study.

Measures

DIETARY INTAKE

The participants were asked to not modify their diet for the duration of the study, except refrain the consumption of any antioxidants products. Moreover, they were asked to maintain a similar diet for the treatment periods. The participants filled out a dietary record during this period. The amount of ingested foods was estimated with an aid of dedicated picture book. The daily dietary intake of vitamins was calculated using the NUTRISOFT BILNUT (Version 2.01 Paris, France) (based on national food tables).¹

ANTIRADICAL CAPACITY BY DPPH●

The tests using 2, 2-diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH●) radical are the most of the methods of determination of antiradical activity. One of the reasons is that this method is simple and sensitive. DPPH● assays are based on the same principle as that described by Brand-Williams *et al.*²⁴ but the analytical protocols differs in more parameters (*i.e.* absorbance, reaction time, the reference solution). DPPH●, a purple-colored stable free radical, was reduced into the yellow-

tutto il periodo dell'esperimento. Prima e alla fine di ciascuno dei periodi di trattamento di due settimane, i soggetti hanno eseguito i test nello stesso momento della giornata (dalle ore 07:00 alle ore 09:00) e nello stesso ordine a una temperatura oscillante tra i 27 °C e i 28 °C e con un'umidità relativa del 53-56%.

All'inizio di ciascuna sessione, sono stati registrati il peso e la composizione corporea dei partecipanti utilizzando la bilancia per la misura dell'impedenza bioelettrica che più si avvicinava a 0,1 kg (Tanita, Tokyo, Giappone), calibrata conformemente alle linee guida del produttore da un tecnico qualificato. Successivamente, è stato calcolato l'indice di massa corporea (IMC; kg.m^{-2}). La frequenza cardiaca è stata monitorata tramite un misuratore di pressione automatico (Microlife, W90, Parigi, Francia). Dopo ciò, sono state effettuate doppie misurazioni mentre i partecipanti si trovavano in posizione eretta e indossavano solamente le mutande, come raccomandato dalle linee guida. La media di queste due misurazioni è stata poi usata per l'analisi finale. Per tutto il periodo dell'esperimento, i soggetti sono stati istruiti a non sottoporsi a duri allenamenti fisici per 48 ore e a evitare di bere tè e bevande contenenti caffeina nelle 24 ore precedenti alle sessioni di test. Inoltre, sono stati invitati a non assumere integratori alimentari per la durata dello studio.

Misure

ASSUNZIONE DEI CIBI

I partecipanti sono stati invitati a non modificare la loro dieta per tutta la durata dello studio, ma solo ad astenersi dal consumo di prodotti antiossidanti. Inoltre, è stato loro chiesto di mantenere un'alimentazione analoga durante i periodi di trattamento. In questa fase, i soggetti hanno compilato una scheda alimentare. Il quantitativo dei cibi ingeriti è stato stimato con l'aiuto di un libro illustrato dedicato. L'assunzione giornaliera di vitamine è stata calcolata utilizzando il NUTRISOFT BILNUT (Versione 2.01, Parigi, Francia) (sulla base delle tabelle alimentari nazionali).¹

CAPACITÀ ANTIRADICALE MISURATA TRAMITE DPPH●

*I test che utilizzano il radicale 2,2-difenil-1-picrilidazil (DPPH●) sono i migliori tra i metodi per determinare l'attività antiradicale. Uno dei motivi è la semplicità e la sensibilità del metodo. I saggi DPPH● si basano sullo stesso principio di quello descritto da Brand-Williams *et al.*,²⁴ ma i protocolli analitici differiscono per più parametri*

colored diphenylpicryl hydrazine. The method used in our study on the *Opuntia ficus-indica* juice is that described by Tuberoso *et al.*²⁵

SAMPLE AND TREATMENTS

Opuntia ficus-indica fruit with purple color¹⁷ was obtained from a local market in Tunisia in the spring of 2013. Only fruits without external injuries were selected, washed and manually peeled. To extract juice, the pulp was stirred using an industrial blender (Kenwood, 700W, China) and was then passed through a strainer to remove seeds enough to obtain the maximum of Juice.

SARGENT JUMP TEST

According to the protocol described previously by De Salles *et al.*²⁶ participants had their fingers on the right hand marked with red chalk. While standing flatfooted next to a wall on their right side, and right arm extended above the head, the participant would mark on the wall the highest point that could be reached and freely flex the lower limbs, as well as preparing the upper limbs for a sudden upward thrust, in effort to promote the highest vertical jump possible. At the highest point of the jump, the participants should extend the right hand against the wall as to mark the maximum height jumped. The jump height was the difference between the two points marked on the wall. Participants jumped three times, with a minimum interval of 45 seconds between the jumps and only the highest jump was considered.

TEN-METERS SPRINT

Sprint times skates in specific conditions were measured using an infrared photoelectric system which was placed at 10 meters from the start. Athletes were advised that they should run as fast as possible.²⁷ Every athlete performed this distance twice and only the best time was recorded with 3-minutes rest period between both sprints.

THE WINGATE TEST

The Wingate test was conducted for 30-s of maximal sprint on a cycle ergometer against constant resistance related to body mass (0.087 kg/kg⁻¹ body mass) using the optimization tables of Bar-Or.²⁸ The tests were conducted on

(cioè, assorbanza, tempo di reazione, soluzione di riferimento). Il DPPH●, un radicale libero stabile di colore viola, è stato ridotto a difenilpicrilidrazina colorata in giallo. Il metodo usato nel nostro studio per il succo di *Opuntia ficus-indica* è quello illustrato da Tuberoso *et al.*²⁵

CAMPIONE E TRATTAMENTI

*L'Opuntia ficus-indica dal colore viola*¹⁷ è stato reperito in un negozio locale tunisino nella primavera del 2013. Sono stati scelti solo frutti senza danni esterni, lavati e pelati manualmente. Per estrarre il succo, la polpa è stata mescolata utilizzando un frullatore industriale (Kenwood, 700W, Cina) ed è stata poi passata attraverso un setaccio per rimuovere abbastanza semi da ottenere il massimo del succo.

TEST DEL SALTO DI SARGENT

Secondo il protocollo descritto in precedenza da De Salles *et al.*,²⁶ i partecipanti avevano le dita della mano destra segnate con gesso rosso. Mentre si trovavano in posizione eretta con i piedi piatti vicino a un muro alla loro destra e con il braccio destro sopra la testa, i soggetti dovevano segnare sul muro il punto più alto che riuscivano a raggiungere e flettere liberamente gli arti inferiori, oltre a preparare gli arti superiori a un'improvvisa spinta verso l'alto per cercare di agevolare il più alto salto verticale possibile. Nel punto più alto del salto, i partecipanti dovevano allungare la mano destra contro il muro per segnare la massima altezza saltata. L'altezza del salto era data dalla differenza tra i due punti segnati sul muro. I soggetti hanno saltato tre volte, con un intervallo minimo di 45 secondi tra i salti, ed è stato considerato solo quello più alto.

SPRINT DI 10 METRI

I tempi degli sprint eseguiti in specifiche condizioni sono stati misurati tramite un sistema fotoelettrico a infrarossi posto a dieci metri dal punto di partenza. Gli atleti sono stati invitati a correre il più veloce possibile.²⁷ Ogni atleta ha coperto tale distanza due volte ed è stato registrato solo il tempo migliore, con tre minuti di riposo tra i due sprint.

Test di Wingate

Il Test di Wingate è stato condotto per 30 secondi di sprint massimale su un cicloergometro contro una resistenza costante legata alla massa corporea (0,087 kg/kg⁻¹ massa corporea) utilizzando

a calibrated friction-loaded cycle ergometer (Monark 894_E, Stockholm, Sweden) equipped with an electronic revolution counter and a recorder fitted onto the wheel and an option of setting a series of resisting forces before the beginning of an exercise. Seat height was adjusted to each participant's satisfaction. This seat height was recorded and kept the same for each participant in all tests, and the subject's feet were firmly held onto the pedals by means of toe clips. The participants remained in a sitting position during the test. Before starting, they were asked to assume the ready position, to maintain the pedaling rate close to 60 rpm and await the start signal announced by a countdown given by the experimenter. At the start signal, they were instructed to pedal as fast as they could for 30 seconds. The subjects were given vigorous verbal encouragement to reach the maximal pedaling rate as quickly as possible during the test. During the test, two parameters were recorded: 1) peak power (PP; *i.e.* the highest mechanical power elicited during the test) and 2) mean power (MP; *i.e.* the average power sustained throughout the 30-seconds).

The Fatigue Index (FI) was recorded at the end of the test. The %FI was calculated as follows:

$$FI (\%) = 100 \times \{(P_{\text{Peak}} - P_{\text{Lowest}}) / P_{\text{Peak}}\}$$

P_{Lowest} being the lowest power observed during the 30-s test.

RATE OF PERCEIVED EXERTION

Before performing exercise testing, the ratings of perceived exertion (RPE) ²⁹ Scale were explained to each participant by trained practitioners (Borg 0-10). Thereby, during exercise testing, overall perception of muscle fatigue (RPE), and physical stress was assessed. RPE is considered as a method of measure of training in response to different modes of exercise.³⁰

Statistical analysis

All statistical tests were processed using STATISTICA Software (StatSoft, Paris, France). The data are expressed as mean $\pm$ SD in the text and in the figures. All parameters of the Wingate (*i.e.*, PP, PM and FI), SJT and sprint 10m and scores of RPE were compared using a two-way ANOVA with repeated measures (2 [groups] $\times$ 2 [conditions]). HR values were evaluated using a three-way ANOVA with repeated measures (2

*le tabelle di ottimizzazione di Bar-Or.*²⁸ I test sono stati eseguiti su un cicloergometro a frizione calibrato (Monark 894_E, Stoccolma, Svezia) dotato di un contagiri elettronico, un registratore sulla ruota e un'opzione per impostare una serie di forze resistenti prima di iniziare un esercizio. L'altezza del sellino era regolata in base alla volontà del partecipante. Tale altezza veniva registrata e mantenuta la stessa per tutti i test e i piedi del soggetto erano saldamente ancorati ai pedali grazie ai fermapiè. Durante il test, i partecipanti mantenevano la posizione seduta. Prima di iniziare, sono stati invitati ad assumere la posizione di attesa, mantenere il tasso di pedalata attorno ai 60 rpm e ad aspettare il segnale di inizio annunciato da un conto alla rovescia fatto dallo sperimentatore. I soggetti sono stati caldamente incoraggiati a parole a raggiungere la massima velocità di pedalata il prima possibile. Durante il test, sono stati annotati due parametri: 1) potenza di picco (peak power, PP; ossia, la più elevata potenza meccanica ottenuta durante il test); e 2) potenza media (mean power, MP; ossia, la potenza media mantenuta per 30 secondi).

Alla fine del test, è stato registrato l'Indice di Affaticamento, calcolato in percentuale come segue:

$$FI (\%) = 100 \times \{(P_{\text{Picco}} - P_{\text{minima}}) / P_{\text{Picco}}\}$$

P_{minima} è la più bassa potenza osservata durante il test di 30 secondi.

SCALA DI PERCEZIONE DELLO SFORZO

Prima di eseguire i test, i punteggi della scala di percezione dello sforzo (ratings of perceived exertion, RPE) ²⁹ sono stati spiegati a ciascun partecipante da professionisti qualificati (Borg 0-10). Durante il test sotto sforzo, sono state valutate la percezione generale di affaticamento muscolare (RPE) e lo stress fisico. L'RPE è considerata un metodo di valutazione dell'allenamento in risposta a diverse modalità di esercizio.³⁰

Analisi statistica

Tutti i test statistici sono stati elaborati attraverso il software STATISTICA (StatSoft, Parigi, Francia). Nel testo e nelle figure, i dati sono espressi come media $\pm$ SD. Tutti i parametri del test di Wingate (cioè, PP, PM e FI), dell'SJT e dello sprint di 10 m e i punteggi della scala RPE sono stati comparati utilizzando un'ANOVA a due vie per misure ripetute (2 [gruppi] $\times$ 2 [condizioni]). I valori dell'HR sono stati valutati utilizzando un'ANOVA a tre vie per misure ripetute (2 [gruppi] $\times$ 2 [condizioni] $\times$ 2 [punto di misurazione]). Laddove appro-

[groups] $\times$ 2 [conditions] $\times$ 2 [point of measurement]). When appropriate, significant differences between means were tested using the least significant difference (LSD) *post-hoc* Test. Anthropometric parameters were tested by an independent Student's *t*-test. The test-retest reliability was expressed by intraclass correlation coefficients (ICCs). To assess the data practical significance, effect size was calculated as partial eta-squared, (η_p^2). The level of statistical significance was set at $P < 0.05$.

Results

The anti-radical activity of Opuntia ficus-indica juice

The *t*-student test for independent samples showed a significant decrease ($t = -8.95$; $P < 0.05$) for the *Opuntia ficus-indica* juice extracts compared with ethanol solution. Indeed, all the extracts inhibited DPPH• with at least 10.3% during 30 minutes of incubation.

HR

Our results showed that HR values ($F = 25.8$; $\eta_p^2 = 0.99$; $P < 0.001$) increase significantly after the Wingate test (Figure 1). However, statistical analysis revealed that HR values were associated with no significant group effect ($F = 0.32$; $\eta_p^2 = 0.58$; $P > 0.05$), supplementation effect

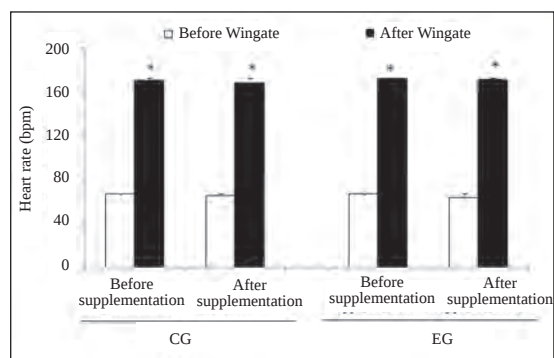


Figure 1.—Heart rate (HR) values (mean $\pm$ SD) recorded before and after the 30-sec Wingate Test, before and after supplementation in the EG (N=11) and CG (N=11).

*Significant difference compared with before exercise ($P < 0.001$).

Figura 1. — Valori (media $\pm$ SD) della frequenza cardiaca (HR) registrati prima e dopo il test di Wingate di 30 secondi, prima e dopo l'assunzione dell'integratore nei gruppi EG (N=11) e CG (N=11).

*Differenza significativa comparata con il periodo antecedente all'esercizio ($P < 0,001$).

priato, sono state testate le differenze significative tra le medie utilizzando il test post-hoc della minore differenza significativa (LSD). I parametri antropometrici sono stati testati con un test *t* di Student indipendente. L'attendibilità test-retest è stata espressa tramite coefficienti di correlazione intraclassa (ICC). Per valutare la significatività pratica dei dati, la dimensione dell'effetto è stata calcolata come partial eta-squared, (η_p^2). Il livello di significatività statistica è stato fissato a un valore di $P < 0,05$.

Risultati

L'attività antiradicale del succo di Opuntia ficus-indica

Il test *t* di Student per campioni indipendenti ha mostrato una significativa riduzione ($t = -8,95$; $P < 0,05$) per gli estratti di succo di *Opuntia ficus-indica* rispetto alla soluzione di etanolo. Infatti, tutti gli estratti hanno inibito il DPPH• di almeno il 10,3% in 30 minuti di incubazione.

HR

I nostri risultati hanno mostrato che i valori dell'HR ($F = 25,8$; $\eta_p^2 = 0,99$; $P < 0,001$) sono aumentati significativamente dopo il test di Wingate (Figura 1). Tuttavia, l'analisi statistica ha rivelato che tali valori non si associavano ad alcun effetto di gruppo significativo ($F = 0,32$; $\eta_p^2 = 0,58$; $P > 0,05$), né ad alcun effetto dell'integratore ($F = 3,82$; $\eta_p^2 = 0,07$; $P < 0,05$). Inoltre, è stata riscontrata un'interazione significativa (gruppo $\times$ condizioni $\times$ punto di misurazione) ($F = 0,41$; $\eta_p^2 = 0,53$; $P < 0,05$).

L'analisi post-hoc ha mostrato che i valori della HR hanno fatto registrare un significativo incremento dopo il test di Wingate rispetto al basale sia per EG che per CG ($P < 0,001$) prima e dopo l'integrazione.

Test del Salto di Sargent

Per l'esecuzione del test del salto di Sargent (Sargent Jump Test, *SJT*) (Figura 2), l'analisi statistica ha mostrato un significativo effetto di gruppo ($F = 8,49$; $\eta_p^2 = 0,64$; $P < 0,05$) e dell'integratore ($F = 15,4$; $\eta_p^2 = 0,68$; $P < 0,01$). Tuttavia, non sono state rilevate interazioni significative ($F = 3,69$; $\eta_p^2 = 0,05$; $P > 0,05$) tra questi due fattori (gruppi $\times$ condizioni).

L'analisi post-hoc ha evidenziato che i valori relativi al salto verticale registrati dopo l'assunzione dell'integratore erano significativamente più elevati rispetto a quelli registrati prima di

($F=3.82$; $\eta_p^2=0.07$; $P<0.05$). Likewise, there was a significant interaction (group $\times$ conditions $\times$ point of measurement) ($F=0.41$; $\eta_p^2=0.53$; $P<0.05$).

The *post-hoc* analysis showed that HR values registered present a significant increase after Wingate test compared with baseline for both EG and CG ($P<0.001$) before and after supplementation.

Sargent Jump Test

For Sargent Jump Test (SJT) performance (Figure 2) the statistical analysis showed a significant effect group ($F=8.49$; $\eta_p^2=0.64$; $P<0.05$) and supplementation ($F=15.4$; $\eta_p^2=0.68$; $P<0.01$). However, there is no significant interaction ($F=3.69$; $\eta_p^2=0.05$; $P>0.05$) between these two factors (groups $\times$ conditions).

Post-hoc analysis revealed that the vertical jump values recorded following the SJT after supplementation are significantly higher than those before supplementation ($P<0.05$). Similarly, these values are significantly elevated in the EG compared to the CG after supplementation. Indeed, the percentage gain of the lower limbs power was significantly higher ($P<0.05$) after supplementation EG compared to CG ($9.1\pm2.6\%$ vs. $1.9\pm2.6\%$). However, no significant difference was observed in the CG ($P>0.05$).

Ten-meters sprint

For sprint performance (Figure 3) the statistical analysis showed a significant effect group ($F=52.13$; $\eta_p^2=0.65$; $P<0.01$) and supplementation ($F=40.95$; $\eta_p^2=0.75$; $P<0.01$). Likewise, significant interaction ($F=28.11$; $\eta_p^2=0.58$; $P<0.01$) were observed between these two factors (groups $\times$ conditions).

Post-hoc analysis revealed that the performance recorded following the 10-m sprint, After supplementation are significantly lower than those recorded before supplementation ($P<0.01$). Similarly, the performance, which is the achievement of a minimum time to travel the distance of 10 meters, significantly reduced ($P<0.05$) after supplementation EG with percentages of variation ($1.13\pm6.55\%$ vs. $56.73\pm22.14\%$) compared with CG.

The Wingate Test

Concerning the Wingate Test performances (Figure 4), ICC for both PP and MP showed

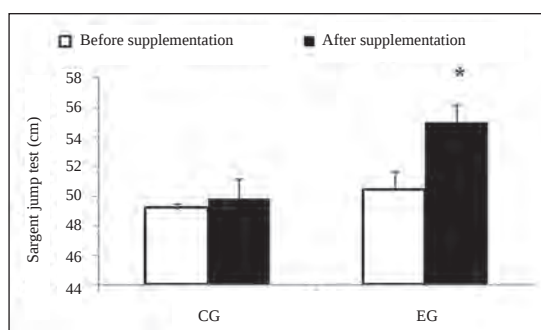


Figure 2.—Performance of Sargent Jump Test (mean $\pm$ SD) recorded before and after supplementation in the EG (N.=11) and CG (N.=11).

*Significant difference compared with supplementation ($P<0.05$).

Figura 2. — Prestazione nel test del salto di Sargent (media $\pm$ SD) registrata prima e dopo l'assunzione dell'integratore nei gruppi EG (N.=11) e CG (N.=11).

*Differenza significativa comparata con l'assunzione dell'integratore ($P<0,05$).

essa ($P<0,05$). Inoltre, questi valori risultavano significativamente più elevati in EG rispetto a CG dopo l'integrazione. Infatti, l'aumento in percentuale della potenza degli arti inferiori risultava significativamente maggiore ($P<0,05$) dopo l'assunzione dell'integratore in EG rispetto a CG ($9,1\pm2,6\%$ vs. $1,9\pm2,6\%$). Tuttavia, non sono state riscontrate differenze significative nel gruppo CG ($P>0,05$).

Sprint di dieci metri

Per la prestazione negli sprint (Figura 3), l'analisi statistica ha mostrato un significativo effetto di gruppo ($F=52,13$; $\eta_p^2=0,65$; $P<0,01$) e dell'integrazione ($F=40,95$; $\eta_p^2=0,75$; $P<0,01$). Inoltre, sono state osservate significative interazioni ($F=28,11$; $\eta_p^2=0,58$; $P<0,01$) tra questi due fattori (gruppi $\times$ condizioni).

L'analisi post-hoc ha rivelato che le prestazioni registrate dopo l'assunzione dell'integratore erano significativamente più scarse rispetto a quelle registrate prima di essa ($P<0,01$). Similmente, la prestazione, cioè il raggiungimento di un tempo minimo per coprire la distanza di 10 metri, è significativamente calata ($P<0,05$) con delle percentuali di variazione ($1,13\pm6,55\%$ vs. $56,73\pm22,14\%$) nel gruppo EG rispetto a quello CG.

Test di Wingate

Per quanto riguarda le prestazioni nel test di Wingate (Figura 4), l'ICC sia per PP che per MP ha

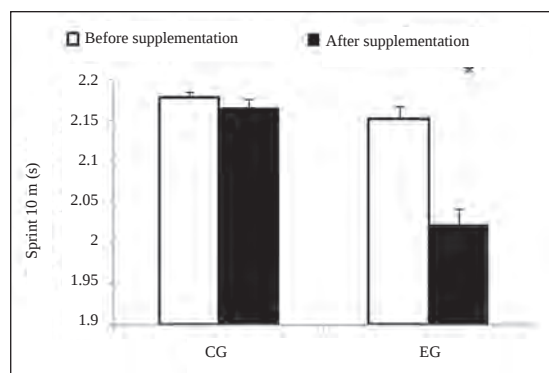


Figure 3.—Performance (mean $\pm$ SD) Sprint 10 m recorded before and after supplementation in the EG (N.=11) and CG (N.=11).

*Significant difference compared with supplementation ($P < 0.05$).

Figura 3. — Prestazione (media $\pm$ SD) nello sprint sui 10 m registrata prima e dopo l'assunzione dell'integratore nei gruppi EG (N.=11) e CG (N.=11).

*Differenza significativa comparata con l'assunzione dell'integratore ($P < 0,05$).

high reliability ($ICC=0.87$). For PP the ANOVA showed a significant ($F=31.18$; $\eta_p^2=0.76$; $P < 0.01$) group effect. There was also a significant supplementation effect ($F=20.22$; $\eta_p^2=0.66$; $P < 0.01$), group ($F=4.56$; $\eta_p^2=0.56$; $P < 0.05$). However, there was a no significant and group $\times$ condition interaction ($F=0.99$; $\eta_p^2=0.04$; $P > 0.05$). In the same way, for MP there was a significant group effect ($F=16.27$; $\eta_p^2=0.78$; $P < 0.01$), supplementation ($F=10.97$; $P < 0.01$). Likewise, significant interaction ($F=4.73$; $\eta_p^2=0.54$; $P < 0.01$) were observed between these two factors (groups $\times$ conditions). With regard to FI, the ANOVA showed a significant effect group ($F=11.28$; $\eta_p^2=0.68$; $P < 0.01$), supplementation effect ($F=4.50$; $\eta_p^2=0.53$; $P < 0.05$) and a non-significant interaction (group $\times$ condition) ($F=0.99$; $\eta_p^2=0.03$; $P > 0.05$) was observed.

The *post-hoc* Test revealed that, before supplementation, the two groups behaved similarly. PP ($P < 0.01$) and MP ($P < 0.01$) improved between before and after supplementation for EG. However, no significant difference was observed for CG.

RPE

RPE scores recorded before and after supplementation and at the end of the Wingate test are shown in Figure 5. The ANOVA showed a significant effect group ($F=8.88$; $\eta_p^2=0.57$; $P < 0.01$), supplementation effect ($F=4.67$; $\eta_p^2=0.61$;

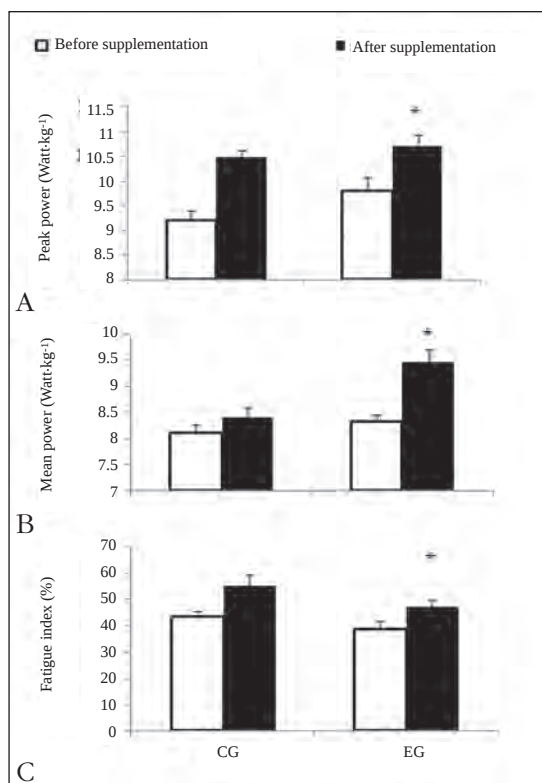


Figure 4.—Performances (mean and SD) on the peak (PP, A), mean Powers (MP, B) and Fatigue Index (C) (mean $\pm$ SD) recorded after the 30-sec Wingate Test, before and after supplementation in the EG (N.=11) and CG (N.=11).

*Significant difference compared with supplementation ($P < 0.05$).

Figura 4. — Prestazioni (media e SD) sul picco (PP, A), potenze medie (MP, B) e indice di affaticamento (C) (media $\pm$ SD) registrati dopo il test di Wingate di 30 secondi prima e dopo l'assunzione dell'integratore nei gruppi EG (N.=11) e CG (N.=11).

*Differenza significativa comparata con l'assunzione dell'integratore ($P < 0,05$).

mostrato un'elevata attendibilità ($ICC=0,87$). Per la PP, l'ANOVA ha evidenziato un significativo effetto di gruppo ($F=31,18$; $\eta_p^2=0,76$; $P < 0,01$). Inoltre, è stato osservato anche un significativo effetto dell'integrazione ($F=20,22$; $\eta_p^2=0,66$; $P < 0,01$) e di gruppo ($F=4,56$; $\eta_p^2=0,56$; $P < 0,05$). Tuttavia, non è stata riscontrata un'interazione significativa gruppo $\times$ condizione ($F=0,99$; $\eta_p^2=0,04$; $P > 0,05$). Allo stesso modo, per l'MP è stato rilevato un significativo effetto di gruppo ($F=16,27$; $\eta_p^2=0,78$; $P < 0,01$) e dell'integrazione ($F=10,97$; $P < 0,01$). Inoltre, sono state osservate interazioni significative ($F=4,73$; $\eta_p^2=0,54$; $P < 0,01$) tra questi due fattori (gruppi $\times$ condizioni). Per ciò che concerne l'FI, l'ANOVA ha mostrato un significativo effetto di

$P<0.05$) and a significant interaction between these 2 factors ($F=5.65$; $\eta_p^2=0.56$; $P<0.05$). The *post-hoc* analysis showed that the RPE scores recorded immediately after the Wingate test before supplementation do not have a significant effect between the groups during. However, the RPE scores of EG recorded following the Wingate test were significantly lower compared to the CG after *Opuntia ficus-indica* juice supplementation ($P<0.01$).

Discussion

Our results showed that following the DPPH• Test the *Opuntia ficus-indica* juice has an antioxidant capacity for capturing free radicals. Moreover, the supplementation leads to an enhancement on (PP), (MP) and (FI) ($P<0.01$) and the rating of perceived exertion (RPE). Furthermore, the SJT ($P<0.01$) and 10-meters sprint ($P<0.01$) performances were improved after *Opuntia ficus-indica* juice supplementation. Nevertheless, no significant effect on HR was observed after supplementation on *Opuntia ficus-indica* juice.

Our results showed a higher total phenolic presented in *Opuntia ficus-indica* juice (Table II). Indeed, the higher antioxidant profile of the red pears was correlated to the concentration of total phenolics. Consistent with previous studies, the evaluation of the antioxidant activity showed that the *Opuntia ficus-indica* juice studied contain substances which are able to inhibit the action of free radicals as DPPH•.¹⁷

Regarding the performance, our results show that supplementation with *Opuntia ficus-indica* juice enhance anaerobic effort after SJT, 10-meters sprint and Wingate Test. Our results are on lines with those of Camic *et al.*,³¹ who suggest that vertical jump and sprint performances were improved after creatine supplementation, which is considered as an antioxidant. Likewise, Roth-

grupo ($F=11,28$; $\eta_p^2=0,68$; $P<0,01$) e dell'integrazione ($F=4,50$; $\eta_p^2=0,53$; $P<0,05$) e un'interazione (gruppo $\times$ condizione) non significativa ($F=0,99$; $\eta_p^2=0,03$; $P>0,05$).

Il test post-hoc ha rivelato che, prima dell'assunzione dell'integratore, i due gruppi si comportavano in maniera simile. Nel gruppo EG, PP ($P<0,01$) e MP ($P<0,01$) sono migliorati tra prima e dopo l'integrazione. Tuttavia, non sono state notate differenze significative nel gruppo CG.

RPE

I punteggi RPE registrati prima e dopo l'integrazione e al termine del test di Wingate sono riportati nella Figura 5. L'ANOVA ha mostrato un significativo effetto di gruppo ($F=8,88$; $\eta_p^2=0,57$; $p<0,01$) e dell'integrazione ($F=4,67$; $\eta_p^2=0,61$; $P<0,05$), nonché una significativa interazione tra questi due fattori ($F=5,65$; $\eta_p^2=0,56$; $P<0,05$). L'analisi post-hoc ha rivelato che i punteggi RPE registrati immediatamente dopo il test di Wingate prima dell'assunzione dell'integratore non avevano un effetto significativo sui gruppi. Tuttavia, i punteggi RPE del gruppo EG annotati dopo il test di Wingate in seguito all'assunzione di succo di *Opuntia ficus-indica* ($P<0,01$) erano significativamente inferiori rispetto all'altro gruppo ($P<0,01$).

Discussione

I nostri risultati hanno mostrato che, in base al test DPPH•, il succo di *Opuntia ficus-indica* ha una capacità antiossidante per catturare i radicali liberi. Inoltre, l'assunzione dell'integratore conduce a un aumento di PP, MP e FI ($P<0,01$) e a un miglioramento sulla scala di percezione dello sforzo (RPE). Dopo l'integrazione con succo di *Opuntia ficus-indica* sono migliorate anche le prestazioni nell'SJT ($P<0,01$) e nello sprint di 10 metri ($P<0,01$). Ciò nonostante, non è stato riscontrato un effetto significativo sull'HR in seguito a tale integrazione.

TABLE II.—Nutritional Compose of *Opuntia-Ficus Indica* (100 g) (mean $\pm$ SD).
TABELLA II. — *Composizione nutrizionale del fico d'india* (100 g) (media $\pm$ SD).

Determination	Result	Method	Apparelling
Humidity (H)	90%	3 vov 77	refractometre
Protein (P)	2.67%		Method of kjeldahl
Fat (F)	0.06		extraction par soxlet
Carbohydrates (g)	7.27	Calculation	100-(H+CT+P+MG)
Energetic value (kcal)	40.38		4*(G+P)+9*(MG)
Caloric value (KJ)	169.03		VE*4186
Phenolics compounds (mgEAG/mg extract)	2.67 $\pm$ 0.02	Folin-Ciocalteu	Spectrometer

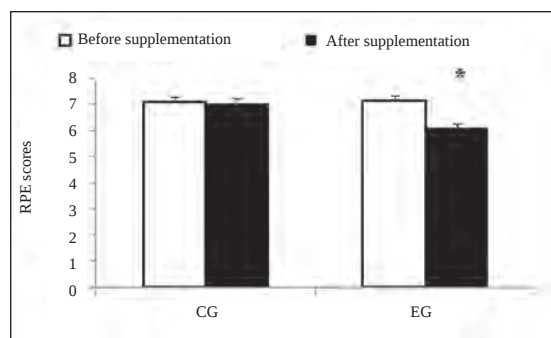


Figure 5.—RPE scores recorded before and after supplementation and at the end of the Wingate test.

*Significant difference compared with supplementation ($P < 0.05$).

Figura 5. — Punteggi RPE registrati prima e dopo l'integrazione e al termine del test di Wingate.

*Differenza significativa comparata con l'assunzione dell'integratore ($P < 0,05$).

well and Alkhatib,³² showed that Beetroot juice supplementation significantly increase Wingate outcomes (*i.e.* PP, MP, FI). However, Aedma *et al.*,³³ showed that that 5-day creatine supplementation has no impact on anaerobic performance. Similarly, Cutrufello *et al.*,³⁴ demonstrate that Watermelon supplementation, which is a natural product that contains high level of antioxidants, appears to be ineffective in improving anaerobic exercise performance. These divergences between the results in the studies described can also be mainly attributed to the different methodologies (*i.e.* duration, intensity and nature of the exercise), differences in gender, age, and subjects characteristics (athletes and non-athletes), and the type of the antioxidant supplemented.

Thus, the improvement of performance (*i.e.*, jump, sprint and powers) can be explained with the potent antioxidant effect of *Opuntia ficus indica* juice supplementation. In this context, Tesoriere *et al.*²¹ showed that two weeks of antioxidant supplementation can reduce oxidative stress of exercise and improved the redox balance. The study by Mastaloudis *et al.*³⁵ found that dietary antioxidant supplementation before exercise could enhance antioxidant status and reduce tissue damage from oxidative stress.

Regarding HR, our results indicate that the HR values recorded following the Wingate test are significantly higher than those at rest for the EG as well as CG. Concerning supplementation, our results showed that *Opuntia ficus indica* juice supplementation does not affect HR. These data disagree with those found by

I nostri risultati hanno evidenziato un maggior quantitativo totale di fenoli nel succo di *Opuntia ficus-indica* (Tabella II). Infatti, il maggiore profilo antiossidante della varietà rossa di *Opuntia ficus-indica* si correlava alla concentrazione di fenoli totali. In linea con i precedenti studi, la valutazione dell'attività antiossidante ha rivelato che il succo studiato conteneva sostanze in grado di inibire l'azione di radicali liberi come il DPPH•.¹⁷

Per quanto riguarda le prestazioni, i nostri dati mostrano che l'integrazione con succo di *Opuntia ficus-indica* migliorava lo sforzo anaerobico dopo SJT, sprint sui 10 metri e test di Wingate. I risultati sono conformi a quelli ottenuti da Camic *et al.*,³¹ secondo cui il salto verticale e le prestazioni negli sprint risultavano migliori dopo un'integrazione con creatinina, considerata un'antiossidante. Similmente, Rothwell and Alkhatib³² hanno riscontrato che il succo di barbabietola migliorava significativamente gli esiti del Test di Wingate (cioè, PP, MP, FI). Tuttavia, Aedma *et al.*³³ hanno osservato che un'integrazione di cinque giorni con creatinina non aveva alcun impatto sulla prestazione anaerobica. Similmente, Cutrufello *et al.*³⁴ hanno dimostrato che l'integrazione con cocomero, un prodotto naturale che contiene un elevato livello di antiossidanti, appariva inefficace nel miglioramento delle prestazioni nell'esercizio anaerobico. Queste divergenze tra i risultati negli studi descritti possono anche essere attribuite principalmente alle diverse metodologie (cioè durata, intensità e natura dell'esercizio), a differenze in età, sesso e caratteristiche dei soggetti (atleti e non atleti) e al tipo di antiossidante integrato.

Quindi, il miglioramento della prestazione (cioè, salto, sprint e potenze) può essere spiegato dal potente effetto antiossidante dell'integrazione con succo di *Opuntia ficus-indica*. In questo contesto, Tesoriere *et al.*²¹ hanno mostrato che due settimane di integrazione con un antiossidante possono ridurre lo stress ossidativo prodotto dall'esercizio fisico e migliorare l'equilibrio redox. Lo studio di Mastaloudis *et al.*³⁵ ha riscontrato che l'integrazione di antiossidanti nella dieta prima dell'esercizio fisico era in grado di migliorare lo stato antiossidante e ridurre il danno tissutale per stress ossidativo.

Per quanto concerne l'HR, i nostri risultati indicano che i valori registrati dopo il Test di Wingate erano significativamente più elevati di quelli a riposo sia per il gruppo EG che per quello CG. Riguardo all'integrazione, è emerso che l'integrazione con succo di *Opuntia ficus-indica* non ha influito sull'HR. I dati divergono rispetto a quelli ottenuti da Schmidt *et al.*,³⁶ che hanno registra-

Schmidt et al., (36), who recorded a decrease in HR (-9 beats/min) for elite athletes after taking an extract of *Opuntia ficus-indica* (5 g/kg body weight). Possible explanation is that the difference in the type of the exercise performed.³⁶

Several studies showed that exercise led a muscle damage and oxidative stress and they cannot maintain the redox balance especially in the most difficult periods of a sports season in mixed disciplines (aerobic, anaerobic). Consequently, athletes must increase the dietary content antioxidants in order to neutralize free radicals and attenuate the muscle oxidative stress generation and thus improve muscular performance and immune function.³⁷

Limitations of the study

This study has some limitations. The first, we did not carry out blood samples. It will be better that we make samples before and after exercise, and in the recovery period to know the impact of *Opuntia ficus-indica* juice supplementation on oxidative stress and muscle damage parameters. Future studies should focus upon markers of oxidative stress (*i.e.*, malondialdehyde [MDA], carbonylated protein, glutathione, total antioxidant status etc.). In addition, the ideal would be the addition of another groups; group who receive another antioxidant supplementation.

Conclusions

In conclusion, we conclude that 14 days of supplementation with *Opuntia ficus-indica* juice has a potent antioxidant and it have an impact on anaerobic exercise. Thus, it is necessary that athletes, coaches, and medical staff consider the positive effects of *Opuntia ficus-indica* on muscle damage induced by exercise made by antioxidants and phytochemicals present in this fruit.

References/Bibliografia

- 1) Abedelmalek S, Chtourou H, Souissi N, Tabka Z, Abedelmalek S. Caloric Restriction Effect on Proinflammatory Cytokines, Growth Hormone, and Steroid Hormone Concentrations during Exercise in Judokas. *Oxid Med Cell Longev* 2015;809492.
- 2) Al-Turk W, Al-Dujaili EA. Effect of age, gender and exercise on salivary Dehydroepiandrosterone circadian rhythm profile in human volunteers. *Steroids* 2016;106:19-25.
- 3) Abedelmalek S, Chtourou H, Souissi N, Tabka Z. Effect of time-of-day and racial

variation on short-term maximal performance. *Biol Rhythm Res* 2013;44:787-96.

- 4) Chtourou H, Aloui A, Hammouda O, Chaouachi A, Chamari K, Souissi N. The effect of time-of-day and judo match on short-term maximal performances judokas. *Biol Rhythm Res* 2012;DOI:10.1080/09291016.2012.756269.
- 5) Chtourou H, Hammouda O, Souissi H, Chamari K, Chaouachi A, Souissi N. The effect of Ramadan fasting on physical performances, mood state and perceived exertion in young footballers. *Asian J Sports Med* 2011;2:177-85.
- 6) Jówko E, Długolecka B, Makaruk B, Cieślński I. The effect of green tea ex-

to un calo dell'HR (-9 battiti/min) per gli atleti di élite dopo l'assunzione di un estratto di *Opuntia ficus-indica* (5 g/kg peso). Una possibile spiegazione risiede nella differenza del tipo di esercizio eseguito.³⁶

Diversi studi hanno rilevato che l'esercizio fisico conduceva a un danno muscolare e a stress ossidativo e che gli atleti non riuscivano a mantenere l'equilibrio redox nei periodi più difficili di una stagione sportiva in discipline miste (aerobiche, anaerobiche). Di conseguenza, gli atleti devono aumentare il consumo di antiossidanti all'interno della dieta per neutralizzare i radicali liberi e attenuare l'insorgenza di stress ossidativo, migliorando così la prestazione a livello muscolare e la funzione immunitaria.³⁷

Limiti dello studio

Questo studio presenta alcuni limiti. Il primo è che non abbiamo eseguito test sul sangue. Sarebbe stato meglio prelevare campioni di sangue prima e dopo l'esercizio e nella fase di recupero per conoscere l'impatto dell'integrazione con *Opuntia ficus-indica* sullo stress ossidativo e i parametri di danno muscolare. I futuri studi dovrebbero focalizzarsi sui marcatori dello stress ossidativo (cioè, malondialdeide [MDA], proteina carbonilata, glutathione, status antiossidante totale, ecc.). Inoltre, sarebbe ideale l'aggiunta di altri gruppi che ricevano un'altra integrazione con antiossidanti.

Conclusioni

Per terminare, concludiamo affermando che l'assunzione per 14 giorni di un integratore a base di succo di *Opuntia ficus-indica* ha un potente effetto antiossidante e influisce sull'attività anaerobica. Quindi, è necessario che atleti, allenatori e staff medico considerino gli effetti positivi del *Opuntia ficus-indica* sul danno muscolare prodotto dall'esercizio fisico grazie agli antiossidanti e ai fitochimici presenti in questo frutto.

tracts supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *Eur J Nutr* 2014;1-9.

- 7) El Abed K, Rebai H, Bloomer RJ, Trabelsi K, Masmoudi L, Zbidi A, et al. Antioxidant status and oxidative stress at rest and in response to acute exercise in judokas and sedentary men. *J Strength Cond Res* 2011;25:2400-9.
- 8) Wang CH, Wu SB, Wu YT, Wei YH. Oxidative stress response elicited by mitochondrial dysfunction: implication in the pathophysiology of aging. *Exp Biol Med* (Maywood), 2013;238:450-60.
- 9) Tesoriere L, Fazzari M, Angileri F, Gentile C, Livrea A. In vitro digestion of be-

talainic foods. Stability and bioaccessibility of betaxanthins and betacyanins and antioxidative potential of food digesta. *J Agric Food Chem* 2008;56:10487-92.

10) Hammouda O, Chtourou H, Chaouachi A, Chahed H, Zarrouk N, Miled A, *et al.* Biochemical responses to level-1 Yo-Yo intermittent recovery test in young Tunisian football players. *Asian J Sports Med* 2013;4:23.

11) Prahalathan P, Saravanakumar M, Raja B. The flavonoid morin restores blood pressure and lipid metabolism in DOCA-salt hypertensive rats. *Redox Rep* 2012;17:167-75.

12) Hammouda O, Chtourou H, Chaouachi A, Chahed H, Ferchichi S, Kallel C, *et al.* Effect of short-term maximal exercise on biochemical markers of muscle damage, total antioxidant status, and homocysteine levels in football players. *Asian J Sports Med* 2012;3:239.

13) Lamprecht M, Obermayer G, Steinbauer K, Cvirn, G, Hofmann L, Ledinski G, *et al.* Supplementation with a juice powder concentrate and exercise decrease oxidation and inflammation, and improve the microcirculation in obese women: randomised controlled trial data. *Brit J Nutr* 2013;110:1685-95.

14) Kasote DM, Katyare SS, Hegde MV, Bae H. Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications. *Int J Biol Sci* 2015;11:982.

15) Padilla-Camberos E, Flores-Fernandez M, Fernandez-Flores O, Gutierrez-Mercado Y, Carmona-de la Luz J, Sandoval-Salas F, *et al.* Hypcholesterolemic Effect and In Vitro Pancreatic Lipase Inhibitory Activity of an *Opuntia ficus-indica* Extract. *Biomed Res Int* 2015;837452.

16) Albano C, Negro C, Tommasi N, Gerardi C, Mita G, Miceli A, *et al.* Betalains, phenols and antioxidant capacity in Cactus Pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fruits from Apulia (South Italy) Genotypes. *Antioxidants* 2015;4:269-80.

17) Del Socorro Cruz-Cansino N, Ramírez-Moreno E, León-Rivera JE, Delgado-Olivares L, Alanís-García E, *et al.* Shelf life, physicochemical, microbiological

and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment. *Ultrason Sonochem* 2015;27:277-86.

18) Nikolaidis MG, Keksick CM, Lamprecht M, McNulty SR. Does vitamin C and E supplementation impair the favorable adaptations of regular exercise? *Oxid Med Cell Longev* 2012;707941.

19) Deldicque L, Van Proeyen K, Ramaekers M, Pischel I, Sievers H, Hespel P. Additive insulinogenic action of *Opuntia ficus-indica* cladode and fruit skin extract and leucine after exercise in healthy males. *J Int Soc Sports Nut* 2013;10:45.

20) Horne A, Ostberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol* 1976;2:97-110.

21) Tesoriere L, Butera D, Pintaudi A, Allegra M, Livrea M. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C. *Am J Clin Nutr* 2004;80:391-5.

22) Hatami K, Moradiani H, Azizbeigi K. The effect of taurine supplementation on exercise-induced cardiac fatigue following different intensity circuit resistance exercise in healthy untrained men. *Med Sport* 2016;69:49-57.

23) Pilaczynska-Szczesniak L, Skarpan-ska-Steinborn A, Deskur E, Basta P, Horoszkiewicz-Hassan M. The influence of chokeberry juice supplementation on the reduction of oxidative stress resulting from an incremental rowing ergometer exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2005;15:48-58.

24) Brand-Williams W, Cuvelier M, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol* 1995;28:25-30.

25) Tuberoso C, Kowalczyk A, Sarritzu E, Cabras P. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chem* 2007;103:1494-501.

26) De Salles P, Vasconcellos F, de Salles G, Fonseca R, Dantas E. Validity and reproducibility of the sargent jump test in the assessment of explosive strength in

soccer players. *J Hum Kinet* 2012;33:115-21.

27) Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, García-López J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *Int J Sports Med* 2006;27:533-9.

28) Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med* 1987;4:381-94.

29) Borg A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-81.

30) Impellizzeri M, Rampinini E, Coutts J, Sassi A, Marcora M. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1042-7.

31) Camic CL, Housh TJ, Zuniga JM, Traylor DA, Bergstrom HC, Schmidt RJ, *et al.* The effects of polyethylene glycosylated creatine supplementation on anaerobic performance measures and body composition. *J Strength Cond Res* 2014;28:825-33.

32) Rothwell S, Alkhatib A. PP15 effects of acute dietary nitrate supplementation on 30-second Wingate performance in healthy collegiate males. *Br J Sports Med* 2014;48(Suppl 3):A11-A11.

33) Aedma M, Timpmann S, Lätt E, Ööpik V. Short-term creatine supplementation has no impact on upper-body anaerobic power in trained wrestlers. *J Int Soc Sports Nut* 2015;12:1-9.

34) Cutrufello PT, Gadomski SJ, Zavorsky GS. The effect of l-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. *J Sports Sci* 2015;33:1459-66.

35) Mastaloudis A, Morrow JD, Hopkins DW, Devaraj S, Traber MG. Antioxidant supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, but not inflammation, in ultramarathon runners. *Free Radic Biol Med* 2006;15:36:1329-41.

36) Schmitt L, Fouillot JP, Nicolet G, Midol A. *Opuntia ficus indica* increases heart-rate variability in high-level athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:169-78.

37) Gomes EC, Silva AN, Oliveira MRD. Oxidants, antioxidants, and the beneficial roles of exercise-induced production of reactive species. *Oxid Med Cell Longev* 2012;756132.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Acknowledgements.—We would like to thank Pr. Maher Riahi (Group of preserved food industries, Tunisia) for his help in the realization of the DPPH • Test.

Manuscript accepted: October 12, 2017. - Manuscript received: June 28, 2016.

TRAUMATOLOGICAL AREA

Effect of platelet rich plasma on antioxidant status in healthy men postexercise-induced muscle damage

Effetto del plasma ricco di piastrine sullo status antiossidante, nel danno muscolare indotto dal post-esercizio, in uomini in salute

Zekine PUNDUK^{1*}, Sahver E. HISMIOGULLARI², Semiramis DOGAN³,
Gökhan MERIC⁴, Khalid RAHMAN⁵, Adnan A. HISMIOGULLARI³

¹Department of Physical Education and Sports, University of Balıkesir, Balıkesir, Turkey; ²Department of Pharmacology and Toxicology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Balıkesir, Balıkesir, Turkey; ³Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, University of Balıkesir, Balıkesir, Turkey; ⁴Department of Orthopedics and Traumatology, Medical Faculty, University of Balıkesir, Balıkesir, Turkey; ⁵Faculty of Science, School of Pharmacy and Biomolecular Sciences, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK

*Corresponding author: Zekine Punduk, Department of Physical Education and Sports, University of Balıkesir, PO 10145, Balıkesir, Turkey. E-mail: zkn1938@gmail.com

SUMMARY

BACKGROUND: Platelets rich plasma (PRP) is reported to facilitate muscle regeneration both *in vitro* and in animal studies. However, the impact of intramuscular delivery of PRP on antioxidant status has not been fully elucidated in exercise-induced muscle damage (EIMD). The purpose of this investigation was to determine the effects of intramuscular delivery of PRP on antioxidant level and the recovery in EIMD.

METHODS: Male volunteers were assigned to a control (control, N.=6) and PRP administration group (PRP, N.=6), they performed exercise with a load of 80% one repetition maximum (1RM) maximal voluntary contraction of the elbow flexors until the point of exhaustion of the non-dominant arm was reached. The arms were treated with saline or autologous PRP post-24h EIMD. Venous blood samples were obtained in the morning to establish a baseline value and 1-4 days postexercise were analyzed for plasma peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator-1 alpha (PGC-1 α), thioredoxin (TRX) and sirtuin-1 (SIRT-1) level.

RESULTS: The baseline levels of plasma PGC-1 α and SIRT-1 were different whilst TRX values were similar in both groups. However, 24 h following exercise a significant increase in the level of both of these was observed in both groups. Importantly, after PRP administration, the postexercise level of the PGC-1 α , TRX and SIRT-1 increased by a factor of 100% to 200% when compared to the control.

CONCLUSIONS: PRP up-regulated antioxidant levels postexercise and may have a role to play in protection against to delayed onset muscle soreness (DOMS).

(Cite this article as: Punduk Z, Hismiogullari SE, Dogan S, Meric G, Rahman K, Hismiogullari AA. Effect of platelet rich plasma on antioxidant status in healthy men postexercise-induced muscle damage. Med Sport 2017;70:551-62. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03072-1)

KEY WORDS: Platelet rich plasma - Antioxidant - Exercise - Muscles.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: È riconosciuto che il plasma ricco di piastrine (PRP) facilita la rigenerazione muscolare sia in vitro che in studi su animali. Comunque, l'impatto della ricezione intramuscolare di PRP sullo status antiossidante, nel danno muscolare indotto da esercizio (EIMD), non è stato ancora pienamente delucidato. Lo scopo di questa ricerca è stato quello di determinare gli effetti della ricezione intramuscolare di PRP a livello antiossidante e il recupero dall'EIMD.

METODI: Volontari di sesso maschile sono stati assegnati ad un gruppo controllo (controllo, N.=6) e ad un gruppo somministrazione di PRP (PRP, N.=6), hanno eseguito un esercizio con un carico dell'80% di one-repetition maximum (1RM), contrazione volontaria massima del flessore del gomito fino a che non si è raggiunto il punto di

*esaurimento del braccio non dominante. Le braccia sono state trattate con soluzione salina o PRP autologo dopo 24 ore dall'EIMD. Sono stati prelevati dei campioni di sangue venoso al mattino, per stabilire un valore di riferimento e 1-4 giorni dopo l'esercizio, sono stati analizzati per il livello del coattivatore 1-alpha del recettore gamma attivato dal proliferatore del perossisoma (PGC-1 α) plasmatico, per la tioredossina (TRX) e per la sirtuina-1 (SIRT-1).
RISULTATI: I livelli di riferimento di PGC-1 α e di SIRT-1 nel plasma sono stati differenti, mentre i valori di TRX sono stati simili in entrambi i gruppi. Comunque, 24 ore dopo l'esercizio, è stato osservato un aumento significativo dei livelli di entrambi, in entrambi i gruppi. Significativamente, dopo la somministrazione di PRP, il livello post-esercizio di PGC-1 α , TRX e SIRT-1 è aumentato di un fattore del 100%, fino al 200%, in confronto al controllo.
CONCLUSIONI: PRP sovra-regola i livelli di antiossidanti post-esercizio e potrebbe esercitare ruolo nella protezione contro l'indolenzimento muscolare a insorgenza ritardata (DOMS).*

PAROLE CHIAVE: Plasma ricco di piastrine - Antiossidante - Esercizio - Muscoli.

Various nutritional supplements have been investigated for accelerating recovery from exhaustive resistance exercise such as, carbohydrate ingestion,^{1, 2} protein^{3, 4} or anti-inflammatory/antioxidant supplementation.⁵⁻⁷ Several studies have indicated controversial results that antioxidant supplementation induces a positive effect,⁵ a negative effect⁶ or no effect⁷ on muscle performance and antioxidant parameters.

Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1 alpha (PGC-1 α) coordinates the activation of both nuclear and mitochondrial transcription factors and helps to regulate this adaptive response.⁸ Following acute bouts of exercise, PGC-1 α transcriptional activity is increased, resulting in elevated mRNA expression of both parameters and plays a role variety of mitochondrial genes.⁹ Sirtuin 1 (SIRT1) has been implicated in the control of PGC-1 α in skeletal muscle via deacetylation,¹⁰ and changes in SIRT1 content have also been implicated in the induction of mitochondrial biogenesis that accompanies exercise training.¹¹ The PGC-1 α expression is modulated by extracellular signals that control metabolism, differentiation, or cell growth. In addition, in some cases, PGC-1 α activity is regulated by post-translational modification by the energy sensors, such as SIRT-1 and AMP-activated protein kinase (AMPK). In addition, several studies have demonstrated greater increases in PGC-1 α mRNA expression following higher intensities of submaximal steady-state exercise in athletes,¹² young sedentary adults¹³ and patients with type II diabetes.¹⁴ SIRT1 gene expression is consistently observed to increase following an acute bout of exercise, while the response to SIRT1 protein content following exercise training is variable and has been observed to increase,^{6, 15} decrease¹⁶ or remain unchanged.¹⁷ It has been suggested that factors which are responsible for controlling SIRT1 expression are activated by intensity-independent stress (e.g.,

Sono stati esaminati vari integratori alimentari in grado di accelerare il recupero dall'esercizio di resistenza a esaurimento, come l'integrazione di carboidrati,^{1, 2} proteine^{3, 4} o anti-infiammatorio/antiossidante.⁵⁻⁷ Diversi studi hanno indicato risultati controversi sull'effetto positivo,⁵ negativo⁶ o sull'assenza di effetto,⁷ indotti dall'integrazione di antiossidante sulla prestazione del muscolo e sui parametri antiossidativi.

Il coattivatore 1-alpha del recettore gamma attivato dal proliferatore del perossisoma (PGC-1 α) coordina l'attivazione dei fattori di trascrizione sia nucleari che mitocondriali e aiuta a regolare questa risposta adattativa.⁸ In seguito a scatti intensi di esercizio, l'attività di PGC-1 α è incrementata, causando l'espressione elevata di mRNA di entrambi i parametri e giocando un ruolo su una serie di geni mitocondriali.⁹ La sirtuina 1 (SIRT1) è stata implicata nel controllo del PGC-1 α nel muscolo scheletrico mediante deacetilazione,¹⁰ e le modifiche nel contenuto di SIRT1 sono state implicate nell'induzione della biogenesi mitocondriale che accompagna l'allenamento.¹¹ L'espressione di PGC-1 α è modulata da segnali extracellulari che controllano il metabolismo, la differenziazione o la crescita cellulare. Inoltre, in alcuni casi, l'attività di PGC-1 α è regolata da modifiche post-traduzionali dai sensori di energia, come SIRT-1 e la protein chinasi attivata da AMP (AMPK). Inoltre, molti studi hanno dimostrato aumenti maggiori nell'espressione di mRNA di PGC-1 α , che segue intensità maggiori di esercizio submassimale stazionario negli atleti,¹² in giovani adulti sedentari¹³ e in pazienti con diabete di tipo II.¹⁴ È osservato un aumento consistente dell'espressione del gene SIRT-1, in seguito ad uno scatto intenso di esercizio, mentre la risposta al contenuto di proteina SIRT1 in seguito ad allenamento è variabile ed è stata vista aumentare,^{6, 15} diminuire¹⁶ o rimanere invariata.¹⁷ È stato suggerito che i fattori responsabili per il controllo dell'espressione di SIRT1 siano attivati dallo stress intensità-indipendente (come lo stiramento meccanico) e contribuiscono agli incrementi osservati dell'espressione di SIRT1.¹⁸

mechanical stretch) and contribute to the increases observed in SIRT1 expression.¹⁸

Moreover, thioredoxin (TRX) is an antioxidant and is reported to be an oxidative stress marker, with its levels increasing in relation to hydrogen peroxide, ultraviolet irradiation, and inflammation.¹⁹ Elevated plasma TRX concentrations suggest not only an elevated level of oxidative stress, but also enhancement of the antioxidative system through the activation of TRX gene expression.²⁰ Very few studies have addressed that TRX contributes to antioxidant defense against oxidative stress induced by acute exercise of variable intensity and duration. One of the studies which was conducted by Sumida *et al.*,²¹ 30 min swimming exercise induced TRX protein 12 and 24 h postexercise in mouse peripheral blood mononuclear cells. In addition, plasma TRX concentrations increased continuously during an ultra-marathon race.²² Furthermore, 8 week exercise training increased TRX1 protein and mRNA level in rat brain, whereas diabetes inhibits the effect of training on TRX1 protein.²³

In vitro and animal studies have shown that PRP plays an important role in tissue regeneration, and is rich in growth factors and other cytokines. It induces a positive influence on the migration and proliferation of a number of cell types.²⁴ Pilot clinical studies indicate that PRP therapies may enhance muscle repair or contusion by modulated growth factors to enhance myogenesis, especially in the early stages of inflammation.²⁵ We have previously shown that postexercise PRP administration improves platelet-derived growth factor (PDGF-BB), vascular endothelial growth factor (VEGF), inhibiting growth hormone (GH) and serum insulin-like growth factor (IGF-1) and insulin-like growth factor-binding protein 3 (IGFBP-3) levels postexercise.²⁶ Furthermore, we investigated the myotoxicity effects of the intramuscular PRP injection²⁷ in the postexercise because, conflicting evidence regarding the myotoxicity of intramuscular PRP injections has reported in the literature. Besides histological changes, the local plasma CK concentration is the most commonly used valid marker for skeletal muscle myotoxicity,²⁸ as well as TNF α and NF κ B pathways resulting in joint inflammation and postinjection pain.²⁹ In regards to this observation, only Hudgen's study showed that PRP induces an inflammatory response in tendon fibroblasts by increasing the levels of TNF α and NF κ B, which leads to the formation of ROS and the activation of oxidative stress pathways in rats. Evidently, in a previous

*Inoltre, la tioredossina (TRX) è un antiossidante ed è descritta come un marker dello stress ossidativo, i cui livelli aumentano in relazione al perossido di idrogeno, alle radiazioni ultraviolette e all'infiammazione.¹⁹ Le elevate concentrazioni nel plasma di TRX suggeriscono non solo un livello elevato di stress ossidativo, ma anche un intensificarsi del sistema antiossidativo, tramite l'attivazione dell'espressione del gene di TRX.²⁰ Pochissimi studi hanno spiegato il contributo di TRX alla difesa antiossidante contro lo stress ossidativo, indotto da esercizio intenso di intensità e durata variabile. In uno degli studi che è stato portato avanti da Sumida *et al.*,²¹ 30 min di nuoto hanno indotto la proteina TRX, 12 e 24 ore post-esercizio, nelle cellule mononucleate del sangue periferico dei topi. Inoltre, le concentrazioni plasmatiche di TRX sono aumentate continuamente durante una corsa di ultra-maratona.²² Inoltre, 8 settimane di allenamento hanno aumentato il livello della proteina e dell'mRNA di TRX1 nel cervello di ratto, mentre il diabete inibisce l'effetto dell'allenamento sulla proteina TRX1.²³*

Studi in vitro e su animali hanno indicato che PRP gioca un ruolo importante nella rigenerazione tissutale ed è ricco di fattori di crescita e altre citochine. Esso induce un effetto positivo sulla migrazione e la proliferazione di alcuni tipi cellulari.²⁴

Studi clinici pilota indicano che le terapie a base di PRP possono migliorare la riparazione muscolare o la contusione, per mezzo di fattori di crescita modulati, aumentando la miogenesi, specialmente nelle fasi precoci dell'infiammazione.²⁵

Abbiamo precedentemente descritto come la somministrazione di PRP post-esercizio migliori i livelli post-esercizio del fattore di crescita piastrino-derivato (PDGF-BB) e del fattore di crescita dell'endotelio vascolare (VEGF), inibendo i livelli di ormone della crescita (GH), del fattore di crescita insulino-simile sierico (IGF-1) e della proteina-3 legante il fattore di crescita insulino-simile (IGFBP-3).²⁶ Inoltre, abbiamo analizzato l'effetto miotossico dell'iniezione intramuscolare di PRP²⁷ nel post-esercizio poiché è stata riportata in letteratura un'evidenza conflittuale riguardo la miotossicità dell'iniezione intramuscolare di PRP. A parte le modifiche istologiche, la concentrazione locale di creatin chinasi (CK) plasmatica è il marker valido più comunemente usato, per la miotossicità del muscolo scheletrico,²⁸ la stessa cosa vale le vie di TNF α e di NF κ B, che provocano l'infiammazione articolare e il dolore post-iniezione.²⁹ Rispetto a questa osservazione, solo lo studio di Hudgen ha mostrato che PRP indu-

study the results suggest that intramuscular PRP injection had no effect on CK levels, indicating that it is not myotoxic and intramuscular injection was safe as reported in this study.²⁷

It has been reported that PRP during the last few years has been widely using as a potential alternative treatment in sports-related skeletal muscle fiber injuries.³⁰ Skeletal muscle damage may also result from intense, unaccustomed, extreme (ultra-endurance sports such as marathon running, ultra-trail running, triathlon, etc.) or eccentric type of exercises.³¹ This event is called as an exercise-induced muscle damage (EIMD) and leads to the onset of an inflammatory responses associated with increase leukocytes, muscle edema, deterioration of muscle function, delayed-onset of muscle soreness (DOMS) and elevated muscle damage proteins.³² Since, athletes have a heavy training schedule and recovery time plays a crucial role in their performance. Hence, athletes are using dietary supplements, protein supplementation, antioxidant or other therapies in EIMD to obtain a reduction in the inflammatory response and improve muscle regeneration process.³³ However, not all supplements have been proven to be effective,³⁴ and further research is needed to identify foods and supplements that are effective in either preventing EIMD or speeding up the recovery process. Despite clinical successes with the use of intramuscular PRP treatment there is still a lack of knowledge on the biological mechanism underlying the activity of platelet-rich plasma during the process of muscle recovery in EIMD. However, to the best of our knowledge, there is no study which has dealt with the effect of intramuscular PRP on antioxidant level in blood. Therefore, the aim of this study was to investigate the acute effects of the intramuscular PRP administration on TRX, SIRT-1 and PGC-1 α in the postexercise period.

Materials and methods

Study participants

Twelve moderately active male volunteers participated in this randomized double-blind placebo-controlled trial to verify the effects of the intramuscular PRP administration on hematologic and growth factors on muscle recovery after an eccentric/concentric exercise. Subjects were randomly divided into two groups: PRP (N.=6, mean age 23 $\pm$ 3 years, males weight

*ce una risposta infiammatoria nei fibroblasti del tendine, mediante l'aumento dei livelli di TNF α e di NF κ B, il quale porta alla formazione di ROS e all'attivazione della via dello stress ossidativo nei ratti. In modo evidente, in uno studio precedente, i risultati suggeriscono che l'iniezione intramuscolare di PRP non abbia effetto sui livelli di CK, indicando che non è miotossica e che l'iniezione intramuscolare era sicura, come riportato in questo studio.*²⁷

È stato riportato che PRP, durante gli ultimi anni, è stato usato ampiamente come potenziale alternativa al trattamento delle lesioni della fibra muscolo-scheletrica, dovute allo sport.³⁰ Il danno del muscolo scheletrico può essere causato dall'esercizio di tipo intenso, non abituale, estremo (sport di resistenza estrema come la maratona, corsa ultra-trail, triathlon, ecc.) o eccentrico.³¹

Questo evento è chiamato danno muscolare indotto da esercizio (EIMD) e porta all'insorgenza di una risposta infiammatoria, associata all'aumento di leucociti, edema muscolare, deterioramento della funzione muscolare, insorgenza ritardata d'indolenzimento muscolare (DOMS) e proteine elevate del danno muscolare.³² Per questo, per gli atleti che hanno un piano di allenamento pesante, il tempo di recupero gioca un ruolo cruciale nella loro prestazione. Pertanto gli atleti usano integratori alimentari, integrazioni proteiche, antiossidanti e altre terapie in EIMD, per ottenere la riduzione della risposta infiammatoria e per migliorare il processo di rigenerazione muscolare.³³ Comunque, non tutte le integrazioni si sono dimostrate efficaci nel prevenire EIMD o nell'accelerare il processo di recupero. Nonostante il successo clinico dell'utilizzo del trattamento intramuscolare di PRP, vi sono ancora conoscenze insufficienti riguardo ai meccanismi biologici che sottintendono all'attività del plasma ricco di piastrine, durante il processo di recupero del muscolo in EIMD. Comunque, al meglio delle nostre conoscenze, non vi è alcuno studio che si è occupato dell'effetto intramuscolare di PRP sul livello di antiossidante nel sangue. Quindi, lo scopo di questo studio è stato l'investigazione degli effetti acuti della somministrazione intramuscolare di PRP, su TRX, SIRT-1 e PGC-1 α , nel periodo post-esercizio.

Materiali e metodi

Partecipanti allo studio

Dodici partecipanti di sesso maschile, moderatamente attivi, hanno partecipato a questo studio clinico in doppio cieco, placebo-controllato,

94±6.9 kg, height 183.6±3.2 cm) and control (N.=6, mean age 22±2 years, body weight 86±7.8 kg, height 177.6±8.7 cm), and they had not been involved in any regular weight-training program and had no history of injury to the arm, shoulder, and elbow region. The nature and the risks of the experimental procedures were explained to the subjects, and signed informed consent to participate in the study was obtained. Before the test session, participants were examined and checked by the use of routine blood analysis by a medically qualified practitioner. Ethical approval was obtained from The Balikesir University Medical Faculty Ethics Committee (2013/14) and each participant gave written informed consent prior to the study.

Muscle damage exercise protocol

The exercise-induced muscle damage test was performed as described previously Punduk *et al.*²⁶ In this study we used the eccentric model exercise for muscle damage and followed the effect of the PRP on muscle recovery phase. The subjects were seated on a dumbbell bench with their arm positioned in front of their body and rested on a padded support, such their shoulder was secured at a flexion angle of 0.79 rad (45°) and their forearm was maintained in the supinated position throughout the exercise. Subjects were repeatedly weight-loaded up on dumbbell lowering to achieve an 80% of maximum voluntary contraction (MVC), 2-min rest between the sets of elbow extension from the flexed position at 90° to fully extended position slowly over 5 s, until exhaustion was experienced. The control group performed a mean average number of repetitions and number of set (47±6 and 13±3) respectively whilst the PRP group performed a mean average number of repetitions and number of set (44±3 and 12±2) respectively. In addition, CK values were used as an indicator marker of the EIMD (PRP: baseline 76.8±5.5, postexercise day 1 [310±20.7]; control: baseline [80.4±6.6], postexercise day 1 [306±35.7]). The subjects were also given verbal encouragement by the investigator to maintain constant speed throughout the procedure. They were instructed to continue their normal activities and to abstain from any strenuous exercise at least 2 weeks prior to the commencement of the study. Moreover, they were asked to continue their usual food intake, not to change the amount or frequency of dietary meat and not to use any dietary supplements, anti-inflammatory drugs, or

per verificare gli effetti della somministrazione intramuscolare di PRP sui fattori ematologici e di crescita, sul recupero muscolare dopo esercizio eccentrico/concentrico. I soggetti sono stati divisi casualmente in due gruppi: PRP (N.=6, età media 23±3 anni, peso 94±6.9 kg, altezza 183.6±3.2 cm) e gruppo di controllo (N.=6, età media 22±2 anni, peso 86±7.8 kg, altezza 177.6±8.7 cm); non erano mai stati coinvolti in un programma di allenamento pesistico e non avevano mai riportato una lesione al braccio, alla spalla e nella regione del gomito. La natura e i rischi delle procedure sperimentali sono stati spiegati ai soggetti ed è stato ottenuto un consenso informato firmato, per partecipare allo studio. Prima della sessione di test, i partecipanti sono stati esaminati e controllati mediante analisi del sangue di routine, da medici qualificati. È stata ottenuta l'approvazione dal comitato etico della facoltà di medicina dell'università di Balikesir (2013/14) e ogni partecipante ha consegnato un consenso informato scritto prima dello studio.

Protocollo di esercizio di danno muscolare

Il test di danno muscolare indotto da esercizio è stato eseguito come descritto precedentemente da Punduk et al.²⁶ In questo studio abbiamo usato l'esercizio a modello eccentrico per il danno muscolare e abbiamo seguito l'effetto di PRP sulla fase di recupero del muscolo. I soggetti si sono seduti su di una panca con manubrio, con il braccio posto di fronte al corpo e in posizione a riposo su di un supporto imbottito, in modo da assicurare alla spalla un angolo di flessione di 0.79 rad (45°), con l'avambraccio mantenuto in posizione supina per tutto l'esercizio.

I soggetti sono stati caricati ripetutamente di peso mentre abbassavano il manubrio, fino ad ottenere un 80% della contrazione volontaria massima (MVC), con 2 minuti di riposo fra le serie di estensione del gomito, a partire dalla posizione flessa a 90°, fino a raggiungere la posizione pienamente estesa, lentamente, per 5 secondi, fino ad esaurimento. Il gruppo di controllo ha eseguito un numero medio di ripetizioni e di serie (47±6 e 13±3) rispettivamente, mentre il gruppo PRP ha eseguito un numero medio di ripetizioni e di serie (44±3 e 12±2), rispettivamente. Inoltre, i valori di CK sono stati usati come marker indicatore di EIMD (PRP: riferimento [76.8±5.5], giorno 1 post-esercizio [310±20.7]; gruppo di controllo: riferimento [80.4±6.6], giorno 1 post-esercizio [306±35.7]).

Ai soggetti è stato fornito incoraggiamento verbale da parte del ricercatore, per mantenere

anything else that could affect muscle soreness and damage until the end of the study.

Platelet-rich plasma and placebo

Each participant was assigned to either receive a control (saline) injection or PRP injection in the non-dominant arms with post-24 h DOMS exercise based on computerized randomization. PRP was prepared as described previously by Punduk *et al.*²⁶ Blood sample was taken from the dominant arm (8 mL) for PRP administration. The blood samples were then centrifuged for 9 min at 850 g (H-19F, RegenCentrigel, Regen ACR-C; Regen Lab, Switzerland) according to manufacturer's recommendation. Subsequently, 4 mL of PRP or saline was obtained and this plasma injected using a 20-gauge needle into the pain full region of the non-dominant arm under sterile aseptic conditions. This kit produces 4 mL of PRP from 8 mL citrated blood. White blood cells and platelets comprise 1% of the centrifuged blood therefore this kit provided a final platelet concentration approximately 2 fold over whole blood platelet concentration. Platelet recovery is reported to be >95% and aleukocyte recovery of 58%. Venous blood samples were collected pre-, and 4 days postexercise, and analyzed for in TRX, SIRT-1 and PGC-1 α .

Biochemical analysis

Serum was separated by centrifuging at 825 g for 10 min and stored at -80 °C for analyses of TRX, SIRT-1 and PGC-1 α . Serum levels of these parameters were determined by enzyme-linked immuno-sorbent assay (ELISA) using commercially available kits (Shanghai Yehua Biotechnology Company) on a diagnostic instrument (Thermo Scientific - Varioskan Flash Multimode Reader, Finland).

Statistical analysis

All calculations were performed using SPSS software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The values of TRX, SIRT-1 and (PGC-1 α) level were presented as raw values as area under the curve (AUC) during the experimental period. The AUC was calculated as the sum of four or five trapezoid areas separated by each supplement time point. Two-way mixed model analyses of variance (2 groups X 5 times) by repeated measures were used. Differences in continuous variables

la velocità costante per tutta la procedura. Sono stati istruiti a continuare la loro normale attività e ad astenersi da esercizio intenso per almeno due settimane prima dell'inizio dello studio. Inoltre, è stato loro chiesto di continuare con la loro dieta consueta, di non modificare la quantità o la frequenza del consumo di carne e di non usare alcun integratore alimentare, farmaci anti-infiammatori o qualsiasi altra cosa che potesse agire sull'indolenzimento o sul danno muscolare, fino alla fine dello studio.

Plasma ricco di piastrine e placebo

A ogni partecipante è stato assegnata la ricezione di un'iniezione controllo (soluzione salina) o di un'iniezione di PRP nelle braccia non-dominanti con DOMS post 24 ore, basato sull'esercizio, mediante randomizzazione computerizzata. PRP è stato preparato come descritto precedentemente da Punduk et al.²⁶ Il campione di sangue è stato prelevato dal braccio dominante (8 ml) per la somministrazione di PRP. I campioni di sangue sono stati centrifugati per 9 minuti a 850 g (H-19F, RegenCentrigel, Regen ACR-C; Regen Lab, Svizzera) secondo le raccomandazioni del produttore. In seguito, sono stati preparati 4 ml di PRP o soluzione salina, e il plasma in questione è stato iniettato usando un ago da 20 gauge, nella regione dolorosa del braccio non dominante, in condizioni sterili asettiche. Questo kit produce 4 ml di PRP da 8 ml di sangue citrato. I leucociti e le piastrine rappresentano l'1% del sangue centrifugato, per cui questo kit ha fornito una concentrazione finale di piastrine approssimativamente due volte superiore rispetto alla concentrazione di piastrine nel sangue intero. È riportato un recupero di piastrine >95% e il recupero di leucociti è del 58%. I campioni di sangue venoso sono stati prelevati pre-, 4 giorni post-esercizio e analizzati in TRX, SIRT-1 e PGC-1 α .

Analisi biochimica

Il siero è stato separato mediante centrifugazione a 825 g per 10 min e conservato a -80 °C per l'analisi di TRX, SIRT-1 e PGC-1 α . I livelli sierici di questi parametri sono stati determinati mediante saggio di immuno-assorbimento enzimatico (ELISA), usando kit disponibili in commercio (Shanghai Yehua Biotechnology Company) su di uno strumento diagnostico (Thermo Scientific - Varioskan Flash Multimode Reader, Finlandia).

between groups were assessed using independent *t*-test. Data is expressed as mean $\pm$ SD and the level of significance was set at $P<0.05$.

Results

There was no significant difference in body weight, height, age and exercise performance between the PRP and control group ($P>0.05$). The baseline values for serum PGC-1 α and SIRT-1 were different between the control and the PRP administered group ($P<0.05$, Figures 1-3) whereas, TRX baseline values were similar in both groups (Figure 2). However, 24 h postexercise a significant increase in the level of the PGC-1 α , SIRT-1 and TRX from day 1 to day 4 postexercise in both groups during the recovery period was observed compared to baseline value ($P=0.001$, Figures 1-3). PRP administration up-regulated levels of the PGC-1 α and SIRT-1 on the second, third and fourth day during the recovery period when compared to the control group ($P=0.001$, Figures 1-3). However, PRP administration did affect the postexercise level of the PGC-1 α , TRX and SIRT-1 levels as these were found to increase by a factor of 100 to 200% when compared to the control values.

Analisi statistica

Tutti i calcoli sono stati eseguiti usando il software SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). I valori dei livelli di TRX, SIRT-1 e (PGC-1 α) sono stati presentati come dati grezzi, come area sottesa alla curva (AUC) durante il periodo sperimentale. La AUC è stata calcolata come somma di quattro delle cinque aree trapezoidali, separate da ciascun punto temporale di somministrazione dell'integratore. È stato usato un modello misto a due vie di analisi della varianza (2 gruppi $\times$ 5 volte), mediante misurazioni ripetute. Le differenze delle variabili continue fra i gruppi sono state determinate usando il *t*-test indipendente. I dati sono stati espressi come media $\pm$ SD e il livello di significatività è stato fissato a $P<0.05$.

Risultati

Non è stata rilevata differenza significativa nel peso corporeo, nell'altezza, nell'età e nell'esecuzione dell'esercizio fra gruppo PRP e di controllo ($P>0.05$). I valori di riferimento per PGC-1 α e SIRT-1 sierici sono stati differenti fra il gruppo di controllo e somministrazione di PRP ($P<0.05$, Figure 1-3), mentre, i valori di riferimento di TRX

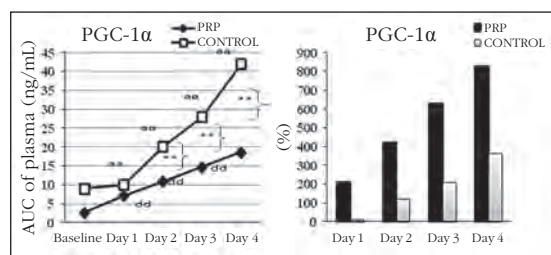


Figure 1.—Effect of PRP on AUC plasma of PGC-1 α level in men postexercise-induced muscle damage.

AUC plasma of PGC-1 α (A) was calculated at baseline and on days 1, 2, 3 and 4 postexercise (mean $\pm$ SD). ^{aa} $P<0.001$, ^{dd} $P<0.001$, compared with baseline analyzed by repeated measures by ANOVA. $*P<0.05$, significant differences between control and PRP, analyzed by independent-samples *t*-test. Percentage change (%), B) were calculated according to baseline levels on days 1, 2, 3 and 4 postexercise in control and PRP group.

Figura 1.—Effetto di PRP sulla AUC plasmatica del livello di PGC-1 α nel danno muscolare indotto dal post-esercizio negli uomini.

La AUC plasmatica di PGC-1 α (A) è stata calcolata al riferimento e nei giorni 1, 2, 3 e 4 post-esercizio (media $\pm$ SD). ^{aa} $P<0.001$, ^{dd} $P<0.001$, in confronto con il riferimento, analizzato mediante misure ripetute tramite ANOVA. $*P<0.05$, differenze significative tra controllo e PRP, analizzate con il *t*-test per campioni indipendenti. La modifica percentuale (%), B) è stata calcolata secondo i livelli di riferimento nei giorni 1, 2, 3 e 4 post-esercizio, nel gruppo di controllo e PRP.

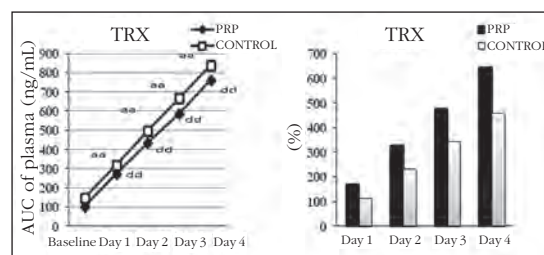


Figure 2.—Effect of PRP on AUC plasma of TRX level in men postexercise-induced muscle damage.

AUC plasma of TRX (A) was calculated at baseline and on days 1, 2, 3 and 4 postexercise (mean $\pm$ SD). ^{aa} $P<0.001$, ^{dd} $P<0.001$, compared with baseline analyzed by repeated measures by ANOVA. No significant differences between control and PRP, analyzed by independent-samples *t*-test, $*P<0.05$. Percentage change (%), B) were calculated according to baseline levels on days 1, 2, 3 and 4 postexercise in control and PRP group.

Figura 2.—Effetto di PRP sulla AUC plasmatica del livello di TRX nel danno muscolare indotto dal post-esercizio negli uomini.

La AUC plasmatica di TRX (A) è stata calcolata al riferimento e nei giorni 1, 2, 3 e 4 post-esercizio (media $\pm$ SD). ^{aa} $P<0.001$, ^{dd} $P<0.001$, in confronto con il riferimento, analizzati mediante misure ripetute tramite ANOVA. Non vi sono state differenze significative fra controllo e PRP, analizzate con il *t*-test per campioni indipendenti, $*P<0.05$. La modifica percentuale (%), B) è stata calcolata secondo i livelli di riferimento nei giorni 1, 2, 3 e 4 post-esercizio, nel gruppo di controllo e PRP.

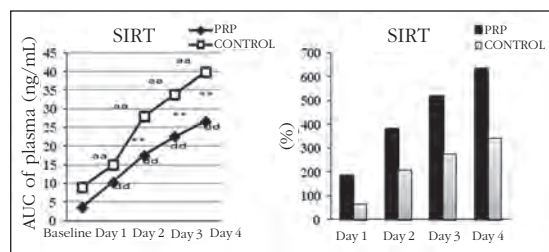


Figure 3.—Effect of PRP on AUC plasma of SIRT level in men postexercise-induced muscle damage.

AUC plasma of SIRT (A) was calculated at baseline and on days 1, 2, 3 and 4 postexercise (mean±SD). ^{aa} $P<0.001$, ^{dd} $P<0.001$, compared with baseline analyzed by repeated measus by ANOVA. ^{**} $P<0.001$, significant differences between control and PRP, analyzed by independent-samples *t*-test. Percentage change (%), B) were calculated according to baseline levels on days 1, 2, 3 and 4 postexercise in control and PRP group. Figura 3.— Effetto di PRP sulla AUC plasmatica del livello di SIRT nel danno muscolare indotto dal post-esercizio negli uomini.

La AUC plasmatica di SIRT (A) è stata calcolata al riferimento e nei giorni 1, 2, 3 e 4 post-esercizio (media±SD). ^{aa} $P<0.001$, ^{dd} $P<0.001$, in confronto con il riferimento, analizzati mediante misure ripetute tramite ANOVA. ^{**} $P<0.001$, differenze significative tra controllo e PRP, analizzate con il *t*-test per campioni indipendenti. La modifica percentuale (%), B) è stata calcolata secondo i livelli di riferimento nei giorni 1, 2, 3 e 4 post-esercizio, nel gruppo di controllo e PRP.

Discussion

In this study, we report the effect of a single dose of intra-muscular platelet-rich plasma on PGC-1 α , TRX and SIRT-1 in exercise-induced muscle damage in a pilot study involving six subjects. The results show that PRP administration resulted in improved antioxidant status such that PGC-1 α , SIRT and TRX level in blood were elevated during the muscle recovery period. Inflammatory conditions have been essentially treated by the use of non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) although, they are ineffective in reducing muscle pain and do not increase muscle performance during DOMS.³⁵

Administration of antioxidant supplementation caused a recovery in the cellular structures induced by resistance training and helps maintain muscular performance.³⁶ In contrast, a number of studies have shown that treatment with antioxidant supplementations does not lead to an increase in markers of antioxidant level or muscle damage of recovery.³⁷ Platelet-rich therapy is an alternative to conventional treatment due to its potential in accelerating muscle healing and reducing a player's injury time. To

sono stati simili in entrambi i gruppi (Figura 2). Comunque, 24 ore post-esercizio, è stato osservato un aumento significativo nei livelli di PGC-1 α , SIRT-1 e TRX, dal giorno 1 al giorno 4 post-esercizio in entrambi i gruppi, dopo il periodo di recupero, in confronto ai valori di riferimento ($P=0.001$, Figure 1-3). La somministrazione di PRP ha sovra-regolato i livelli di PGC-1 α e SIRT-1 nel secondo, terzo e quarto giorno, durante la fase di recupero, in confronto al gruppo di controllo ($P=0.001$, Figure 1-3). Comunque, la somministrazione di PRP ha influenzato i livelli post esercizio di PGC-1 α , TRX e SIRT-1, poiché è stato rilevato un loro aumento di un fattore dal 100%, fino al 200%, in confronto ai valori del controllo.

Discussione

In questo studio, abbiamo riportato l'effetto di una dose singola di plasma arricchito di piastrine intra-muscolare su PGC-1 α , TRX e SIRT-1, nel danno muscolare indotto da esercizio, in uno studio pilota che ha coinvolto sei soggetti. I risultati mostrano che la somministrazione di PRP ha causato uno status antiossidante migliore, tale che i livelli PGC-1 α , TRX e SIRT-1 nel sangue sono aumentati durante il periodo di recupero muscolare. Le condizioni infiammatorie sono state trattate essenzialmente mediante l'uso di farmaci anti-infiammatori non steroidei (FANS), sebbene questi siano inefficaci nel ridurre il dolore muscolare e non aumentino la prestazione muscolare durante DOMS.³⁵

La somministrazione dell'integratore antiossidante ha causato un recupero nelle strutture cellulari, indotte dall'esercizio di resistenza e ha aiutato a mantenere la prestazione muscolare.³⁶ Al contrario, alcuni studi hanno indicato che il trattamento con integratore antiossidante non porta ad un aumento dei marker del livello antiossidante o del recupero dal danno muscolare.³⁷ La terapia piastrino-ricca è un'alternativa al trattamento convenzionale, grazie al suo potenziale di accelerazione della guarigione muscolare e di riduzione del tempo di lesione di uno sportivo. Al meglio delle nostre conoscenze, questo studio è il primo che esamina gli effetti della somministrazione intramuscolare di PRP sul danno muscolare e la protezione antiossidante contro il danno muscolare, indotto dal post-esercizio durante il periodo di recupero, in volontari umani in salute.

I nostri dati hanno mostrato che in un modello di esercizio intenso a esaurimento, i livelli circolanti plasmatici di PGC-1 α , TRX e SIRT-1 erano

the best of our knowledge, this study is the first to examine the effect of intramuscular PRP administration on muscle damage and antioxidant protection against postexercise-induced muscle damage during the recovery period in healthy human volunteers. Our data showed that in an acute exhaustive exercise model the circulating plasma levels of PGC-1 α , TRX and SIRT-1 were increased. These results are in agreement with previous findings reported in the literature that elevated levels of PGC-1 α , TRX and SIRT-1 parameters have been observed after different exercise regimens.^{12, 13, 15, 21, 23} The previous experimental studies have shown that exercise induces PGC-1 α expression in human, rat and mouse skeletal muscle,³⁸ playing an important role in muscle activity adaptive process, such as vascular growth and muscle phenotype.³⁹ Moreover, PGC-1 α was recently shown to participate in the regulation of skeletal muscle hypertrophy,⁴⁰ which suggests a more complex regulation of exercise-induced transcription of PGC-1 α in the control of adaptation. It has been established that PGC-1 α is a key factor on the stimulation of the mitochondrial biogenesis and upregulation of antioxidant enzymes,⁴¹ inhibiting formation and scavenging of reactive oxygen species (ROS).⁴² In addition, some studies have reported that PGC-1 α activity is regulated by post-translational modification by the energy sensors, such as SIRT-1 and AMP-activated kinase (AMPK). Cantò *et al.*³⁶ have reported that exercise induces the activation of AMPK and triggers an increase in the NAD⁺/NADH ratio, which activates SIRT-1.⁴³ The findings in the present study consistently support the notion that acute exhaustive exercise modulated both PGC-1 α and SIRT-1, indicating an interaction between them.

Our data also demonstrated that circulating TRX-1 somewhat increased in response to the acute resistance exercise protocol on day 1-4 postexercise. Similar result has been reported by Lappalainen *et al.*²³ that acute different types of exercise resulted in an increase in the levels of TRX-1. Elevated plasma TRX concentration suggests not only to be an oxidative stress marker, but also enhancement of the antioxidative system⁴⁴ as a redox-regulation protein in signal transduction.⁴⁵ Our results showed that administration of PRP increased the postexercise level of the PGC-1 α , TRX and SIRT-1. To the best of our knowledge, these results are novel, and no data exists concerning the acute effect of intramuscular PRP administration on plasma antioxi-

ant levels. Questi risultati sono in accordo con le scoperte precedenti, riportate in letteratura, secondo cui livelli elevati dei parametri PGC-1 α , TRX e SIRT-1 sono stati osservati dopo diversi regimi di esercizio.^{12, 13, 15, 21, 23} Gli studi precedenti

hanno indicato che l'esercizio induce l'espressione di PGC-1 α nel muscolo scheletrico umano, di ratto e di topo, ratto,³⁸ giocando un ruolo importante nel processo adattativo dell'attività del muscolo, come la crescita vascolare e il fenotipo muscolare.³⁹ Inoltre è stato recentemente dimostrato che PGC-1 α partecipa alla regolazione dell'ipertrofia del muscolo scheletrico,⁴⁰ il che suggerisce una regolazione più complessa della trascrizione indotta dall'esercizio di PGC-1 α , nel controllo dell'adattamento. È stato stabilito che PGC-1 α è un fattore chiave nella stimolazione della biogenesi muscolare e nella sovra-regolazione degli enzimi antiossidanti,⁴¹ inibendo la formazione e la trasformazione delle specie reattive all'ossigeno (ROS).⁴² Inoltre, alcuni studi hanno riportato che l'attività di PGC-1 α è regolata dalla modifica post-traduzionale, da parte di sensori energetici, come SIRT-1 e la chinasi attivata dall'AMP (AMPK). Cantò *et al.*³⁶ hanno riportato che l'esercizio induce l'attivazione di AMPK e innesca un aumento del rapporto NAD⁺/NADH, che attiva SIRT-1.⁴³ Le scoperte del presente studio supportano coerentemente la nozione che l'esercizio intenso ad esaurimento modula sia PGC-1 α che SIRT-1, indicando un'interazione fra di loro. I nostri dati hanno anche dimostrato che il TRX-1 circolante in qualche maniera aumenta in risposta al protocollo di esercizio di resistenza, nei giorni 1-4 post-esercizio. Un risultato simile è stato riportato da Lappalainen *et al.*,²³ secondo cui diversi tipi di esercizio intenso causano un aumento dei livelli di TRX-1. Si ritiene che la concentrazione elevata del TRX plasmatico non sia solo un marker dello stress ossidativo, ma anche del potenziamento del sistema anti-ossidativo,⁴⁴ in qualità di proteina della regolazione-redox nella trasduzione del segnale.⁴⁵ I nostri risultati mostrano che la somministrazione di PRP ha aumentato il livello post-esercizio di PGC-1 α , TRX e SIRT-1. Al meglio delle nostre conoscenze, questi risultati sono nuovi e non esistono dati che riguardano l'effetto intenso della somministrazione intramuscolare di PRP sullo status antiossidante del plasma, durante il periodo di recupero in un modello di danno muscolare, indotto da esercizio intenso. Gli studi relativi hanno riportato che il trattamento con PRP ha delle proprietà anti-infiammatorie, attraverso i suoi effetti sulla via canonica del segnale del fattore nucleare κ B, in tipi cellulari

dant status during recovery period in an acute exercise-induced muscle damage model. The related studies have reported that PRP treatment has anti-inflammatory properties through its effects on the canonical nuclear factor κ B signaling pathway in multiple cell types including synovocytes, macrophages and chondrocytes.⁴⁶ A few studies have reported the systemic response of several growth factors after a single PRP application.⁴⁷ Administration of PRP can also stimulate myogenesis in early phases of muscle healing. Borrione *et al.* study showed that treatment with platelet-rich plasma provided the physiological early inflammatory response following a muscle injury in rat. PRP modified the cellular composition of the leucocyte infiltration leading to increased expression of CD3, CD8, CD19 and CD68 and to a decreased expression of CD4 antigen in both platelet-rich plasma treated and control samples.⁴⁸ PRP may be exerting a direct or indirect systemic effect on muscle healing process in the earliest inflammatory phase.⁴⁸ Moreover, Dimauro *et al.* have reported that the effect of PRP in skeletal muscle injury repair is due both to the modulation of the molecular mediators of the inflammatory and myogenic pathways, and to the control of secondary pathways such as those regulated by myomiRNAs and heat shock proteins, which contribute to proper and effective tissue regeneration.⁴⁹ Both acute and chronic stress induce heat shock proteins response, and a physiologically increased HSP levels provide protection against oxidative stress and enhance cytoprotection.⁵⁰ Furthermore, clinical studies have also confirmed that PRP treatment of chronic patellar tendinosis in a series of athletes resulted in a statistically significant improvement in pain score for seven of the eight patients treated.⁵¹ In another case study it was also reported that the early treatment of a muscle strain with the injection of PRP allowed an early mobilization leading to a faster and a more complete recovery.⁵²

Taken together, the combinations of the antioxidant food matrix and plant extracts studies suggest that these antioxidant extracts may influence treatment effectiveness on a specific symptom on DOMS marker.^{29, 30} However, this interaction should be viewed with some caution due to complex interactions.⁵³ Phillips *et al.*⁵⁴ reported that the combined supplementation of quercetin, vitamin E, and the fatty acid docosahexaenoic acid (DHA) did not affect changes in muscle-damage markers. In general, athletes are usually supplemented with high levels of an-

multipli, che includono i sinoviociti, i macrofagi e i condrociti.⁴⁶ Alcuni studi hanno riportato la risposta sistemica di molti fattori di crescita dopo una singola applicazione di PRP.⁴⁷ La somministrazione di PRP può stimolare la miogenesi nelle fasi precoci della guarigione del muscolo. Lo studio di Borrione *et al.* hanno mostrato che il trattamento con plasma piastrino-ricco provvede alla risposta infiammatoria fisiologica precoce in seguito a danno muscolare nel ratto. PRP ha modificato la composizione cellulare dell'infiltrato leucocitario, portando a un aumento di espressione di CD3, CD8, CD19 e CD68 e ad una diminuzione dell'espressione dell'antigene CD4, sia nei campioni di trattamento con il plasma piastrino-ricco che nei controlli.⁴⁸ PRP potrebbe esercitare un effetto sistemico diretto o indiretto sul processo di guarigione del muscolo nella fase infiammatoria più precoce.⁴⁸ Inoltre, Dimauro *et al.* hanno riportato che l'effetto di PRP nel riparo del danno muscolo-scheletrico è dovuto sia alla modulazione dei mediatori molecolari della via infiammatoria e miogenetica che al controllo delle vie secondarie, come quelle regolate da myomiRNAs e dalle proteine dello shock termico (HSP), le quali contribuiscono alla rigenerazione tissutale idonea ed efficace.⁴⁹ Lo stress, sia intenso che cronico, induce la risposta delle proteine dello shock termico e i livelli fisiologicamente aumentati delle HSP forniscono protezione contro lo stress ossidativo e migliorano la citoprotezione.⁵⁰ Inoltre, studi clinici hanno confermato che il trattamento con PRP della tendinosi patellare cronica in una serie di atleti ha causato un miglioramento statisticamente significativo del punteggio del dolore per sette degli otto pazienti trattati.⁵¹ In un altro caso di studio è stato riportato che il trattamento precoce di un fascio muscolare con iniezione di PRP permette una mobilizzazione precoce, che porta a un recupero più veloce e più completo.⁵²

Considerate complessivamente, le combinazioni degli studi sulla matrice alimentare antiossidante e sugli estratti vegetali suggeriscono che questi estratti antiossidanti possano influenzare l'efficacia del trattamento su di un sintomo specifico, di un marker di DOMS.^{29, 30} Comunque, questa interazione dovrebbe essere rivista con una certa cautela, a causa delle interazioni complesse.⁵³ Phillips *et al.*⁵⁴ hanno riportato che l'integrazione combinata di quercetina, vitamina E e di acido grasso docosaeisenoico (DHA) non hanno influenzato le variazioni dei marker di danno muscolare.

Comunque, i risultati benefici dell'effetto dell'integrazione, sulla funzione fisiologica del

tioxidants. However, beneficial effect of supplementation results on muscle physiological function are contradictory. In fact, there is a growing number of papers reporting the unfavorable effects of the different type of antioxidant treatment on endogenous antioxidant defense system in exercise performance.

Conclusions

The present study was conducted to provide a new strategy treatment of the PRP with enhancement endogenous antioxidant level in human subject during the postexercise muscle recovery period. New genetic and molecular methodologies will allow scientists to answer critical questions regarding the pathways regulating muscle damage and healing. In regards, to this we suggest that PRP or other molecular pathway should be investigated in sports performance to enhance recovery from injury in athletes.

muscolo, sono contraddittori. Infatti, c'è un numero crescente di pubblicazioni che riporta gli effetti sfavorevoli dei diversi tipi di trattamento antiossidante sul sistema endogeno di difesa antiossidante, nella prestazione sportiva.

Conclusioni

Lo studio presente è stato condotto allo scopo di fornire una nuova strategia di trattamento con il PRP, con aumento del livello endogeno antiossidante nel soggetto umano, durante il periodo di recupero post-esercizio. Nuove metodologie genetiche e molecolari permetteranno agli scienziati di rispondere a domande critiche, circa le vie che regolano il danno e la guarigione del muscolo. A questo riguardo, noi proponiamo che si dovrebbero studiare il PRP o altre vie molecolari, per quanto concerne la prestazione sportiva, al fine di migliorare il recupero dalla lesione per gli atleti.

References/Bibliografia

- 1) Roy BD, Tarnopolsky MA. Influence of differing macro nutrient intakes on muscle glycogen resynthesis after resistance exercise. *J Appl Physiol* 1998;84:890-6.
- 2) Conley MS, Stone MH. Carbohydrate ingestion/supplementation or resistance exercise and training. *Sports Med* 1996;21:7-17.
- 3) Biolo G, Tipton KD, Klein S, Wolfe RR. An abundant supply of aminoacids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol* 1997;273:E122-9.
- 4) Tipton KD, Ferrando AA, Phillips SM, Doyle D Jr, Wolfe RR. Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered aminoacids. *Am J Physiol* 1999;276:E628-34.
- 5) Jakeman P, Maxwell S. Effect of antioxidant vitamin supplementation on muscle function after eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;67:426-30.
- 6) Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borrás C, Pallardo FV, *et al.* Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr* 2008;87:142-9.
- 7) Bailey DM, Williams C, Betts JA, Thompson D, Hurst TL. Oxidative stress, inflammation and recovery of muscle function after damaging exercise: effect of 6-week mixed antioxidant supplementation. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:925-36.
- 8) Scarpulla RC, Vega RB, Kelly DP. Transcriptional integration of mitochondrial biogenesis. *Trends Endocrinol Metab* 2012;23:459-66.
- 9) Pilegaard H, Saltin B, Neuffer PD. Exercise induces transient transcriptional activation of the PGC-1 α gene in human skeletal muscle. *J Physiol* 2003;546:851-8.
- 10) Gerhart-Hines Z, Dominy JE Jr, Blatter SM, Jedrychowski MP, Banks AS, Lim JH, *et al.* The cAMP/PKA pathway rapidly activates SIRT1 to promote fatty acid oxidation independently of changes in NAD(+). *Mol Cell* 2011;44:851-63.
- 11) Suwa M, Nakano H, Radak Z, Kumagai S. Endurance exercise increases the SIRT1 and peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator-1 α protein expressions in rat skeletal muscle. *Metabolism* 2008;57:986-98.
- 12) Nordsborg NB, Lundby C, Leick L, Pilegaard H. Relative work load determines exercise-induced increases in PGC-1 α mRNA. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:1477-84.
- 13) Egan B, Carson BP, Garcia-Roves PM, Chibalin AV, Sarsfield FM, Barron N, *et al.* Exercise intensity dependent regulation of peroxisome proliferator-activated receptor coactivator-1 mRNA abundance is associated with differential activation of upstream signalling kinases in human skeletal muscle. *J Physiol* 2010;588:1779-90.
- 14) Sriwijitkamol A, Coletta DK, Wajsborg E, Balbontin GB, Reyna SM, Barrientes J, *et al.* Effect of acute exercise on AMPK signaling in skeletal muscle of subjects with type 2 diabetes: A time-course and dose response study. *Diabetes* 2007;56:836-48.
- 15) Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. *J Physiol* 2010;588:1011-22.
- 16) Gurd BJ, Perry CG, Heigenhauser GJ, Spriet LL, Bonen A. High-intensity interval training increases SIRT1 activity in human skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab* 2010;35:350-7.
- 17) Chabi B, Adhihetty PJ, O'Leary MF, Menzies KJ, Hood DA. Relationship between SIRT1 expression and mitochondrial proteins during conditions of chronic muscle use and disuse. *J Appl Physiol* 2009;107:1730-5.
- 18) Marfe G, Tafani M, Pucci B, Di Stefano C, Indelicato M, Andreoli A, *et al.* The effect of marathon on mRNA expression of anti-apoptotic and pro-apoptotic proteins and sirtuins family in male recreational long-distance runners. *BMC Physiol* 2010;10:7.
- 19) Nakamura H, Nakamura K, Yodoi J. Redox regulation of cellular activation. *Ann Rev Immunol* 1997;15:351-69.
- 20) Zieker D, Fehrenbach E, Dietzsch J, Fliegner J, Waidmann M, Nieselt K. cDNA microarray analysis reveals novel candidate genes expressed in human peripheral blood following exhaustive exercise. *Physiol Genomics* 2005;23:287-94.
- 21) Sumida S, Nakamura H, Yodoi J. Thioredoxin induction of peripheral blood mononuclear cells in mice in response to a single bout of swimming exercise. *Gen Physiol Biophys* 2004;23:241-9.
- 22) Marumoto M, Suzuki S, Hosono A, Arakawa K, Shibata K, Fukui M, *et al.* Changes in thioredoxin concentrations: An observation in an ultra-marathon race. *Environ Health Prev Med* 2010;15:129-34.
- 23) Lappalainen Z, Lappalainen J, Oksala NKJ, Laaksonen DE, Khanna S, Sen CK, *et al.* Diabetes impairs exercise training-associated thioredoxin response and glutathione status in rat brain. *J Appl Physiol* 2009;106:461-7.
- 24) Mifune Y, Matsumoto T, Takayama K, Ota S, Li H, Meszaros LB, *et al.* The effect of platelet-rich plasma on the regenerative therapy of muscle derived stem cells for articular cartilage repair. *Osteoarthritis Cartilage* 2013;21:175-85.
- 25) Foster TE, Puskas BL, Mandelbaum BR, Gerhardt MB, Rodeo SA. Platelet-rich

- plasma: From basic science to clinical applications. *Am J Sports Med* 2009;37:2259-72.
- 26) Punduk Z, Kara H, Hişmioğlu E, Meriç G, Oral O, Rahman K. Intra-Muscular platelet rich plasma Increases platelet derived Growth Factor and Regenerates exercise-Induced Muscle Damage. *Elixir Soc Sci* 2015;89:36742-6.
- 27) Punduk Z. Single dose of intra-muscular platelet rich plasma suppress the increase in plasma hepcidin level: Protect role in exercise induced iron loss? *Journal of Harmonized Research (JOHR) in Medical and Health Sci* 2015;2:193-201.
- 28) Nosaka K, Sakamoto K. Changes in plasma enzyme activity after intramuscular injection of bupivacaine into the human biceps brachii. *Acta Physiol Scand* 1999;167:259-65.
- 29) Hudgens JL, Sugg KB, Grekin JA, Gumucio JP, Bedi A, Mendias CL. Platelet-rich plasma activates proinflammatory signaling pathways and induces oxidative stress in tendon fibroblasts. *Am J Sports Med* 2016;44:1931-40.
- 30) Bubnov R, Yevseenko V, Semenov I. Ultrasound guided injections of platelets rich plasma for muscle injury in professional athletes: comparative study. *Med Ultrason* 2013;15:101-5.
- 31) Peake J, Nosaka K, Suzuki K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. *Exerc Immunol Rev* 2005;11:64-85.
- 32) Fehrenbach E, Schneider ME. Trauma-induced systemic inflammatory response versus exercise-induced immunomodulatory effects. *Sports Med* 2006;36:373-84.
- 33) Michailidis Y, Karagounis LG, Terzis G, Jamurtas AZ, Spengos K, Tsoukas D, *et al.* Evidence of potential redox-sensitive regulation of human skeletal muscle's performance and intracellular signaling following aseptic inflammation induced by damaging exercise. *Am J Clin Nutr* 2013;98:233-45.
- 34) Sousa M, Teixeira VH, Soares J. Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. *Int J Food Sci Nutr* 2014;65:151-63.
- 35) Paulsen G, Egner IM, Drange M, Langberg MH, Benestad HB, Fjeld JG, *et al.* A COX-2 inhibitor reduces muscle soreness, but does not influence recovery and adaptation after eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20:195-207.
- 36) Shafat A, Butler P, Jensen RL, Donnelly AE. Effects of dietary supplementation with vitamins C and E on muscle function during and after eccentric performance in humans. *Eur J Appl Physiol* 2004;93:196-202.
- 37) Bloomer RJ, Falvo MJ, Schilling BK, Smith WA. Prior exercise and antioxidant supplementation: Effect on oxidative stress and muscle injury. *J Int Soc Sports Nutr* 2007;3:9-19.
- 38) Irrcher I, Adhietty PJ, Joseph AM, Ljubicic V, Hood DA. Regulation of mitochondrial biogenesis in muscle by endurance exercise. *Sports Med* 2003;33:783-93.
- 39) Arany Z, Foo SY, Ma Y, Ruas JL, Bommi-Reddy A, Girmun G, *et al.* HIF-independent regulation of VEGF and angiogenesis by the transcriptional coactivator PGC-1 alpha. *Nature* 2008;451:1008-12.
- 40) Ruas JL, White JP, Rao RR, Kleiner S, Brannan KT, Harrison BC, *et al.* A PGC-1a isoform induced by resistance training regulates skeletal muscle hypertrophy. *Cell* 2012;151:1319-31.
- 41) St-Pierre JS, Drori S, Uldry M, Silvaggi JM, Rhee J, Jäger S, Handschin CK, *et al.* Suppression of reactive oxygen species and neuro-degeneration by the PGC1 transcriptional co-activators. *Cell* 2006;127:397-408.
- 42) Baldelli S, Aquilano K, Ciriolo M. PGC-1a buffers ROS-mediated removal of mitochondria during myogenesis. *Cell Death Dis* 2014;5.
- 43) Cantó C, Jiang LQ, Deshmukh AS, Matakis C, Coste A, Lagouge M, *et al.* Interdependence of AMPK and SIRT1 for metabolic adaptation to fasting and exercise in skeletal muscle. *Cell Metabolism* 2010;11:213-9.
- 44) Zieker D, Fehrenbach E, Dietzsch J, Fliegner J, Waidmann M, Nieselt K. cDNA microarray analysis reveals novel candidate genes expressed in human peripheral blood following exhaustive exercise. *Physiol Genomics* 2005;23:287-94.
- 45) Holmgren A, Aslund F. Glutaredoxin. *Methods Enzymol* 1995;252:238-92.
- 46) Zhang J, Middleton KK, Fu FH, Im HJ, Wang JH. HGF mediates the anti inflammatory effects of PRP on injured tendons. *PLoS One* 2013;28:8:e67303.
- 47) Schippinger G, Fankhauser F, Oettl K, Spirk S, Hofmann P. Does single intramuscular application of autologous conditioned plasma influence systemic circulating growth factors? *J Sports Sci Med* 2012;11:551-6.
- 48) Borriore P, Grasso L, Chierito E, Geuna S, Racca S, Abbadessa G, *et al.* Experimental model for the study of the effects of platelet-rich plasma on the early phases of muscle healing. *Blood Transfus* 2014;12(Suppl 1):s221-8.
- 49) Dimauro I, Grasso L, Fittipaldi S, Fantini C, Mercatelli N, Racca S, *et al.* Platelet-Rich Plasma and Skeletal Muscle Healing: A Molecular Analysis of the Early Phases of the Regeneration Process in an Experimental Animal Model. *PLoS One* 2014;9:e102993.
- 50) Oksala NK, Ekmekçi FG, Özsoy E, Kirankaya S, Kokkola T, Emecen G, *et al.* Natural thermal adaptation increases heat shock protein levels and decreases oxidative stress. *Redox Biol* 2014;3:25-8.
- 51) Volpi P, Marinoni L, Bait C, De Girolamo L, Schoenhuber H. Treatment of chronic patellar tendinosis with buffered platelet rich plasma: a preliminary study. *Med Sport* 2007;60:595-603.
- 52) Borriore P, Pereira Ruiz M T, Gianini S, Di Gianfrancesco A, Pigozzi F. Effect of platelet-released growth factors on muscle strains: a case control report. *Med Sport* 2011;64:317-22.
- 53) Jeffery E. Component interactions for efficacy of functional foods. *J Nutr* 2005;135:1223-5.
- 54) Phillips T, Childs AC, Dreon DM, Phinney S, Leeuwenburgh C. A dietary supplement attenuates IL-6 and CRP after eccentric exercise in untrained males. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:2032-7.

Funding.—This research was supported by the Balikesir University Scientific Research Project with Grant No. BAP.2014.0005. No other organization or institution cofinanced this research.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Congresses.—This research was presented in 14th International Sport Sciences Congress, 01-04 November 2016, Antalya, Turkey.

Manuscript accepted: June 13, 2017. - Manuscript received: January 30, 2017.

TRAUMATOLOGICAL AREA

No differences in the functional assessment for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction in professional and semi-professional soccer players

Assenza di differenze tra giocatori di calcio professionisti e semi-professionisti nella valutazione funzionale per il processo decisionale riguardante il ritorno allo sport in seguito alla ricostruzione dell'LCA

Felix FISCHER^{1, 2}, Peter GFÖLLER^{2, 3}, Christian HOSER^{2, 3}, Hannes GATTERER^{2, 4, 5}, Karl SCHWARZENBRUNNER⁶, Tobias DÜNNWALD⁷, Wolfgang SCHOBERSBERGER^{2, 7}, Christian FINK^{1, 2, 3 *}

¹Research Unit of Orthopedic Sports Medicine and Injury Prevention, ISAG/UMIT, Eduard-Wallnöfer-Zentrum 1, Hall in Tirol, Austria; ²FIFA Medical Center of Excellence Innsbruck, Tirol, Austria; ³Gelenkpunkt – Sports and Joint Surgery, Innsbruck, Austria; ⁴Institute for Sport Science, University Innsbruck, Innsbruck, Austria; ⁵Institute of Mountain Emergency Medicine, EURAC Research, Bolzano, Italy; ⁶FC Wacker Innsbruck, Innsbruck, Austria; ⁷Institute for Sports Medicine, Alpine Medicine and Health Tourism (ISAG), Tirol Kliniken GmbH Innsbruck and UMIT, Hall in Tirol, Austria

*Corresponding author: Christian Fink, Gelenkpunkt – Sports and Joint Surgery, Olympiastraße 39, 6020 Innsbruck, Tirol, Austria. E-mail: c.fink@gelenkpunkt.com

SUMMARY

BACKGROUND: To facilitate decision making regarding a patient's return to sport, a standardized and easy-to-use test battery including seven functional tests is proposed to objectively evaluate knee function after anterior cruciate ligament reconstruction. So far, no sports-specific normative data exist. The purpose of this study was to evaluate the utility of a test battery in the setting of a professional soccer club. It was hypothesized that professional soccer players have a higher performance level in the functional tests than semi-professional soccer players.

METHODS: Thirty-four healthy male professional and semi-professional soccer players (age 21.4 ± 4.1 years, height 179.9 ± 4.9 cm, weight 73.6 ± 6.1 kg) of a professional soccer club participated in this study. Players completed a test battery consisting of seven functional tests prior to a team training session. The functional tests were a two-legged and one-legged stability test, a two-legged and one-legged counter movement jump, speedy jumps, plyometric jumps, and a quick feet test.

RESULTS: The professional and semi-professional soccer players differed in regard to the two-legged counter movement jump height ($P=0.006$) and power outcomes ($P=0.01$). Additionally, a significant difference in the one-legged-CMJ jump height ($P=0.005$) and one-legged-CMJ power ($P=0.004$) in the dominant leg was observed. The remaining functional tests showed no group differences.

CONCLUSIONS: Assessing functional performance using the present test battery is simple during the athletic training sessions of the sports team. A difference between professional and semi-professional soccer players was seen in jump height; however, no differences were observed in the other tests. Additionally, if a player is injured, an objective evaluation regarding their functional readiness to return to sports is possible by reference to the player's scores on the test battery as completed pre-injury. No specific norm data are required, although the jump height data needs closer examination.

(Cite this article as: Fischer F, Gföller P, Hoser C, Gatterer H, Schwarzenbrunner K, Dünwald T, et al. No differences in the functional assessment for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction in professional and semi-professional soccer players. Med Sport 2017;70:563-73. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03193-3)

KEY WORDS: Soccer - Return to sport - Knee.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Per facilitare la decisione di ritorno all'attività sport del paziente, viene proposta una serie di test standardizzata e di facile utilizzo che comprende sette prove atte a valutare obiettivamente la funzionalità del ginocchio dopo la ricostruzione del legamento crociato anteriore. Ad oggi non esistono dati normativi specifici per uno sport. Questo studio si pone come obiettivo quello di valutare l'utilità di una batteria di test nell'organizzazione di una squadra di calcio professionista. Si è ipotizzato che i giocatori di calcio professionisti abbiano un livello di prestazioni più elevato nei test funzionali rispetto ai giocatori di calcio semi-professionisti.

METODI: A questo studio hanno partecipato trentaquattro calciatori di sesso maschile professionisti e semi-professionisti in buona salute (età $21,4 \pm 4,1$ anni, altezza $179,9 \pm 4,9$ cm, peso $73,6 \pm 6,1$ kg) appartenenti a una squadra di calcio professionista. I giocatori hanno completato una batteria di prove composta di sette test funzionali prima di una sessione di allenamento della squadra. I test funzionali sono rappresentati da un test di stabilità a due gambe e a una gamba sola, un salto in contromovimento a due gambe e una gamba, salti veloci, salti pliometrici e un test di avanzamento rapido.

RISULTATI: I giocatori di calcio professionisti e semi-professionisti differivano per quanto riguarda l'altezza del salto in contromovimento a due gambe ($P=0,006$) e degli esiti di potenza ($P=0,01$). È stata inoltre osservata una differenza significativa nell'altezza del salto verticale con contromovimento (CMJ) con una gamba sola ($P=0,005$) e nella potenza ($P=0,004$) con la gamba dominante. I rimanenti test funzionali non hanno mostrato differenze nei gruppi.

CONCLUSIONI: Valutare le prestazioni funzionali utilizzando questa batteria di test è semplice durante le sessioni di allenamento atletico della squadra sportiva. Una differenza tra giocatori di calcio professionisti e semi-professionisti è stata osservata relativamente all'altezza del salto; al contrario, non sono state osservate differenze negli altri test. Inoltre, se un giocatore è infortunato, è possibile valutare in modo obiettivo se dal punto di vista funzionale è pronto per tornare alla pratica sportiva facendo riferimento ai punteggi del giocatore stesso nella batteria di test completati prima dell'infortunio. Non sono richiesti dati specifici di riferimento, sebbene i dati relativi all'altezza del salto necessitano di un esame più approfondito.

PAROLE CHIAVE: Calcio - Ritorno all'attività sportiva - Ginocchio.

Rupture of the anterior cruciate ligament (ACL) is a severe knee injury¹ necessitating a long lay-off from sports participation.² Despite intensive research and improved training methods, the ACL injury incidence remains at an unchanged and high level.³ Most athletes who wish to continue in sports after an ACL injury are advised to undergo ACL reconstruction (ACLR).^{2, 4} After ACLR, a different functional adaptation pattern at the end of the post-surgical rehabilitation period might be present.⁵ Usually most athletes are permitted to return to sport within the first year following surgery^{6, 7} with medical clearance typically granted after around 6 to 12 months.⁷⁻⁹ In some cases, a return to sport might even be allowed as early as 4 to 6 months post-surgery.^{7, 8} However, there is a lack of consensus regarding the most appropriate criteria regarding patients' unrestricted participation in sports activities after ACLR.^{4, 10} Many clinicians simply use a certain postoperative time frame as the only criterion for clearance to return to sport.^{11, 12} After an ACLR, long term deficits in strength and neuromuscular control of the lower extremity were reported for an average of 3 years¹³ and these deficits might be risk factors for re-rupture or a secondary injury of the lower extremity.¹⁴ Furthermore, many athletes do not successfully return to their pre-injury level of competition after an ACL injury.^{2, 7, 15}

La rottura del legamento crociato anteriore (LCA) è un grave infortunio al ginocchio¹ che richiede un lungo periodo di sospensione dalla pratica sportiva.² Nonostante l'intensa attività di ricerca e il miglioramento dei metodi di allenamento, l'incidenza delle lesioni al LCA rimane invariata e elevata.³ Alla maggior parte degli atleti che desidera continuare a praticare sport dopo un infortunio al LCA si consiglia di sottoporsi a ricostruzione dell'LCA (RLCA).^{2, 4} Dopo RLCA, potrebbe essere presente un diverso pattern di adattamento funzionale al termine del periodo di riabilitazione postchirurgica.⁵ Di solito alla maggior parte degli atleti è consentito di tornare allo sport entro il primo anno successivo all'intervento chirurgico;^{6, 7} l'autorizzazione medica generalmente è concessa dopo circa 6-12 mesi.⁷⁻⁹ In alcuni casi, il ritorno allo sport potrebbe essere consentito anche 4-6 mesi dopo l'intervento chirurgico.^{7, 8} Tuttavia, non c'è un accordo riguardo ai criteri più appropriati riguardanti la partecipazione illimitata dei pazienti alle attività sportive dopo RLCA.^{4, 10} Molti clinici usano come unico criterio per l'autorizzazione al ritorno allo sport semplicemente un certo periodo di tempo postoperatorio.^{11, 12} Dopo RLCA sono stati segnalati deficit a lungo termine della forza e del controllo neuromuscolare degli arti inferiori per una media di 3 anni;¹³ questi deficit potrebbero rappresentare fattori di rischio per una ulteriore rottura o una lesione secondaria degli arti inferiori.¹⁴ Inoltre, dopo un infortunio al LCA molti atleti non ritornano con successo al livello di competizione preinfortunio.^{2, 7, 15}

In the last decade, several test batteries have been developed to assess functional capabilities in ACLR patients.¹⁶⁻¹⁹ To support decision-making for return to sports, test batteries typically consist of isokinetic strength tests, several hop tests concerned with both distance and height, side hop tests, and jump-landing tasks.^{4, 16, 17, 20, 21} To facilitate the decision regarding a patient's return to sport, a standardized and easy-to-use test battery was to enable an objective evaluation of knee function.^{18, 19} With a moderate-to-high reliability of this test battery including seven functional tests, the established norm data from healthy individuals of each test represents an important basis for a clinical setting.¹⁹

However, in our view it is questionable if norm data from healthy individuals also applies to sports-specific groups. We argue that norms should be available for specific groups of athletes and should additionally discriminate by performance level. Additionally, we suggest that, for each athlete, performance outcomes on the test battery should be regularly registered so that in case of an injury personal performance data are available. The purpose of this study was to evaluate the utility of a test battery in the setting of a professional soccer club. It was hypothesized that professional soccer players have a higher performance level in the functional tests than semi-professional soccer players.

Materials and methods

A total of 34 healthy male professional and semi-professional soccer players, aged between 17 and 32 years and belonging to a professional soccer club participated in this study. A detailed description of the participants is given in Table I. The professional team played in the second-highest national league, while the semi-professional team participated in the highest amateur league (3rd tier). The sample size corresponded

Nell'ultimo decennio, sono state sviluppate diverse batterie di test per valutare le capacità funzionali nei pazienti dopo RLCA.¹⁶⁻¹⁹ Per supportare il processo decisionale relativamente al ritorno allo sport, le batterie di test consistono tipicamente di test di resistenza isocinetica, diverse prove di salto in avanti (hop test) atte a valutare sia la distanza che l'altezza del salto, test di salto in avanti laterale e esercizi di atterraggio dopo un salto.^{4, 16, 17, 20, 21} Per facilitare la decisione in merito al ritorno del paziente all'attività sportiva, una batteria di test standardizzata e di facile utilizzo deve consentire una valutazione obiettiva della funzione del ginocchio.^{18, 19} Poiché questa batteria di test, che include sette test funzionali, ha un'affidabilità da moderata ad alta, i dati standard stabiliti da individui sani per ciascun test rappresentano una base importante per un quadro clinico.¹⁹

Tuttavia, a nostro avviso, è discutibile se i dati riferiti a individui sani si possano applicare anche a sport di gruppo. Sosteniamo che i riferimenti dovrebbero essere disponibili per gruppi specifici di atleti e dovrebbero inoltre discriminare in base al livello della prestazione. Inoltre, suggeriamo che, per ogni atleta, i risultati della prestazione nella batteria di test dovrebbero essere registrati regolarmente in modo che, in caso di infortunio, siano disponibili dati sulle prestazioni personali. Lo scopo di questo studio è di valutare l'utilità di una batteria di test in una squadra di calcio professionista. Si è ipotizzato che i giocatori professionisti di calcio abbiano un livello di prestazioni superiore nei test funzionali rispetto ai giocatori di calcio semi-professionisti.

Materiali e metodi

A questo studio ha partecipato un totale di 34 giocatori di calcio di sesso maschile sani, professionisti e semi-professionisti, di età compresa tra 17 e 32 anni e appartenenti a una squadra di calcio professionista. Una descrizione dettagliata dei partecipanti è riportata in Tabella I. La squadra di professionisti ha giocato nel secondo campionato nazionale più alto, mentre la squadra semi-professionista ha partecipato

TABLE I.—Descriptive demographic data of the participants.
TABELLA I. — *Dati demografici descrittivi dei partecipanti.*

	All players (N.=34)	Professional players (N.=17)	Semi-professional players (N.=17)	P value
Age (years)	21.3±4	23.8±5	18.8±2	<0.001
Height (cm)	180.0±5	181.3±4	178.7±6	NS
Mass (kg)	73.4±6	74.5±5	72.4±7	NS
BMI (kg/m ²)	22.6±1	22.6±1	22.6±2	NS

BMI: Body Mass Index.

to the available players of the club's squad. Players with a former history of ACL injury were excluded from the study. Functional testing was conducted in the fitness facilities prior to a team training session with an interval of at least 72 hours after the last match. Participants completed a standardized warm-up program on a stationary bicycle (8 minutes cycling at 1 Watt/kg body weight) and 2 minutes of rope skipping at their own pace. When needed, participants were allowed to conduct squats, lunges, and dynamic stretching prior to testing. To determine the dominant leg, participants were asked which leg they preferred for kicking, and jumping. A push-forward test (in which participants were pushed from behind and the leg that they used for the first step was noted) was conducted. The dominant side was defined when at least two tests were matched for preferred leg. All subjects were evaluated by the same examiners (FF, KS). Subjects wore their training clothes without shoes or socks. The study was approved by the institutional review board for ethical questions in science of the University of Innsbruck, Austria (9/2015) and was conducted according to the Declaration of Helsinki.²² The study staff are trained in good clinical practice and all participants provided written informed consent prior to participation.

Functional testing

The "Back in Action" (BIA) test battery (CoRehab, Trento, Italy) is designed for sportspeople in a healthy condition or in any phase of a recovery period after an injury. It measures balance, agility, speed and strength in respect to normative data from a large group of healthy individuals. As a further optional outcome, a back to sport indicator (BIA indicator) is also available. The BIA test can be accomplished within 45 min, and requires little equipment and only one room. It consists of the following subtests: two-legged (TL-ST) and one-legged stability tests (OL-ST, Figure 1), two-legged (TL-CMJ) and one-legged counter movement jumps (with height and power calculations; OL-CMJ), plyometric jumps (TL-PJ, Figure 2), speedy jumps (OL-SY, Figure 3) and a quick feet test (TL-QFT, Figure 4).^{18, 19}

Statistical analysis

All variables are displayed as descriptive data including the mean, standard deviation

al campionato amatoriale più alto (3° livello). La dimensione del campione è stata determinata dai giocatori disponibili della squadra del club. I giocatori con una precedente storia di lesioni LCA sono stati esclusi dallo studio. Le prove funzionali sono state condotte nelle strutture di fitness prima di una sessione di allenamento della squadra, con un intervallo di almeno 72 ore dopo l'ultima partita. I partecipanti hanno completato un programma di riscaldamento standardizzato su una cyclette (8 minuti di pedalata a 1 Watt/kg di peso corporeo) e 2 minuti di salto della corda al proprio ritmo. Se necessario, ai partecipanti è stato concesso di condurre squat, affondi e stretching dinamico prima del test. Per determinare la gamba dominante, ai partecipanti è stato chiesto quale gamba preferivano per calciare e saltare. È stato condotto un test con spinta in avanti (in cui i partecipanti sono stati spinti da dietro e si è preso nota della gamba usata per il primo passo). Il lato dominante è stato definito quando almeno due test erano concordanti per la gamba preferita. Tutti i soggetti sono stati valutati dagli stessi esaminatori (FF, KS). I soggetti indossavano i loro abiti da allenamento senza scarpe o calze. Lo studio è stato approvato dal comitato di revisione istituzionale per le questioni etiche nelle scienze dell'Università di Innsbruck, in Austria (9/2015) ed è stato condotto secondo la Dichiarazione di Helsinki.²² Il personale che ha seguito lo studio è stato addestrato secondo la buona pratica clinica e tutti i partecipanti hanno rilasciato un consenso informato scritto prima della partecipazione.

Test funzionali

La batteria di test "Back in Action" (BIA) (CoRehab, Trento, Italia) è progettata per gli sportivi in buone condizioni o in qualsiasi momento di un periodo di recupero dopo un infortunio. Essa misura l'equilibrio, l'agilità, la velocità e la forza rispetto ai dati di riferimento di un ampio gruppo di individui sani. Come ulteriore risultato opzionale è disponibile anche un indicatore di ritorno allo sport (indicatore BIA). Il test BIA può essere eseguito in 45 minuti, richiede poca attrezzatura e solo una stanza. Comprende i seguenti test: test di stabilità a due gambe (TL-ST) e ad una gamba (OL-ST, Figura 1), salti a due gambe (TL-CMJ) e ad una gamba in contromovimento (con calcolo di altezza e potenza; OL-CMJ), salti pliometrici (TL-PJ, Figura 2), salti veloci (OL-SY, Figura 3) e un test di avanzamento rapido (TL-QFT, Figura 4).^{18, 19}

Analisi statistica

Tutte le variabili sono visualizzate come dati descrittivi tra cui media, deviazione standard (SD) e



Figure 1.—One legged stability test.
Figura 1. — *Test di stabilità ad una gamba.*



Figure 2.—Jump sensor.
Figura 2. — *Sensore di salto.*



Figure 3.—Jump parcours.
Figura 3. — *Percorso di salto.*



Figure 4.—Quick feet test.
Figura 4. — *Test di velocità del piede.*

(SD) and proportion. Normality of distribution was checked with the Shapiro-Wilk test and box plots. For normally distributed data, independent t-tests were used, while in case of skewed data, the Mann-Whitney U-Test was used. Statistical significance was accepted for $P \leq 0.05$. All statistical analyses were performed with IBM SPSS Statistics for Windows, version 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

proporzione. La normalità della distribuzione è stata verificata con il Test Shapiro-Wilk e i diagrammi a scatola. Per i dati normalmente distribuiti sono stati utilizzati test t indipendenti, mentre in caso di dati distorti è stato utilizzato il Test U Mann-Whitney. La significatività statistica è stata accettato per $P \leq 0,05$. Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con IBM SPSS Statistics per Windows, versione 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Results

The professional soccer players were significantly older than the semi-professional soccer players (23.8 ± 4.5 years vs. 18.8 ± 1.9 years; $P < 0.001$). Detailed participant demographic data are displayed in Table I.

A significant group difference in the TL-CMJ for height ($P = 0.006$) and power ($P = 0.01$), and for the OL-CMJ power in the dominant leg ($P = 0.004$) were found. The Mann-Whitney U-test revealed a significant group difference in the OL-CMJ jump height in the dominant leg ($P = 0.005$). In the other functional tests, no group differences were detected. Detailed results of the functional tests are displayed in Table II.

Discussion

The main finding of this study is that jump characteristics differed between professional and semi-professional soccer players. Professional players jumped significantly higher than semi-professional players in the TL-CMJ and, with the dominant leg in the OL-CMJ. Accordingly, power output was also significantly

Risultati

I giocatori di football professionistico erano significativamente più vecchi dei giocatori di calcio semi-professionisti ($23,8 \pm 4,5$ anni vs. $18,8 \pm 1,9$ anni; $P < 0,001$). I dati demografici dettagliati dei partecipanti sono riportati in Tabella I.

È stata rilevata una significativa differenza di gruppo nel TL-CMJ per altezza ($P = 0,006$) e potenza ($P = 0,01$), e per la potenza OL-CMJ nella gamba dominante ($P = 0,004$). Il Test U di Mann-Whitney ha rivelato una significativa differenza di gruppo nell'altezza di salto OL-CMJ con la gamba dominante ($P = 0,005$). Negli altri test funzionali, non sono state rilevate differenze di gruppo. I risultati dettagliati dei test funzionali sono riportati in Tabella II.

Discussione

Il risultato principale di questo studio è rappresentato dal fatto che le caratteristiche di salto differiscono tra giocatori di calcio professionisti e semi-professionisti. I giocatori professionisti sono in grado di saltare significativamente più in alto rispetto ai giocatori semi-professionisti nel TL-CMJ e, con la gamba dominante nell'OL-CMJ. Di conseguenza, anche la potenza erogata è significativamente più alta. Per-

TABLE II.—Results of players on the test battery.

TABELLA II. — Risultati dei giocatori nella batteria di test.

	All players (N.=34)	Professional players (N.=17)	Semi-professional players (N.=17)	P value
Two-legged stability test	2.73 ± 0.5	2.63 ± 0.4	2.84 ± 0.6	NS
One-legged stability test				
Dominant leg	2.53 ± 0.4	2.59 ± 0.3	2.46 ± 0.5	NS
Non-dominant leg	2.48 ± 0.4	2.47 ± 0.3	2.49 ± 0.5	NS
Bilateral difference	0.04 ± 0.3	0.12 ± 0.2	-0.3 ± 0.3	NS
Two-legged counter movement jump with height and power calculations				
Height (cm)	42.0 ± 6	44.5 ± 6	39.4 ± 4	0.006
Power (W)	51.7 ± 5	53.7 ± 5	49.6 ± 4	0.01
One-legged counter movement jump with height calculation (cm)				
Dominant leg	29.3 ± 5	31.9 ± 6	26.6 ± 4	0.005
Non-dominant leg	29.4 ± 6	31.1 ± 6	27.6 ± 4	NS
Bilateral difference	-0.09 ± 6	0.80 ± 7	-0.99 ± 5	NS
One-legged counter movement jump with power calculation (W)				
Dominant leg	40.7 ± 5	42.9 ± 5	38.4 ± 4	0.004
Non-dominant leg	41.0 ± 5	42.4 ± 6	39.6 ± 4	NS
Bilateral difference	-0.3 ± 5	0.51 ± 6	-1.1 ± 5	NS
Plyometric jumps				
Height (cm)	38.99 ± 6	39.02 ± 5	38.98 ± 7	NS
Time (ms)	185.8 ± 36	183.3 ± 28	188.4 ± 42	NS
Speedy jumps (s)				
Dominant leg	5.51 ± 0.5	5.45 ± 0.5	5.56 ± 0.5	NS
Non-dominant leg	5.57 ± 0.5	5.53 ± 0.6	5.61 ± 0.4	NS
Bilateral difference	0.06 ± 0.4	0.08 ± 0.4	0.05 ± 0.4	NS
Quick feed test (s)	8.27 ± 1.1	8.24 ± 1.2	8.31 ± 1	NS

higher. Therefore, the present data could be viewed as a starting point for providing normative data for soccer players.

In agreement with the present study, Cometti *et al.* found that elite soccer players had higher knee extensor strength and CMJ values than sub-elite soccer players.²³ The ability to produce high force quickly is important for sports and injury protection.²⁴ Thus, the CMJ might have utility for assessment of knee extensor strength and dynamic explosive force production capacity.²⁵ It should be noted, that in the present investigation, the professional players were significantly older. This difference in age may have led to different jump characteristics, as professional players have a longer history of training per se, and especially strength training, compared to their younger semi-professional counterparts. As professional squad members, soccer players are also more exposed to physical testing²⁶ and thus are experienced with testing methods, especially the countermovement jump.

In contrast to the jump tests, no statistically significant group differences in the two-legged and the one-legged stability tests were found. In a study by Muaidi *et al.*,²⁷ Olympic-level male soccer players demonstrated significantly better proprioception than sex-matched non-athletes, suggesting that training plays a major role in the enhancement of proprioception.^{27, 28} A 5-week sensory motor training program has been shown to improve functional performance and postural control in young male soccer players²⁹ and three months of sensorimotor training improved postural stability in basketball players.³⁰ As fatigue induces an impairment in balance and is implicated in injury occurrence,³¹ focusing on sports-specific sensory motor training is advisable. In agreement with this, a short weekly neuromuscular exercise program performed as a warm-up reduced the rate of ACL injuries among adolescent female soccer players.³²

In regard to the plyometric jumps, the speedy jump test and the quick feet test showed no statistically significant differences between professional and semi-professional soccer players. Assessing plyometric jump ability is beneficial, as this jump test reproduces the stretch-shortening cycle, which is important for movement initiation and acceleration performance.³³ Agility performance is affected by reactive strength, which is the ability to change rapidly from eccentric to

tanto, questi dati potrebbero essere considerati come un punto di partenza per fornire dati normativi per i giocatori di calcio.

In accordo con il presente studio, Cometti et al. hanno rilevato che i giocatori di calcio d'élite avevano una forza nell'apparato estensore del ginocchio e valori CMJ maggiori rispetto ai giocatori di calcio non elitari.²³ La capacità di produrre una elevata forza rapidamente è importante per gli sport e come protezione dalle lesioni.²⁴ Quindi, la CMJ potrebbe avere utilità per la valutazione della forza di estensione del ginocchio e la capacità di produrre di forza dinamica esplosiva.²⁵ Va notato che in questo studio i giocatori professionisti erano significativamente più anziani. Questa differenza di età potrebbe aver determinato le diverse caratteristiche nel salto, in quanto i giocatori professionisti hanno un percorso di allenamento, e soprattutto un allenamento di forza, di per sé più lungo rispetto alle loro controparti semi-professioniste più giovani. Come membri di squadre di professionisti, i giocatori di calcio sono anche maggiormente sottoposti a test fisici²⁶ e quindi hanno esperienza nei metodi di prova, in particolare per quanto riguarda salto in contromovimento.

In contrasto con i test di salto, non sono state trovate differenze statisticamente significative nei test di stabilità a due gambe e a una gamba. In uno studio di Muaidi et al.,²⁷ giocatori di football di sesso maschile di livello olimpico hanno dimostrato una propriocezione significativamente migliore rispetto ai non atleti di sesso corrispondente, suggerendo che l'allenamento gioca un ruolo importante nel potenziamento della propriocezione.^{27, 28} È stato dimostrato che un programma di allenamento motorio sensoriale di 5 settimane migliora le prestazioni funzionali e il controllo posturale in giovani giocatori di calcio²⁹ di sesso maschile e tre mesi di allenamento sensomotorio hanno migliorato la stabilità posturale nei giocatori di pallacanestro.³⁰ Poiché la fatica induce una compromissione dell'equilibrio ed è implicata nel verificarsi di un infortunio,³¹ è consigliabile concentrarsi sull'addestramento motorio sensoriale specifico. D'accordo con questo, un breve programma settimanale di allenamento neuromuscolare eseguito come riscaldamento riduce il tasso di lesioni al LCA tra le giocatrici di pallacanestro di sesso femminile.³²

Per quanto riguarda i salti pliometrici, il test di salto rapido e il test di velocità del piede non hanno mostrato differenze statisticamente significative tra i giocatori di calcio professionisti e semi-professionisti. Valutare la capacità di salto pliometrico è vantaggioso, poiché questo test di salto riproduce il ciclo di allungamento-accorciamento, che è importante per l'inizio del movimento e le prestazioni in accelerazione.³³ La prestazione in agilità è influenzata

concentric action.^{33, 34} For the speedy jump test, no comparable data for professional or semi-professional soccer players exists, as this is a newly developed test. The jump test was performed with both the dominant and non-dominant leg and showed minor bilateral differences within individuals. As there are long-term deficits in strength and neuromuscular control of the lower extremity after an ACLR^{13, 35, 36} and as these deficits might be risk factors for re-rupture or a secondary injury of the lower extremity,^{14, 35} this jump test might be an objective tool to detect bilateral differences between the operated and non-operated leg.

The quick feet test assesses the maximum speed of lower limb movement similar to the foot tapping test.³⁷ Quick movements in a fatigued state are associated with the prevention of ACL injuries.^{19, 38} Tapping frequency is also used for talent identification with respect to maximum speed.^{37, 39} In a previous study, non-dominant leg training significantly improved the time taken for 15 repetitions in a standardised tapping test, suggesting that non-dominant leg training could also improve soccer skills.⁴⁰ To support decision-making regarding return to sports, test batteries typically consist of isokinetic strength tests, several hop tests concerned with both distance and height, side hop tests, and jump-landing tasks.^{4, 16, 17, 20, 21} Using the above described tests, we have produced the first normative data for professional and semi-professional soccer players.

Limitations of the study

This study had some limitations. First, the study population was rather small; the number of participants was constrained by the size of the club's squad. Second, laying the difference in performance level between the second and the third tier may not be sufficiently pronounced to be significant; therefore, comparison of professional *versus* amateur players in lower tiers might be of interest for future research. By comparing two squads of the same club, the players may also have had identical training regimes and therefore may be expected to show similar outcome values.

In general, clinically assessing functional performance has several advantages. In order to detect bilateral differences and to adopt training methods to address these possible asymmetries, objective data are benefi-

dalla forza reattiva, che è la capacità di cambiare rapidamente dall'azione eccentrica a quella concentrica.^{33, 34} Per il test di salto veloce, non esistono dati comparabili per giocatori di calcio professionisti o semi-professionisti, poiché si tratta di un test appena sviluppato. Il test di salto è stato eseguito sia con la gamba dominante che con quella non dominante e ha mostrato differenze bilaterali minori tra gli individui. Poiché vi sono deficit a lungo termine nella forza e nel controllo neuromuscolare degli arti inferiori dopo RLCA^{13, 35, 36} e poiché questi deficit potrebbero rappresentare fattori di rischio per una nuova rottura o una lesione secondaria degli arti inferiori,^{14, 35} questo test di salto potrebbe essere uno strumento obiettivo per rilevare differenze bilaterali tra la gamba operata e quella non operata.

Il test di velocità del piede valuta la velocità massima del movimento degli arti inferiori in modo simile al test di tocco del piede.³⁷ I movimenti rapidi in uno stato di affaticamento sono associati alla prevenzione delle lesioni del LCA.^{19, 38} Anche la frequenza di picchiamento viene utilizzata per l'identificazione delle capacità rispetto alla massima velocità.^{37, 39} In uno studio precedente, l'allenamento con la gamba non dominante ha migliorato significativamente il tempo impiegato per compiere 15 ripetizioni in un test di battitura standardizzato, suggerendo che l'allenamento con la gamba non dominante può anche migliorare le abilità calcistiche.⁴⁰ Per sostenere il processo decisionale in merito al ritorno all'attività sportiva, le batterie di test consistono tipicamente di prove di resistenza isocinetica, diverse prove di salto in avanti che riguardano sia la distanza che l'altezza, test di salto laterale e prove di salto e atterraggio.^{4, 16, 17, 20, 21} Utilizzando i test sopra descritti, abbiamo prodotto i primi dati normativi per calciatori professionisti e semi-professionisti.

Limiti dello studio

Questo studio ha alcune limitazioni. Innanzitutto, la popolazione presa in esame è piuttosto piccola; il numero di partecipanti è stato limitato dalle dimensioni della squadra del club. In secondo luogo, la differenza nel livello di prestazioni tra il secondo e il terzo livello potrebbe non essere sufficientemente pronunciata per essere significativa; pertanto, il confronto tra giocatori professionisti e dilettanti di livello inferiore potrebbe essere di interesse per la ricerca futura. Confrontando due squadre dello stesso club, i giocatori possono anche aver avuto identici regimi di allenamento e quindi ci si può aspettare che mostrino valori di risultato simili.

In generale, la valutazione clinica delle prestazioni funzionali presenta numerosi vantaggi. Al fine di individuare differenze bilaterali e adottare metodi

cial. As jump height correlates with isokinetic strength,⁴¹⁻⁴³ higher jump values are desirable in athletes, as a greater strength and power would be preferable in soccer players for possible injury risk reduction and to allow for more powerful jumps, kicks, tackles, and sprints among other factors.^{23, 44} When the worst case scenario happens and a player suffers an ACL rupture, an objective evaluation about the functional readiness to return to sports is possible by reference to the player's scores on the test battery as completed preinjury. Therefore, using this test battery is beneficial to assess the functional capability of an athlete at the beginning and during the season in order to compare the functional status of pre-injury and post-surgery condition individually.

As standardized and objective criteria to assess athletes' safe return to sports are limited and functional knee stability is proposed to be one of the key factors influencing a safe return to sports after ACLR,⁴⁵ this test battery is one useful part in the puzzle for a safe return and possibly beneficial to reinstate the player with less risk of a recurrent injury. This test battery was developed for a safe return after ACLR,^{18, 19} however it might also be used for the evaluation of other injuries in the knee joint. Regaining muscle strength and dynamic stability is also crucial in patients with patellar instability⁴⁶ and the test battery is also used to assess functional outcome in patients after medial patellofemoral ligament reconstruction (unpublished data). With a consistent lack of consensus regarding the indications for clearance for unrestricted sports activities in patients after ACLR^{4, 10} and due to the amount of time postoperatively often being used as the only criterion,^{11, 12} the present test battery aid clinicians in their decision-making regarding return to sports after ACLR.

Conclusions

Assessing functional performance using the present test battery is simple during the athletic training sessions of sports teams. The training load is less than that of normal soccer training and team staff, including the manager, athletic trainer, and sports scientists, receive valuable information about the players' physical capabilities and side-to-side differences. Additionally, once a player sustains an injury

di allenamento per affrontare queste possibili asimmetrie, i dati oggettivi sono utili. Poiché l'altezza del salto correla con la forza isocinetica,⁴¹⁻⁴³ negli atleti sono desiderabili valori di salto più elevati, in quanto una maggiore forza e potenza permetterebbero una possibile riduzione del rischio delle lesioni e consentirebbero salti più potenti, calci, contrasti e sprint tra le altre cose.^{23, 44} Quando si presenta lo scenario peggiore e un giocatore subisce la rottura del LCA, è possibile fare una valutazione obiettiva sulla prontezza funzionale per tornare all'attività sportiva facendo riferimento ai punteggi del giocatore nella batteria di test effettuata prima dell'infortunio. Pertanto, l'uso di questa batteria di test è utile per valutare la capacità funzionale di un atleta all'inizio e durante la stagione al fine di confrontare individualmente lo stato funzionale della condizione pre-infortunio e postchirurgica.

Poiché i criteri standardizzati e oggettivi per valutare un ritorno sicuro degli atleti all'attività sportiva sono limitati e si presuppone che la stabilità funzionale del ginocchio sia uno dei fattori chiave che influenza il ritorno allo sport dopo RLCA,⁴⁵ questa batteria di test rappresenta una parte utile nel puzzle per un ritorno sicuro ed eventualmente utile per reintegrare il giocatore con meno rischi di infortunio ricorrente. Questa serie di prove è stata sviluppata per un ritorno sicuro dopo RLCA,^{18, 19} tuttavia potrebbe essere utilizzata anche per la valutazione di altre lesioni all'articolazione del ginocchio. Il recupero della forza muscolare e della stabilità dinamica è fondamentale anche nei pazienti con instabilità rotulea⁴⁶ e la batteria di test viene utilizzata anche per valutare l'esito funzionale in pazienti dopo la ricostruzione mediale del legamento femoro-rotulofemorale (dati non pubblicati). Essendoci una costante mancanza di accordo riguardo alle indicazioni per l'autorizzazione per attività sportive senza restrizioni nei pazienti dopo RLCA^{4, 10} e a causa dell'utilizzo del periodo di tempo postoperatorio spesso come unico criterio,^{11, 12} questa batteria di test rappresenta un supporto nel processo decisionale dei medici per quanto riguarda il ritorno agli sport dopo RLCA.

Conclusioni

Valutare le prestazioni funzionali usando la presente serie di test è semplice durante le sessioni di allenamento atletico delle squadre sportive. Il carico di allenamento è inferiore a quello del normale allenamento nel calcio, e il personale di squadra, compreso il manager, il preparatore atletico e gli scienziati sportivi, riceve preziose informazioni sulle capacità fisiche e sulle differenze tra i giocatori. Inoltre, quando un giocatore subisce un infortunio, una

ry, an objective evaluation of their functional readiness to return to sports may be possible by reference to the player's scores on the test battery as completed pre-injury. Except for jump height, no difference between professional and semi-professional soccer players was apparent in this study.

valutazione obiettiva della sua prontezza funzionale per tornare all'attività sportiva può essere possibile facendo riferimento ai punteggi del giocatore stesso nella batteria di test effettuati prima dell'infortunio. A eccezione dell'altezza nel salto, in questo studio non è emersa alcuna differenza tra i giocatori di calcio professionisti e semi-professionisti.

References/Bibliografia

- 1) Mangone M, Bernetti A, Paoloni M, Canonico R, Tognolo L, Cruciani A, *et al.* Motor imagery and rehabilitation of a professional soccer player after anterior cruciate ligament injury: a case report. *Med Sport* 2017;70:109-15.
- 2) Balazs GC, Pavey GJ, Brelan AM, Pickett A, Keblish DJ, Rue JPH. Risk of anterior cruciate ligament injury in athletes on synthetic playing surfaces a systematic review. *Am J Sports Med* 2014;43:1798-804.
- 3) Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, *et al.* Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in sports. Part II: Systematic review of the effectiveness of prevention programmes in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22:16-25.
- 4) Gokeler A, Welling W, Zaffagnini S, Seil R, Padua D. Development of a test battery to enhance safe return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25:192-9.
- 5) Bisciotti GN, Sannicandro I, Manno R. Changes in ballistic muscle activation patterns after two different anterior cruciate ligament reconstruction techniques. *Med dello Sport* 2011;64:185-200.
- 6) Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med* 2005;39:127-31.
- 7) Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *Am J Sports Med* 2011;39:538-43.
- 8) Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sports Med* 2004;34:269-80.
- 9) Cascio BM, Culp L, Cosgarea AJ. Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med* 2004;23:395-408.
- 10) Petersen W, Taheri P, Forkel P, Zantop T. Return to play following ACL reconstruction: a systematic review about strength deficits. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014;134:1417-28.
- 11) Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2011;27:1697-705.
- 12) Hall MP, Paik RS, Ware AJ, Mohr KJ, Limpisvasti O. Neuromuscular evaluation with single-leg squat test at 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2015;3:2325967115575900.
- 13) Otzel DM, Chow JW, Tillman MD. Long-term deficits in quadriceps strength and activation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther Sport* 2015;16:22-8.
- 14) Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, *et al.* Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19:1798-805.
- 15) Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med* 2011;45:596-606.
- 16) Gustavsson A, Neeter C, Thomeé P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomeé R, *et al.* A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:778-88.
- 17) Neeter C, Gustavsson A, Thomeé P, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. Development of a strength test battery for evaluating leg muscle power after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:571-80.
- 18) Herbst E, Hoser C, Hildebrandt C, Raschner C, Hepperger C, Pointner H, *et al.* Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part II: clinical application of a new test battery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:1283-91.
- 19) Hildebrandt C, Müller L, Zisch B, Huber R, Fink C, Raschner C. Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part I: development of a new test battery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:1273-81.
- 20) Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. Ability of a new hop test to determine functional deficits after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004;12:350-6.
- 21) Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther* 2007;87:337-49.
- 22) World Medical Association. Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA* 2013;310:2191-4.
- 23) Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med* 2001;22:45-51.
- 24) Ageberg E, Roos HP, Silbernagel KG, Thomeé R, Roos EM. Knee extension and flexion muscle power after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft or hamstring tendons graft: A cross-sectional comparison 3 years post surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:162-9.
- 25) Pääsuke M, Ereline J, Gapeyeva H. Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:354-61.
- 26) Bangsbo J, Mohr M, Poulsen A, Perez-Gomez J, Krustup P. Training and testing the elite athlete. *J Exerc Sci Fit* 2006;4:1-14.
- 27) Muaidi QI, Nicholson LL, Refshauge KM. Do elite athletes exhibit enhanced proprioceptive acuity, range and strength of knee rotation compared with non-athletes? *Scand J Med Sci Sports* 2009;19:103-12.
- 28) Sugimoto D, Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Karlsson J, Myer GD. Biomechanical and neuromuscular characteristics of male athletes: implications for the development of anterior cruciate ligament injury prevention programs. *Sports Med* 2015;45:809-22.
- 29) Heleno LR, da Silva RA, Shigaki L, Araújo CG, Coelho Candido CR, Okazaki VH, *et al.* Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players - a blind randomized clinical trial. *Phys Ther Sport* 2016;22:74-80.
- 30) Wiszomirska I, Bender N, Patej M, Blaszkiewicz M. The impact of sensorimotor training on postural stability and motor skills of basketball players in the prevention of injuries. *Med dello Sport* 2017;70:354-64.
- 31) Pau M, Ibba G, Attene G. Fatigue-induced balance impairment in young soccer players. *J Athl Train* 2014;49:454-61.
- 32) Wingfield K. Neuromuscular Training to prevent knee injuries in adolescent female soccer players. *Clin J Sport Med* 2013;23:407-8.
- 33) Wong DP, Chaouachi A, Dellal A, Smith AW. Comparison of ground reaction forces and contact times between 2 lateral plyometric exercises in professional soccer players. *Int J Sports Med* 2012;33:647-53.
- 34) Sheppard JM, Young WB. Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci* 2006;24:919-32.
- 35) Setuain I, Millor N, Alfaro J, Gorostiaga E, Izquierdo M. Jumping performance differences among elite professional handball players with or without previous ACL reconstruction. *J Sports Med Phys Fitness* 2015;55:1184-92.
- 36) Kadija M, Knezevic O, Milovanovic D, Bumbasirevic M, Mirkov DM. Effect of isokinetic dynamometer velocity on muscle strength deficit in elite athletes

after ACL reconstruction. *Med dello Sport* 2010;63:495-507.

37) Gonaus C, Müller E. Using physiological data to predict future career progression in 14- to 17-year-old Austrian soccer academy players. *J Sports Sci* 2012;30:1673-82.

38) Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med* 2007;41:52-9.

39) Freiwald J, Brexendorf B, Pieper S, Baumgart C, Slomka M, Papadopoulos C. Leistungs- und Funktionsdiagnostik im Hochleistungsfußball. Präventives Screeningverfahren für Über- und Fehlbelastungen sowie Übertraining. *Sport - Sport* 2008;24:20-30.

40) Haaland E, Hoff J. Non-dominant leg

training improves the bilateral motor performance of soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13:179-84.

41) Sattler T, Sekulic D, Spasic M, Osmankac N, Vicente João P, Dervisevic E, *et al.* Isokinetic knee strength qualities as predictors of jumping performance in high-level volleyball athletes: multiple regression approach. *J Sports Med Phys Fitness* 2016;56:60-9.

42) Sattler T, Sekulic D, Esco MR, Mahmutovic I, Hadzic V. Analysis of the association between isokinetic knee strength with offensive and defensive jumping capacity in high-level female volleyball athletes. *J Sci Med Sport* 2015;18:613-8.

43) Rouis M, Coudrat L, Jaafar H, Filliard JR, Vandewalle H, Barthelemy Y, *et al.*

Assessment of isokinetic knee strength in elite young female basketball players: correlation with vertical jump. *J Sports Med Phys Fitness* 2015;55:1502-8.

44) Wisloff U, Helgrud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:462-7.

45) Lam MH, Fong D, Yung P, Ho E, Chan WY, Chan KM. Knee stability assessment on anterior cruciate ligament injury: Clinical and biomechanical approaches. *Sport Med Arthrosc Rehabil Ther Technol* 2009;1:20.

46) Ménétrey J, Putman S, Gard S. Return to sport after patellar dislocation or following surgery for patellofemoral instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22:2320-6.

Acknowledgements.—The study group would like to thank all of the study participants for their efforts.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: November 28, 2017. - Manuscript received: September 14, 2017.

Carissimi Lettori,

Ho il piacere di rendere noto ai nostri lettori che il Presidente della FMSI, Dott. Maurizio Casasco è stato eletto all'unanimità Presidente dell' EFSMA (European Federation Of Sports Medicine Associations) nell'Assemblea che si è tenuta a Cascais (Portogallo) il 17 Novembre u.s.

Al Dott. Maurizio Casasco le più affettuose felicitazioni per questa prestigiosa carica internazionale.

G. SANTILLI

Carissimi Lettori,

Il livello scientifico attualmente raggiunto dalla Rivista è motivo di orgoglio ed è merito dell'opera e dell'impegno di tutti. In accordo con l'Editore sono state aggiornate le "Norme per gli Autori"; nell'ambito del rinnovamento si è reso opportuno un avvicendamento dei membri del Comitato Editoriale e a tutti va un sentito ringraziamento.

L'elevato numero di lavori scientifici pervenuti alla Rivista da molti paesi, ha reso necessaria una iniziale selezione da parte del Comitato di Redazione ed un maggior coinvolgimento di Referees.

Siamo consapevoli dell'impegno e della disponibilità di tutti i Referees che hanno permesso, con la loro collaborazione qualificata e gratuita, la pubblicazione dei numeri della Rivista.

Desideriamo segnalarli agli autori e ai lettori perché condividano il nostro ringraziamento.

G. SANTILLI

Referees:

A. ANEDDA
A. BABAN
M. BENZI
A. BERNETTI
M. BIANCO
G. BISCOTTI
A. BONETTI
P. BORRIONE
F. BRUTTINI
A. DEI CAS
A. DI CAGNO
A. DI CASTRO
F. DI MARIO
S. DRAGONI
P. FACCINI
L. FERRARIS
C. FOTI
D. GALLI
C. GALVANI
G. GANZIT
F. GIADA
A. GIANFELICI

V. IERACITANO
A. LINO
U. MANILI
R. MANNO
C. MINGANTI
V. PALMIERI
A. PARISI
G. PASSERI
M. PIRRITANO
A. PIZZI
F. POGGIACOMI
F. QUATTRINI
A. RODIO
A. SACRIPANTI
A. SANTILLI
F. SARDELLA
A. SEGNALINI
M. SQUEO
S. TAMORRI
A. TODARO
C. VARALDA

La Federazione Medico Sportiva Italiana comunica con sincero dolore che:
il 25 Ottobre 2017 è venuto a mancare all'età di 73 anni Arsenio Veicsteinas, Professore Emerito di Fisiologia Umana e Direttore del Dipartimento di Scienze dello Sport, Nutrizione e Salute dell'Università degli Studi di Milano.

La Sua vita professionale è stata caratterizzata da un'intensa attività didattica e scientifica sia a livello nazionale che internazionale.

Presidente del Comitato Scientifico della FMSI è stato promotore di numerose iniziative e ha sempre profuso il suo impegno in campo medico, accademico, istituzionale.

Per le sue riconosciute capacità è stato una guida per gli atleti, i tecnici e Medici dello sport.

Subjects Index

Indice alfabetico per materie

A

Adolescent, 186.
Age determination by skeleton, 186.
Aged, 200, 288.
Anaerobic threshold, 61.
Anterior cruciate ligament, 109.
Antioxidant, 551.
Antioxidants, 150, 176, 537.
Arrhythmias, cardiac, 104, 191.
Athletes, 344, 389, 457, 480, 495, 503.
Athletic injuries, 354.
— performance, 1., 69, 163, 186, 266, 299, 318, 447, 537.
Atrial fibrillation, 457.
— flutter, 457.
Autistic disorder, 104.

B

Basketball free throw, 419.
Biofeedback, psychology, 282.
Blindness, 93.
Body Mass Index, 163.
Breathing exercises, 318.

C

Caffeine, 61.
Cardiovascular system, 61.
Central nervous system stimulants, 150.
Child, 163, 186.
— development disorders, pervasive, 521.
Chromatography, high pressure liquid, 495.
Circadian rhythm, 61.
Communicable diseases, 389.

D

Death, sudden, 191.
Diaphragm, 318.

Diet, 480.

Dietary supplements, 247.
Disabled Children, 521.
Doping in sports, 261.

E

Elderly, 126.
Endoscopy, 222.
Estradiol, 328.
Ethics, 261.
Exercise, 50, 126, 137, 200, 512, 551.
— test, 200, 266, 430.
External relevant attentional strategies, 419.

F

Fatty acids, 150.
Foot, 222.
Football, 333.

G

Gastrointestinal microbiome, 247.
Glutathione peroxidase, 176.
Gymnastics, 10, 288.

H

Heart neoplasms, 104.
— rate, 512, 537.
High-intensity interval training, 137, 266.
Human ACTN3 protein, 503.
Hydrocortisone, 328, 333.

I

Iliotibial band syndrome, 227.
Immunity, 247.

K

Knee, 93, 227, 439, 563.

L

Lycopene, 495.

M

Malabsorption syndromes, 480.
Malondialdehyde, 495.
Martial arts, 328, 503.
Mass screening, 191.
Maximal respiratory pressures, 318.
Mobile applications, 439.
Motor skills, 10, 354, 521.
Muscle strength, 36, 50, 109, 307.
— stretching exercises, 307.
Muscles, 299, 551.

N

Neurofeedback, 344.
Nutrition assessment, 69.
Nutritional requirements, 69.
— status, 69, 200.

O

Oxidative stress, 495.
Oxygen consumption, 20.

P

Physical education and training, 410, 447.

— fitness, 126, 200, 410.
 Physicians, 261.
 Physiological stress, 333.
 Physiology, 50.
 Platelet rich plasma, 551.
 Pliability, 288.
 Plyometric exercise, 299.
 Population groups, 20.
 Postural balance, 36, 410.
 Prevention and control, 389.
 Probiotics, 247.
 Proprioception, 93, 439.
 Psychological stress, 333.
 Psychomotor performance, 10.
 Pulse, 512.
 — wave analysis, 512.

R

Regression analysis, 20.
 Rehabilitation, 109.
 Resistance training, 1, 36.
 Respiratory function tests, 318.

Return to sport, 563.
 Rotator cuff, 84, 365.

S

Shoulder, 84, 365.
 Skinfold thickness, 163.
 Smartphone, 439.
 Soccer, 447, 563.
 Sport, 84, 191.
 Sports, 20, 212, 282, 389.
 — for persons with disabilities, 104.
 — medicine, 457.
 — psychology, 344.
 Superoxide dismutase, 176.
 Surgery, 365.
 Survey and questionnaires, 480.
 Surveys and questionnaires, 354.
 Swimming, 1.

T

Tendinopathy, 212, 227, 365.
 Tendons, 212, 222.

Tennis, 430.
 Testosterone, 328.
 Tuberous sclerosis, 104.

U

Ultrasonography, 84, 212.

V

Vaccines, 389.
 Visual acuity, 282.
 — information, 419.
 Volleyball, 344.

W

Water, 288.
 Weight lifting, 307.
 Wheelchairs, 430.
 Women, 137.
 Work capacity evaluation, 20.
 Workload, 447.
 Wounds and injuries, 212.

Authors' index

Indice alfabetico degli Autori

A

Abdoli B, 419.
 Abedelmalek S, 537.
 Aidar FJ, 288.
 Albu A, 512.
 Alfidan S, 222.
 Aloui K, 537.
 Alviti F, 109.
 Andjelkovic M, 480.
 Anillo Badía R, 84.
 Annino G, 126.
 Ardissino M, 503.
 Ardu B, 116.
 Aslankeser Z, 137.
 Astegiano P, 163.
 Attanasi C, 109.

B

Balci Ş, 137.
 Baltaci G, 50.
 Barrio Mateu L, 84, 212.
 Bartolomei R, 163.
 Basereh A, 176.
 Batista M, 200.
 Battistella D, 372.
 Baykal B, 222.
 Beidar N, 1.
 Ben Abderrahman A, 150.
 Ben Attia M, 150.
 Bender N, 354.
 Benítez León J, 212.
 Benito Peinado PJ, 20.
 Beratto L, 307.
 Berne P, 503.
 Bernetti A, 109.
 Bianchi G, 457.
 Bianco M, 104.
 Biasini V, 232.
 Błażkiewicz M, 354.
 Bongiovanni T, 247.
 Boni G, 232.
 Borriore P, 191.
 Bossi E, 116.
 Budeyri A, 227.
 Budeyri A, 365.

C

Calderón FJ, 20.
 Camelio S, 457.

Campisi S, 116.
 Campoli F, 126.
 Canonico R, 109.
 Caputo Ferreira ME, 288.
 Cardarelli F, 232.
 Casasco M, 389, 457.
 Casu G, 503.
 Ceti C, 439.
 Chirico E, 116.
 Chtourou H, 537.
 Çinar-Medeni Ö, 50.
 Cipolloni C, 372.
 Clemente-Suárez VJ, 447.
 Colakoglu FF, 50.
 Costa Moreira O, 288.
 Cotugno A, 457.
 Cruciani A, 109.
 Cuccaro F, 104.

D

D'elia M, 457.
 De La Vega R, 447.
 De Nicola A, 109.
 de Paula Costa S, 288.
 Dehghan P, 176.
 Demarie S, 116.
 Denghezli M, 537.
 Dhahbi W, 150.
 Di Castro A, 372.
 Di Gianfrancesco A, 261.
 Di Pietro B, 261.
 Di Pietro V, 247.
 Dikic N, 480.
 Dogan S, 551.
 Donatucci B, 372.
 Drid P, 328.
 Dünnwald T, 563.

E

Er F, 50.
 Ercan S, 222, 227, 365, 439.

F

Faiola F, 457.
 Fallahi A, 61.
 Farsi A, 419.
 Faustino A, 200.
 Fernández-Elías VE, 447.

Ferraris L, 10.
 Fink C, 563.
 Fiorilli G, 503.
 Fiscella D, 503.
 Fischer F, 563.
 Francavilla G, 247.
 Francavilla VC, 247.
 Franci M, 232.

G

Gama de Matos D, 288.
 Ganzit GP, 163.
 Gatterer H, 563.
 Gföller P, 563.
 Ghaedi S, 61.
 Gianfelici A, 116, 372, 389.
 Giannini S, 232.
 Gollin M, 307, 430.
 Gómez-López M, 447.
 Goon DT, 521.
 Gorietti F, 232.
 Guidotti F, 10.
 Guo LY, 318.

H

Hadjstephanou CP, 261.
 Hamar D, 36.
 Hamedinia MR, 299.
 Hismiogullari AA, 551.
 Hismiogullari SE, 551.
 Honório S, 200.
 Hoser C, 563.
 Hosseini F, 344.

I

Icardi G, 389.
 Intrieri M, 503.
 Isidori E, 261.
 Iuliano E, 503.

J

Jahromi MK, 61.
 Jelen M, 36.

K

Kayacan Y, 333.
 Khodaei K, 299.
 Khoramipour K, 176.
 Kondratijeva A, 328.
 Kostic-Vucicevic M, 480.

L

La Delfa G, 503.
 Lagos Olivos C, 212.
 Lancho C, 266.
 Lancho JL, 266.
 León Valladares D, 84, 212.
 Licoccia G, 282.
 Lo PY, 318.
 Lombardo M, 126.
 Lorenzo I, 20.
 Luciani U, 457.
 Lupo C, 10.
 Lyoka P, 521.

M

Magalhães Curty V, 288.
 Malic T, 480.
 Mangone M, 109.
 Marchegiani C, 282.
 Martera G, 372.
 Martins J, 200.
 Marziliano N, 503.
 Mazini Filho ML, 288.
 Melchiorri G, 126.
 Mendes P, 200.
 Meric G, 551.
 Michalickova D, 480.
 Micheletti G, 163.
 Milanese C, 163.
 Milicia GMN, 389.
 Minganti C, 191.
 Mohammadi A, 299.
 Mor A, 333.

N

Nabuco HC, 69.
 Nikolic I, 480.
 Norashteh AA, 93.
 Norouzi E, 344.
 Notaristefano S, 232.
 Núñez VM, 266.

O

Occhipinti D, 503.
Odone A, 389.
Ogul A, 439.
Orvieto S, 104.
Ostojic SM, 186, 328.
Ozgocer T, 333.

P

Padua E, 126.
Palini G, 232.
Palmieri V, 104.
Pampanelli G, 232.
Panzarino M, 126.
Paoloni M, 109.
Parisi A, 191, 389.
Pasquarella C, 389.
Pasternak J, 328.
Patej M, 354.
Patrocínio de Oliveira CE, 288.
Paulo R, 200.
Peinado AB, 20.
Pekyavas NO, 50.
Pérez León A, 84, 212.
Pessoa Filho DM, 20.
Petrica J, 200.
Pigozzi F, 261.
Platanou T, 1.
Poblador MS, 266.
Ponce Farfán O, 212.
Ponzano M, 430.

Potoră CS, 512.
Pozza P, 372.
Punduk Z, 551.

Q

Qiu J, 495.

R

Radman I, 36.
Rahman K, 551.
Ramírez JM, 266.
Rashid HF, 93.
Rezende de Oliveira
Venturini G, 288.
Rhibi F, 150.
Rizzuto V, 232.
Roscini F, 232.

S

Saba G, 232.
Saboory M, 176.
Saemi E, 419.
Salawu S, 521.
Sanjari MA, 419.
Sannicandro I, 410.
Santilli V, 109.
Santos J, 200.
Scarzella F, 163.
Schobersberger W, 563.
Schwarzenbrunner K, 563.

Scotton C, 10.
Segnalini A, 282.
Sellami M, 150.
Serrano J, 200.
Sferra Y, 282.
Shahed A, 176.
Signorelli C, 389.
Slimeni O, 150.
Souissi N, 537.
Spaccapanico Proietti S, 232.
Stojanovic M, 328.
Stojmenovic T, 480.
Sun M, 495.
Suveren C, 50.
Svilar L, 36.

T

Tabakov S, 328.
Tache S, 512.
Todaro L, 247.
Tognolo L, 109.
Trabalza M, 232.
Tranchita E, 191, 282.
Trivic T, 328.

U

Ucar C, 333.
Unal M, 222, 227, 365, 439.
Uzun A, 50.

V

Veicsteinas A, 389.
Vezzosi L, 389.
Viero V, 126.
Villanueva Cagigas E, 84.
Vinetti G, 457.
Viviano G, 10.
Vukasinovic-Vesic M, 480.

W

Wisnomirska I, 354.
Wu CY, 318.
Wu X, 495.

X

Xu Y, 495.

Y

Yang TY, 318.
Yildiz S, 333.

Z

Zarandi Z, 93.
Zemkova E, 36.
Zeppilli P, 104.
Zhang Q, 495.
Zheng J, 495.