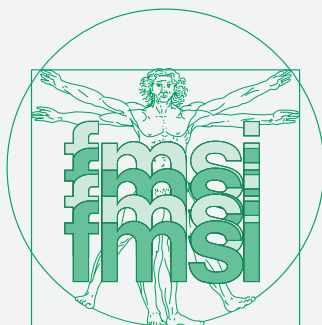


Indicizzata
in
Focus On:
Sports Science & Medicine (ISS)
Citata
nel
Journal Citation Reports (ISI)

MEDICINA DELLO SPORT

RIVISTA DELLA FEDERAZIONE MEDICO SPORTIVA ITALIANA

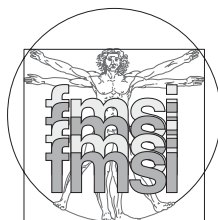
VOLUME 63 - N. 4 - DICEMBRE 2010



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 (Vienna) - F. BENAZZO (Pavia) - A. BIFFI (Roma) - M. BONIFAZI (Siena) - F. BOTRE' (Roma)
E. CASTELLACCI (Lucca) - P. CERRETELLI (Milano) - G. CERULLI (Perugia) - L. COIANA (Cagliari) - D. CORRADO (Padova)
J. M. CUMMISKEY (Dublino) - A. DAL MONTE (Roma) - F. DE FERRARI (Brescia) - E. H. DE ROSE (Porto Alegre)
H. H. DICKHUTH (Freiburg) - L. DI LUIGI (Roma) - P. E. DI PRAMPERO (Udine) - M. FAINA (Roma) - G. FANO' (Chieti)
C. FOTI (Roma) - S. GIANNINI (Roma) - C. G. GRIBAUDO (Torino) - G. LETIZIA MAURO (Palermo)
L. MAGAUDDA (Messina) - P. P. MARIANI (Roma) - G. MASSAZZA (Torino) - L. MICHELI (Boston) - P. PARISI (Roma)
S. PECORELLI (Brescia) - A. PELLICCIA (Roma) - F. PIGOZZI (Roma) - C. G. ROLF (Sheffield) - P. ROCHECONGARD (Renne)
E. ROVELLI (Milano) - R. SALLIS (Rancho Cucamonga, CA - USA) - F. SCHENA (Verona) - A. TODARO (Roma)
G. C. TOPI (Roma) - C. TRANQUILLI (Roma) - A. G. UGAZIO (Roma) - A. VEICSTEINAS (Milano) - A. VIRU (Tartu)
P. VOLPI (Milano) - P. ZEPELLI (Roma)

Comitato di Redazione

A. BONETTI - E. DRAGO - S. DRAGONI - G. FRANCAVILLA

Direttore Responsabile

A. OLIARO

This journal is **PEER REVIEWED** and is quoted in:

**Focus On: Sports Science & Medicine (ISI) - SPORT Database, SPORT Discus - BIOSIS
La Rivista è citata nel Journal Citation Reports (ISI) con Impact Factor**

Direzione e Redazione: Federazione Medico-Sportiva Italiana - Viale Tiziano 70 - 00196 Roma.

Ufficio grafico, ufficio pubblicità, fotocomposizione, amministrazione - Edizioni Minerva Medica - Corso Bramante 83-85 - 10126 Torino - Tel. (011) 67.82.82 - Fax (011) 67.45.02 - E-mail: minervamedica@minervamedica.it

Web Site: www.minervamedica.it

Stampa - Edizioni Minerva Medica - Tipografia di Saluzzo - Corso IV Novembre 29-31 - 12037 Saluzzo (CN) - Tel. (0175) 249405 - Fax (0175) 249407

Abbonamento annuo:

Italia - Individuale: Cartaceo € 85,00, Cartaceo+Online € 90,00; **Istituzionale:** Cartaceo € 120,00, Online (Small € 230,00, Medium € 260,00, Large € 300,00, Extra Large € 315,00), Cartaceo+Online (Small € 240,00, Medium € 275,00, Large € 315,00, Extra Large € 330,00); il fascicolo € 35,00.

Unione Europea - Individuale: Cartaceo € 145,00, Cartaceo+Online € 155,00; **Istituzionale:** Cartaceo € 225,00, Online (Small € 230,00, Medium € 260,00, Large € 300,00, Extra Large € 315,00), Cartaceo+Online (Small € 240,00, Medium € 275,00, Large € 315,00, Extra Large € 330,00); il fascicolo € 60,00.

Paesi extraeuropei - Individuale: Cartaceo € 160,00, Cartaceo+Online € 170,00; **Istituzionale:** Cartaceo € 250,00, Online (Small € 255,00, Medium € 285,00, Large € 330,00, Extra Large € 345,00), Cartaceo+Online (Small € 265,00, Medium € 300,00, Large € 345,00, Extra Large € 360,00); il fascicolo € 70,00.

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 00279109 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 2010

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

Pubblicazione trimestrale. Autorizzazione del Tribunale di Torino n. 1441 del 15-3-1961. Iscrizione nel registro nazionale della stampa

di cui alla legge 5-8-1981 n. 416 art. 11 con il numero 00 148 vol.

2 foglio 377 in data 18-8-1982. Pubblicazione periodica trimestrale

- Poste Italiane S.p.A. - Sped. in a.p. - D. L. 353/2003 (conv. in

L. 27/02/2004 N° 46) art. 1, comma 1, DCB/CN

Associata a



La Rivista aderisce al Codice di Autodisciplina degli Editori Medico Scientifici associati a FARMAMEDIA e può essere oggetto di pianificazione pubblicitaria

Associata a

A.N.E.S.

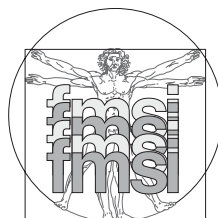
Associazione Nazionale Editoria Specializzata

MEDICINA DELLO SPORT

Vol. 63

Dicembre 2010

Numero 4



INDICE

465

AREA VALUTAZIONE FUNZIONALE

Il senso di coerenza è necessario per mantenere i giovani fisicamente attivi?

Bronikowski M.

521

AREA MEDICA

Stato nutrizionale e attività fisica delle studentesse tra 7 e 11 anni di Pars Alab nella provincia di Arbadil

Nakhostin-Roohi B., Sojudi A., Niknam Z.

485

Effetti sulla densità ossea dell'allenamento di resistenza rispetto a quello aerobico in giovani donne non allenate

Azali Alamdari K., Ebadi Shirmard B., Moradi Koochi M., Pozesh Jadidi J., Pozesh Jadidi R.

531

Un caso inusuale di fistola coronaria - polmonare che compromette il giudizio di idoneità in un podista

Marzullo M., Messina M., Manganiello M., Martello R., Palumbo G.

495

L'effetto della velocità misurata con un dinamometro isocinetico sui deficit di forza muscolare in atleti di alto livello dopo ricostruzione del legamento crociato anteriore

Kadija M., Knezevic O., Milovanovic D., Bumbasirevic M., Mirkov D. M.

539

Le cardiopatie congenite semplici e l'idoneità all'attività fisica agonistica

Cifra B., Marcora S. A., Tranchita E., Giordano U., Turchetta A., Giannico S., Fintini D., Calzolari A.

509

Curve sagittali della colonna e tilt pelvico in giovani canoisti di alto livello

López-Miñarro P. A., Muyor J. M., Alacid F.

547

AREA ORTOPEDICA

Ruolo dell'artro-RM nella micro-instabilità di spalla: nostra esperienza

Francavilla G., Sutera R., Iovane A., Candela F., Sanfilippo A., Francavilla V. C., D'Arienzo M.

557

Studio prospettico sulle caratteristiche cliniche e sui rilievi strumentali ecografici dei tendini dell'apparato estensore del ginocchio e del tendine di Achille in un campione di schermidori di alto livello

Giombini A., Dragoni S., Di Cesare A., Tranquilli C., Fiore A.

567

Incidenza degli infortuni nel minirugby: indicazioni per la prevenzione

Roi G. S., Bonanno D., Pacini D., Chiozzi F.

579

LA MEDICINA DELLO SPORT ... PER SPORT

La pallamano

Salvi A.

587

LA MEDICINA DELLO SPORT ... PER SPORT NEI FASCICOLI

591

FORUM

Attività fisica e tumore

Amodeo G., Camera A., Caimi G.

601

CONGRESSI

602

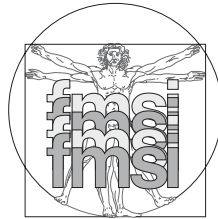
RINGRAZIAMENTI

MEDICINA DELLO SPORT

Vol. 63

December 2010

No. 4



CONTENTS

465

FUNCTIONAL ASSESSMENT AREA

Is sense of coherence needed to keep youth physically active?

Bronikowski M.

521

MEDICAL AREA

Nutritional status and physical activity in 7-11 year-old female students of Pars-Abad in the province of Ardabil

Nakhostin-Roohi B., Sojudi A., Niknam Z.

485

Effects of resistance *versus* aerobic training protocols on bone mineral density in young untrained females

Azali Alamdari K., Ebadi Shirmard B., Moradi Koochi M., Pozesh Jadidi J., Pozesh Jadidi R.

531

An unusual case of coronary-pulmonary fistula that makes it impossible to certify a runner's fitness

Marzullo M., Messina M., Manganiello M., Martello R., Palumbo G.

495

Effect of isokinetic dynamometer velocity on muscle strength deficit in elite athletes after ACL reconstruction

Kadija M., Knezevic O., Milovanovic D., Bumbasirevic M., Mirkov D. M.

539

Simple congenital heart disease and physical fitness certification for competition sports

Cifra B., Marcora S. A., Tranchita E., Giordano U., Turchetta A., Giannico S., Fintini D., Calzolari A.

509

Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young kayakers

López-Miñarro P. A., Muyor J. M., Alacid F.

547

ORTHOPEDIC AREA

Role of MR arthrography in shoulder micro-instability: personal experience

Francavilla G., Sutera R., Iovane A., Candela F., Sanfilippo A., Francavilla V. C., D'Arienzo M.

CONTENTS

557

Clinical and echographic characteristics of knee extensor tendons and the Achilles tendon in elite fencers: a prospective, observational study

Giombini A., Dragoni S., Di Cesare A., Tranquilli C., Fiore A.

567

Youth rugby union injury rates and suggestions for injury prevention

Roi G. S., Bonanno D., Pacini D., Chiozzi F.

579

SPORT MEDICINE ... FOR SPORT

The handball

Salvi A.

587

SPORT MEDICINE ... FOR SPORT
IN PAST ISSUES

591

FORUM

Physical activity and cancer

Amodeo G., Camera A., Caimi G.

601

CONGRESSES

602

ACKNOWLEDGMENTS

Area valutazione funzionale Functional assessment area

MED SPORT 2010;63:465-83

Is sense of coherence needed to keep youth physically active?

Il senso di coerenza è necessario per
mantenere i giovani fisicamente attivi?

M. BRONIKOWSKI

*Department of Methodology of Teaching Physical Education, University School of Physical Education,
Poznan, Poland*

SUMMARY

Aim. Studies on coherence indicate that it is an important resource in health-related behaviors, though still more evaluation of the lasting effects of various intervention programs is needed. In this paper, sustainability of the changes in health-related attitudes based on a concept of developing sense of coherence through self-responsible physical activity was tested. It also aimed at examining the associations between frequency of leisure-time physical activity, physical fitness, body constituency and sense of coherence in youth.

Methods. The baseline of this study included a randomly selected sample of 13-year-olds who participated in the experimental intervention program carried in three schools in Poznan in 2005-2008. From a total of 199 adolescent boys 38 from experimental group and 34 boys from control one were followed 15 months after ceasing of the program. From 170 girls it was 33 from experimental and 32 from control group who were randomly selected for the study. Among variables were: physical fitness, body constituency, frequency of leisure-time physical activity and sense of coherence. All the instruments were distributed in pre-test, post-test and follow up examinations parallel to the fitness testing. Analysis of variance was used to evaluate the level of changes and associations between the variables. All measures were adjusted for baseline biological age of mean maturation rate, assessed by a qualified physician.

Results. Boys and girls from intervention groups maintained high level of leisure-time physical activity 15 months after ceasing of the program. This has effected in higher level of physical fitness. No distinctive differences were found in case of body constituency between experimental and control groups except for muscle mass and sum of skinfolds in girls. In sense of coherence gradual increase was noticed from pre-test to follow up in experimental boys, while in girls it was increased at post-test but later at follow up it dropped. In control groups level of coherence was declining during the whole duration of the study.

Conclusion. The findings confirm effectiveness of a multi-level intervention designed to increase sense of coherence and promote self-responsibility in health-related lifestyle, which led to an increase in frequency of leisure physical activity. Sustainable effects of this intervention were maintained 15 months after ceasing of the program in experimental groups, whereas in control ones a decline in both frequency of physical activity and level of physical fitness was observed.

KEY WORDS: Exercise - Physical fitness - Life style - Adolescent.

RIASSUNTO

Obiettivo. Studi relativi alla coerenza indicano come questa sia un elemento importante nei comportamenti correlati allo stato di salute; sono comunque necessari ulteriori approfondimenti sugli effetti dei programmi di educazione correlati all'argomento. In questo lavoro è stata esaminata la possibilità di modificare l'atteggiamento individuale verso problematiche relative allo stato di salute attraverso l'auto-responsabilità nella pratica dell'attività fisica. È stata inoltre esaminata l'associazione tra la frequenza delle attività fisiche ricreative, la forma e la costituzione fisica ed il senso di coerenza nei giovani.

Metodi. Il gruppo di soggetti esaminati è stato ricavato da un campione randomizzato di ragazzi di 13 anni che avevano preso parte ad un programma di educazione sperimentale tenutosi in tre scuole di Poznan tra il 2005 e il 2008.

Su un totale di 199 adolescenti maschi, sono stati selezionati 38 ragazzi per il gruppo di studio e 34 come controllo. Su un totale di 170 adolescenti femmine, 33 ragazze sono state incluse nel gruppo di studio e 32 nel gruppo di controllo. Il follow-up è stato di 15 mesi dopo la fine del programma. I parametri esaminati erano: la forma fisica, la costituzione corporea, la frequenza delle attività fisiche ricreative ed il senso di coerenza. Nelle fasi pre e post-test e durante il follow-up sono stati utilizzati diversi strumenti di misura in concomitanza a valutazioni della forma fisica. È stata quindi redatta un'analisi della varianza al fine di valutare i cambiamenti e le possibili associazioni tra le variabili. Tutte le misurazioni sono state aggiustate per età sulla base del grado di maturità medio, valutato da uno specialista. Risultati. I ragazzi e le ragazze dei gruppi di studio hanno mantenuto un elevato livello di tempo dedicato ad attività fisiche ricreative 15 mesi dopo aver terminato il programma. Questo ha influenzato in modo positivo la loro forma fisica. Non sono state rilevate differenze significative relativamente alla costituzione corporea tra il gruppo di studio ed i controlli, fatta eccezione per la massa muscolare e l'entità del pannicolo adiposo nelle ragazze. Per quanto concerne il senso di coerenza, è stato rilevato un graduale incremento tra la valutazione pre-test ed il termine del follow-up nei ragazzi, mentre tra le ragazze questo parametro era aumentato alla valutazione post-test ma diminuiva nel corso del follow-up. Nel gruppo di controllo il livello di coerenza aveva la tendenza a diminuire per tutta la durata dello studio. Conclusioni. I dati raccolti confermano l'utilità di un programma educativo eseguito su più livelli, volto ad aumentare il senso di coerenza ed a promuovere l'auto-responsabilità nello stile di vita relativamente allo stato di salute, che conduce ad un incremento della pratica di attività fisiche ricreative. Nel gruppo in studio gli effetti positivi del programma educativo sono stati osservati anche 15 mesi dopo il termine del programma stesso, mentre nel gruppo di controllo è stata osservata una progressiva riduzione sia della frequenza della pratica di attività fisiche ricreative che del livello di forma fisica.

PAROLE CHIAVE: *Attività fisica - Forma fisica - Stile di vita - Adolescenza.*

To understand that the level of physical fitness and frequency of undertaking physical activity both have direct impact of our health, especially in childhood and adolescents as well as in elderly ¹ one needs a strong sense of coherence. It is obvious that the state of health in the elderly is an outcome of the patterns of health-related behavior and generally lifestyle in the earlier phases and thus it is important to initiate children into the right patterns from the very beginning. But it is even more important to build their self-esteem and understanding for this domain of human activity. The number of studies targeting qualitative interventions in teenagers is distinctly small. Research ² indicated the relationship between low physical activity (PA) influencing daily energy expenditure in untrained youth together with the latest increase of rate in the prevalence of obesity ³ calls for some organized and coordinated educational approach to increasing sporting activeness of kids from their early years.

It seems that specially designed school interventions could prove effective in keeping desirable yet sustainable healthy lifestyles patterns throughout the life span if they could only become meaningful for the youth. It appears though, that not every intervention can achieve a significant and lasting effect. In a study by Johns *et al.*⁴ in 11-13 year-old pupils authors indicated only minor, temporary changes in PA patterns. The findings confirmed that when

Per capire come il livello e la frequenza dell'attività fisica svolta esercitano un effetto diretto sulla nostra salute, in modo particolare nei bambini e negli adolescenti ma anche negli anziani ¹, è necessario un forte senso di coerenza. È ovvio come lo stato di salute nell'anziano sia il risultato di un insieme di comportamenti salutari e dello stile di vita sostenuto in età giovanile ed è proprio per questo motivo che è fondamentale educare i bambini ad un corretto comportamento sin dall'infanzia. Per ottenere questo risultato, è necessario che i giovani acquisiscano una buona autostima e che comprendano la funzione di questo parametro all'interno del complesso delle attività umane. Il numero di studi incentrati sull'educazione degli adolescenti è piuttosto ridotto. Alcune ricerche ² evidenziano come esista una relazione tra un basso livello di attività fisica (physical activity, PA), che determina un ridotto dispendio energetico quotidiano in ragazzi che non praticano sport, ed il recente aumento della prevalenza dell'obesità ³. Questa associazione sembra suggerire la necessità di istituire un approccio educativo coordinato ed organizzato per incrementare l'attività sportiva praticata dai ragazzi sin dall'infanzia.

*Sembra infatti che alcuni programmi scolastici potrebbero essere efficaci nel raggiungere e mantenere uno stile di vita salutare nel corso della vita se solo potessero essere più stimolanti per i giovani. È altresì evidente come non tutti i programmi riescano a raggiungere un effetto sufficiente e duraturo. Johns *et al.*⁴ hanno evidenziato in uno studio come studenti di età compresa tra gli 11 e 13 anni avessero raggiunto modificazioni piccole e non durature nel livello di attività fisica. I risultati*

challenged, technological and material innovations are more easily changed than attitudes, beliefs and values held by PE teachers. This fear of changes among professionals in sport and physical education, was described by Rovegno⁵ as a “curricular zone of safety”. PE teachers would retreat to it in case of potential changes to use this zone to set limits on the ways they are willing to teach content at that time and place. But a systematic approach (like educational interventions or systemic pedagogical approach) may be a sensible and yet, not too offensive a solution to this problem.

It is understandable that the positive effects of improved PA can be gained in various ways, by improvement in a system of organized sport, institutionalized recreation or improved health-related exercise in school physical education. Though all of them are equally important not all of them are easy to implement. Some are more costly than others, especially those involving outside institutions or authorities (sport clubs, federations). In the study presented in this paper it was the influence on their sense of self-determined competency (coherence) leading to increased leisure-time PA of youth that the intervention was aimed at. Leisure-time PA is often defined as a freely chosen activity involving physical efforts in one’s free time, however. For the purpose of the following article the term leisure-time PA was associated with the activity that was planned and done repeatedly in out-of-school time by each pupil. The study was carried on the framework of the salutogenic theory defining health as one’s location on the “ease-dis-ease” continuum with sense of coherence as a main construct in this model. Antonovsky’s^{6,7} sense of coherence (SOC) relates to the significance of “resistance resources” for prevention of health, focusing rather on factors determining good health and well-being than pathogenetic ones. According to Antonovsky coherence is based on an adequate self-evaluation, internal motivation for self-development through challenging leisure-time interests and social support when needed. All of those should be considered important in relation to meeting demands of everyday life as external resources such as opportunities to study, access to friends or like in case of the study presented – educationally created opportunities for leisure-time activities. Theoretical assumptions are that sufficient coordinated resources during childhood

della ricerca dimostrarono inoltre come sia più facile colmare delle carenze relative ad innovazioni tecnologiche o ai materiali piuttosto che problemi relativi al comportamento e alle convinzioni degli insegnanti di Educazione Fisica. Questa paura del cambiamento diffusa tra gli insegnanti di educazione fisica fu definita da Rovegno⁵ come “zona di sicurezza del corso di insegnamento”. Gli insegnanti ricorrerebbero ad essa in caso di possibili cambiamenti, utilizzando tale “zona” per definire i limiti del loro metodo di insegnamento in un dato momento e luogo. Forse, per porre un rimedio non offensivo a questa condizione, si potrebbe utilizzare un approccio sistematico (ad esempio corsi di formazione o di pedagogia).

È chiaro che gli effetti positivi di un incremento dell’attività fisica possono essere raggiunti in diversi modi: con un sistema di attività sportive organizzate, con attività ricreative istituzionalizzate o mediante un incremento degli esercizi salutari durante le ore di educazione fisica nelle scuole. Sebbene tutti questi elementi siano ugualmente importanti, non tutti sono così facili da migliorare. Alcuni sono più dispendiosi di altri, in particolar modo quelli al di fuori delle scuole (ad esempio club o federazioni sportive). Nello studio presentato in questo articolo l’intervento educativo mirava ad influenzare il senso di capacità auto-determinata (coerenza) cercando di portare ad un aumento del tempo dedicato alle attività sportive ricreative nei giovani. Le attività sportive ricreative vengono comunemente definite come attività, scelte volontariamente, che comprendano uno sforzo fisico, effettuate durante il tempo libero di un soggetto. In questo lavoro il termine attività sportive ricreative è stato associato a quelle attività che venivano pianificate e svolte con regolarità da ogni studente al di fuori dell’orario scolastico. Lo studio è stato sviluppato sullo schema della teoria salutista del continuum “ease-dis-ease” (benessere-mal-essere), in cui il senso di coerenza rappresenta un concetto cardine. Il senso di coerenza di Antonovsky^{6,7} (sense of coherence, SOC) fa riferimento al significato delle “risorse di resistenza” per la tutela della salute e si concentra sui fattori che possono contribuire ad uno stato di buona salute e benessere piuttosto che su quelli che determinano le malattie. Sulla base del concetto sviluppato da Antonovsky, la coerenza è incentrata su un’adeguata autostima e sulle motivazioni interne che determinano il raggiungimento del proprio sviluppo attraverso interessi avvincenti e con un eventuale supporto sociale. Tutto questo dovrebbe essere considerato importante quando si cerca di soddisfare le richieste quotidiane relative alle opportunità di studio, le amicizie o, come nel caso del presente studio, le opportunità create in ambito scolastico per la pratica di attività ricreative. In teoria si potrebbe dire che delle risorse

and adolescence allow growth of a strong SOC⁶⁻¹⁰ and thus influence one's health resources. But to modify health behavioral patterns cognitive processes (like sense of coherence) should be activated first and it was one of the purposes of the intervention.

Since the intervention was developed to create long-lasting health-related attitudes in youth it also seemed reasonable to use a model, which could help develop personal responsibility. Hellison's¹¹ Teaching Responsibility through Physical Activity model (TRPA) was used. It develops one's sense of responsibility through the following phases: 1) irresponsibility (reducing verbal and physical abuses, bullying, hogging equipment, disrupting the work and play of others); 2) self-control (controlling one's own behaviour by shifting responsibility from external forces like teachers to the internal, like pupil); 3) involvement (involving pupils by attractive challenges and experienced-based learning); 4) self-responsibility (making choices and linking these to the pupil's own identity); and 5) caring (providing social stability and encouraging pupils to reach beyond themselves to others) seemed worth testing in a school setting. During each phase teachers used the following teaching strategies: teacher talk, modelling, reinforcement, reflection time, pupil sharing.

The model has been confirmed in school settings of American schooling system. Findings of previous studies^{12, 13} indicate that the chances for development of moral reasoning and social responsibility without specially designed curricular contents (either through school or community-based programs) are low, limited or at least incidental. Hammond-Diedrich and Walsh¹⁴ have tested Hellison's model in a cross-age teaching program developed to promote the leadership of selected youth (11-15 year olds) from underserved communities. Findings suggested that being given leadership opportunities the youth leaders experienced personal growth and advanced their leadership skills. Similar outcomes could have been expected in case of self-planning of one's PA. On the other side in a review of effects of PA on health and behaviour Strong *et al.*¹⁵ recommended that a greater amount of PA (in total) is necessary to achieve beneficial effects on health and therefore school-age children should participate daily 60 minutes (at least) of moderate to vigorous

ben coordinate durante l'infanzia e l'adolescenza permetterebbero lo sviluppo di un buon senso di coerenza⁶⁻¹⁰ e, di conseguenza, determinerebbero un'influenza sullo stato di salute individuale. Certamente per modificare i comportamenti relativi allo stato di salute bisogna prima intraprendere un processo cognitivo (che includa ad esempio il senso di coerenza); questo è stato uno degli obiettivi del nostro intervento educativo.

Dal momento che il programma educativo è stato sviluppato per creare nei giovani delle capacità durature relative al mantenimento dello stato di salute, ci è sembrato utile utilizzare un modello che potesse aiutare a migliorare il senso di responsabilità. A questo proposito è stato utilizzato il modello di Insegnamento della Responsabilità attraverso l'Attività Fisica descritto da Hellison¹¹ (Teaching Responsibility through Physical Activity model, TRPA). Tale modello permette ad ogni individuo di sviluppare il proprio senso di responsabilità attraverso le seguenti fasi: 1) irresponsabilità (irresponsibility): riduzione degli abusi verbali e fisici, del bullismo, dei danni alle attrezzature e dell'interruzione del lavoro e del gioco degli altri; 2) autocontrollo (self-control): controllare il comportamento di ciascuno attribuendone la responsabilità non più ad una forza esterna, come potrebbero essere gli insegnanti, ma ad una interna, ad esempio gli studenti; 3) coinvolgimento (involvement): coinvolgere gli studenti utilizzando sfide avvincenti o un insegnamento basato sull'esperienza; 4) auto-responsabilità (self-responsibility): fare delle scelte che siano collegabili all'identità di ciascun allievo; e 5) assistenza (caring): provvedere ad una stabilità sociale ed incoraggiare gli allievi ad andare oltre se stessi, essendo altruisti. Durante ogni fase gli insegnanti hanno utilizzato le seguenti strategie di apprendimento: comunicazione verbale da parte del professore, utilizzo di modelli, ripetizione del concetto, tempo di riflessione, discussione tra gli allievi.

L'utilizzo del modello d'insegnamento nelle scuole è stato approvato dal sistema scolastico americano. I risultati di studi precedenti^{12, 13} hanno evidenziato come le probabilità di sviluppare una coscienza morale ed il senso di responsabilità sociale senza uno specifico programma didattico (sia attraverso la scuola o mediante programmi rivolti alla comunità) siano molto basse, limitate o addirittura casuali. Hammond-Diedrich e Walsh¹⁴ hanno sperimentato il modello di Hellison in un programma d'insegnamento volto alla promozione della leadership di alcuni giovani (età 11-15 anni) appartenenti a comunità disagiate. I risultati hanno evidenziato come, avendo ottenuto la possibilità di appartenere alla leadership, i giovani abbiano dimostrato una crescita personale sviluppando inoltre le proprie capacità dirigenziali. Risultati simili si potrebbero ottenere in caso di

activity. Also Salis *et al.*¹⁶ report that a two-year program on PA and fitness called SPARK carried with 10-12 years pupils can provide them with substantially more PA and such improved PE classes can potentially benefit 97% of elementary school pupils. The question is how to maintain motivation and long-term interests in PA of children for the sake of their health and across the life-span?

Materials and methods

Sample characteristic

The study enrolled 199 adolescent boys at baseline, from which a randomly selected group (N.=84) was assigned for the first phase of the program (15 months) to experimental and another group (N.=115) became a control group. In the second phase (next 15 months) a randomly selected group was followed and examined for the long-term sustained effects. It was randomly selected 38 boys from the experimental group and 34 from the control one who were followed to the end of their gymnasium school. In girls the total number at the baseline of the first phase (15 months) was 170 assigned to either experimental (N.=76) or control groups (N.=94). In the second phase (next 15 months) from these groups randomly selected for another phase of examination were 33 girls from experimental and 32 from control group. All control groups were selected from the same school environment. To avoid the bias of transferring the specific teaching skills concerning Teaching Responsibility through Physical Activity model the only preassumption was that the teachers who thought in experimental classes could not teach at the same time in control groups. Control groups had the same number of physical education classes and the mode of teaching was traditional direct teaching, while it was more indirect teaching in experimental classes. The contents was related to standard sport disciplines (sport games, track and field, gymnastics) and in control classes concerned only teaching in and during school lessons, whereas in experimental classes each pupil was encouraged to choose, plan and carry on with the sports of their own choices in their out-of-school time (in their leisure-time). So the range of activities in the experimental groups depended on pupils and their interested. It was

un'autogestione della propria attività sportiva. Al contrario, una review di Strong et al.¹⁵ sugli effetti dell'attività sportiva sulla salute e sul comportamento dice che è necessaria una grande quantità di attività fisica per poter raggiungere gli effetti benefici sperati sulla salute; la raccomandazione è quella che i bambini in età scolare praticino almeno 60 minuti di attività fisica (da moderata ad intensa) al giorno. Anche Salis et al.¹⁶ hanno riportato come un programma di educazione fisica e fitness della durata di 2 anni (chiamato SPARK), eseguito con studenti di età compresa tra i 10 e i 12 anni, che comprendeva fondamentalmente l'esecuzione di più attività fisica, porterebbe dei benefici nel 97% degli alunni delle scuole elementari. La domanda, a questo punto, è come mantenere nei bambini la motivazione e l'interesse a lungo termine nell'eseguire attività fisica, per la tutela della loro salute nel corso degli anni?

Materiali e metodi

Caratteristiche del campione

Per la prima parte dello studio (15 mesi), come gruppo sperimentale sono stati selezionati in modo randomizzato 84 ragazzi da una popolazione di 199 maschi adolescenti. Nella stessa fase è stato poi creato un gruppo di controllo randomizzato di 115 ragazzi. Durante la seconda fase del lavoro (ulteriori 15 mesi) sono stati esaminati due gruppi randomizzati per valutare i risultati a lungo termine. I due gruppi di 38 e 34 ragazzi, derivanti in modo randomizzato rispettivamente dal gruppo sperimentale e da quello di controllo utilizzati nella prima fase, sono stati seguiti sino alla fine del ginnasio. Per le ragazze il numero totale iniziale era di 170. Nella prima fase dello studio 76 sono state assegnate al gruppo sperimentale e 94 al gruppo di controllo. Durante la seconda fase, dai due gruppi sono state rispettivamente selezionate in modo casuale 33 e 32 ragazze. Tutti i controlli derivavano dallo stesso ambiente scolastico. Per evitare errori dovuti alla comunicazione di specifiche competenze nell'insegnamento, in relazione al modello di "Insegnamento della Responsabilità attraverso l'Attività Fisica", l'unica regola è stata che gli insegnanti assegnati alle classi sperimentali non potevano insegnare nelle classi di controllo. I gruppi di controllo erano sottoposti allo stesso numero di lezioni e il metodo di insegnamento è stato quello tradizionale diretto. Al contrario, nei gruppi sperimentali, l'insegnamento era di tipo indiretto. I contenuti delle lezioni erano correlati alle comuni discipline sportive (giochi di squadra, attività su pista o su erba, ginnastica) e, mentre nei gruppi di controllo l'attività didattica era incentrata esclusivamente sulle attività svolte a scuola, per i gruppi

believed that pupils participation in selection of activities and freedom to arrange it accordingly to one's own needs and interests would benefit in developing strong sense of coherence and thus increase total activity time in out of school leisure-time.

All measures were adjusted for baseline biological age of mean maturation rate, assessed by a qualified physician. The average age of boys was 13.25 ± 0.40 years and of girls 13.22 ± 0.29 years. There were no significant differences between the groups of boys in somatic features nor in girls except for the sum of skinfolds. Basic characteristics are given in Table I for boys and Table II for girls.

Instruments

A pre-test/post-test, two-group design was employed for the intervention program followed 15 months later by an extra examination after ceasing of the program to examine long-term sustained effects. It was hypothesized that if an appropriate approach to setting of individual targets and objectives in the area of health-related activities is applied to every pupil this will increase their sense of understanding (sense of coherence) and will cause changes in the frequency of undertaking sporting activities. It was assumed that this will result in increased frequency of leisure-time PA and thus improve selected health components. The program was based on salutogenetic approach and employing Hellison's ¹¹ Teaching Responsibility through Physical Activity (TRPA) model. In case of fitness the changes of the level were measured: by the number of minutes completed in 20-meters Shuttle Run (20SRT), by centimeters in a standing broad jump and by the number of sit ups in a 30 s sit up test, all carried out accordingly to the protocol from the battery of Eurofit test.¹⁷ Pupils were always tested in the same conditions of the school gym during regular PE classes. Pre-testing took place in the first month of a school year and post-test examination was carried out after three semesters (15 months). Final follow-up examination took place after additional 15 months at the end of the gymnasium school. Body mass index (BMI) was calculated as $\text{weight}(\text{kg})/\text{height}^2(\text{m})$, according to WHO's recommendation and the level of subcutaneous fat was measured by the sum of five skinfolds (triceps, biceps, sub-

sperimentali ogni studente era stimolato a scegliere, pianificare e svolgere uno sport di suo gradimento al di fuori dell'orario scolastico (nel proprio tempo libero). In questo modo la gamma di attività svolte nei gruppi sperimentali dipendeva dagli studenti e dai loro interessi personali. Abbiamo creduto che la partecipazione degli allievi a diverse attività e la possibilità di combinarle secondo le proprie necessità ed i diversi interessi potesse aiutare nello sviluppare un forte senso di coerenza e, in ultima analisi, determinare un incremento del tempo totale dedicato alle attività sportive durante il tempo libero. Tutte le misurazioni sono state aggiustate per età e grado di maturità medio sulla base di un'analisi svolta da un medico qualificato. L'età media era di $13,25 \pm 0,40$ anni per i ragazzi e di $13,22 \pm 0,29$ anni per le ragazze. Non abbiamo rilevato differenze statisticamente significative tra i due sessi se non una differenza per quanto concerneva il pannicolo adiposo. Le caratteristiche di base sono riassunte nella Tabella I per i ragazzi e nella Tabella II per le ragazze.

Strumenti

Questo programma educativo è stato valutato mediante un disegno di studio a due gruppi con valutazioni pre-test/post-test, seguito da un'ulteriore valutazione a 15 mesi di distanza. Quest'ultima, svolta dopo il termine del programma, è servita per analizzare gli effetti a lungo termine del programma stesso. È stato ipotizzato che, utilizzando per ciascuno studente un approccio adeguato per stimolare obiettivi personali nel campo delle attività salutari, si potrebbe incrementarne il senso di comprensione (senso di coerenza) determinando dei cambiamenti nella frequenza di svolgimento delle attività sportive. Questo risulterebbe in un aumento della tempo dedicato alle attività sportive ricreative e migliorerebbe alcuni elementi correlati allo stato di salute. Il programma sperimentale è stato costruito su un approccio salutistico utilizzando il modello di Hellison ¹¹ di Insegnamento della Responsabilità Attraverso l'attività Fisica. Per quanto riguarda la forma fisica sono stati misurati eventuali cambiamenti: misura dei minuti di resistenza al 20-meters Shuttle Run Test (20SRT), misura dei centimetri del salto in lungo eseguito da fermo, ripetizioni del sit up test in 30 secondi. Tutti i test sono stati eseguiti secondo le norme descritte dal protocollo Eurofit¹⁷. Gli alunni sono sempre stati esaminati nelle stesse condizioni, nella palestra della scuola, durante le regolari lezioni di educazione fisica. I pre-test sono stati svolti durante il primo mese dell'anno scolastico mentre i post-test hanno avuto luogo dopo il terzo semestre (15 mesi). Il follow-up finale è stato eseguito dopo ulteriori 15 mesi, alla fine del ginnasio. Abbiamo calcolato, in accordo con le raccomandazioni della WHO, l'indice di massa corporea (BMI) come

scapular, suprailiac and calf) with the use of a Lange caliper. The assessment of body fat mass, fat free mass and muscle mass was obtained with the use of bioelectrical impedance analysis (BIA) method with Bodystat 1500,¹⁸ accordingly to procedure and always in the morning hours. Other variables were obtained by the "Self-reported Physical Activity" questionnaire with a previous month frequency of MVPA recall, validated recently.^{19, 20} For the Sense of Coherence (SOC-13) short version of a questionnaire was used.⁸ The range of scores was: 13-65 points in total sense of coherence.

All the instruments were distributed in pre-test, post-test and follow-up examinations parallel to the fitness testing. The examined sample was classified by the mean values of fitness and by body mass components.

Procedure

A quasi-experimental intervention with a comparison of experimental groups, randomly selected and allocated for the purpose of the study parallel control groups was used with duration of 15 months. The overall intervention protocol included lesson plans of regular physical education activities facilitated by qualified PE teachers in addition to the specially self-designed, personalized planner "Planning Form of Leisure-time Physical Activity". In that planner every pupil planned the amount of time and forms (from a range of activities) of weekly hours of PA in out-of-school leisure-time for each week throughout the 15 months period. Following the completion of the PE lessons a small meetings were held every two weeks on evaluation of leisure-time activities (carried out by the teacher and the pupil together) for the concordance of the planned and practically undertaken sporting activities with responsibility relaying on the pupil for accuracy of the plans and accomplishments as a part of Hellison's model of TRPA. Those pupils who fulfilled the obligation to undertake PA the way they had planned and committed themselves in the planner were receiving a reward - an extra grade once every a month.

Statistical analyses

In the research both quantitative and qualitative data were collected and analyzed to explore relationships between dependent and

peso(kg)/altezza²(m) e quindi eseguito la misura del quantitativo di grasso sottocutaneo sommando le plicometrie rilevate con calibro di Lange in cinque sedi differenti (tricipite, bicipite, sottoscapolare, regione sovrailiaca e polpaccio). La valutazione della massa corporea grassa, magra e muscolare è stata ottenuta con l'analisi dell'impedenziometria (BIA) mediante un apparecchiatura Bodystat 1500¹⁸ durante le prime ore della giornata. Ulteriori informazioni sono state raccolte mediante un "auto-questionario sull'Attività Fisica" recentemente validato^{19, 20} per l'analisi delle attività sportive da moderate ad intense svolte nel mese precedente. Per lo studio del senso di coerenza è stato utilizzato la forma abbreviata dell'apposito questionario⁸. Il punteggio totale del senso di coerenza variava da 13 a 65 punti.

Tutti gli strumenti di valutazione utilizzati al momento del pre-test, post-test e del follow-up sono stati affiancati alle misure relative alla forma fisica. I campioni esaminati sono stati classificati in base alla media dei valori relativi alla forma fisica e alle componenti della massa corporea.

Procedura

In un periodo di 15 mesi, durante il quale è stato utilizzato un programma di intervento semi-sperimentale, sono stati messi a confronto dei gruppi (sottoposti al programma e di controllo) selezionati in modo casuale. Il protocollo di intervento includeva un programma di lezioni di educazione fisica regolari coordinate da un insegnante qualificato in aggiunta ad uno speciale calendario personalizzato delle attività definito "Modello Pianificazione delle Attività Fisiche Ricreative". In tale modello ogni studente aveva la possibilità di programmare il numero di ore ed il tipo di attività fisica settimanale da eseguire nel tempo libero durante i 15 mesi di durata dello studio. Ogni due settimane, dopo le consuete lezioni di educazione fisica, è stato svolto un breve incontro (tra studenti e insegnanti) per valutare le attività praticate nel tempo libero e per stabilire se ci fosse una reale concordanza tra le attività pianificate e quelle realmente praticate. La responsabilità per l'accuratezza del programma di attività e per il suo corretto svolgimento è stata imputata ad ogni singolo studente come parte integrante del modello di Insegnamento della Responsabilità attraverso l'Attività Fisica descritto da Hellison. Gli allievi che hanno adempiuto all'obbligo di eseguire l'attività fisica nel modo in cui loro stessi l'avevano pianificata hanno ricevuto una ricompensa - un voto in più ogni mese.

Analisi statistica

Sono stati analizzati dati quantitativi e qualitativi per valutare l'associazione tra variabili dipen-

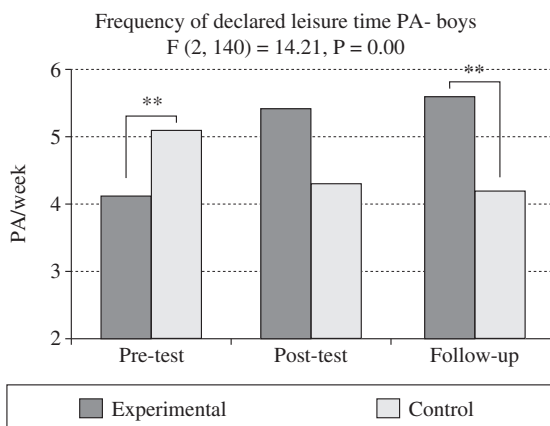


Figure 1.—Declared frequency of leisure time PA in boys.
Figura 1. — *Frequenza dell'attività sportiva dichiarata dai ragazzi.*

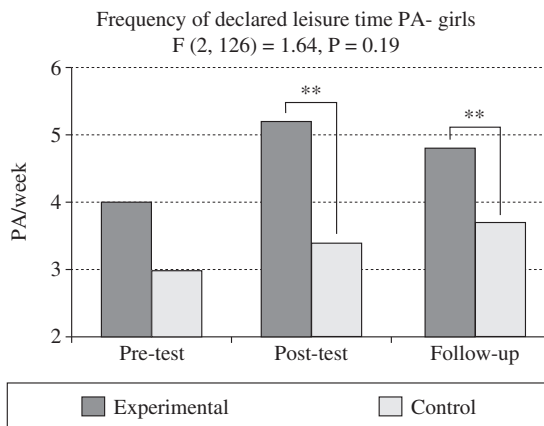


Figure 2.—Declared frequency of leisure times PA in girls.
Figura 2. — *Frequenza dell'attività sportiva dichiarata dalle ragazze.*

intervening variables. For the purpose of this paper the relationship between self-determined and declared frequency of undertaking leisure-time PA, fitness and other health-related variables before (pre-test), after experimental program (post-test) in 15 months time (first phase) and followed up 15 months (second phase) after ceasing of the program were analyzed to evaluate delayed effects of lasting engagement in leisure-time PA. Correlation was tested with one way ANOVA and post-hoc Tukey's test were employed to determine the differences between groups in changes of health and fitness measured by means of the Eurofit test as well as in frequency of leisure-time PA and sense of coherence. The level of significance was set at $P < 0.05$ * and $P < 0.01$ **.

Ethics

As all participants were under 16 years of age all parents were informed about the purpose of the study and given a written notice to be signed and returned to the main researcher. They were also notified that the study was approved by the National Bioethical Committee.

Results

Leisure-time physical activity of youth

Comparison of changes in leisure-time PA between the experimental and control groups (Figures 1, 2) indicated the tendency of increas-

*menti ed intervenienti. Al fine di valutare gli effetti a lungo termine delle attività sportive ricreative, sono state analizzate le relazioni tra: frequenza dell'attività sportiva auto-programmata e dichiarata svolta nel tempo libero, forma fisica ed altre variabili riconducibili allo stato di salute prima (pre-test) e dopo (post-test) il programma sperimentale della durata di 15 mesi (prima fase) e al follow-up (seconda fase), 15 mesi dopo il termine del programma. Le correlazioni sono state testate con il test ANOVA ad una via e con il test di Tukey. Il fine era quello di determinare eventuali differenze tra i gruppi in termini di cambiamenti dello stato di salute e della forma fisica, misurati con il test Eurofit, così come variazioni nella frequenza della pratica di attività sportive e nel senso di coerenza. Il livello di significatività statistica è stato fissato a $P < 0,05$ * e $P < 0,01$ **.*

Etica

Dal momento che tutti i partecipanti erano minori di 16 anni, ogni genitore è stato informato circa l'obiettivo dello studio ed ha quindi firmato un consenso scritto che è poi stato raccolto dal ricercatore responsabile del progetto. Nel contempo i parenti sono stati informati che lo studio aveva ricevuto l'approvazione da parte del Comitato Bioetico Nazionale.

Risultati

Attività fisica ricreativa nei giovani

Il paragone dei cambiamenti ottenuti nella pratica dell'attività sportiva ricreativa nel gruppo sperimentale e nel gruppo di controllo (Figure 1,

TABLE I.—*Basic descriptive characteristics of boys.*
 TABELLA I.—*Caratteristiche descrittive di base dei ragazzi.*

Grup/term	Pre-test		Post-test		Follow-up		ANOVA
	M	Sd	M	Sd	M	Sd	
	<i>Body height (cm)</i>						
Experimental (N.=38)	161.6	7.32	168.8	8.02	173.9	6.43	F (2,140)=0.98 P=0.37
Control (N.=34)	163.1	6.15	169.8	6.53	173.7	6.36	
P value	>0.05		>0.05		>0.05		
	<i>Body mass (kg)</i>						
Experimental (N.=38)	48.7	8.82	54.8	9.95	60.9	8.33	F (2,140)=0.04 P=0.95
Control (N.=34)	49.7	9.76	54.7	10.03	59.9	9.76	
P value	>0.05		>0.05		>.005		
	<i>BMI (kg/m²)</i>						
Experimental (N.=38)	18.4	2.26	19.4	2.84	19.9	2.60	F (2,130)=0.21 P=0.81
Control (N.=34)	18.0	2.46	18.7	2.50	19.2	2.75	
P value	>0.05		>0.05		>0.05		
	<i>Sum of skinfolds (mm)</i>						
Experimental (N.=38)	45.6	16.14	41.1	12.69	35.1	9.87	F (2,140)=0.18 P=0.83
Control (N.=34)	53.6	16.90	50.6	17.97	42.2	15.80	
P value	>0.05		>0.05		>0.05		

ing the frequency of undertaking PA in experimental groups of boys and girls, whereas in control group of boys the tendency was opposite and the frequency declined with each term of examinations. In control girls it increased slightly though the mean value was much below the one of the experimental group. And the differences between the groups were statistically significant (Tukey's $P < 0.01$). In both experimental groups (boys and girls) the increased level of leisure-time PA was sustained also in the follow up examination. Boys from the experimental group maintained undertaking PA more than five times a week (Figure 1), while in case of girls the average was kept just under five times a week (Figure 2).

Body mass changes in selected health-related components in youth

Gradual growth in mean values of body fat free mass was observed in both groups of boys and there were no significant differences between the groups in neither of examinations. Longitudinal parameters increased due to accelerated puberty growth period. Since the mean value of the body height increased in experimental boys by 12.3 cm, while in control by

2) indica la tendenza ad un aumento dell'attività sportiva praticata nei gruppi sperimentali sia maschile che femminile; al contrario nei gruppi di controllo la tendenza è quasi opposta e la frequenza dell'attività sportiva diminuisce progressivamente al termine dello studio. Solo nelle ragazze del gruppo di controllo abbiamo notato un lieve incremento della frequenza sebbene il valore medio sia ben al di sotto di quello del gruppo sperimentale. Le differenze tra i gruppi sono statisticamente significative (Test di Tukey: $P < 0,01$). In entrambi i gruppi sperimentali (maschi e femmine) l'incremento dell'attività sportiva ricreativa si è mantenuto anche nel corso del follow-up. I ragazzi del gruppo sperimentale, in particolare, hanno mantenuto una frequenza settimanale superiore a 5 volte/settimane (Figura 1), mentre le femmine una frequenza appena inferiore alle 5 volte/settimana (Figura 2).

Cambiamenti di massa corporea in parametri di salute selezionati nei giovani

È stato osservato un progressivo aumento del valore medio della massa magra in entrambi i gruppi di ragazzi; tra i due gruppi, nel corso delle diverse misurazioni, non sono state rilevate differenze statisticamente significative. Si è verificato un aumento dei parametri longitudinali dovuto allo scatto puberale. In particolare l'altezza media è aumentata di 12,3 cm nei ragazzi del gruppo spe-

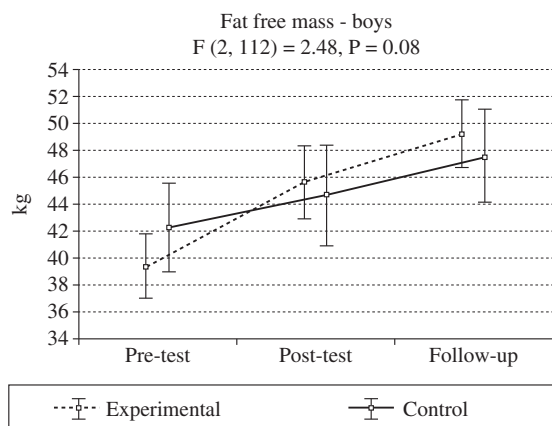


Figure 3.—Body fat free mass in boys.
Figura 3. — *Massa magra nei ragazzi.*

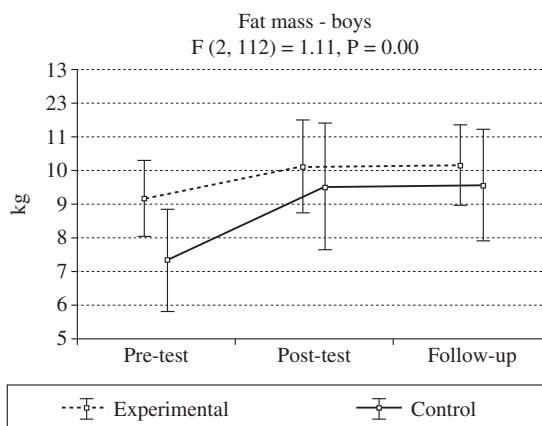


Figure 4.—Body fat mass in boys.
Figura 4. — *Massa grassa nei ragazzi.*

TABLE II.—Basic descriptive characteristics of girls.
TABELLA II.—Caratteristiche descrittive di base delle ragazze.

Grup/term	Pre-test		Post-test		Follow-up		ANOVA
	M	Sd	M	Sd	M	Sd	
<i>Body height (cm)</i>							
Experimental (N.=33)	160.6	5.17	164.4	6.13	165.0	5.51	F (2,126)=1,52 P=0.22
Control (N.=32)	161.1	5.34	163.5	4.89	163.9	5.04	
P value	>0.05		>0.05		>0.05		
<i>Body mass (kg)</i>							
Experimental (N.=33)	48.2	5.79	53.3	5.68	56.9	6.78	F (2,126)=1,35 P=0.26
Control (N.=32)	50.2	7.79	53.7	7.63	56.0	9.21	
P value	>0.05		>.05		>.05		
<i>BMI (kg/m²)</i>							
Experimental (N.=33)	18.8	2.35	20.2	2.45	20.9	2.60	F (2,106)=0.56 p=0.057
Control (N.=32)	18.1	2.12	20.0	2.57	20.0	2.47	
P value	>0.05		>0.05		>0.05		
<i>Sum of skinfolds (mm)</i>							
Experimental (N.=33)	54.2	12.86	58.1	10.86	48.8	14.72	F (2,126)=1,44 P=0.24
Control (N.=32)	71.6	23.81	70.7	16.68	69.3	25.37	
P value	<0.01		<0.05		<0.01		

10.6 cm and total body mass by 12.2 kg and 10.2 respectively in 3 years period (Table I) the increase was also visible in changes of fat free mass, though still no differences between the groups were noticed (Figure 3). Both groups stayed within 25-50th percentiles in nation-wide reference to their age category.²¹ Also level of fat mass steadily increased from 7.5 kg in control and 9.2 kg in experimental group at the start of the program to the level of around 10 kg

rimientale, mentre l'incremento è stato di 10,6 cm nel gruppo di controllo; la massa corporea totale è aumentata rispettivamente di 12,2 kg e 10,2 kg in un periodo di 3 anni (Tabella I). L'aumento si è inoltre tradotto in variazioni della massa magra, sebbene non siano state riportate differenze statisticamente significative tra i gruppi (Figura 3). Entrambi i gruppi si sono posizionati tra il 25° e 50° percentile rispetto ai valori di riferimento nazionali per gruppi d'età²¹. Anche il valore di massa grassa è aumentato progressivamente, da 7,5

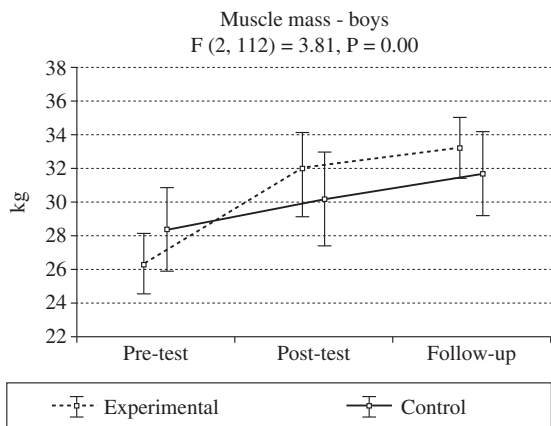


Figure 5.—Body muscle mass in boys.
 Figura 5. — Massa muscolare nei ragazzi.

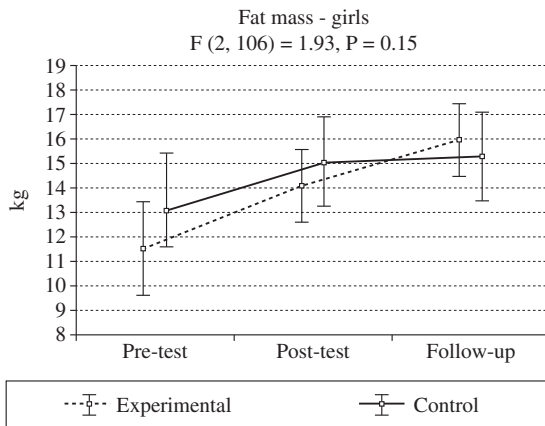


Figure 7.—Body fat mass in girls.
 Figura 7. — Massa grassa nelle ragazze.

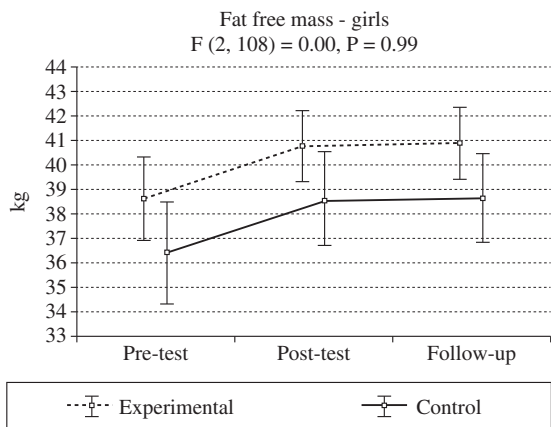


Figure 6.—Body fat free mass in girls.
 Figura 6. — Massa magra nelle ragazze.

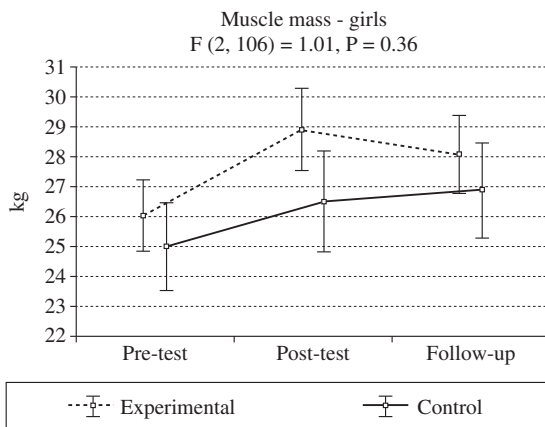


Figure 8.—Body muscle mass in girls.
 Figura 8. — Massa muscolare nelle ragazze.

in both groups at the end of the study (Figure 4). This reflected the expected growth with time along the 25-50th percentile curves lines.²² The results of ANOVA show that the only significant difference was found in analysis of body muscle mass in favour of experimental group of boys (P<0.05). Experimental boys were characterized with increase in this parameter from 26.3 kg to 33.2 kg, whereas in control group the growth was less dynamic over the 3 year period and it ranged from 28.4 kg to 31.7 kg (Figure 5).

In girls the examination of the sample of girls with normal maturation rate followed by 3 years period showed a similar tendency in the increase of basic anthropological parameters. In height it was an increase by 4.4 cm in experimental and 2.8 cm control group and body

kg nel gruppo di controllo e 9,2 kg nel gruppo sperimentale all'inizio del programma sino a 10 kg circa in entrambi i gruppi al termine dello studio (Figura 4). Questo dato rispecchia la crescita attesa nel tempo all'interno del 25°-50° percentile²². I risultati del test ANOVA dimostrano che l'unica differenza statisticamente significativa è a livello della massa muscolare, con risultati a favore del gruppo sperimentale (P<0,05). Questi ragazzi sono stati caratterizzati da una variazione da 26,3 kg a 33,2 kg, mentre nel gruppo di controllo l'incremento è risultato minore: da 28,4 kg a 31,7 kg (Figura 5).

Anche nelle ragazze lo studio ha dimostrato normali caratteristiche di maturazione nel corso dei 3 anni con una tendenza simile tra casi e controlli nell'evoluzione dei parametri antropologici. L'altezza ha subito un incremento di 4,4 cm nel gruppo sperimentale e di 2,8 cm nel gruppo

TABLE III.—*Changes in fitness components of health - boys.*
 TABELLA III.—*Cambiamenti della forma fisica - ragazzi.*

Grup/term	Pre-test		Post-test		Follow-up		ANOVA
	M	Sd	M	Sd	M	Sd	
<i>20-meters shuttle run (endurance) (min)</i>							
Experimental (N.=38)	6.2	1.78	8.1	2.27	8.4	1.88	F (2,140)=6.87 P=0.00
Control (N.=34)	5.6	2.09	4.3	2.01	6.1	2.64	
P value	>0.05		<0.01		<0.01		
<i>Standing broad jump (strength of lower limbs) (cm)</i>							
Experimental (N.=38)	178.3	20.78	196.8	21.08	206.1	27.92	F (2,140)=0.46 P=0.62
Control (N.=34)	166.6	17.7	181.2	21.18	190.0	23.43	
P value	>0.05		<0.01		<0.01		
<i>Sit ups (strength of the trunk muscles) (number/30 s)</i>							
Experimental (N.=38)	26.3	4.92	30.0	5.44	30.7	5.26	F (2,140)=0.83 P=0.43
Control (N.=34)	23.7	4.81	25.9	4.85	26.7	4.98	
P value	>0.05		<0.01		<0.01		

mass respectively by 8.7 kg and 5.8 kg (Table II). Though it is worth mentioning that there was a significant difference in sum of skinfolds in favour of experimental group at post-test ($P<0.05$), which remained significant ($P<0.01$) also at follow-up examination. But this could have been caused by the difference ($P<0.01$) existing already at the start of the program. With other somatic parameters of body composition there were also no significant differences between the groups (Figures 6-8) as both groups stayed within 25-50th percentiles for their national age-related reference norms.²¹ In case of fat mass the level of 50th percentile was maintained throughout the program and follow up examination. It was only body muscle mass which differentiated the groups and proved to be significantly higher in experimental group than in control one.

Fitness components of health in youth

There were no significant differences in fitness between the groups in pre-test. This could have been due to the same rate of maturation of pupils selected for the intervention. The differences occurred though in post-test and follow-up examinations both in boys and girls (at $P<0.01$). In case of boys the highest difference between experimental and control group was observed right after the end of intervention in post-test examination. It was almost 4 minutes in endurance 20 meters shuttle run. From the

di controllo; la massa corporea è aumentata rispettivamente di 8,7 e 5,8 kg (Tabella II). Sembra superfluo dire come sia stata notata un differenza statisticamente significativa nella plicometria a favore del gruppo sperimentale nella fase post-test ($p < 0,05$); tale differenza si è mantenuta anche al follow-up ($P < 0,01$). Forse questo parametro potrebbe essere stato influenzato dalle differenze presenti già all'inizio dello studio ($P < 0,01$). Per quanto riguarda gli altri parametri della composizione corporea non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra i due gruppi (Figure 6-8), dal momento che entrambi i gruppi sono ricaduti all'interno del 25° e 50° percentile rispetto ai valori di riferimento nazionali per gruppi d'età²¹. Nel caso della massa grassa, i valori sono ricaduti all'interno del 50° percentile durante tutto lo studio ed al follow-up finale. Solo la massa muscolare è stata in grado di differenziare i due gruppi, essendo significativamente maggiore nel gruppo sperimentale rispetto a quello di controllo.

Parametri della forma fisica nei giovani

Durante le valutazioni pre-test nei diversi gruppi non sono state rilevate differenze significative nella forma fisica. Questo potrebbe essere dovuto allo stesso grado di maturazione degli alunni inclusi nello studio. Le differenze sono tuttavia emerse nel corso delle valutazioni post-test ed al follow-up sia nei maschi che nelle femmine ($P < 0,01$). Per quanto concerne i ragazzi, le differenze maggiori tra il gruppo sperimentale e quello di controllo si sono verificate immediatamente dopo la sospensione del programma, durante la valutazione post-test. La resistenza al 20-meters Shuttle Run Test

TABLE IV.—*Changes in fitness components of health - girls.*
 TABELLA IV.—*Cambiamenti della forma fisica - ragazze.*

Grup/term	Pre-test		Post-test		Follow-up		ANOVA
	M	Sd	M	Sd	M	Sd	
<i>20-meters shuttle run (endurance) (min)</i>							
Experimental (N.=33)	5.6	1.61	6.0	1.71	5.4	2.05	F (2,126)=2,28 P=0.10
Control (N.=32)	4.5	1.72	4.2	1.44	4.1	1.36	
P value	>0.05		<0.01		<0.01		
<i>Standing broad jump (strength of lower limbs) (cm)</i>							
Experimental (N.=33)	161.7	21.05	168.4	18.5	166.8	22.77	F (2,126)=2,27 P=0.10
Control (N.=32)	151.6	17.35	151.4	20.3	150.0	21.54	
P value	>0.05		<0.01		<0.01		
<i>Sit ups (strength of the trunk muscles) (number/30 s)</i>							
Experimental (N.=33)	21.1	4.53	24.2	5.53	24.3	4.86	F (2,126)=2,66 P=0.07
Control (N.=32)	21.3	3.72	20.5	3.95	20.5	4.25	
P value	>0.05		<0.01		<0.01		

mean value of 25th percentile in both groups it increased to 50th percentile in experimental and decreased to 10th in control right after ceasing of the program (post-test) and remained within the same percentile curve lines for both groups in follow up examination after another 15 months.²² In standing broad jump testing strength of lower limbs the difference between the groups increased from 11.7cm to 16.1cm over three years time. Boys from experimental group improved from 50th percentile mean value to the 75th percentile, while control boys remained at the level of around 50th percentile curve line.²² In strength of the trunk muscles in test of sit ups boys from experimental group exceeded their counterparts from control group by 4 sit ups moving from 50th to 90th percentile curve lines. In case of control boys they remained at the 50th (Table III). In follow-up examination all of the differences had a significance value of P<0.01 in favour of experimental boys. In experimental girls level of fitness increased in all the three motor tests conducted, whereas in control group it decreased significantly. It was also observed that in experimental girls the level of fitness increased from pre-test to post-test and slightly dropped in the follow up examination. In control group it was dropping right from the first pre-test examination to the end of the project in follow-up examination. In case of endurance 20 meters shuttle run difference between the groups in post-test

era di 4 minuti. Da un valore medio pari al 25° percentile in entrambi i gruppi, si è saliti al 50° percentile nel gruppo sperimentale e scesi al 10° nel gruppo di controllo nel corso della valutazione post-test; i valori sono poi rimasti pressoché invariati al follow-up svolto dopo 15 mesi²². Nella valutazione della forza degli arti inferiori, eseguita mediante la misura del salto in lungo da fermo, la differenza tra i gruppi è incrementata da 11,7 cm a 16,1 cm nel corso di tre anni. I ragazzi appartenenti al gruppo sperimentale sono passati dal 50° percentile al 75° mentre il gruppo di controllo è rimasto stabile intorno alla linea del 50° percentile²². Per quanto riguarda la forza dei muscoli del tronco, valutati con il sit up test, i ragazzi del gruppo sperimentale hanno superato il gruppo di controllo di 4 ripetizioni, passando dal 50° al 90° percentile. Il gruppo di controllo ha mantenuto valori compresi nel 50° percentile (Tabella III). Durante le valutazioni svolte al follow-up tutte le differenze registrate si sono dimostrate statisticamente significative (P<0,01), in favore dei ragazzi del gruppo sperimentale. Nelle ragazze del gruppo sperimentale, come dimostrato dai tre test eseguiti, la forma fisica è migliorata, mentre nel gruppo di controllo è sensibilmente peggiorata. È stato inoltre osservato che nelle donne del gruppo sperimentale il miglioramento è avvenuto principalmente tra il pre-test ed il post-test, mentre si è verificato un lieve peggioramento al follow-up. Nel gruppo di controllo il peggioramento è iniziato dal controllo pre-test e si è mantenuto sino alla fine dello studio. Durante la valutazione della resistenza al 20-meters Shuttle Run Test, la differenza tra i due gruppi era di circa 2 minuti al post-test e 1,3 minuti al follow-up, in favore del gruppo sperimentale. In

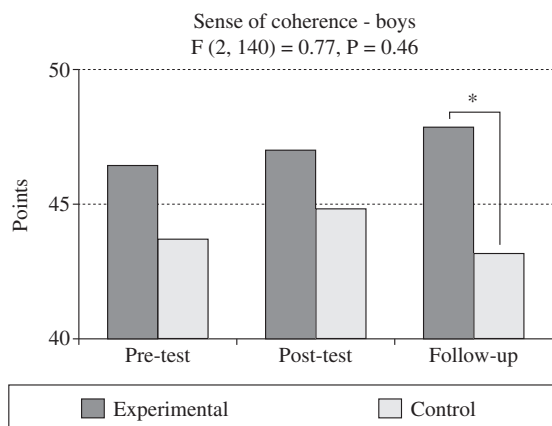


Figure 9.—Changes in level of coherence in boys.
Figura 9. — Cambiamenti nei livelli del senso di coerenza nei ragazzi.

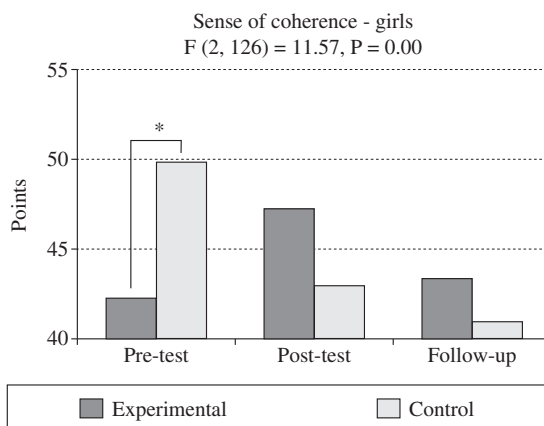


Figure 10.—Changes in level of coherence in girls.
Figura 10. — Cambiamenti nei livelli del senso di coerenza nelle ragazze.

was almost two minutes and in follow up 1.3 minutes in favour of experimental group and both time it was significant. In reference to the population-wide norms girls from experimental group maintained the level of the 50th percentile, while in control group it dropped down to the level of 25th percentile.²² In strength of the lower limbs tested by the standing broad jump the difference between the groups remained almost the same (about 17 cent) in post-test and follow-up examinations. Experimental girls improved from 50th to 75th percentile whereas control ones maintained at the level of 50th in post-test and dropped down to 25th in follow-up. Similar situation was observed in strength of the trunk muscles assessed by sit up test (Table IV).

Sense of coherence in youth

In age-related population study in Poland²³ the mean value of coherence for 13-year-old boys was 45.2 pts and was shown to be steadily dropping with each next age category. In our project tendency of increasing sense of coherence in experimental boys and girls was observed from the beginning of the intervention program. It was maintained in boys until the follow up examination 15 months after the end of the program and the difference to control group was statistically significant $P < 0.05$ (Figure 9). For girls the population-related norm mean value for the 13-year-old category was established at 43.7 pts.²³ In examined girls significant difference ($P < 0.01$) in favour of control

entrambi i casi la differenza è stata statisticamente significativa. Con riferimento alla popolazione generale, le ragazze del gruppo sperimentale hanno raggiunto livelli compresi nel 50° percentile, mentre il gruppo di controllo si è attestato intorno al 25°.²² Nella valutazione della forza degli arti inferiori, eseguita mediante la misura del salto in lungo da fermo, la differenza tra i due gruppi è rimasta la stessa nel corso delle valutazioni post-test e al follow-up (circa 17 cm). Le ragazze del gruppo sperimentale sono passate dal 50° al 75° percentile mentre il gruppo di controllo è rimasto stabile al 50° nel corso del post-test per passare al 25° nel corso del follow-up. Risultati simili sono stati ottenuti al sit-up test per la valutazione dei muscoli del tronco (Tabella IV).

Senso di coerenza nei giovani

In Polonia il senso di coerenza nei ragazzi di 13 anni, valutato in studi età-correlati eseguiti sulla popolazione, si attesta intorno ai 45,2 punti²³ e tende a diminuire con l'aumentare dell'età. Nel nostro progetto è stata invece osservata una tendenza all'aumento della coerenza nei gruppi sperimentali una volta intrapreso il programma educativo. Nei maschi questi valori sono stati mantenuti sino alla valutazione eseguita per il follow-up ai 15 mesi dalla fine del programma. La differenza rispetto al gruppo di controllo era statisticamente significativo ($P < 0,05$, Figura 9). Per le ragazze il senso di coerenza a 13 anni, valutato in studi età-correlati eseguiti sulla popolazione, si attesta intorno ai 43,7 punti²³. Nelle giovani esaminate abbiamo notato una differenza significativa ($P < 0,01$) a favore del gruppo di controllo all'inizio dello studio. Il livello di coerenza è poi gradualmente diminuito nel corso delle successive

group was noticed at the start of the program. However, the level of coherence was gradually dropping down in case of control girls throughout the following examinations. In experimental girls a significant increase was noticed right after ceasing of the intervention program (post-test), though later (follow-up) it was lowered almost to the initial pre-test level (Figure 10).

Discussion and conclusions

The basic question was whether a school program based on physical activity can help youth entering adulthood understand the sense of being physically active across the life-span? In a comparative study on European population Varo and Martinez²⁴ found that the prevalence rate for adults expending less than 10% of their leisure-time expenditure involving activities above 4 metabolic equivalents (MET's) was 43.3%. This means that over 40% of total examined European population sample was physically active for less than two hours a week. In Polish youth Cabak and Woynarowska²⁵ found that only 35% have met the criteria of recommended PA, which placed Poland in the mid-range of other European countries. Regular exercise is a protective factor against the development of diseases associated with a sedentary lifestyle and any well-designed interventional interference may reduce a cardiovascular risk.²⁶ But obligatory statutes of school exercise may not be enough to keep youth active and therefore changes in the way sporting activities are taught from the early years seems necessary.

Sluijs, McMinn and Griffin²⁷ in their literature review of effectiveness of interventions promoting PA found that school-based interventions which involve the family or community and multicomponent interventions can increase PA in adolescents. Other studies^{16, 28} reported the positive effects gained through the enhancement of health-related activities in a PE lesson. In Crete in the report from the ten-year follow up of health and nutrition education program on children's PA levels Manios *et al.*²⁹ indicated a favorable effect of the intervention on boys' PA levels, which was maintained four years after the end of the program. On the other side, Klepp *et al.*³⁰ examining the long-term impact of the Oslo Youth Study health education program found that although the subjects exposed to those programs reported a significantly high-

valutazioni. Nelle ragazze del gruppo sperimentale è stato invece notato un incremento significativo immediatamente successivo alla sospensione del programma (post-test), mentre al controllo successivo (follow-up) il valore è tornato a livelli simili a quelli di partenza (Figura 10).

Discussione e conclusioni

La domanda di fondo è se un programma scolastico basato sull'attività fisica possa aiutare i giovani a raggiungere l'età adulta avendo compreso il senso di essere fisicamente attivi nel corso dell'intera vita. In uno studio comparativo svolto sulla popolazione europea Varo e Martinez²⁴ hanno trovato che la prevalenza degli adulti che spendono meno del 10% del loro tempo libero svolgendo attività che comportino un dispendio energetico superiore a 4 MET (equivalenti Metabolici) è pari al 43,3%. Questo significa che oltre il 40% della popolazione Europea in esame era fisicamente attiva per meno di 2 ore alla settimana. In Polonia Cabak e Woynarowska²⁵ hanno stimato che tra i giovani solo il 35% soddisfa i criteri di Attività Fisica raccomandata, dato che piazza la Polonia nella media degli altri Paesi europei. L'esercizio fisico regolare è un fattore protettivo nei confronti di malattie associate ad uno stile di vita sedentario tanto che qualsiasi ben organizzato intervento di variazione delle abitudini potrebbe contribuire a ridurre il rischio cardiovascolare²⁶. Purtroppo una batteria di esercizi svolti obbligatoriamente in ambiente scolastico sembrano non essere sufficienti a mantenere i giovani attivi; per questo motivo sembrerebbe necessario insegnare un diverso approccio alle attività sportive sin dalla giovane età.

Sluijs, McMinn e Griffin²⁷, nella loro revisione della letteratura riguardante l'efficacia di programmi educativi volti a promuovere l'attività sportiva, hanno evidenziato come interventi scolastici che coinvolgano la famiglia o la comunità, così come interventi multidisciplinari, possono determinare un incremento dell'attività sportiva nei giovani. Altri studi^{16, 28} hanno riportato gli effetti positivi raggiunti attraverso l'enfatizzazione di attività salutistiche nel corso delle lezioni di Educazione Fisica. Manios *et al.*²⁹ hanno valutato gli effetti di un follow-up decennale relativo ad un programma d'istruzione sulla salute e sulla nutrizione svolto nei bambini di Creta. Tale studio ha rivelato effetti positivi sull'attività fisica svolta dai bambini, che si è mantenuta elevata per 4 anni dopo la fine del programma didattico. Klepp *et al.*³⁰, esaminando l'impatto a lungo termine del programma educativo relativo alla salute nei giovani di Oslo, hanno invece evidenziato che, sebbene i soggetti sottoposti al programma praticassero più frequentemente esercizio fisico rispetto ad un gruppo di controllo,

er prevalence of regular vigorous exercise than did pupils from comparison groups, though no effects were found with smoking or eating behaviors. In yet another research on effectiveness of PA enhancing program a Fullan's multi-dimensional framework of the Meaning of Education Change was used.⁴ It was aimed at increasing physical activity but no discernable changes in health behaviors were observed. The above-mentioned findings suggest that while it is acknowledged that existing studies and research provide selected positive findings on a number of health-related issues they are still insufficient and limited in the promotion of leisure-time PA, which tends to decrease with time. Øygard³¹ found in her 12-year follow-up study that one of the most important factors associated with PA was its level at baseline (especially in males, in females it was education). Another problem is the time teachers spent during the lesson for promotion of healthy life style: 0.5% for health-related PA, 0.1% for demonstrating fitness-related issues and 2.5% for fitness and health-related knowledge.²⁸

Earlier report²⁰ from our 15-months experimental intervention confirmed effectiveness of programs based on Hellison's model of teaching PA through self-responsibility. The differences between control and experimental groups were significant in fitness, health-related components of body composition but also in psycho-social factors (such as coherence but also self-esteem and self-determined competency). The average mean values in experimental group of boys and girls were increased to the level of 50-75th percentiles in most of the variables, whereas traditionally led PE classes scores were decreased to the level of 25th percentile according to their age-related population.^{32, 33}

The aim of this study was to check if this tendency would be maintained 15 months after ceasing of the program. It is well documented that puberty brings along changes (biological, social and physiological) both in boys and girls. Thus in our project the influence of those variables was limited to minimum by monitoring only individuals within the normal rate of biological maturation attending similar urban schools. Pupils from experimental groups maintained reasonably high frequency of undertaking leisure-time PA (5 times a week) 15 months after ceasing of the program, though it was slightly higher in boys than in girls. This

non c'erano effetti relativi al fumo o alle abitudini alimentari. In un altro studio sull'efficacia dei programmi di incentivazione dell'attività fisica è stato utilizzato il sistema multidimensionale Meaning of Education Change (Significato del Cambiamento nell'Educazione) di Fullan⁴. In questo lavoro gli Autori hanno cercato di incrementare l'attività fisica ma non è stato osservato alcun cambiamento dei comportamenti relativi allo stato di salute. I dati suddetti suggeriscono che, sebbene svariati studi e ricerche forniscano alcuni dati positivi relativi alle problematiche correlate allo stato di salute, non ci siano ancora risultati sufficienti per quanto riguarda la promozione dell'attività sportiva praticata nel tempo libero, che tende comunque a diminuire nel tempo. Øygard³¹, in una ricerca con follow-up di 12 anni, ha dimostrato come uno dei fattori più importanti associati con l'attività fisica fosse il livello di pratica di base (specialmente nei maschi, mentre per le donne era l'educazione). Un altro problema è il tempo dedicato dagli insegnanti alla promozione di uno stile di vita salutare: 0,5% per l'attività fisica correlata alla salute, 0,1% per affrontare problematiche relative alla forma fisica e 2,5% per la forma fisica e questioni correlate allo stato di salute²⁸.

I primi risultati relativi al nostro programma educativo sperimentale di 15 mesi²⁰ hanno confermato l'efficacia dei programmi basati sul modello di insegnamento di Hellison, incentrato sull'auto-responsabilità. Le differenze tra i gruppi sperimentali e di controllo sono state significative sia per quanto riguarda la forma fisica e la composizione corporea che per ciò che concerne fattori psico-sociali (così come la coerenza ma anche l'autostima e lo sviluppo delle proprie capacità). I valori medi nei gruppi sperimentali di ragazzi e ragazze sono aumentati sino al 50°-75° percentile mentre nei gruppi di controllo è stata osservata una retrocessione al 25° percentile, in linea con i dati relativi alla popolazione della stessa età^{32, 33}.

L'obiettivo dello studio è stato quello di controllare se la tendenza fosse mantenuta anche 15 mesi dopo il termine del programma didattico. È noto come la pubertà determini dei cambiamenti (biologici, sociali e psicologici) sia nei maschi che nelle femmine. Nel nostro studio abbiamo cercato di limitare l'influenza relativa di tali variabili includendo solo ragazzi entro i normali limiti di maturazione biologica per l'età in questione ed iscritti a scuole del medesimo contesto urbano. Gli studenti del gruppo sperimentale hanno mantenuto un'elevata frequenza dell'attività fisica ricreativa praticata (5 volte/settimana) 15 mesi dopo il termine del programma. Tale valore era lievemente maggiore nei maschi. Questo fenomeno potrebbe essere correlato all'intensità delle attività. Gutin et al.³⁴ hanno descritto come la durata di un'attività di media intensità sia un fattore correlato al mi-

could be due to the intensity of activities. Gutin *et al.*³⁴ reported that duration of medium intensity activity was an improvement-related factor of cardio-respiratory physical fitness. This was also confirmed in our study in case of 20 meters endurance shuttle run. The results of other fitness tests gained by experimental groups also remained significantly higher than control ones both in post-test (first 15 months) and follow up (next 15 months) examinations. Although keeping regular PA is expected to increase the energy expenditure it did not influence the fluctuation of components of body mass, except for muscle mass and in girls in case of sum of skinfolds. This seems to be one of the sustained effects of regular engagement in PA by experimental groups. Regular use of the personalized PA planners increased also the level of self-responsibility thus elevating the level of coherence above the average. Introducing individual planning of regular sporting activities after school together with seeing more sense brought individual involvement and emotional engagement along. Being able to decide by themselves seemed quite important for experimental pupils and this has caused health-related changes at the end of the program and also 15 months after its ceasing. They could see the sense of investing their time, efforts and energy in physical activity which they have chosen by themselves and they could practice according to their own planning. This has increased their interests, motivation and frequency and resulted in the increase of the level of results gained in physical fitness tests and placed experimental boys and girls above the 50th percentile level of their European peers.²⁵ Contrary, initially significantly higher level of coherence of control girls ($P < 0.01$) could have refrained them from engaging in extra-curricular sporting activities since they believed they already had an adequate level of PA at the beginning of the program. Decreasing and significantly lower level of physical fitness (throughout all three examinations) proved their level of engagement in leisure-time PA to be insufficient (both in control girls and boys).

Data confirm that Hellison's model of TRPA can be effective in changing health-related behavior and increase its possible influence on fitness-related components of health. And this can be achieved through individualized planners of leisure-time PA. The differences in post-

gioramento della condizione cardio-respiratoria. Questo dato ha trovato conferma nel nostro studio nel caso del 20-meters shuttle run test.

Anche i risultati raggiunti negli altri test dal gruppo sperimentale si sono mantenuti significativamente più alti rispetto al gruppo di controllo sia alla valutazione post-test (primi 15 mesi) che al follow-up (successivi 15 mesi).

Per quanto la pratica di un'attività fisica regolare dovrebbe far aumentare il consumo energetico, questo non influenza le variazioni delle componenti della massa corporea. Fanno eccezione la massa muscolare per i ragazzi e il tessuto sottocutaneo per le ragazze. Questo sembra essere uno degli effetti provocati da un'attività sportiva regolare. La pratica continua di un programma personalizzato di attività sportiva sembra inoltre innalzare i livelli di auto-responsabilità e coerenza al di sopra della media. L'introduzione di un programma individuale di attività sportiva regolare da praticare dopo la scuola insieme ad una migliore percezione del significato ha portato inoltre ad un coinvolgimento personale ed emotivo. La possibilità di decidere per sé stessi ha determinato negli alunni dei cambiamenti correlati allo stato di salute sia al termine del programma che dopo 15 mesi dalla sua sospensione. I ragazzi hanno potuto comprendere che senso avesse investire il proprio tempo, le proprie forze e le energie in un'attività che loro stessi avevano scelto e che potevano praticare in base ai loro piani. Questo ha accresciuto il loro interesse, le motivazioni e la frequenza delle attività ed è sfociato in un incremento dei risultati raggiunti nei test per la forma fisica collocando gli allievi dei gruppi sperimentali (maschi e femmine) al di sopra del 50° percentile²⁵. Al contrario, risultati di coerenza iniziali significativamente ($P < 0,01$) più alti nel gruppo femminile di controllo, potrebbero aver frenato le ragazze dall'intraprendere delle attività sportive extra-scolastiche dal momento che possono aver creduto di svolgere già un adeguato livello di attività. Valori relativi alla forma fisica decrescenti e significativamente più bassi nel corso di tutte le valutazioni hanno dimostrato che i livelli di attività fisica svolta erano insufficienti (gruppi di controllo femminile e maschile).

I dati raccolti confermano che il modello di Hellison può essere efficace nel modificare comportamenti correlati allo stato di salute e nell'aumentare la loro influenza sulle componenti della salute legate alla forma fisica. Questo risultato può essere ottenuto attraverso la pianificazione individuale dell'attività fisica ricreativa.

Le differenze presenti tra il post-test ed il follow-up suggeriscono come alcuni effetti duraturi nei comportamenti salutistici possano influenzare il livello di forma fisica (fenomeno percepibile nei gruppi sperimentali).

Per quanto riguarda la composizione della

test and follow-up suggest some lasting effects in health-related behavior effecting level of fitness (seen in case of experimental groups). Limited differences were found though in body mass composition. Also Hikihara *et al.*² in their research found no correlation between PA and % of body fat and Bar-Or and Baranowski³⁵ pointed that the value of PA is not necessarily the determinant of obesity. It is rather a combination of intensity and duration of PA and energy intake against energy expenditure ratio. In the study presented the aim of the intervention was to change the attitude towards PA and increase frequency of undertaking leisure-time PA and this purpose was fulfilled. It is believed that other health-related differences resulting from decreased leisure-time PA of control groups may occur later on. The difference may even increase further due to the lower sense of coherence (lowering with age if not taken care of).

This study confirms that frequency of undertaking leisure-time PA may be increased if pupils are given the skills and opportunities for creating their own health-related behaviors. This may eventually lead to improvement of selected components of health-related fitness. However, to maintain long-term effects of activity-enhanced interventions pupils need to be engaged in sporting activity on a regular base and made responsible for their choices. It is also possible that fluctuation of body mass components of puberty aged youth with mean rate of maturation is not affected by increased or reduced PA alone in such a short run and it might be rather other socio-demographic factors that also contribute to cause significant decrease in health-related patterns leading in consequence to occurrence of overweight and obesity later on. There may be some other delayed side-effects of decreased frequency of leisure-time PA at entering adulthood (especially in control groups) and therefore another follow up study in 5 or 10 years time would be recommended and valuable.

massa corporea abbiamo riscontrato differenze più ridotte. Risultati simili sono stati ottenuti da Hikihara et al.² che non hanno trovato correlazioni tra l'attività sportiva e la percentuale di grasso corporeo; Bar-Or e Baranowski³⁵ hanno sottolineato che il livello di attività fisica non è strettamente correlato all'obesità. Quest'ultima è piuttosto una combinazione di intensità e durata dell'attività fisica e del rapporto tra energia immagazzinata e consumata.

Nel presente studio l'obiettivo dell'intervento è stato quello di cambiare l'atteggiamento nei confronti dell'attività fisica e di aumentare la frequenza con cui venivano svolte attività sportive ricreative. Questo proposito è stato ampiamente soddisfatto. Crediamo che con il trascorrere del tempo si potranno apprezzare ulteriori differenze dello stato di salute derivanti dalla riduzione dell'attività ricreativa nel gruppo di controllo. Tale differenza potrebbe aumentare anche in funzione del ridotto senso di coerenza (che tende a diminuire con l'età se non stimolato).

Questo studio conferma inoltre che la frequenza con cui vengono praticate le attività sportive ricreative può essere aumentato se ai bambini vengono fornite le capacità e le opportunità per costruire un proprio comportamento salutista. Questo porterebbe alla fine ad un miglioramento della forma fisica. Ad ogni modo, per mantenere gli effetti a lungo termine dei programmi educativi volti ad incrementare l'attività fisica, i bambini dovrebbero essere coinvolti con regolarità in programmi sportivi ed essere resi responsabili delle proprie scelte. È infine verosimile che le fluttuazioni delle componenti della massa corporea nel corso della pubertà non siano unicamente influenzate dall'aumento o riduzione dell'attività sportiva ma potrebbe piuttosto essere che alcuni fattori sociali e demografici contribuiscono a provocare peggioramenti consistenti nel rapporto con la salute conducendo ad un aumento del peso e, prima o poi, all'obesità.

È possibile che esistano altri effetti collaterali tardivi correlati ad una riduzione delle attività sportive ricreative una volta raggiunta l'età adulta (specialmente nei gruppi di controllo) e sarebbe quindi necessario svolgere un altro studio con un follow-up di ulteriori 5 o 10 anni.

References/Bibliografia

- 1) Vouri I. Physical inactivity is a cause and physical activity is a remedy for major public health problems. *Kinesiology* 2004;36:123-53.
- 2) Hikihara Y, Kanzaki K, Saitoh S, Yoshitake Y, Takamatsu K. Relationship between total energy expenditure and both physical fitness and body fat in Japanese Adolescents: with special reference to regular sport activity. *Intern J Sport Health Scie* 2007;5:105-15.
- 3) Gelonesi F, Catalano G, Monea P, Flachi A, Attina G, Piromalli S *et al.* The trend of overweight and obesity in children and adolescents in relation to physical exercise. *Medicina dello Sport* 2010;61:365-72.
- 4) Johns DP, Ha ASC, Macfarlane DJ. Raising activity levels: A multidimensional analysis of curriculum changes. *Sport Educ Soc* 2001;6, 2:199-210.
- 5) Rovegno I. Teaching within a curricular zone of safety: school culture and the situated nature of pupil teacher's pedagogical content knowledge. *Res Quart Exerc Sport* 1994;65:269-79.
- 6) Antonovsky A. *Unraveling the mystery of health. How people manage stress and stay well.* San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers; 1987.
- 7) Antonovsky A. The salutogenesis model as a theory to guide health promotion. *Health Promot Intern* 1996;11:11-8.
- 8) Suominen S, Blomberg H, Helenius H, Koskenvuo M. Sense of coherence and health – does the association depend on resistance resources? A study of 3115 adults in Finland. *Psych Health* 1999;14:937-48.
- 9) Suominen S. Salutogenesis. *Scand J Public Health* 2008;36:337-9.
- 10) Eriksoon M, Lindström B. Antonovsky's sense of coherence scale and the relation with health: systematic review. *J Epidemiol Com Health* 2006;60:376-81.
- 11) Hellison D. *Teaching responsibility through physical activity.* Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.
- 12) Gibbons S, Ebbeck S, Weiss M. Fair play for kids: Effects on the moral development of children in physical education. *Res Quart Exerc Sport* 1995;66:247-55.
- 13) Rees CR. Character Development, moral development and social responsibility in physical education and sport: towards a synthesis of subdisciplinary perspectives. *Intern J Phys Edu* 2001;38:52-9.
- 14) Hammond-Diedrich KC, Walsh D. Empowering Youth through a responsibility-based cross-age teacher program: An investigation into Impact and Possibilities. *Phys Edu* 2006;63:134-42.
- 15) Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B *et al.* Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005;146:732-7.
- 16) Sallis JF, McKenzie TL, Alcaraz JE, Kolody B, Faucette N, Howell MF. The effects of a 2-year physical education program (SPARK) on physical activity and fitness in elementary school students. *Am J Public Health* 1997;87:1328-34.
- 17) EUROFIT. *European Tests of Physical Fitness.* Council of Europe. Rome: Committee for Development of Sport; 1998.
- 18) Heyward VH, Stolarczyk LM. *Applied body composition assessment.* Chicago, IL: Human Kinetics; 1996.
- 19) Kurtze N, Rangul V, Hustvedt B-E, Flanders WD. Reliability and validity of self-reported physical activity in the Nord-Trøndelag Health Study – HUNT 1. *Scand J Public Health* 2008;36:52-61.
- 20) Bronikowski M. *Prosomatyczne postawy młodzieży gimnazjalnej jako efekt interwencji edukacyjnej w procesie wychowania fizycznego.* Monograph no 383, AWF Poznan.
- 21) Wielinski D. *Komponenty ciała człowieka w aspekcie tradycyjnych i najnowszych metod badawczych.* Monograph no 338, AWF Poznan, 2000.
- 22) Stupnicki R, Przeweda R, Milde K. *Centyłowe siatki sprawności fizycznej polskiej młodzieży wg testów Eurofit.* *Studia i Monografie* nr 91, AWF Warszawa 2003.
- 23) Zwolinski M, Bobrowski K, Jelonkiewicz I, Kosinska-Doc K. *Nowe badania nad właściwościami psychometrycznymi skali do pomiaru poczucia koherencji u młodzieży.* *Between health and illness. Psychological and social contexts.* Zakopane, 2005.
- 24) Varo JJ, Martinez-Gonzalez MA, De Irala-Estevez J, Kearney J, Gibney M, Martinez JA. Distribution and determinants of sedentary lifestyles in the European Union. *Int J Epidemiol* 2003;32:138-46.
- 25) Cabak A, Woynarowska B. Physical activity in youth aged 11-15 in Poland and other European countries after 2002. *Phys Educ Sport* 2004;4:335-60.
- 26) Anedda A, Ferrari L. Lifestyle changes and physical exercise. *Medicina dello Sport* 2008;61:179-96.
- 27) Sluijs van EM, McMinn AM, Griffin SJ. Effectiveness of interventions to promote physical activity in children and adolescents: systematic review of controlled trials. *BMJ* 2007;335:703.
- 28) Curtner-Smith M, Sofo S, Chouinard J, Wallece S. Health-promoting activity and extra-curricular sport. *Eur Phys Edu Rev* 2007;13:131-44.
- 29) Manios Y, Kafatos I, Kafatos A. Ten-year follow-up of the Cretan Health and Nutrition Education Program on children's physical activity levels. *Prev Med* 2003;43:442-6.
- 30) Klepp KI, Øygard L, Tell GS, Vellar OD. Twelve year follow-up a school-based health education program. *Eur J Public Health* 1994;4:195-200.
- 31) Øygard L. Social influences and leisure-time physical activity levels in young people. *J Health Psych* 1998;3:59-69.
- 32) Bronikowski M, Bronikowska M. *Salutogenesis as a framework for improving health of adolescent boys.* *Scand J Public Health* 2009;37:525-31.
- 33) Bronikowski M. *The contribution of self-planned leisure-time physical activity to cardio-respiratory fitness of female adolescents.* *Papers Anthropol* 2009;28:62-76.
- 34) Gutin B, Yin Z, Humphries MC, Barbeau P. Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *Am J Clin Nutr* 2005;81:746-50.
- 35) Bar-Or O, Baranowski T. Physical activity, adiposity and obesity among adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 1994;6:348-60.

Funding.—The study was supported by grants No. N404 31/2397 of the Polish Ministry of Science and Higher Education and European Union Grant No. 128737-CP-1-2006-1-DE-Comenius-C21: "Health(a)ware an experienced-based learning and teaching approach for physical and health education".

Received on January 12, 2010 - Accepted for publication on November 26, 2010.

Corresponding author: M. Bronikowski, Associate Professor, Head of Department of Methodology of Teaching Physical Education, University School of Physical Education, 61-871 Poznan, Poland. E-mail: bronikowski.michal@wp.pl

Effects of resistance versus aerobic training protocols on bone mineral density in young untrained females

Effetti sulla densità ossea dell'allenamento di resistenza rispetto a quello aerobico in giovani donne non allenate

K. AZALI ALAMDARI^{1,2}, B. EBADI SHIRMARD¹
M. MORADI KOOCHI¹, J. POZESH JADIDI², R. POZESH JADIDI²

¹Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Guilan, Rasht, Iran

²Department of Physical Education and Sport Science, Faculty of Humanities and Educational Science Islamic Azad University, Tabriz branch, Tabriz, Iran

SUMMARY

Aim. The aim of this study was to compare the effects of endurance vs. resistance training on regional bone mineral density (BMD) in young untrained females.

Methods. Thirty-six young untrained female volunteers (mean age, 22.66±1.56 years; mean body-mass index, 22.85±2.17) were randomly assigned to either of two intervention groups or a control group (N.=12 in each group). The endurance training regimen comprised 36 sessions of treadmill running, three times a week at 70% to 80% maximum heart rate for 40 min per session; the resistance training regimen comprised 36 circuit training sessions, three times a week at 70% to 80% maximum load (1RM), with 6 to 8 repetitions in three sets and two min rest in between. Regional BMD was measured at the lumbar spine, femoral neck and distal radius by means of dual X-ray absorptiometry before the beginning of the study (baseline) and again at the end of the 36 sessions.

Results. Both training protocols induced significant increases in regional BMD at all three sites. Comparison between the pre- and post-intervention changes in the two treatment groups showed significant differences vs. the control group only at the back and wrist after aerobic training and at the femoral neck after resistance training, respectively (P<0.05).

Conclusion. There are considerable differences in regional BMD response to different exercise regimens.

KEY WORDS: Skeleton - Bone density - Exercise.

RIASSUNTO

Obiettivo. Lo scopo di questo studio è mettere a confronto gli effetti dell'allenamento di endurance con l'allenamento di resistenza sulla densità minerale ossea regionale (BMD) in giovani donne non allenate.

Metodi. Trentasei giovani donne volontarie non allenate (età media 22.66±1.56 anni; indice di massa corporea medio 22.85±2.17) sono state assegnate in modo randomizzato a uno dei due gruppi di intervento e a un gruppo di controllo (N.=12 in ogni gruppo). Il regime di allenamento di endurance comprendeva 36 sessioni di corsa su tapis roulant, tre volte a settimana dal 70% all'80% della frequenza cardiaca massima per 40 min a sessione; il regime di allenamento di resistenza comprendeva 36 sessioni di allenamento a circuito, tre volte a settimana dal 70% all'80% del carico massimale (1RM), con 6-8 ripetizioni in tre serie e due min di riposo tra ogni serie. Il BMD regionale è stato misurato alla colonna lombare, al collo del femore e al radio distale per mezzo di densitometria DEXA prima dell'inizio dello studio (tempo 0) e nuovamente alla fine delle 36 sessioni.

Risultati. Entrambi i protocolli hanno portato ad aumenti significativi del BMD regionale in tutti e tre i distretti anatomici. Il confronto tra i cambiamenti pre e post intervento nei due gruppi di trattamento ha mostrato differenze significative in confronto al solo gruppo di controllo al rachide lombare e al polso dopo allenamento aerobico, e al collo del femore dopo allenamento di resistenza (P<0,05).

Conclusioni. Si riscontrano differenze sostanziali nella risposta regionale del BMD ai diversi regimi di esercizio.

PAROLE CHIAVE: Scheletro - Densità ossea - Esercizio.

Osteoporosis is the most prevalent disease among women.¹ Bone mineral density (BMD) usually maintains its peak values up to the age of 40-50 years, after which a gradual reduction (0.5-1%/year) is expected.² Notably, the risk of osteoporosis increases during the first 3 to 5 postmenopausal years (2-6% per year).³ Factors influencing BMD include aging (beginning at age 30 then becoming more pronounced after age 50), race (white), alcohol and tobacco use, poor dietary intake of calcium and vitamin D, sedentary lifestyle, familial history of osteoporosis and hormonal diseases (thyroid and parathyroid hyperactivity, Cushing's syndrome) and osteomyelitis, as well as use of drugs (e.g., diuretics or glucocorticoids) and contraceptive devices.¹⁻⁴

There is a growing body of knowledge about the ability of exercise to preserve BMD throughout life and into advancing age.⁵⁻¹³ Cross-sectional studies¹⁴⁻¹⁹ have confirmed that BMD can be promoted by weight-bearing activities and high-intensity contractions.^{16, 20, 21} While dynamic tension activities (e.g., jumping) may be appropriate in growing adolescents^{22, 23} (to increase peak BMD and prevent osteopenia), they might not be practical in other situations where resistance training could provide more beneficial results.⁵ Furthermore, there is wide consensus that the effects of exercise are limited to the bones linked to the contracting muscles,²⁴⁻³¹ as verified in animal studies as well.³² It is also generally thought that training protocols should be especially designed for specific populations.³⁴ For example, exercises found to be effective in premenopausal women were not so in older postmenopausal women.^{34, 35}

Although differences in exercise volume, type (weight-bearing activities) and intensity may result in differential adaptations in BMD,³⁶⁻³⁹ it is unknown what type of exercise (aerobic vs. resistance) may be more appropriate for enhancing BMD in specific sites of the skeleton. There is some evidence for the positive effects of exercise on femoral and pelvic BMD but not on the spine.^{10, 36, 40-42} Other studies, however, reported exercise-induced increases in femoral and spinal BMD.^{33, 43} In contrast, Hind *et al.* (2006) found an inverse correlation between BMD and long-distance running, with a greater risk in the men rather than their female counterparts.⁴⁴

Given the discrepancies in the current literature and the lack of understanding about the specific advantages of exercise types (resistance vs. endurance) at different sites of the skeleton,

*L'osteoporosi è la patologia più diffusa tra le donne*¹. La densità minerale ossea (bone mineral density, BMD) mantiene normalmente il suo picco fino all'età di 40-50 anni; dopo tale periodo ci si aspetta una graduale riduzione (0,5-1% all'anno)². In particolare, il rischio di osteoporosi aumenta durante i primi tre-cinque anni dopo la menopausa (2-6% all'anno)³. I fattori che influenzano il BMD comprendono: l'età (dall'età di 30 anni, con aumento significativo dopo i 50 anni), la razza (bianca), l'uso di alcool e tabacco, lo scarso introito di calcio e vitamina D con la dieta, lo stile di vita sedentario, la storia familiare di osteoporosi e di patologia ormonale (ipertiroidismo e iperparatiroidismo, sindrome di Cushing) e l'osteomielite, come parimenti l'uso di farmaci (es. diuretici e glucocorticoidi) e l'uso di contraccettivi¹⁻⁴.

È ben noto che l'esercizio fisico è in grado di preservare il BMD per tutta la vita e nell'età avanzata⁵⁻¹³. Studi trasversali¹⁴⁻¹⁹ hanno confermato che il BMD può essere sostenuto con attività a carico naturale e contrazioni ad alta intensità^{16, 20, 21}. Le attività di tensione dinamica (per es. salto) possono essere adatte per gli adolescenti in crescita^{22, 23} (per aumentare il picco di BMD e prevenire l'osteopenia); non possono essere utili in altre situazioni in cui l'allenamento di resistenza potrebbe apportare migliori benefici⁵. Inoltre, si riscontra ampio consenso sul fatto che gli effetti dell'esercizio siano limitati ad ossa connesse a muscolatura contratta²⁴⁻³¹, come anche studiato sugli animali³². È pensiero comune che i protocolli di allenamento siano particolarmente disegnati per specifiche popolazioni³⁴. Ad esempio, esercizi efficaci per le donne in pre-menopausa non hanno lo stesso effetto in donne più anziane in post-menopausa^{34, 35}.

Anche se un diverso volume, tipo (attività a carico naturale) e intensità di esercizi possono determinare modifiche del BMD³⁶⁻³⁹, non è noto quale tipo di esercizio (aerobico o di resistenza) possa essere più appropriato per aumentare il BMD nelle parti specifiche dello scheletro. Ci sono prove sugli effetti positivi dell'esercizio sul BMD femorale e pelvico ma non sulla colonna^{10, 36, 40-42}. Altri studi hanno invece riportato aumenti indotti dagli esercizi sul BMD femorale e del rachide^{33, 43}. Al contrario Hind *et al.* hanno trovato una relazione inversa tra BMD e corsa su lunghe distanze con un maggiore rischio nell'uomo rispetto alla donna⁴⁴.

Date le divergenze nella letteratura attuale e la mancanza di comprensione sui vantaggi specifici dei tipi di esercizio (resistenza vs. endurance) in parti differenti dello scheletro, lo studio attuale è stato disegnato come il primo lavoro che dovrebbe tenere conto delle sopramenzionate mancanze. I

TABLE I.—Subject characteristics.
TABELLA I.— *Caratteristiche soggettive.*

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
Endurance	22.58±1.31	161.87±4.37	60.43±7.76
Resistance	22.66±1.72	161.5±6.51	57.45±6.13
Control	22.75±1.76	159.75±5.88	60±5.54

the present study was designed as a pioneering work that would take into account the above-mentioned shortcomings. The results of this study suggest the importance of prescribing appropriate exercise programs for certain sites of the skeleton.

Materials and methods

A total of 43 volunteers from students attending Islamic Azad University, Tabriz Branch, were screened by means of a questionnaire and physical examination. The study population was 36 young untrained female subjects who presented no cardiovascular/metabolic diseases or menstrual disorders and reported no use of medications or alcohol or tobacco. The subjects was randomly assigned to either of two treatment groups (endurance or resistance training) or the control group. The study population characteristics are shown in Table I. All subjects were received supplementation of 250 mL milk three times a week to assure sufficient dietary calcium intake during the study period.

Training sessions were performed at the same time of day (4-6 pm), beginning with 20 min warm-up (including flexibility exercises and dynamic strength training of the extremities, abdomen, and back, using body weight as a counterweight), followed by 7 min running at 40-50% maximum heart rate (MHR), and ending with 10 min cool-down.

The endurance training protocol consisted of 36 sessions of treadmill running (40 min per session, three sessions a week) at 70% to 80% MHR (based on the Karvonen/HRR formula).

The resistance training protocol consisted of 36 circuit weight-training sessions (three sessions a week), including bench press, arm curl, squat, parallel, leg curl, shoulder rises, and pull up/rowing ⁱ stations, respectively, at 70% to 80% 1RM. There were three sets in each session, with six to eight repetitions and 2 and 1

ⁱ Subjects unable to perform pull-ups exercised at the rowing station.

risultati di questo studio suggeriscono l'importanza di prescrivere programmi di esercizi adeguati ad ogni parte dello scheletro.

Materiali e metodi

Sono stati presi in considerazione 43 volontari tra gli studenti dell'Università Islamica Azad, distaccamento di Tabriz, e analizzati per mezzo di questionario ed esame fisico. La popolazione studiata consisteva in 36 giovani donne senza allenamento che non presentavano patologie cardiovascolari/metaboliche o problemi mestruali, che riferivano di non fare uso di medicinali, alcool o tabacco. I soggetti sono stati assegnati in modo randomizzato ad uno dei due gruppi di trattamento (allenamento di endurance o di resistenza) o al gruppo di controllo. Le caratteristiche delle persone prese in esame sono mostrate nella Tabella I. Tutte hanno ricevuto una supplementazione di 25 ml di latte tre volte alla settimana per garantire un sufficiente introito di calcio nella dieta durante il periodo di studio.

Le sessioni di allenamento si sono svolte contemporaneamente nella giornata (h 16:00-18:00): inizio con 20 min di riscaldamento (inclusi esercizi di flessibilità e allenamento di forza dinamica delle estremità, addominali e dorsali, usando il peso corporeo come contrappeso), seguito da 7 min di corsa al 40-50% della frequenza cardiaca massima (fc massima) e fine con 10 min di raffreddamento.

Il protocollo di allenamento endurance era composto da 36 sessioni di corsa su tapis roulant (40 min per sessione, 3 sessioni a settimana) dal 70% all'80% della fc massima (basato sulla formula del tasso di frequenza cardiaca di Karvonen).

Il protocollo di allenamento di resistenza era composto da 36 sessioni di allenamento a circuito con pesi (tre sessioni a settimana) inclusi panca piana, potenziamento dei bicipiti, accosciata, parallele, potenziamento dei quadricipiti, elevazione delle spalle e stazioni per sollevamento/vogatore (pull up/rowing) ⁱ, rispettivamente dal 70% all'80% di 1RM. Ogni sessione era composta da tre serie con 2-6 ripetizioni e intervalli rispettivamente di 2 e 1 min tra serie e stazioni. L'intensità dell'allenamento di endurance era controllata (fc calcolata in dominio ±5 battiti) con l'uso di una cintura toracica.

Tutti i soggetti hanno fatto una sessione di familiarizzazione una settimana prima che lo studio

ⁱ Individui non in grado di eseguire sollevamenti alla stazione vogatore.

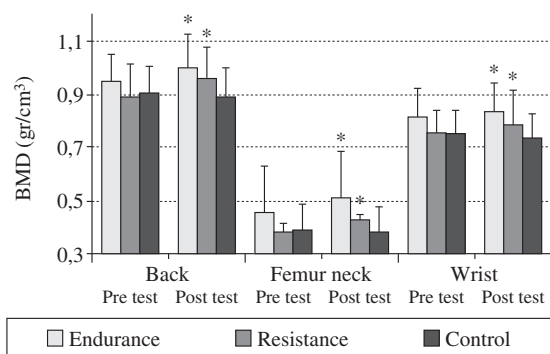


Figure 1.—Regional BMD at the three anatomic sites in the three groups. *Significant differences in BMD vs baseline values ($P<0.05$).
 Figura 1. — BMD regionale nei tre siti anatomici dei tre gruppi. *Differenze significative nella BMD in confronto ai valori di base ($P<0,05$).

min rest intervals between the sets and stations, respectively.

Endurance training intensity was controlled (calculated heart rate domain ± 5 beats) with use of a polar belt.

All subjects attended a familiarization session 1 week prior to the beginning of the study. The 1RM for each movement was determined using a standard method⁴⁵ and was repeated every three weeks during the training period. The control group was instructed to avoid excessive physical activity for the duration of the study.

Bone densitometry was performed by dual X-ray absorptiometry (DXA) at the L₁-L₄ of the lumbar spine, the femoral neck and the distal forearm.³³

Normal data distribution was tested using the Kolmogorov-Smirnov test; pre- and post-intervention data were compared using a t-test for paired samples. The differences in the BMD measured at the 3 regional sites for each group before and after the intervention were compared using analysis of variance (ANOVA). A significance level of 0.05 was set for all statistical analyses.

Results

Comparison of the differences in the BMD (Figure 1) measured before (baseline) and after intervention showed that the endurance and the resistance training regimens both induced a significant change in BMD at the 3 regional sites ($P<0.05$).

Moreover, a significant difference was ob-

avesse inizio. 1RM di ogni movimento è stato determinato usando il metodo standard⁵ e ripetuto ogni tre settimane durante il periodo di allenamento. Al gruppo di controllo è stato raccomandato di evitare eccessiva attività fisica per la durata dello studio.

La densitometria ossea è stata eseguita da un densitometro a doppio raggio X (DEXA) a livello L₁-L₄ della colonna lombare, del collo del femore e dell'avambraccio distale³³.

La distribuzione dei dati normali è stata valutata con test Kolmogorov-Smirnov; i dati pre e post intervento sono stati comparati usando t-test per coppie di esempi. Le differenze del BMD misurato nei 3 siti per ogni gruppo, prima e dopo l'intervento, sono state comparate con l'analisi della varianza (ANOVA). Un livello di significatività di 0,05 è stato fissato per tutte le analisi statistiche.

Risultati

Il confronto delle differenze del BMD (Figura 1) misurato prima (tempo 0) e dopo l'intervento ha mostrato che entrambi i regimi di allenamento di endurance e di resistenza hanno apportato un cambiamento significativo del BMD nei tre siti ($P<0,05$).

Inoltre è stata osservata una differenza significativa tra la quantità e il relativo ordine del cambiamento del BMD misurato tra il tempo 0 e la fine nei siti regionali (colonna lombare, collo del femore e polso) nei due gruppi di intervento rispetto al gruppo di controllo ($P<0,05$).

Discussione

Sono stati osservati in entrambi i gruppi (allenamento di endurance e resistenza) cambiamenti significativi tra i valori prima e dopo l'intervento del BMD regionale in tutti i tre siti (Figura 1). Simon et al. hanno dimostrato in modo simile il vantaggio dell'allenamento di potenza (a un anno) sull'allenamento di forza nell'aumento della massa ossea della colonna lombare⁴⁵. Hanno comunque osservato una lieve diminuzione durante il periodo del follow-up che può essere attribuito all'effetto abitudine (per es., diminuzione di risposta con stimolazione ripetuta) e alla capacità di adattare le forze meccaniche sperimentate. L'effetto abitudine è stato riconosciuto anche in altri studi⁴⁶⁻⁴⁸. Sembra che gli aumenti osservati di BMD, indotti da entrambi i protocolli, siano probabilmente dovuti alle abitudini sedentarie dei soggetti osservati per i quali l'allenamento fisico ha rappresentato un sovraccarico nel loro stile di vita^{38, 39, 49}. Partendo da questo presupposto sembra che almeno tempo e

served between the amount and the relative order of change in BMD measured between baseline and final assessment at the regional sites (back, femoral neck and wrist) in the two intervention groups *vs.* the control group ($P<0.05$) (Figure 2).

Discussion

Significant changes between pre- and post-intervention values of regional BMD at all three sites were observed in both groups (endurance and resistance training) (Figure 1). Simon *et al.* (2007) similarly demonstrated the advantage of power training (one year) over strength training for enhancing bone mass at the lumbar spine.⁴⁵ However, they observed a small decrease during the follow-up period, which can be attributed to the habituation effect (*i.e.*, a decreased response with repeated stimulation) and the capability to adapt by mechanical forces experienced. The habituation effect was also recognized in other studies.⁴⁶⁻⁴⁸ It seems that the observed increases in BMD induced by both protocols are likely due to the sedentary habits of our subjects, for which physical training constituted an overload in their lifestyle.^{38, 39, 49} On this basis, it seems that at least the time and intensity (load) of training protocols should be adjusted for each type of training.

In one study, no additive changes were observed after adding a resistance training program to 14 weeks of dietary weight loss; however, as in our study, whole body BMD had decreased.⁵⁰ Furthermore, there was a slight increase (non-significant) in the BMD at the lumbar spine and femoral neck in the control group (Figure 2), which could have been responsible for the non-significant differences in the amount of changes (between baseline and final assessment) between the endurance and the control groups.

In addition, the results of this study show that the resistance training protocol had a greater effect (non-significant) than the endurance training on the lumbar spine and femoral neck, which is in line with the results of other studies^{33, 44, 51, 52} but disagrees with the findings by Schwartz *et al.*⁵³ Mc Dougan *et al.* (1999) reported that BMD increases with 20 min running per week, however, no additive changes were found when running time was increased.⁵⁴ Hind *et al.* also demonstrated that acute lack of energy might stop/suppress bone formation in endurance athletes.⁴⁴

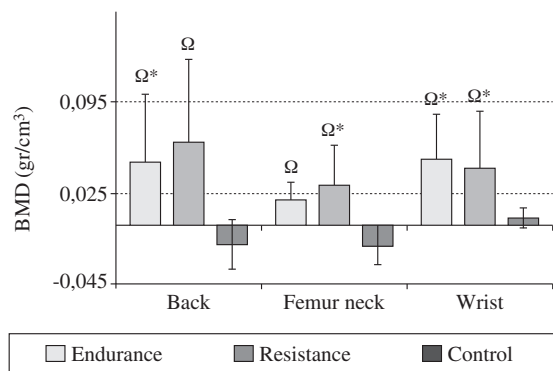


Figure 2.—Differences in regional BMD between baseline and final assessment at each site in the three groups. *Significant differences in BMD changes in the treatment groups *vs.* the control group ($P<0.05$). ΩSignificant differences in BMD between baseline and final assessment ($P<0.05$).

Figura 2. — Differenze del BMD regionale tra il tempo 0 e la fine per ogni sito dei tre gruppi. *Differenze significative nei cambiamenti del BMD nei gruppi di trattamento rispetto al gruppo di controllo ($P<0,05$). ΩDifferenze significative del BMD tra il tempo 0 e la fine ($P<0,05$).

intensità (carico) dell'allenamento potrebbero essere adattati per ogni tipo di allenamento.

In uno studio non è stato osservato alcun ulteriore cambiamento dopo aver aggiunto un programma di allenamento di resistenza a una dieta di 14 giorni per la perdita di peso; comunque, come nel nostro studio, è diminuito il BMD in toto⁵⁰. Inoltre nel gruppo di controllo si è manifestato un leggero incremento (non significativo) del BMD della colonna lombare e del collo del femore (Figura 2) che avrebbe potuto essere la causa di differenze non significative nel numero di cambiamenti (tra il tempo 0 e la fine) tra i gruppi endurance e di controllo.

*Inoltre i risultati di questo studio mostrano che il programma di allenamento di resistenza ha avuto un effetto migliore (non significativo) rispetto all'allenamento endurance sulla colonna lombare e sul collo del femore. Tale risultato appare in linea con gli altri studi^{33, 44, 51, 52} ma non è concorde con quanto riscontrato da Schwartz *et al.*⁵³ Mc Dougan *et al.* hanno riportato che il BMD aumenta con 20 min di corsa a settimana, comunque non si sono verificati ulteriori cambiamenti con l'aumentare del tempo di corsa⁵⁴. Hind *et al.* hanno dimostrato anche che la perdita acuta di energia può arrestare la formazione dell'osso negli atleti endurance⁴⁴.*

È stato anche riscontrato che la riserva minerale del corpo si perde tramite il sudore durante gli esercizi endurance, portando a una riduzione del calcio nel sangue²⁵.

It was also reported that the body mineral pool is lost *via* sweating during endurance exercises, leading to a reduction in blood calcium.²⁵

On this basis, the theory of energy deficit can to some extent be confirmed by our study. On the other hand, resistance training protocols are considered to be efficient stimuli for bone formation because of the high load delivered to the bones. Therefore, it is likely that some activities (e.g., weightlifting or bodybuilding) could provide better opportunities for young women to maximize their skeletal BMD. Accordingly, Zanker showed that the minimum load needed to stimulate bones is at least equal to 2.5 times the subject's body weight. During walking or jogging, however, the bones experience forces equal to or slightly more than body weight, which is unlikely to stimulate bones.⁵⁵

Moreover, there is some evidence that more mechanical pressure is exerted on the bones during bounce depth jumping than during walking and running (13%⁵⁶ and 11%,⁵⁷ respectively); however, the rate of pressure changes is very sharp (250% and 740%, respectively).

Therefore, it appears that the greater effect of resistance training has on femoral neck BMD as compared to endurance training might be a reflection of the different rates of pressure changes in these protocols. Furthermore, Robling *et al.* noted that repeated exposure to an acute mechanical load on the bones can induce increases in BMD.⁵⁸ On this basis, it seems that the acute and repeated nature of load administration during resistance training might have been responsible for the minor changes observed in the femoral neck and lumbar spine BMD of the endurance group as compared to their aerobic counterparts. However, no direct measurements were made and more comprehensive study certainly remains to be done.

The most interesting result was that there was an increase in distal radius BMD in the aerobic training (running) group, although the upper body was not involved. This can probably be ascribed to a transition effect similar to bilateral skill learning. It is also possible that hormonal processes were involved. In other words, our findings confirm the effects of aerobic training on whole skeletal BMD not inclusive to the training site. Similarly, Maimoun *et al.* reported that following moderate walking exercises the plasma calcitonin level increased in postmenopausal women.⁵⁹ Moreover, significant increases in blood parathormone levels were also seen after resistance exercises.⁶⁰ Therefore, we may

Su queste basi può essere confermata per certi versi la teoria del deficit energetico che risulta dal nostro studio. D'altro canto i protocolli di allenamento di resistenza sono considerati essere stimoli efficienti per la formazione dell'osso per l'elevato carico sulla struttura ossea. È quindi probabile che attività come sollevamento pesi e body building possano essere più utili alle giovani donne per massimizzare il BMD totale. In modo concorde Zanker ha mostrato che il carico massimo necessario a stimolare le ossa è pari almeno a 2,5 volte il peso corporeo. Comunque durante passeggiata o jogging le ossa sono sottoposte a forze uguali o lievemente superiori al peso corporeo, che probabilmente non generano stimoli sulle ossa stesse⁵⁵.

Inoltre ci sono casi in cui è maggiore la pressione meccanica esercitata sulle ossa durante il salto lungo con rimbazzo (bounce depth jumping) rispetto alla camminata e alla corsa (rispettivamente 13%⁵⁶ and 11%⁵⁷); la percentuale dei cambiamenti di pressione è in ogni caso molto elevata (rispettivamente 250% e 740%).

*Sembra quindi che l'effetto maggiore dell'allenamento di resistenza si abbia sul BMD del collo femorale come emerge dal confronto con l'allenamento di endurance; ciò potrebbe essere un riflesso delle diverse percentuali dei cambiamenti di pressione di questi protocolli. Inoltre Robling *et al.* hanno rilevato che l'esposizione ripetuta delle ossa a un carico meccanico acuto possa indurre all'aumento del BMD⁵⁸. Su questa base sembra che la natura acuta e ripetuta della gestione del carico durante l'allenamento di resistenza possa essere stata responsabile dei minori cambiamenti osservati nel BMD del collo femorale e della colonna lombare del gruppo endurance rispetto alle controparti aerobiche. Non sono comunque state effettuate misurazioni dirette né sono disponibili studi completi.*

*Il risultato più interessante è stato quello relativo all'aumento del BMD nel radio distale con il gruppo di allenamento aerobico (corsa), sebbene la parte superiore del corpo non fosse stata interessata. Ciò può essere probabilmente ascritto a un effetto di transizione simile a capacità di apprendimento bilaterale. È anche possibile un coinvolgimento dei processi ormonali. In altre parole i nostri risultati confermano gli effetti dell'allenamento aerobico sul BMD di tutto lo scheletro al di fuori del sito di allenamento. Similmente Maimoun *et al.* hanno riportato che con esercizi di passeggio moderato il livello di calcitonina plasmatica è aumentato nelle donne in post-menopausa⁵⁹. Inoltre aumenti significativi dei livelli di paratormone nel sangue sono stati anche riscontrati dopo esercizi di resistenza⁶⁰. Possiamo quindi ipotizzare che potrebbero presentarsi anche simili aumenti dei*

speculate that there might also be similar increases in parathormone and calcitonin levels (although no direct measurements were made). It is also well known that BMD changes are usually quite slow and that significant BMD changes at femoral sites are seen at least only after one year. Our 12-week study showed a significant increase in regional BMD at all three sites; however, as the amounts measured at baseline and final assessment differed between the groups, the same results might not be observed with longer training periods.

Nevertheless, in most cases there is a broad agreement that BMD is high when the preferred and the not-preferred limbs are trained.⁶¹⁻⁶⁵ Consequently, the mechanisms responsible for increased distal radius BMD during aerobic exercise remain unknown and more study is needed to elucidate why this is so.

Conclusions

In conclusion, we found significant differences in regional BMD responses to different exercise regimens. It is expected that identification of those cases can be effective in the prevention and treatment of osteoporosis; however, the amount and nature of the loads administered in a training program will need to be personalized accordingly.

livelli di paratormone e di calcio (sebbene non siano state fatte misurazioni dirette). È anche ben noto che cambiamenti del BMD sono solitamente abbastanza lenti e che cambiamenti significativi del BMD delle regioni femorali sono riscontrati come minimo solo dopo un anno. Il nostro studio di 12 mesi ha mostrato un aumento significativo nel BMD regionale in tutti e tre i distretti; comunque poiché i valori misurati al tempo 0 e a fine differivano tra i gruppi, gli stessi risultati potrebbero non essere osservati in periodi più lunghi di allenamento.

Tuttavia, nella maggioranza dei casi c'è un grande accordo sul fatto che il BMD sia alto quando gli arti sono allenati⁶¹⁻⁶⁵. Di conseguenza i meccanismi responsabili dell'aumentato BMD del radio distale durante l'esercizio aerobico restano non noti; uno studio maggiore è richiesto per chiarirne il motivo.

Conclusioni

In conclusione abbiamo trovato differenze significative nelle risposte del BMD regionale ai diversi regimi di esercizio. Ci si aspetta che l'identificazione di quei casi possa essere efficace nella prevenzione e nel trattamento dell'osteoporosi; comunque la quantità e la natura dei carichi somministrati in un programma di allenamento necessiterà di essere personalizzata in base alle esigenze.

References/Bibliografia

- 1) Yuko S, Isao O, Tomoyuki W, Takayuki M, Yuzo S. Effects of physical training on bone mineral density and bone metabolism. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2003;22:203-8.
- 2) Shin H, Hur N, Pender H, Jang HJ, Kim MS. Exercise self-efficacy, exercise benefits and barriers, and commitment to a plan for exercise among Korean women with osteoporosis and osteoarthritis. *Int J Nurs Stud* 2006;43:3-10.
- 3) Pouilles JM, Tremollieres F, Ribot C. The effects of menopause on longitudinal bone loss from the spine. *Calcif Tissue Int* 1993;52:340-3.
- 4) Jessup JV, Horne C, Vishen RK, Wheeler D. Effects of exercise on bone density, balance, and self-efficacy in older women. *Biol Res Nurs* 2003;4:171-80.
- 5) Hélène F, Fabienne M, Maude N, Marie-Jeanne D, Patrice L, Véronique C *et al.* Effects of isometric strength training followed by no exercise and Humulus lupulus L-enriched diet on bone metabolism in old female rats. *Metabolism* 2007;56:1673-81.
- 6) Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials. *Am J Phys Med Rehabil* 2001;80:65-77.
- 7) Martyn-St JM, Carroll S. High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporos Int* 2006;17:1225-40.
- 8) Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HC, Kostense PJ, Twisk JW. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1999;9:1-12.
- 9) Thorsen K, Kristoffersson A, Lorentzon A. The effects of brisk walking on markers of bone and calcium metabolism in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1996;58:221-5.
- 10) Bergström I, Landgren B, Brinck J, Freyschuss B. Freyschuss. Physical training preserves bone mineral density in postmenopausal women with forearm fractures and low bone mineral density. *Osteoporos Int* 2008;19:177-83.
- 11) Kelley GA. Aerobic exercise and bone density at the hip in postmenopausal women: a meta-analysis. *Prev Med* 1998;27:798-807.
- 12) Kelley GA. Exercise and regional bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analytic review of randomized trials. *Am J Phys Med Rehabil* 1998;77:76-87.
- 13) Wallace BA, Cumming RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000;67:10-8.
- 14) Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Receptor A, Stillman RJ. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone* 1995;17:205-10.
- 15) Lee EJ, Long KA, Risser WL, Poindexter HB, Gibbons WE, Goldzieher J. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1354-61.
- 16) Morel J, Combe B, Francisco J, Bernard J. Bone mineral density of 704 amateur sportsmen involved in different physical activities. *Osteoporos Int* 2001;12:152-7.
- 17) Risser WL, Lee EJ, LeBlanc A, Poindexter HB, Risser JM, Schneider V. Bone density in eumenorrheic female college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:570-4.
- 18) Kohrt WM, Snead DB, Slatopolsky E, Birge SJ. Additive effects of weight-

- bearing exercise and estrogen on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res* 1995;10:1303-11.
- 19) Chein MY, Wu YT, Hsu RS, KAT GS. Efficacy of 24 week aerobic programs for osteopenic postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000;67:443-8.
- 20) Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievanen H, Manttari A, Vuori I. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone Miner* 1993;23:1-14.
- 21) Heinrich CH, Going SB, Pamerter RW, Perry CD, Boyden TW, Lohman TG. Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:558-63.
- 22) Petit MA, McKay HA, MacKelvie KJ, Heinonen A, Khan KM, Beck TJ. A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls: a hip structural analysis study. *J Bone Miner Res* 2002;17:363-72.
- 23) Tszuku S, Shimokata H, Ikegami Y, Yabe K, Wasnich, RD. Effects of high versus low-intensity resistance training on bone mineral density in young males. *Classified Tissue International* 2001;68:342-7.
- 24) Laura A, Jeanne C, Edwards LG. The effect of muscle-building exercise on bone mineral density of the radius, spine, and hip in young men. *Journal of Calcified Tissue International* 2007;45:12-4.
- 25) Davee AM, Rosen CJ, Adler RA. Exercise patterns and trabecular bone density in college women. *J Bone Miner Res* 1990;5:245-50.
- 26) Gleeson PB, Protas EJ, LeBlanc AD, Schneider VS, Evans HJ. Effects of weight lifting on bone mineral density in premenopausal women. *J Bone Miner Res* 1990;5:153-8.
- 27) Hamdy RC, Anderson JS, Whalen KE, Harvill LM. Regional differences in bone density of young men involved in different exercises. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:884-8.
- 28) Karlsson MK, Johnell O, Obrant KJ. Bone mineral density in weight lifters. *Calcif Tissue Int* 1993;52:212-5.
- 29) Menkes A, Mazel S, Redmond RA, Koffler K, Libanati CR, Gundberg CM. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol* 1993;74:2478-84.
- 30) Pruitt LA, Jackson RD, Bartels RL, Lehnhard HJ. Weight-training effects on bone mineral density in early postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 1992;7:179-85.
- 31) Snow-Harter C, Bouxsein ML, Lewis BT, Carter DR, Marcus R. Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: a randomized exercise intervention trial. *J Bone Miner Res* 1992;7:761-9.
- 32) Lac G, Cavalie H. A rat model of progressive isometric strength training. *Arch Ph.*
- 33) Stengel, SV, Kemmler W, Pintag R, Beeskow C, Weineck J, Lauber D, Kallender WA, Engelke K. Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 2005;99:181-8.
- 34) Sugiyama T, Yamaguchi A, Kawai S. Effects of skeletal loading on bone mass and compensation mechanism in bone: a new insight into the "mechanostat" theory. *J Bone Miner Metab* 2002;20:196-200.
- 35) Bassey EJ, Rothwell MC, Littlewood JJ, Pye DW. Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res* 1998;13:1805-13.
- 36) Maddalozzo GF, Snow CM. High intensity resistance training: effect on bone in older men and women. *Journal of Calcified Tissue International* 2000;66:399-404.
- 37) Bellew J, Gehrig WL. A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weight lifters. *Pediatr Phys Ther* 2006;18:19-22.
- 38) Magkos F, Yannakoulia M, Kavouras SA, Sidossis LS. The type and intensity of exercise have independent and additive effects on bone mineral density. *Int J Sports Med* 2007;28:773-9.
- 39) Wolman RL, Faulmann L, Clark P, Hesp R, Harries FG. Different training patterns and bone mineral density of femoral shaft in elite, female athletes. *J Ann Rheum Dis* 1991;50:487-99.
- 40) Meral B, Seyhan S, Metin K, Sehri K. Relationships between muscle strength and bone mineral density of three body regions in sedentary postmenopausal women. *Rheumatology International* 2005;25:513-7.
- 41) Holm L, Olesen JL, Matsumoto K, Doi T, Mizuno M, Alsted TJ. Protein-containing nutrient supplementation following strength training enhances the effect on muscle mass, strength, and bone formation in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 2008;105:274-81.
- 42) Park H, Kim KJ, Komatsu T, Park SK, Mutoh Y. Effect of combined exercise training on bone body balance, and gait ability: a randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *J Bone Miner Metab* 2008;26:254-9.
- 43) Larry EM, Sharon MNR, Warren KR, Frank CG, Lawrence HC, William GH. Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. Does Exercise Training Make a Difference? *Phys Sportsmed* 2004;32:83-91.
- 44) Hind KJG, Truscott JE. Low lumbar spin bone mineral density in both male and female endurance runners. *Journal of Bone* 2006;39:880-5.
- 45) Simon VS, Wolfgang K, Willi AK, Klaus E, Dirk L. Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: a 2-year longitudinal study. *Br J Sports Med* 2007;41:649-55.
- 46) Kerr D, Ackland T, Maslen B, Morton A, Prince R. Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2001;16:175-81.
- 47) Heikkinen J, Kyllonen E, Kurttala-Matero E. HRT and exercise: effects on bone density, muscle strength and lipid metabolism. A placebo controlled 2-year prospective trial on two estrogen-progestin regimens in healthy postmenopausal women. *Maturitas* 1997;26:139-49.
- 48) Prince RL, Devine A, Dick I. The effect of calcium supplementation (milk powder or tablets) and exercise on bone density in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 1995;10:1068-75.
- 49) Bellew JW, Gehrig LA. Comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers soccer players, and weight lifters. *Pediatr Phys Ther* 2006;18:19-22.
- 50) Yoshio N, Kazunori O, Dong JLT, Kiyoji T. Effects of additional resistance training during diet-induced weight loss on bone mineral density in overweight premenopausal women. *J Bone Miner Metab* 2008;26:172-7.
- 51) Torstveit MK, Sundgot-Borgen J. Low bone mineral density is two to three times more prevalent in nonathletic premenopausal woman than in elite athletes: a comprehensive controlled study. *Br J Sports Med* 2005;39:282-7.
- 52) Holm L, Olesen JL, Matsumoto K, Doi T, Mizuno M, Alsted TJ. Protein-containing nutrient supplementation following strength training enhances the effect on muscle mass, strength, and bone formation in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 2008;105:274-81.
- 53) Schwartz AL, Winters-Stone K, Gallucci B. Exercise effects on bone mineral density in women with breast cancer receiving adjuvant chemotherapy. *Oncol Nurs Forum* 2007;34:627-33.
- 54) Zanker CL, Osborne CC, Oldroyd CB, Truscott BJG. Differences in body density, body composition, physical activity, and diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years age. *JBM* 2003;18:1043-50.
- 55) Judex S, Zernicke RF. High-impact exercise and growing bone: relation between high strain rates and enhanced bone formation. *J Appl Physiol* 2000;88:2183-91.
- 56) Judex S, Zernicke RF. Does the mechanical milieu associated with high-speed running lead to adaptive changes in diaphyseal growing bone? *Bone* 2000;26:153-9.
- 57) Maud PJ, Foster C. Parameters of fitness assessment. In: Maud PJ, Foster C, editor. *Physiological Assessment of Human Fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1995.
- 58) Robling AG, Hinant FM, Burr DB, Turner CH. Shorter, more frequent mechanical loading sessions enhance bone mass. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:196-202.
- 59) Maimoun L, Simar D, Malatesta D, Caillaud C, Peruchon E, Couret I, Rossi M, Mariano-Goulart D. Response of bone metabolism related hormones to a single session of strenuous exercise in active elderly subjects. *Br J Sports Med* 2005;39:497-502.
- 60) Rong H, Berg U, Torring O, Sundberg CJ, Grundberg B, Bucht E. Effect of acute endurance and strength exercise on circulating calcium-regulating hormones and bone markers in young healthy males. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7:152-9.
- 61) Taaffe DR, Lewis B, Marcus R. Quan-

tifying the effect of hand preference on upper limb bone mineral and soft tissue composition in young and elderly women by dual-energy X-ray absorptiometry. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002;14:393-404.

62) Senol D, Sedat A, Ibrahim H, Erhan V. Differences Between Right-and Left-Femoral Bone Mineral Densities in Right-

and Left-Handed Men and Women. *Int J Neurosci* 2001;111:187-92.

63) Onodera T, Tomomitsu M, Fukunaga T, Sone Y, Imai YJS. Side-to-side differences in cortical bone mineral density of tibiae in young male athletes. *Bone* 2007;38:708-13.

64) Sedat A, Haktan S, Abdullah C, Erhan V. lateralized mineral content

and density in distal forearm bones in right-handed men and women: relation of structure to function. *Int J Neurosci* 2002;112:301-11.

65) Proctor KL, Adams WC, Shaffrath JD, Van Loan MD. Upper-limb bone mineral density of female collegiate gymnasts versus controls. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2002;34:1830-5.

Received on February 2, 2010 - Accepted for publication on November 16, 2010.

Corresponding author: K. Azali Alamdari, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Guilan, Rasht, Iran.
E-mail: azalog@yahoo.com

Effect of isokinetic dynamometer velocity on muscle strength deficit in elite athletes after ACL reconstruction

L'effetto della velocità misurata con un dinamometro isocinetico sui deficit di forza muscolare in atleti di alto livello dopo ricostruzione del legamento crociato anteriore

M. KADIJA ¹, O. KNEZEVIC ², D. MILOVANOVIC ¹, M. BUMBASIREVIC ¹, D. M. MIRKOV ²

¹Institute for Orthopaedic Surgery and Traumatology, Clinical Centre of Serbia, Belgrade, Serbia

²The Research Center, Faculty of Sport and Physical Education, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

SUMMARY

Aim. Although many studies on anterior cruciate ligament (ACL) postoperative deficits have reported the strength test measurements obtained at one or two angular velocities, there is no clear evidence which testing velocities result in the most sensitive outcome for particular variables, as well as how these variables are affected by the applied angular velocity. The aim of this study was to assess the effect of velocity on the disbalances of the muscle strength as assessed by the hamstrings to quadriceps peak torque ratio (*H:Q ratio*) and their relative strength deficit (*RSD*).

Methods. Nineteen elite athletes (4.9±0.7 months following the surgery; mean±SD) were included in the study. Maximum isokinetic and isometric quadriceps and hamstrings strength, their *RSD* and balance (*H:Q*) were assessed at the angular velocities of 0, 60, 120 and 180°/s.

Results. Comparison between the quadriceps peak torques (*PT-s*) of the operated and healthy leg yielded a significant main effect of leg ($F_{1,19}=7.8$; $P=0.016$) and velocity ($F_{3,57}=11.4$; $df=3$; $P=0.0001$), while the leg x velocity interaction was not significant. Regarding the hamstrings muscle, only the main effect of velocity on *PT-s* was recorded ($F=49.6$; $df=3$; $P=0.0001$). Comparison of *H:Q ratio* of the healthy and operated leg revealed the significant main effects of leg ($F_{1,19}=15.0$; $P=0.001$), velocity ($F_{3,57}=63.3$; $P=0.0001$) and the leg x velocity interaction ($F_{3,57}=4.24$; $P=0.009$). Analysis of *RSD* across the angular velocities revealed a significant main effect of muscle ($F_{1,19}=8.1$; $P=0.013$), leg ($F_{3,57}=6.13$; $P=0.0016$), and the muscle x velocity interaction ($F_{3,57}=4.6$; $P=0.007$).

Conclusion. The present study provides the evidence of angular velocity associated changes in the quadriceps and hamstrings *PT*, *RSD* and *H:Q ratio*. Therefore, of importance for a regular monitoring of rehabilitation process should not be only the quadriceps strength measures, but also the derived *RSD* and *H:Q ratio*, particularly those obtained at lower angular velocities.

KEY WORDS: Wounds and injuries - Knee - Anterior cruciate ligament - Postoperative complications.

RIASSUNTO

Obiettivo. Anche se molti studi sui deficit dopo la ricostruzione del legamento crociato anteriore hanno riportato le misurazioni nei test di forza ottenute ad una o due velocità angolari, non esistono evidenze chiare su quale sia la velocità angolare a cui eseguire i test per ottenere i risultati più sensibili per certe variabili, nonché come queste variabili siano influenzate dalla velocità angolare applicata. L'obiettivo del presente studio era quello di esaminare l'influenza della velocità sullo sbilanciamento delle forze muscolari, valutato come rapporto tra il massimo momento torcente del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca (*H:D ratio*) e la loro differenza di forza relativa (*RSD*).

Metodi. Nel presente studio sono stati valutati diciannove sportivi professionisti (4,9±0,7 mesi dopo l'intervento chirurgico; media±DS). Sono stati valutati la massima forza isocinetica ed isometrica del quadricipite e della zampa d'oca, la loro differenza di forza relativa (*RSD*) ed il loro rapporto (*H:Q ratio*) a velocità angolari di 0, 60, 120 e 180 °/s.

Risultati. Il paragone tra i peak-torque del quadricipite dell'arto sano e di quello operato ha evidenziato un effetto significativo dell'arto ($F_{1,19}=7,8$; $P=0,016$) e della velocità ($F_{3,57}=11,4$; $df=3$; $P=0,0001$), mentre l'interazione arto x velocità angolare non è risultata significativa. Per quanto riguarda i muscoli della zampa d'oca, è stato valutato soltanto

l'effetto della velocità sui PT ($F=49,6$; $df=3$, $P=0,0001$). Il confronto tra i rapporti H:Q dell'arto sano e di quello operato ha rivelato un effetto significativo dell'arto ($F_{1,19}=15,0$; $P=0,001$), della velocità ($F_{3,57}=63,3$; $P=0,0001$), e dell'interazione arto x velocità ($F_{3,57}=4,24$; $P=0,009$). L'analisi della riduzione della forza relativa del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca (RSD) alle varie velocità angolari ha mostrato un effetto significativo del muscolo ($F_{1,19}=8,1$; $P=0,013$), dell'arto ($F_{3,57}=6,13$; $P=0,0016$), nonché dell'interazione muscolo x velocità ($F_{3,57}=4,6$; $P=0,007$).

Conclusioni. Questo studio fornisce l'evidenza delle variazioni del PT di quadricipite e zampa d'oca, dell'RSD e del rapporto H:Q associate alle variazioni della velocità angolare. Inoltre i risultati suggeriscono l'importanza, per un regolare monitoraggio del processo riabilitativo, non solo delle misurazioni della forza quadricipitale, ma anche dell'RSD e del rapporto H:Q derivati, in particolare quelli ottenuti alle velocità angolari più basse.

PAROLE CHIAVE: Ferite e lesioni - Ginocchio - Legamento crociato anteriore - Complicanze postoperatorie.

The anterior cruciate ligament injury (ACL) represents one of the most frequent disabling injuries associated with athletic activity. There are no standard management strategies for patients with this injury, which is particularly evident when deciding between conservative rehabilitation and reconstruction, as well as among various methods of reconstruction.¹ Despite the applied treatment methods a lengthy rehabilitation procedure has to be both performed and closely monitored.² Among a number of factors contributing to recovery, the quadriceps and hamstring strength has been shown to correlate with a positive outcome following the ACL reconstruction.³⁻⁵

The clinicians and researchers have frequently implemented isokinetic dynamometry protocols for the assessment and monitoring of the strength recovery. The protocols have mainly been used to evaluate the maximal torque production of the injured/uninjured side following either an ACL injury or reconstruction.^{6, 7} The applied tests have been able to partly discriminate between the patients and healthy controls.^{3, 8} Although the importance of the isokinetic dynamometry tests has been questioned due to a relatively low external validity when used to assess lower limb functional performance,^{9, 10} the usefulness of isokinetic dynamometry could be: "contingent upon 1) its ability to quantify muscle deficits in a safe and controlled manner; 2) the extent to which 2 or more distinct groups of individuals with anterior cruciate deficit are distinguished by the isokinetic measurement (i.e., known-group validity); and 3) its strength of relationships with isokinetic measurements and established self-report measures of knee function in patients with ACL reconstruction (convergent validity)".¹¹

Among various variables obtained directly from the isokinetic strength assessments, two of them have been extensively used to quantify

La rottura del legamento crociato anteriore (LCA) rappresenta uno degli infortuni più frequenti associati all'attività sportiva. Non esistono strategie di comportamento standard per i pazienti che vanno incontro a questo tipo di infortunio, e ciò si palesa maggiormente quando bisogna scegliere tra il trattamento incruento e la ricostruzione chirurgica, così come tra i vari tipi di ricostruzione.¹ Indipendentemente dal tipo di trattamento utilizzato è comunque necessario intraprendere e monitorare una lunga procedura riabilitativa.² Tra la grande quantità di fattori che possono contribuire al recupero, è stata dimostrato che la forza del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca correla con il positivo outcome a seguito della ricostruzione del LCA.³⁻⁵

Frequentemente clinici e ricercatori hanno implementato protocolli di dinamometria isocinetica per la valutazione ed il monitoraggio del recupero della forza. Sono stati utilizzati dei protocolli principalmente per valutare il massimo momento di torsione (peak torque) prodotto sia dal lato sano sia da quello affetto dopo una lesione del LCA e dopo la sua ricostruzione.^{6, 7} I test eseguiti si sono rivelati in grado di distinguere solo parzialmente tra soggetti affetti e controlli sani.^{3, 8} Sebbene l'importanza dei test di dinamometria isocinetica sia già stata messa in discussione a causa della sua scarsa validità nella valutazione delle performances funzionali degli arti inferiori.^{9, 10} l'utilità della dinamometria isocinetica potrebbe essere sfruttabile: 1) per la propria abilità di quantificare i deficit muscolari in maniera sicura e controllata; 2) per la precisione con cui due o più gruppi differenti di individui con deficit del LCA risultano distinguibili tramite le misurazioni isocinetiche (per es. validità del gruppo conosciuto); e 3) per la forte relazione intercorrente tra le misurazioni isocinetiche e misurazioni prestabilite eseguite dai pazienti stessi sottoposti a ricostruzione del LCA (validità convergente).¹¹ Tra tutte le variabili ottenute direttamente dalle valutazioni isocinetiche

the side-to-side difference and the strength balance between the hamstrings and quadriceps muscle.^{12, 13} In particular, the side-to-side difference has been usually expressed as the relative strength deficit (*RSD*), representing the percent difference between the strength test outcomes of the operated and healthy limb. In addition, the hamstring-quadriceps strength imbalance have been expressed as the hamstrings-to-quadriceps strength outcome ratio (*H:Q* ratio) of either the operated or healthy leg.^{12, 14, 15} Since the first published study of the isokinetic dynamometry,¹⁶ *H:Q* ratios have been explored with growing interest. A controversy exists, however, concerning the optimal *H:Q* ratio. In particular, *H:Q* ratios values ranging from 0.43-0.90 for have been reported, and it is known that the ratio appears to depend on the angular velocity, test position, population group and the use of gravity compensation.^{4, 14} Although different approaches has been suggested trough the literature,¹⁷⁻¹⁹ still the most frequently reported strength ratio of the knee muscles has been the concentric hamstring-quadriceps ratio (*Hcon:Qcon*).¹⁷⁻¹⁹

Most of the studies of the ACL postoperative deficits have reported the strength test measurements obtained at one or two angular velocities.^{4, 6, 12, 20-22} Therefore, there is no clear evidence which testing velocities and particular variables (strengths, *RSD*, or *H:Q* ratios) result in the most sensitive outcome, as well as how these variables are affected by the applied angular velocity. Efforts have been made to compare *H:Q* ratios derived from different testing conditions, but they have been conducted during the later phases, as well as on relatively heterogeneous samples.^{3, 4, 12} Ostering *et al.*¹⁹ examined the effects of movement speed and joint position on the knee flexor torque in healthy and postsurgical subject. The recorded significant increase of flexor to extensor ratios was higher in the group of the postsurgical subjects. Although the discussed study revealed the highest *H:Q* ratios obtained at the highest angular velocity (60°/s), these velocities were relatively low, while the data did not report the side-to-side differences.

To address some of the aforementioned shortcomings a study was designed where we evaluated the quadriceps and hamstrings strength, their relative *RSD* and balance (*H:Q* ratio) across four angular velocities (0, 60, 120 and 180°/s). The aim of this study was to assess and compare the effect of velocity on the

della forza, due di queste sono state ampiamente utilizzate per quantificare le differenze tra i due lati ed il bilanciamento di forze tra muscoli della zampa d'oca e quadricipite^{12, 13}. In particolare la differenza tra i due lati è solitamente espressa come deficit di forza relativa (*RSD*), rappresentante la differenza percentuale tra i risultati dei test di forza tra arto sano ed arto operato.

Inoltre, lo sbilanciamento tra la forza della zampa d'oca e del quadricipite è stato espresso come hamstrings-to-quadriceps strength outcome ratio (H:Q ratio) sia dell'arto sano sia di quello operato^{12, 14, 15}. A partire dalla prima pubblicazione eseguita sulla dinamometria isocinetica¹⁶, gli *H:Q* ratio sono stati valutati con sempre maggiore interesse. Esiste peraltro una controversia in merito a quale sia l'*H:Q* ratio ottimale. In particolare sono stati indicati valori di *H:Q* ratio compresi tra 0,43 e 0,90 ed è noto che tale rapporto dipenda dalla velocità angolare, dalla posizione, dalla popolazione in esame e dalla compensazione della gravità^{4, 14}. Sebbene in letteratura siano stati proposti numerosi approcci¹⁷⁻¹⁹, il rapporto di forze attualmente più utilizzato per quanto riguarda i muscoli del ginocchio è l'*hamstring-quadriceps ratio* concentrico (*Hcon:Qcon*)¹⁷⁻¹⁹.

La maggior parte degli studi che hanno analizzato gli eventuali deficit presenti dopo una ricostruzione del LCA hanno riportato le misurazioni dei test di forza ottenuti ad una o due velocità angolari^{4, 6, 12, 20-22}. Inoltre non è stata dimostrata alcuna evidenza chiara di quali siano le velocità e le variabili (forze, *RSD* o *H:Q* ratios) capaci di fornire i risultati più sensibili, così come quanto queste variabili siano influenzate dalle velocità angolari applicate. Sono stati fatti parecchi sforzi per paragonare i vari *H:Q* ratios ottenuti in differenti condizioni di test, ma questi sono stati unicamente eseguiti nelle fasi più tardive e su campioni troppo eterogenei^{3, 4, 12}. Ostering *et al.*¹⁹ hanno esaminato gli effetti della velocità di movimento e del grado di flessione del ginocchio sul momento di forza dei muscoli flessori in pazienti sani ed in postoperati di ricostruzione dell'*LCA*. Tale studio ha mostrato che il rapporto tra flessori ed estensori è significativamente maggiore nel gruppo dei postoperati. Sebbene questo studio piuttosto discusso abbia dimostrato che i rapporti *H:Q* maggiori sono stati ottenuti alle velocità angolari più elevate (60°/s), tali velocità risultano comunque basse ed i dati non riportano confronti side-to-side fra lato sano e lato affetto.

Per rispondere alle carenze degli studi sopra-mentzionati, abbiamo disegnato uno studio con cui valutare la forza del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca, i loro deficit di forza relativa

disbalances of the muscle strength as assessed by *H:Q ratio* and *RSD*. The findings are expected to reveal the optimal conditions for testing knee muscle strength in the athletes rehabilitating following the ACL reconstruction, as well as the particular variables that should be obtained.

Materials and methods

Subjects

Nineteen elite athletes (all involved in competitive sport) who had recent ACL reconstruction at The Institute of Orthopaedic Surgery and Traumatology, Clinical Centre of Serbia (4.9 ± 0.7 months following the surgery; $\text{mean} \pm \text{SD}$) were included in the study. They were all males, aged between 18 and 34 years, with average body height of 1.81 ± 0.12 m and weight 80 ± 13 kg. The inclusion criteria were as follows: the athletes were with their first ACL injury, no other ligaments in the both knees was injured, and they had no history of concurrent fractures, osteoarthritis, hereditary or neuromuscular diseases. A complete clinical examination of both knees was performed. All subjects were injured during either the competition or training. Ethical clearance for this study was obtained from the IRB committee of the relevant hospital and university and the subjects signed an informed consent for a longitudinal study.

Physical therapy

The surgical procedures were performed by the same surgeon. The ruptured ligament was replaced by either bone-patellar tendon-bone or a semitendinosus tendon graft. The graft choice was based on the individual surgeon's preference of the surgical method. Post-operatively, all patients underwent the same accelerated rehabilitation protocol that begun 3 days following the surgery. No knee immobilization was applied, full immediate weight bearing with use of crutches was allowed, and early range of motion (ROM) was encouraged. The rehabilitation program was based on closed kinetic chain based isometric and isotonic strengthening exercises of the quadriceps and the knee flexor muscles, and proprioceptive exercises were performed as well. Knee flexion of more than 90° and walking with full weight bearing using double crutches were required for at least 2 weeks following the surgery. Straight-line run was permitted and encouraged 3 months

(*RSD*) ed il loro rapporto (*H:Q ratio*) a 4 velocità angolari differenti (0 , 60 , 120 e $180^\circ/\text{s}$). L'obiettivo di tale studio è quello di valutare e paragonare gli effetti della velocità sugli sbilanciamenti tra le forze muscolari tramite l'*H:Q ratio* e l'*RSD*. I risultati dovrebbero mostrare le condizioni ottimali per testare la forza muscolare negli atleti durante la riabilitazione dopo una ricostruzione dell'*LCA*, ed anche le eventuali variabili correlate.

Materiali e metodi

Popolazione in studio

Sono stati inclusi nello studio diciannove atleti di alto livello (tutti sportivi a livello agonistico) che sono stati recentemente sottoposti a ricostruzione dell'*LCA* all'Institute of Orthopaedic Surgery and Traumatology, Clinical Centre of Serbia ($4,9 \pm 0,7$ mesi dopo l'intervento; $\text{media} \pm \text{DS}$). Tutti i soggetti erano di sesso maschile, con età compresa fra 18 e 34 anni, un'altezza compresa fra $1,81 \pm 0,12$ m ed un peso di 80 ± 13 kg. I criteri di inclusione sono stati i seguenti: primo episodio di rottura dell'*LCA*, con lesione isolata dello stesso e senza altri legamenti di entrambe le ginocchia coinvolti, assenza di fratture, artrosi, patologie congenite o neuromuscolari in anamnesi. È stato eseguito un esame clinico approfondito di entrambe le ginocchia. Tutti i partecipanti allo studio si sono infortunati o durante un allenamento o durante una gara. È stata ottenuta l'approvazione dello studio da parte del comitato etico dell'ospedale e dell'università ed i partecipanti hanno firmato un consenso informato.

Terapia fisica

Gli interventi chirurgici sono stati effettuati tutti dallo stesso chirurgo. Il legamento rotto è stato ricostruito o con un innesto BTB da tendine rotuleo o con il tendine del muscolo semitendinoso. La scelta dell'innesto si è basata sulla preferenza da parte del chirurgo. Nel post operatorio tutti i pazienti sono stati sottoposti ad un programma riabilitativo accelerato che è cominciato 3 giorni dopo l'intervento. Non è stato utilizzato alcun presidio di immobilizzazione, è stato invece concesso a tutti i pazienti il carico completo con ausilio di due stampelle ed una precoce mobilizzazione su tutto il range articolare. Il programma riabilitativo è stato basato su esercizi isotonici ed isometrici a catena cinetica chiusa di rinforzo del quadricipite e dei muscoli flessori del ginocchio; sono stati inoltre eseguiti esercizi di rieducazione propriocettiva. La flessione del ginocchio oltre i 90° e l'abban-

postoperatively. Medical evaluations were performed by the operating physician at the time of the study to reveal abnormal physical findings, such as a joint laxity, pain, or any sign of inflammation. The examination also included Lachman and pivot shift tests, as well as a completion of an IKDC questionnaire. The quadriceps and hamstring muscle strength and functional capacity assessments were performed on all subjects 4-6 months post-operatively, after which a sport-specific training program was initiated.

Isokinetic and isometric strength assessment tests

Maximum isokinetic and isometric strength of quadriceps and hamstrings was assessed using a Kin-Com isokinetic dynamometer (Chatex Corp., Chattanooga, TN), in the Research Centre of Faculty of Sport and Physical Education, University of Belgrade. All the tests were supervised by the same test leader and standardized verbal encouragement was used. Prior to and during the testing all patients were asked to report any pain in the involved leg. Prior to the testing each subject was given a 5 min warm-up period by ergometer cycling. The subject was thereafter seated into the chair and secured with straps around shoulders, pelvis, thigh, and malleoli. The axis of the knee was aligned with the axis of the dynamometer. Prior to the testing, the subjects performed five submaximal repetitions of the knee extension and flexion as a part of familiarization. Peak torques (PT) were measured under the following four different angular velocities: 0°/s (*i.e.*, isometric), 60°/s, 120°/s, and 180°/s. Knee flexors and extensors strength of the healthy and injured leg was assessed over five maximum consecutive concentric contractions at 60°/s, 120°/s and 180°/s, followed by one maximal voluntary contraction at 0°/s (*i.e.*, the isometric test). The range of motion during the isokinetic test was between the full extension and 90° of flexion. The added stage of gravity correction was found to weaken repeatability and was therefore not used.²⁰ The omission of gravity correction was considered unimportant for this type of study design, where patients acted as their own control and percentage change in limb weight during the study is insignificant.

The isometric test was performed at the knee angle of 120° for both muscles. Each test consisted of two trials with one minute rest be-

done definitivo delle stampelle sono stati concessi dopo 2 settimane. La corsa in linea retta è stata consentita ed incoraggiata dopo 3 mesi postoperatori. Sono stati eseguiti controlli clinici da parte del chirurgo che ha eseguito l'intervento per valutare qualsiasi reperto anormale, come lassità articolare, dolore o segni di infiammazione. Durante la valutazione sono stati eseguiti anche il test di Lachman ed il pivot shift test ed è stato compilato il questionario IKDC. Le valutazioni della forza del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca sono state eseguite su tutti i pazienti 4-6 mesi dopo l'intervento chirurgico, dopo i quali è stato intrapreso un programma di allenamento sportivo specifico.

Test isocinetici ed isometrici di valutazione della forza

La massima forza isocinetica ed isometrica del quadricipite e della zampa d'oca è stata valutata utilizzando un dinamometro isocinetico Kin-Com (Chatex Corp., Chattanooga, TN), all'interno del Research Centre of Faculty of Sport and Physical Education, Università di Belgrado. Tutti i test sono stati supervisionati dal medesimo test-leader e sono state utilizzate indicazioni verbali standardizzate. Prima e durante i test è stato chiesto a tutti i pazienti di riferire qualsiasi dolore all'arto operato. Prima di iniziare i test tutti gli atleti sono stati sottoposti a 5 minuti di riscaldamento su un cicloergometro. Successivamente sono stati fatti accomodare su una sedia a cui sono stati assicurati con delle cinghie attorno a spalle, bacino, cosce e malleoli.

L'asse del ginocchio è stato allineato con quello del dinamometro. Prima di cominciare il test sono state eseguite 5 ripetizioni del movimento di flessoestensione submassimale per familiarizzare con l'apparecchiatura. I picchi di forza (PT) sono stati misurati alle seguenti velocità angolari: 0°/s (isometrica), 60°/s, 120°/s, e 180°/s. La forza dei flessori e degli estensori del ginocchio dell'arto sano e di quello operato sono stati valutati con cinque contrazioni concentriche massimali consecutive a 60°/s, 120°/s e 180°/s, seguite da una contrazione massimale volontaria a 0°/s (test isometrico). Il range di movimento durante il test isocinetico è stato compreso fra l'estensione completa e 90° di flessione. L'aggiunta dello stadio di compensazione della gravità ha mostrato una riduzione della ripetibilità del test ed è stato pertanto eliminato²⁰. L'omissione della correzione di gravità è stata considerata ininfluenza per questo tipo di studio, in cui ai pazienti è stata richiesta una mobilitazione attiva e pertanto la variazione percentuale del peso dell'arto durante lo studio non risulta

tween them and better results were taken for further analysis. A possible influence of fatigue was examined in a pilot study performed prior to the main experiment and resulted in the applied protocol which could be considered as a fatigue-free.

Concentric isokinetic and isometric extensor and flexor average peak torques (*PT*) and the derived *H:Q ratios* of both the healthy and injured leg were taken for further analysis. *H:Q ratio* was calculated as

$$H:Q = \frac{\text{HamstringsPT}}{\text{QuadricepsPT}} \quad \text{Equation (1)}$$

The relative strength difference between the injured and healthy leg (*RSD*) was calculated as:

$$RSD = \frac{PT_{\text{healthy}} - PT_{\text{operated}}}{PT_{\text{healthy}}} \times 100\% \quad \text{Equation (2)}$$

A negative result thus indicated a strength deficit, while a positive result indicated a strength excess in the injured limb.¹²

Statistical analysis

Two factors ANOVA (between-within design) were used to identify significant differences ($P < 0.05$) across *PT*-s (factors: leg and velocity), *H:Q ratios* (factors: leg and velocity) and *RSD* (factors: muscle and velocity). When significant main effects of factors or their interaction were found, Tukey post hoc analyses were performed to examine significant interactions. All data were analyzed using Statistica (StatSoft, Tulsa, Oklahoma).

Results

The descriptive statistics for the quadriceps and hamstrings *PT*-s of the healthy and injured leg obtained under isometric (0 °/s) and three isokinetic conditions (60, 120 and 180 °/s) are presented in Table I.

Regarding the quadriceps muscle, the comparison between quadriceps *PT*-s of the operated and healthy leg yielded a significant main effect of leg ($F_{1,19} = 7.8$; $P = 0.016$). Due to the significant main effect of velocity ($F_{3,57} = 11.4$; $df = 3$; $P = 0.0001$), differences were found for *PT*-s of quadriceps muscle obtained across different velocities ($F_{1,19} = 11.4$; $P = 0.0001$), while the leg \times

determinante. Il test isometrico è stato eseguito per entrambi i gruppi muscolari col ginocchio flessa a 120°. Ciascun test è stato costituito da due serie intervallate da un minuto di riposo e sono stati utilizzati per le analisi successive i risultati migliori. Una valutazione dell'eventuale influenza dell'affaticamento è stata presa in considerazione in uno studio pilota eseguito prima dello studio principale il quale ha dimostrato che il protocollo applicato può essere considerato libero dall'influenza della fatica.

I peak torque medi concentrici isocinetici ed isometrici di flessori ed estensori (PT) ed i rapporti H:Q sia dell'arto sano sia di quello operato sono stati utilizzati per le successive analisi. Il rapporto H:Q è stato calcolato come:

$$H:Q = \frac{PT_{\text{zampa d'oca}}}{PT_{\text{quadricipite}}} \quad \text{Equazione (1)}$$

La differenza di forza relativa tra l'arto sano e quello operato (RSD) è stata calcolata:

$$RSD = \frac{PT_{\text{sano}} - PT_{\text{operato}}}{PT_{\text{sano}}} \times 100\% \quad \text{Equazione (2)}$$

Un risultato negativo indica una forza minore, mentre uno positivo indica una forza maggiore nell'arto operato¹².

Analisi statistica

*È stata utilizzata l'analisi della varianza (ANOVA) nel confronto tra due gruppi (varianza interna ai gruppi e varianza tra i gruppi), per identificare le differenze significative ($P < 0,05$) per quanto riguarda i *PT* (fattori: arto e velocità angolare), i rapporti *H:Q* (fattori: arto e velocità angolare) e l'*RSD* (fattori: muscoli e velocità angolare). In caso di rilievo di una significatività degli effetti dei fattori o delle loro interazioni sono state utilizzati i test post hoc di Tukey per esaminare le interazioni significative. Tutti i dati sono stati analizzati utilizzando il software Statistica (StatSoft, Tulsa, Oklahoma).*

Risultati

*Le statistiche descrittive per i valori di *PT* di quadricipite e zampa d'oca negli arti sani ed in quelli operati ottenuti in condizioni isometriche (0°/s) e nelle tre condizioni isocinetiche (60, 120 e 180°/s) sono presentate nella Tabella I.*

*Per quanto riguarda il quadricipite, il paragone tra i *PT* degli arti operati e di quelli sani ha di-*

TABLE I.—Mean±SD peak torques of quadriceps and hamstrings muscles across angular velocities.

TABELLA I.— *Media±DS dei peak torque del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca alle diverse velocità angolari*

Angular velocity (0/s)	Quadriceps		Hamstrings	
	Healthy leg	Operated leg	Healthy leg	Operated leg
0	146±38	102±21	68±13	56±14
60	146±33	94±26**	101±26	96±18
120	120±31	87±27	96±27	90±18
180	109±39	83±31	96±21	95±19

Differences between healthy and operated leg at particular velocity: *P<0.05;**P<0.01, Tukey post-hoc.

velocity interaction was not significant. Post-hoc analysis of the contralateral PT-s indicated higher values of healthy quadriceps only at 60°/s. When within comparisons were performed, post-hoc analysis revealed higher isometric PT of the healthy leg compared with PT obtained at 120 and 180°/s, as well as a higher PT at 60°/s compared with those obtained at higher velocities (120 and 180°/s). No significant differences were found across PT-s of the operated leg.

Regarding the hamstrings muscle, only the main effect of velocity on PT-s was recorded ($F=49.6$; $df=3$; $P=0.0001$), mainly due to a relatively low PT-s obtained under isometric conditions. Neither the main effect of leg ($F=0.49$; $df=1$; $P=0.50$) nor the leg \times velocity interaction was significant.

The H:Q ratios of the healthy and operated leg exerted at singular velocities are depicted at Figure 1. Results revealed a significant main effects of leg ($F_{1,19} = 15.0$; $P=0.001$), velocity ($F_{3,57}=63.3$; $P=0.0001$) and the leg \times velocity interaction ($F_{3,57}=4.24$; $P=0.009$). The H:Q ratios in both legs increased with velocity. H:Q ratios of the operated leg were higher at all velocities, while the highest between-leg difference was revealed at 60°/s. The isometric H:Q ratios of both legs were lower than those under isokinetic conditions (Figure 1).

Quadriceps and hamstring relative strength deficits (RSD) across angular velocities are depicted in Figure 2. Results revealed significant main effect of muscle ($F_{1,19} = 8.1$; $P=0.013$), leg ($F_{3,57} = 6.13$; $P=0.0016$), as well as the muscle \times velocity interaction ($F_{3,57}=4.6$; $P=0.007$). Although the data revealed a quadriceps RSD higher than those in hamstrings at all velocities, the post-hoc analysis suggests significant differ-

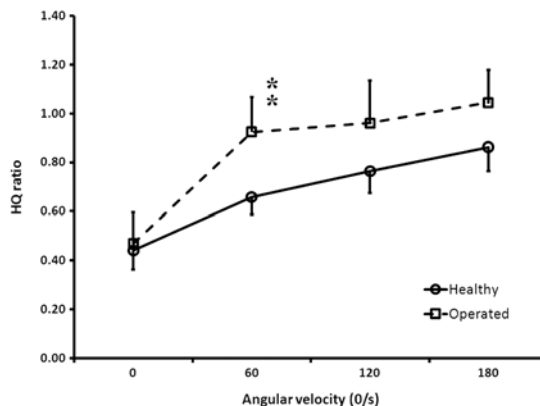
Figure 1.—Mean (\pm SD) H:Q ratios of operated (solid line) and healthy leg (dashed line) across angular velocities of 0 (isometric), 60, 120, and 180°/s. Differences between legs for particular velocity are indicated (Tukey post-hoc, *P<0.05;**P<0.01)

Figura 1. — *Media (\pm DS) dei rapporti H:Q dell'arto operato (linea continua) e di quello sano (linea tratteggiata) per le velocità angolari di 0 (isometrica), 60, 120, e 180°/s. Sono indicate le differenze tra i due arti per le varie velocità (Tukey post-hoc, *P<0,05; **P<0,01).*

mostrato l'effetto significativo dell'arto ($F_{1,19} = 7,8$; $P=0,016$). A causa della significatività dell'effetto della velocità ($F_{3,57} = 11,4$; $df=3$; $P=0,0001$), sono state rilevate delle differenze per quanto riguarda i PT del quadricipite ottenuti alle differenti velocità angolari ($F_{1,19} = 11,4$; $P=0,0001$), mentre l'interazione arto \times velocità non è risultata significativa. L'analisi post hoc dei PT controlaterali ha mostrato valori superiori per il quadricipite sano unicamente a 60°/s. Nell'analisi della varianza intra-gruppi, l'analisi post hoc ha rilevato un PT isometrico dell'arto sano più elevato rispetto ai valori ottenuti a 120° e 180°/s; lo stesso dicasi per il PT a 60°/s, anch'esso superiore a quello ottenuto alle velocità più alte (120° e 180°/s). Nessuna differenza significativa è stata rilevata nei PT dell'arto operato. Per quanto riguarda i muscoli appartenenti alla zampa d'oca, è stato registrato unicamente l'effetto della velocità sui PT ($F=49,6$; $df=3$; $P=0,0001$), principalmente a causa dei valori di PT relativamente bassi ottenuti in condizione isometrica. Né l'effetto dell'arto ($F=0,49$; $df=1$; $P=0,50$) né l'interazione arto \times velocità sono risultati significativi.

I rapporti H:Q per l'arto operato e per quello sano per le singole velocità sono presentati in Figura 1. I risultati hanno rivelato un significativo effetto dell'arto ($F_{1,19} = 15,0$; $P=0,001$), della velocità ($F_{3,57} = 63,3$; $P=0,0001$) e dell'interazione arto \times velocità ($F_{3,57} = 4,24$; $P=0,009$). I rapporti H:Q in entrambi gli arti sono aumentati all'aumenta-

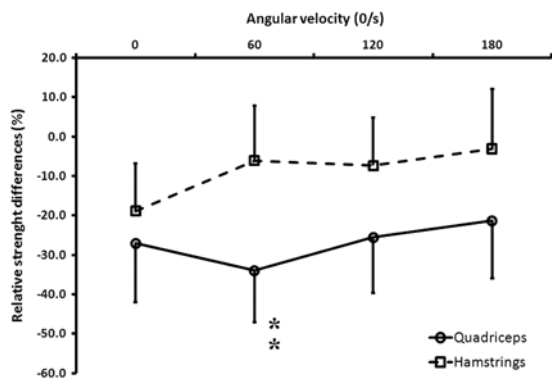


Figure 2.—Mean (\pm SD) quadriceps (solid line) and hamstrings (dashed line) RSD-s across angular velocities of 0 (isometric), 60, 120, and 180°/s. Differences between muscles for particular velocity are indicated (Tukey post-hoc, * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$).

Figura 2. — Media (\pm DS) di RSD di quadricipite (linea continua) e zampa d'oca (linea tratteggiata) alle velocità di 0 (isometrica), 60, 120, and 180°/s. Sono indicate le differenze tra i due arti per le varie velocità (Tukey post-hoc, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$).

ences only at 60 °/s. The hamstrings isometric RSD (*i.e.*, recorded at 0 °/s) was higher than those obtained under isokinetic conditions. The isokinetic hamstrings deficits were all below 10%. The highest quadriceps deficit was obtained at 60°/s and that value was higher than those obtained at 180°/s.

Discussion

The aim of this study was to evaluate the effect of different isokinetic velocities on ACL induced strength deficits using different variables. We applied the standard isokinetic strength test protocols that have been extensively used in previous studies.^{12, 21, 23-25} Most of the studies reported a weakness of the quadriceps and hamstring muscle of the injured leg, but the authors rarely used both variables (RSD and H:Q). In addition, the muscle strength deficit has been depicted as result of injured leg presented as a percentage of the results healthy leg.²⁶

Peak torques

The quadriceps and hamstrings strength measures changed differently with velocity. Specifically, the quadriceps strength was higher in healthy leg under all conditions and both legs revealed a velocity-associated decrease in muscle torques. The isometric hamstrings strength did not differ between legs at any velocity, while

re della velocità. I rapporti H:Q dell'arto operato sono risultati più elevati a tutte le velocità mentre la maggiore differenza fra i due arti si è palesata a 60°/s. I rapporti H:Q isometrici di entrambi gli arti sono risultati inferiori rispetto ai rilievi in condizione isocinetica.

I deficit di forza relativi (RSD) per quadricipite e zampa d'oca alle varie velocità angolari sono presentati in Figura 2. I risultati hanno rivelato un effetto significativo del muscolo ($F_{1,19}=8,1$; $P=0,013$), dell'arto ($F_{3,57}=6,13$; $P=0,0016$) e dell'interazione muscolo \times velocità ($F_{3,57}=4,6$; $P=0,007$). Sebbene i dati abbiano rivelato una RSD per il quadricipite sempre superiore rispetto a quella per la zampa d'oca a tutte le velocità, l'analisi post hoc ha indicato come significativa unicamente la differenza a 60°/s. L'RSD isometrica della zampa d'oca (rilevata a 0°/s) è risultata superiore rispetto a quelle rilevate in condizioni isocinetiche. Tutti i deficit isocinetici della zampa d'oca sono risultati inferiori al 10%. Il maggiore deficit quadricipitale è stato ottenuto a 60°/s e tale valore è risultato superiore rispetto a quelli ottenuti a 180°/s.

Discussione

L'obiettivo di questo studio era quello di valutare l'effetto delle differenti velocità isocinetiche sui deficit di forza legati alla ricostruzione dell'LCA utilizzando variabili differenti. Abbiamo applicato i protocolli standard per i test di forza isocinetiche che sono stati ampiamente utilizzati in studi precedenti^{12, 21, 23-25}. La maggior parte degli studi hanno riportato una debolezza del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca dell'arto operato ma gli autori hanno raramente utilizzato entrambe le variabili (RSD e H:Q). Inoltre il deficit di forza muscolare è stato solitamente indicato come legato all'arto infortunato e presentato come percentuale rispetto alla forza dell'arto sano²⁶.

I picchi di forza

Le misurazioni effettuate su quadricipite e zampa d'oca hanno dato risultati differenti al variare della velocità. Nello specifico la forza quadricipitale è risultata superiore nell'arto sano in tutte le condizioni ed in entrambi gli arti è stata rilevata una riduzione del PT legata alla velocità. Non è stata invece rilevata alcuna differenza di forza isometrica della zampa d'oca fra i due arti a tutte le velocità e la forza della zampa d'oca è rimasta costante al variare della velocità. Fanno eccezione in entrambi gli arti le misurazioni isometriche che hanno rivelato PT inferiori una volta paragonati

the hamstring strength did not change with velocity. The exceptions for both legs were the isometric conditions that revealed lower torques when compared with the isokinetic measures. The reason for lower hamstrings isometric peak torques could be the effect on knee angle on the peak torque exertion. Isometric quadriceps and hamstrings peak torques were obtained at the same knee angle (120°), where due to the force-length relationship the quadriceps muscle exerts highest peak torques.²⁷ However, the hamstrings muscle is expected to exert the maximum torques at higher knee angles (i.e., $140\text{-}150^{\circ}$).²⁷ Regarding the isometric measures, similar results were obtained by Hole and co-workers.¹⁷ They investigated the effects of ACL deficiency on isokinetic peak torque for the eccentric and concentric muscle actions of the quadriceps and hamstrings muscle, in conjunction with isometric peak torque. The isometric quadriceps and hamstrings peak torques were measured preoperatively at 130° and 160° , respectively. Bilateral comparison of isometric strength ratios revealed significant reduction in quadriceps strength for the injured side ($P < 0.05$), but no difference in hamstring strength ($P > 0.05$). Mattacola *et al.*²⁸ compared isokinetic knee extensors and flexors at 120 and $240^{\circ}/s$ between the subjects following ACL reconstruction (ACLR) and the age- and activity-matched controls. There were no differences between ACLR and control group regarding the knee flexion strength or between the contralateral extremities. ACLR subjects exerted higher extension torque by the uninjured leg than by the involved leg. In addition, the peak torque was lower in the involved limb of the ACLR group than in the control group. Kannus⁴ investigated long term outcome after ACL reconstruction, quadriceps femoris and hamstring musculature strengths of both legs (41 patients) and measured the peak torque values were recorded at a lower ($60^{\circ}/s$) and higher ($180^{\circ}/s$) angular velocity at the follow-up. Higher isometric extension and flexion outputs were recorded at a 60° of the knee-flexion angle. The average hamstring peak torques for the injured leg were somewhat (but still below the significant level) lower than those of the uninjured leg, but in the quadriceps muscle torques the differences were significant.

H:Q ratios

Lower isometric hamstring strength measures (see previous paragraph) resulted in lower

alle misurazioni isocinetiche. La ragione per cui i PT isometrici della zampa d'oca si sono rivelati inferiori potrebbe essere l'effetto dell'angolo di flessione del ginocchio sulla rilevazione del PT. I PT isometrici del quadricipite e della zampa d'oca sono stati rilevati al medesimo angolo di flessione del ginocchio (120°), dove il quadricipite esercita il massimo PT in conseguenza della relazione forza-lunghezza²⁷.

*In ogni caso è ragionevole aspettarsi che i muscoli della zampa d'oca esercitino i massimi momenti torcenti ai gradi di flessione maggiori del ginocchio (es. $140\text{-}150^{\circ}$)²⁷. Per quanto riguarda le misurazioni isometriche, Hole *et al.*²⁷ hanno riportato risultati analoghi. Hanno studiato gli effetti del deficit di ACL sul PT isocinetico e su quello isometrico per l'azione muscolare concentrica ed eccentrica del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca. I PT isometrici di quadricipite e zampa d'oca venivano misurati preoperatoriamente a 130° e 160° . Il confronto dei rapporti di forza fra i due arti ha rivelato una riduzione significativa della forza quadricipitale dal lato operato ($P < 0,05$), ma non di quella della zampa d'oca ($P > 0,05$). Mattacola *et al.*²⁸ hanno messo a paragone estensori e flessori del ginocchio in isocinetica a 120 e $240^{\circ}/s$ tra soggetti sottoposti a ricostruzione del LCA e controlli di pari età e grado di attività. Non è stata rilevata alcuna differenza tra casi e controlli per quanto riguarda la forza di flessione del ginocchio ed il confronto tra i due arti. I soggetti andati incontro a ricostruzione del LCA hanno ottenuto momenti torsionali maggiori durante l'estensione del ginocchio dal lato sano rispetto a quello operato. Inoltre il PT dell'arto operato è risultato inferiore rispetto al gruppo di controllo. Kannus [4] ha studiato l'outcome a lungo termine dopo una ricostruzione del LCA, la forza del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca in entrambi gli arti (41 pazienti) ed ha misurato i valori di PT a bassa ($60^{\circ}/s$) ed alta ($180^{\circ}/s$) velocità angolare al termine del follow up. I PT medi per la zampa d'oca dal lato affetto si sono rivelati relativamente (seppure non in maniera significativa) inferiori rispetto a quelli dell'arto controlaterale, per quanto riguarda il quadricipite tali differenze si sono rivelate significative.*

Rapporti H:Q

I risultati ottenuti in merito alla ridotta forza dei muscoli della zampa d'oca (vedi il paragrafo precedente) hanno portato ad un ridotto valore dei rapporti H:Q isometrici in entrambi gli arti. Il rapporto è risultato superiore per l'arto affetto. I rapporti del lato affetto sono risultati tutti superio-

isometric *H:Q ratios* in both legs. The ratio of the operated leg was higher than those of the healthy leg. The ratios increased with the velocity mainly due to a higher rate of increase in the healthy leg. The ratios in the operated leg were above 1 at all velocities, but they did not differ significantly. The highest between leg differences were obtained at 60 and 120°/s. which was in line with the findings of Holcomb *et al.*¹⁵ and Kanuss.⁴ Holcomb *et al.*¹⁵ evaluated the effect of hamstrings-emphasized training in healthy subjects on their *H:Q ratios* across the velocities of 60, 120 and 240°/s. The ratios increased with velocity, while the highest differences between the nondominant and dominant leg were recorded at 60°/s. In the two year follow-up, Kannus⁴ investigated the peak torque and the total-work ratios of hamstring-to-quadriceps muscles in 41 patients with an anterior cruciate ligament insufficient knee in order to determine the relationship between *H:Q ratios* (60 and 180°/s) and a long-term subject outcome. The mean *H:Q ratio* of the injured extremity was higher than the mean *H:Q ratio* of the uninjured side but only at the higher angular velocity. The average hamstring musculature peak torques of the injured leg were not significantly lower than those of the uninjured leg, but the same difference for the quadriceps was significant.

In order to evaluate differences in *H:Q ratio* between sexes, Hewett²⁹ reviewed twenty-two studies with a total of 1568 subjects (1145 male, 423 female). Males demonstrated a significant correlation between *H:Q ratio* and isokinetic velocity ($R=0.634$, $P<0.0001$), and a significant difference in the isokinetic *H:Q ratio* at the lowest angular velocity ($47.8\pm 2.2\%$ at 30°/s) as compared with the highest velocity ($81.4\pm 1.1\%$ at 360°/s, $P<0.001$). In addition, the males demonstrated higher *H:Q ratios* than the females at 60°/s, 120°/s, 300°/s and 360°/s, but not at 30°/s.

Relative strength differences (RSD)

The results regarding the relative strength differences could be explain by the obtained strength measures. Although the quadriceps strength deficit decreased with velocity, it remained above 20% indicating a slower pace of recovery of the quadriceps strength. Conversely, excluding the isometric conditions, the hamstrings *RSD* were below 10 % at all angular velocities indicating faster recovery of hamstrings muscle to the target levels, compared with the

ri ad 1 a tutte le velocità angolari, ma non hanno mostrato differenze marcate. Le differenze maggiori fra i 2 arti sono state ottenute a 60° e 120°/s, risultato in linea con quelli ottenuti da Holcomb et al.¹⁵ e Kanuss⁴. Holcomb¹⁵ ha valutato l'effetto sul rapporto H:Q di un allenamento mirato per la zampa d'oca in soggetti sani alle velocità di 0, 120 e 240°/s. Tali rapporti hanno mostrato un aumento all'aumentare della velocità, mentre le maggiori differenze tra i due arti sono state registrate a 60°/s. In un follow up di 2 anni Kannus⁴ ha studiato il PT ed il rapporto tra le forze muscolari zampa d'oca-quadricipite in 41 pazienti con rottura dell'LCA per poter determinare la relazione tra H:Q ratio (60 e 180°/s) e l'outcome a lungo termine dei pazienti. Il rapporto H:Q medio dell'arto affetto è risultato superiore rispetto al rapporto H:Q medio controlaterale unicamente a velocità angolari elevate. I PT medi della zampa d'oca dal lato affetto non sono risultati significativamente inferiori rispetto al lato sano, ma la medesima differenza è risultata significativa per quanto riguarda il quadricipite.

Al fine di valutare le differenza di H:Q ratio nei due sessi, Hewett²⁹ ha compiuto una meta-analisi tra 22 studi per un totale di 1568 pazienti (1145 maschi, 423 femmine). Gli uomini hanno mostrato una correlazione significativa tra H:Q ratio e velocità isocinetica ($R=0,634$, $P<0,0001$), ed una differenza significativa nel rapporto H:Q alle basse velocità angolari ($47,8\pm 2,2\%$ a 30°/s) al confronto con con le velocità angolari più elevate ($81,4\pm 1,1\%$ a 360°/s; $P<0,001$). Inoltre i maschi hanno dimostrato un rapporto H:Q superiore rispetto alle femmine a 60°/s, 120°/s, 300°/s e 360°/s, ma non a 30°/s.

Differenze di forza relativa (RSD)

I risultati riguardanti le differenze di forza relativa potrebbero essere spiegati dalle misurazioni della forza. Sebbene il deficit di forza quadricipitale diminuisca con la velocità, esso rimane al di sopra del 20%, ad indicare una bassa capacità di recupero della forza quadricipitale. Al contrario, escludendo le condizioni isometriche, le RSD della zampa d'oca sono risultate al di sotto del 10% a tutte le velocità angolari, ad indicare un recupero più rapido dei muscoli della zampa d'oca a confronto con la velocità di recupero della forza del quadricipite. In aggiunta a ciò il maggior deficit di forza quadricipitale rilevato a 60°/s potrebbe indicare la difficoltà da parte del quadricipite di lavorare contro carichi esterni superiori. Gli studi sulla debolezza muscolare della coscia hanno confermato questi risultati, riportando minori ve-

strength improvement of quadriceps muscle. In addition, the highest quadriceps deficit obtained at 60°/s could reflect the inability of quadriceps to act against higher external loads. Studies of the thigh muscle weakness confirmed these findings reporting lower velocity of the quadriceps muscle contraction.^{4, 30, 31}

Surgical intervention and early-phase rehabilitation after ACL reconstruction have undergone a relatively rapid and comprehensive evolution over the last 20-30 years. Despite the advances that have significantly improved the outcomes, a decrease in health care coverage have increased the role of physical therapy in the rehabilitation of athletes returning to sport following ACL injury.³² Although the rehabilitation outcome depends on many factors, there are no doubts that the improvement in muscle strength and proper assessment techniques could play an important role in the rehabilitation progress. The isokinetic dynamometry has been therefore widely applied, but there are still a great variety of the protocols and variables applied in this process. In the present study we both applied and combined the variables which have been used in the number of prospective follow-up studies.^{12, 22, 28} In general, our findings suggest that in the follow-up after a ACL reconstruction, all three variables should be used together, as well as that the effect of velocity on the measured or derived variables should be taken into consideration.

The main limitation of our study could be its cross-sectional design, which precluded exploration of the changes over time (such as in a rehabilitation process). In addition, one can argue that the applied measurements could not be functional¹⁴ and, therefore, not capable to evaluate the dynamic knee control.¹⁷ ACL reconstruction in our patients was performed with either hamstrings tendon graft or bone patellar tendon bone graft. These two reconstruction types differently affect the muscle strength recovery, particularly in the early rehabilitation stages.¹ Finally, other functional tests [such as the single leg hop test for distance, or single leg vertical power tests^{28, 33} were not performed, limiting our findings purely to the 'isolated' muscle actions. Nevertheless, the findings of our study suggesting that the testing velocities affect differently the testing outcomes of the operated and the healthy leg, should be taken into account when selecting the measurement condition that should be applied in the strength assessment of the ACL deficient knee.

licità di contrazione muscolare del quadricipite^{4, 30, 31}.

L'intervento chirurgico e la fase riabilitativa precoce dopo la ricostruzione dell'LCA hanno avuto una rapida e comprensibile evoluzione nell'arco degli ultimi 20-30 anni. Nonostante questo progresso che ha nettamente influenzato l'outcome, la riduzione delle coperture assicurative ha aumentato il ruolo della terapia fisica nella riabilitazione degli atleti che ritornano allo sport dopo una rottura di LCA³². Sebbene il risultato della riabilitazione dipenda da vari fattori, non vi è alcun dubbio che il miglioramento della forza muscolare e le corrette tecniche di valutazione possano giocare un ruolo importante nel processo riabilitativo. La dinamometria isocinetica è stata ampiamente applicata, ma esiste un'enorme varietà di protocolli e di variabili applicate a questo processo. In questo studio abbiamo sia applicato sia combinato le variabili che sono state utilizzate in gran parte degli altri studi prospettici^{14, 22, 28}. In generale i nostri risultati suggeriscono che nel follow up che segue un intervento di ricostruzione di LCA, tutte e tre le variabili dovrebbero essere utilizzate insieme, così come dovrebbe essere preso in considerazione l'effetto della velocità sulle variabili misurate o derivate. Il limite principale del nostro studio potrebbe essere il tipo di disegno, che preclude la possibilità di valutare i cambiamenti nel tempo (e nell'arco del processo riabilitativo). Inoltre potrebbe essere possibile che le misurazioni effettuate possano non essere funzionali¹⁴ o anche non sufficienti per valutare il controllo dinamico del ginocchio¹⁷. La ricostruzione dell'LCA nei pazienti in studio è stata effettuata sia con innesto da zampa d'oca sia con il tendine rotuleo. Le due differenti tipologie di ricostruzione influenzano il recupero della forza muscolare, in particolare nelle fasi iniziali del processo riabilitativo¹. In ultimo, non sono stati compiuti altri test funzionali (come il single leg hop test per la distanza, o il single leg power vertical test)^{28, 33}, limitando i nostri riscontri unicamente all'azione muscolare "isolata". Tuttavia i risultati del nostro studio, che suggeriscono che la velocità di test influenza in maniera differente i riscontri ottenuti sull'arto sano e su quello operato, dovrebbero essere presi in considerazione nella selezione delle misurazione da utilizzare nella valutazione della forza di ginocchia affette da rottura dell'LCA.

Conclusioni

In conclusione, questo studio fornisce l'evidenza della variabilità della forza del quadricipite e della zampa d'oca, i loro RSD ed il bilanciamento

Conclusions

In summary, the present study provides the evidence of changes in the quadriceps and hamstrings strength, their *RSD* and the muscle balance (*H:Q ratio*) with the knee angular velocities. The findings reveal that the tests of the knee muscle strength in athletes rehabilitating after ACL reconstruction should be performed at moderate angular velocity. The quadriceps and hamstrings strength measures could differently respond to the change in the angular velocities: while the quadriceps strength decreases with the velocity, the hamstrings strength remains unaffected. In addition, the quadriceps strength of the operated leg was lower than in the healthy leg, revealing the highest differences at moderate velocity (60°/s). Both variables additionally applied to identify the muscle strength deficits were also affected by velocity, being the most sensitive when capturing differences between the operated and healthy leg at moderate velocities. We believe that the obtained findings regarding the captured differences suggests that regular screening programs applied to monitor rehabilitation process, should include the unilateral hamstrings and quadriceps strength measures, as well as derived *RSD* and *H:Q ratios* obtained at lower velocities. However, further research is necessary to explore how the hamstrings and quadriceps strength, as well as both their relative deficits and their ratio change through different rehabilitation stages. The effect of velocity dependent on applied surgical procedure, particular rehabilitation strategy or muscle recovery state, and the set of variables to be used could also be of interest

to muscolare (H:Q ratio) col variare delle velocità angolare del ginocchio. I nostri risultati indicano che i test di forza muscolare sul ginocchio in atleti che stanno facendo la riabilitazione dopo un intervento di ricostruzione dell'LCA dovrebbero essere eseguiti a velocità angolari ridotte. Le misurazioni della forza del quadricipite e dei muscoli della zampa d'oca possono essere influenzate dalle variazioni della velocità angolare: mentre la forza quadricipitale diminuisce con la velocità, quella della zampa d'oca non ne risulta influenzata. Inoltre la forza quadricipitale dell'arto operato è risultata inferiore rispetto all'arto sano, rivelando che le differenze maggiori si ottengono a velocità angolari moderate (60°/s).

Entrambe le variabili, applicate addizionalmente per verificare i deficit di forza muscolare, sono risultate inoltre influenzate dalla velocità, risultando più sensibili nella rilevazione di differenze tra i due arti alle basse velocità angolari. Noi crediamo che i nostri risultati in merito a tali differenze suggeriscano che i regolari programmi di screening utilizzati per monitorare i processi di riabilitazione debbano includere tanto le misurazioni di forza di quadricipite e muscoli della zampa d'oca dal lato affetto, quanto gli RSD ed i rapporti H:Q ottenuti alle basse velocità angolari. In ogni caso risulta necessaria un'ulteriore ricerca per comprendere come le forze di quadricipite e zampa d'oca, così come i loro deficit relativi ed i loro rapporti, varino durante il corso dell'iter riabilitativo. Potrebbe inoltre risultare interessante valutare l'effetto della velocità angolare a seconda del tipo di procedura chirurgica impiegata, della strategia riabilitativa o dello stato di recupero muscolare, così come l'insieme di variabili che possono essere impiegate.

References/Bibliografia

- Herrington L, Wrapson C, Matthews M, Matthews H. Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone-patella tendon-bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. *Knee* 2005;12:41-50.
- Kvist J. Rehabilitation following ante-rior cruciate ligament injury: current recom-mendations for sports participation. *Sports Med* 2004;34:269-80.
- Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Hamstring and quadriceps strength balance in normal and hamstring anterior cruciate ligament-reconstructed subjects. *Clin J Sport Med* 2004;14:274-80.
- Kannus P. Peak torque and total work relationship in the thigh muscles after anterior cruciate ligament injury. *J Orthop Sports Phys Ther* 1988;10:97-101.
- Lautamies R, Harilainen A, Kettunen J, Sandelin J, Kujala UM. Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16(11):1009-16.
- Keays SL, Bullock-Saxton J, Keays AC, Newcombe P. Muscle strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis. *Knee* 2001;8:229-34.
- Ostenberg A, Roos E, Ekdahl C, Roos H. Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 1998;8(5 Pt 1):257-64.
- Lund-Hanssen H, Gannon J, Engebretsen L, Holen K, Hammer S. Isokinetic muscle performance in healthy female handball players and players with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports* 1996;6:172-5.
- Abermery P, Wilson G, Logan P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Med* 1995;19:401-17.
- Neeter C, Gustavsson A, Thomee P, Augustsson J, Thomee 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.
- Pua YH, Bryant AL, Steele JR, Newton RU, Wrigley TV. Isokinetic dynamometry in anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Ann Acad Med Singapore* 2008;37:330-40.
- Moisala AS, Jarvela T, Kannus P, Jarvinen M. Muscle strength evaluations

- after ACL reconstruction. *Int J Sports Med* 2007;28:868-72.
- 13) Myer GD, Ford KR, Barber Foss KD, Liu C, Nick TG, Hewett TE. The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Clin J Sport Med* 2009;19:3-8.
- 14) Coombs R, Gabutt G. Developments in the use of the hamstrings/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sports Sci Med* 2002;1:56-62.
- 15) Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of hamstring-emphasized resistance training on ham-string:quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res* 2007;21:41-7.
- 16) Hislop HJ, Perrine JJ: The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther* 1967;47:114-7.
- 17) Hole CD, Smit GH, Hammond J, Kumar A, Saxton J, Cochrane T. Dynamic control and conventional strength ratios of the quadriceps and hamstrings in subjects with anterior cruciate ligament deficiency. *Ergonomics* 2000;43:1603-9.
- 18) Osternig LR, Ferber R, Mercer J, Davis H. Effects of position and speed on joint torques and knee shear after ACL injury. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1073-80.
- 19) Osternig LR, James CR, Bercades D. Effects of movement speed and joint position on knee flexor torque in healthy and post-surgical subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;80:100-6.
- 20) Anderson JL, Lamb SE, Barker KL, Davies S, Dodd CA, Beard DJ. Changes in muscle torque following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between hamstrings and patella tendon graft procedures on 45 patients. *Acta Orthop Scand* 2002;73:546-52.
- 21) Beard DJ, Anderson JL, Davies S, Price AJ, Dodd CA. Hamstrings *vs.* patella tendon for anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised controlled trial. *Knee* 2001;8:45-50.
- 22) Pigozzi F, Di Salvo V, Parisi A, Giombini A, Fagnani F, Magini W *et al.* Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: quadriceps tendon *versus* patellar tendon. *J Sports Med Phys Fitness* 2004;44:288-93.
- 23) Aglietti P, Giron F, Buzzi R, Biddau F, Sasso F. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A:2143-55.
- 24) Fabbriani C, Milano G, Mulas PD, Ziranu F, Severini G. Anterior cruciate ligament reconstruction with doubled semitendinosus and gracilis tendon graft in rugby players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005;13:2-7.
- 25) Gobbi A, Diara A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B. Patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction with conical press-fit femoral fixation: 5-year results in athletes population. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002;10:73-9.
- 26) Ageberg E, Roos HP, Silbernagel KG, Thomee 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.
- 27) Kreamer WJ, Ratamess NA, Fry AC, French DN. Strength Training: development and evaluation of methodology. In: Maud PJ, Foster C, editors. *Physiological Assessment of Human Fitness*, 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006.
- 28) Mattacola CG, Perrin DH, Gansnedder BM, Gieck JH, Saliba EN, McCue FC *et al.* 3rd. Strength, functional outcome, and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* 2002;37:262-8.
- 29) Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport* 2008;11:452-9.
- 30) Kobayashi A, Higuchi H, Terauchi M, Kobayashi F, Kimura M, Takagishi K. Muscle performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop* 2004;28:48-51.
- 31) Konishi Y, Ikeda K, Nishino A, Sunaga M, Aihara Y, Fukubayashi T. Relationship between quadriceps femoris muscle volume and muscle torque after anterior cruciate ligament repair. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:656-61.
- 32) Myer GD, Paterno MV, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training techniques to target deficits before return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Strength Cond Res* 2008;22:987-1014.
- 33) Hickey KC, Quatman CE, Myer GD, Ford KR, Brosky JA, Hewett TE. Methodological report: dynamic field tests used in an NFL combine setting to identify lower-extremity functional asymmetries. *J Strength Cond Res* 2009;23:2500-6.

Funding.—This study was supported in part by a Serbian Research Council grant (#145082).

Acknowledgments.—The authors are thankful to Prof. Sergej Ostojic and Prof. Slobodan Jaric for helpful comments and suggestions.

Received on February 8, 2010 - Accepted for publication on November 4, 2010.

Corresponding author: Dr. D. M. Mirkov, Faculty of Sport and Physical Education, B. Parovica 156, 11030 Belgrade, Serbia. E-mail: dragan.mirkov@fsfv.rs

Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young kayakers

Curve sagittali della colonna e tilt pelvico in giovani canoisti di alto livello

P. A. LÓPEZ-MIÑARRO ¹, J. M. MUYOR ², F. ALACID ³

¹Department of Physical Education, University of Murcia, Murcia, Spain

²Department of Physical Education, University of Almería, Almería, Spain

³Department of Sport Sciences, University of Murcia, San Javier, Spain

SUMMARY

Aim. The aim of this paper was to describe and compare the sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young paddlers in several positions.

Methods. Forty elite young paddlers between 15-16 year-old participated in this study. Thoracic and lumbar curves and pelvic tilt were measured with a Spinal Mouse system while relaxed standing, slumped sitting, relaxed sitting in the kayak and at the catch phase of the stroke (when the blade first contacts the water).

Results. The mean (\pm SEM) thoracic kyphosis and lumbar lordosis while standing were $45.53 \pm 1.53^\circ$ and $-28.23 \pm 1.69^\circ$, respectively. There was a greater proportion of thoracic hyperkyphotic postures in paddlers (63.0%) while the lumbar curve showed more neutral postures (87.5%). When the paddlers were seated in their kayak and at the catch phase, the thoracic curve was lower than in the standing posture ($P < 0.001$). The lumbar curve adopted a kyphotic posture. The pelvic position when standing showed a slight anterior pelvic tilt, while in all sitting positions it showed a posterior pelvic tilt. In the stroke position, there was a reduction in spinal flexion and posterior pelvic tilt with regards to relaxed sitting in the kayak and slumped sitting.

Conclusion. The kayakers adopt a lumbar flexed posture and posterior pelvic tilt in their kayak, although this position may not affect the sagittal configuration of lumbar and thoracic spine in standing. The standing thoracic hyperkyphosis in adolescent paddlers may be related to factors other than the seated position in the kayak. Postural training should be included in the systematic training to improve the lumbar and pelvic posture during the stroke.

KEY WORDS: Spine - Thorax - Posture - Kayak.

RIASSUNTO

Obiettivo. L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di descrivere e confrontare le curvature sagittali della colonna ed il tilt pelvico in varie posizioni in giovani canoisti di alto livello.

Metodi. Quaranta giovani canoisti di alto livello di età compresa fra i 15 ed i 16 anni hanno partecipato a questo studio. La curva toracica e lombare ed il tilt pelvico sono stati misurati mediante lo Spinal Mouse nella stazione eretta a riposo, in posizione seduta incurvata, in posizione seduta dentro il kayak ed in posizione di attacco (quando la pagaia entra in contatto con l'acqua).

Risultati. I valori medi (\pm SEM) della cifosi toracica e della lordosi lombare in stazione eretta sono risultati rispettivamente $45,53 \pm 1,53^\circ$ e $-28,23 \pm 1,69^\circ$. Fra i canoisti è stata riscontrata una notevole incidenza di ipercifosi toraciche (63,0%) mentre a livello lombare sono state rilevate nella maggior parte dei casi posture corrette (87,5%). Durante la seduta all'interno del kayak in posizione di attacco, la curva toracica è risultata ridotta rispetto ai rilievi nella stazione eretta ($P < 0,001$). La colonna lombare, invece, si è cifotizzata. La posizione della pelvi in stazione eretta è risultata minimamente tiltata anteriormente mentre in tutte le posizioni sedute è risultata tiltata posteriormente. Durante la fase di pagaiata si è riscontrata una riduzione della flessione della colonna ed un tilt pelvico posteriore, soprattutto nella seduta rilassata all'interno del kayak e nella seduta incurvata in avanti.

Conclusioni. I canoisti, all'interno del proprio kayak, assumono una postura di flessione lombare e tilt pelvico posteriore, sebbene questi atteggiamenti della colonna toracica e lombare non vengano mantenuti durante l'ortostatismo. L'ipercifosi toracica rilevata nei giovani canoisti durante l'ortostatismo può essere collegata a fattori differenti dalla posizione seduta all'interno del kayak. L'esercizio posturale dovrebbe essere incluso nel programma di allenamento di questi atleti, al fine di migliorare la postura durante la pagaiata.

PAROLE CHIAVE: Colonna - Torace - Postura - Kayak.

Each sport places the spine of athletes in specific postures. Theoretically intensive training could lead to adaptations in the spine and might be an important factor associated with changes in the degree of spinal curvatures. Exposure to years of intense athletic training may influence the spinal posture in certain sports.

Several studies have evaluated the sagittal spinal curvatures in athletes such as gymnasts,^{1,2} ballet dancers,³ soccer players,⁴ recreational weight lifters,⁵⁻⁸ paddlers,^{9,10} rowers,^{11,12} skiers,¹³ wrestlers,¹⁴ and heterogeneous group of athletes.¹⁵ Other studies have compared the sagittal spinal curvatures of different sports.¹⁶⁻¹⁸ Certain sports appear to have an increased association with spinal deformity, especially in the adolescent population.¹⁹

Indeed, Wodecki *et al.*⁴ found a lower thoracic kyphosis and a more pronounced pelvic tilt and lumbar lordosis in young soccer players. López-Miñarro *et al.*¹⁰ found a reduced lumbar lordosis in standing and greater thoracic and lumbar flexion in paddlers. Rajabi *et al.*¹⁴ found that the thoracic kyphosis was highest in freestyle wrestling than Greco-Roman wrestlers. These differences were related to the specific positions of each discipline. The free style routinely puts the spine in more flexed position while the Greco-Roman style uses the spine in an almost in erect position. Other studies have shown that the thoracic and lumbar curves of gymnasts and ballet dancers are significantly flatter.^{1,3}

However, no study has analyzed the specific positions of the athletes. All previous studies analyzed standing, sitting or bending postures. The specific spinal posture during training is an important factor in the adaptations of the spinal curvatures.

The sport of sprint kayaking is a predominantly upper body sport in which the trunk rotates from a seated base of support and involves concurrent trunk rotation and stabilisation. Due to the nature of the activity it is

*Ciascuno sport sottopone la colonna vertebrale degli atleti a determinate posture. In teoria l'allenamento intensivo potrebbe portare a modificazioni adattive della colonna vertebrale e potrebbe rivelarsi un importante fattore causale per i cambiamenti della curvatura della colonna stessa. L'esposizione ad anni di intenso allenamento potrebbe influenzare la postura in determinati sport. Parecchi studi hanno valutato le curve della colonna sul piano sagittale in atleti di varie discipline come ginnasti^{1,2}, ballerini classici³, calciatori⁴, sollevatori di pesi⁵⁻⁸, canoisti^{9,10}, vogatori^{11,12}, sciatori¹³ wrestler¹⁴, e gruppi di atleti più eterogenei¹⁵. Altri studi hanno messo a paragone le curva della colonna sul piano sagittale in diversi sport¹⁶⁻¹⁸. Taluni sport hanno mostrato un'associazione con le deformità della colonna, soprattutto nella popolazione adolescente¹⁹. Inoltre Wodecki *et al.*⁴ hanno rilevato una tendenza alla diminuzione della cifosi toracica ed all'aumento del tilt pelvico nei giovani calciatori. López-Miñarro *et al.*¹⁰ hanno dimostrato una riduzione della lordosi lombare durante la stazione eretta ed una maggiore flessione della colonna toracica e lombare nei canoisti. Rajabi *et al.*¹⁴ hanno verificato come la cifosi toracica sia maggiore negli atleti che praticano wrestling e lotta greco-romana. Le suddette differenze sono risultate correlate alle specifiche posizioni assunte nelle varie discipline. Il wrestling richiede solitamente una flessione della colonna mentre per la lotta greco-romana essa è mantenuta quasi completamente eretta. Altri studi hanno dimostrato che le curve toracica e lombare dei ginnasti e dei ballerini sono significativamente ridotte^{1,3}.*

Nessuno studio, invece, ha analizzato le specifiche posizioni assunte dagli atleti. Tutti gli studi precedenti hanno analizzato le curve in stazione eretta, da seduto o durante i bending. La posizione della colonna durante l'allenamento rappresenta un importante fattore nell'adattamento della colonna.

Il kayak sprint è uno sport in cui si utilizza quasi completamente la porzione superiore del corpo e dove il tronco ruota, mantenendo una base di appoggio seduta che ha una funzione stabilizzatrice. A causa della natura dell'attività risulta difficile

difficult to maintain a neutral lumbar spine in the seated posture in kayaking. However, no study has analyzed the spinal posture in the kayak.

Sagittal spinal alignment is found to change as a child grows. There is a statistically significant difference between different age groups.²⁰ For this reason, studies on different age groups are needed to determine the influence of sport training on sagittal spinal curvatures. Previous studies have only analyzed young paddlers between 13 and 14-year-old.^{9, 10} To our knowledge, no study has analyzed the spinal posture in other age group of paddlers.

Sagittal curvatures of the spine influences spinal coupling and loads on spinal tissues. Flexed lumbar and thoracic spine increases the intradiscal pressure,²¹⁻²⁴ antero-posterior shear, reduces the compressive tolerance²⁵ and induces creep deformation in the viscoelastic tissues of the spine, such as ligament, disc and capsule,²⁶ increasing the risk of injury. Increases in thoracic kyphosis have been associated with significantly higher multisegmental spinal loads and trunk muscle forces in standing.²⁷ More neutral thoraco-lumbo-pelvic postures have been associated with less back pain in adolescents.²⁸ Landers *et al.*²⁹ found an increase in tidal volume and breathing frequency in the upright sitting position when compared to a slumped sitting posture.

Indeed, the objectives of this study were: 1) to describe the thoracic and lumbar posture and pelvic tilt while standing in young paddlers (15-16-year-old); and 2) to compare the spinal posture and pelvic tilt of several positions in and out of the kayak.

Material and methods

Participants

Forty young elite paddlers were recruited for the study (mean±SD, age: 15.25±0.72 years-old; height: 169.83±7.49 cm; body mass: 64.67±9.98 kg). They were selected by the National Canoe Federation as the best in their category (junior paddlers, 15-16 year-old) to participate in the 2009 National Development Camp. The inclusion criteria were more than 4 year paddling experience training at least six times per week. All paddlers were at the same elite level. Paddlers were excluded if they presented pain induced or exacerbated by the test procedures, injury preventing

mantenere il rachide in posizione neutra restando seduti all'interno del kayak. In ogni caso la postura all'interno del kayak non è ancora stata oggetto di alcuno studio. L'allineamento sagittale della colonna muta con lo sviluppo. Esiste una differenza statisticamente significativa fra gruppi di atleti di età differenti²⁰. Per tale ragione è necessario eseguire degli studi su gruppi di età diverse per poter determinare l'influenza dell'allenamento sportivo sullo sviluppo della colonna sul piano sagittale. Alcuni studi precedenti hanno analizzato giovani canoisti tra i 13 ed i 14 anni^{9, 10}. Per quanto ne sappiamo non esiste in letteratura alcuno studio che analizza le posture del rachide in canoisti di altre età. Le curve del rachide sul piano sagittale influenzano le forze agenti sui tessuti molli circostanti. La flessione del rachide toracico e lombare aumenta la pressione esercitata sui dischi intervertebrali²¹⁻²⁴ e le forze di scivolamento in senso antero-posteriore²⁵, mentre riduce la tolleranza alla compressione ed induce delle modificazioni nei tessuti viscoelastici della colonna, come legamenti, dischi e capsule articolari²⁶, aumentando la probabilità che si verifichino infortuni. L'aumento della cifosi toracica è stato associato ad un aumento significativo dei carichi multisegmentali e delle forze agenti sul tronco durante l'ortostatismo²⁷.

Le posture del rachide più neutre sono state associate ad una riduzione dell'insorgenza di lombalgia negli adolescenti²⁸. Landers et al.²⁹ hanno rilevato un aumento del volume corrente e della frequenza respiratoria all'assunzione della posizione seduta a tronco dritto rispetto alla medesima posizione ma col tronco flesso. Gli obiettivi di questo studio sono quindi: 1) descrivere le curve sul piano sagittale della colonna toracica e lombare ed il tilt pelvico in ortostatismo nei giovani canoisti (15-16 anni); e 2) confrontare la postura del rachide ed il tilt pelvico nelle diverse posizioni dentro e fuori dal kayak.

Materiali e metodi

Popolazione in studio

Quaranta giovani canoisti sono stati arruolati nello studio (media ± DS, età: 15,25 ± 0,72 anni; altezza: 169,83±7,49 cm; peso: 64,67±9,98 kg). Sono stati selezionati dalla National Canoe Federation come migliori all'interno della propria categoria (junior, 15-16 anni) fra quelli che hanno partecipato al National Development Camp nel 2009. I criteri di inclusione sono stati un minimo di 4 anni di pratica di canoa con almeno 6 allenamenti settimanali. Tutti i canoisti sono risultati allo

participation in paddling training before testing, or known structural spinal pathology such as low back pain, spondylolisthesis or scoliosis.

Procedures

An Institutional Ethical Committee approved the study and all subjects and parents or guardians signed an informed consent form before participation. The Spinal Mouse system, a hand-held, computer-assisted electromechanical-based device, was used to measure sagittal spinal curvatures and pelvic inclination in relaxed standing position, slumped sitting, relaxed sitting in the kayak and at the catch phase of the stroke (when the blade of the dominant side first contacts the water). The subjects were allowed to rest briefly, standing for 5 minutes between measures, to minimise the effects of creep deformation or task sequence.

During testing, the subjects removed their shoes. Participants were instructed not to undertake a weight-training session or strenuous exercise the day before testing to ensure consistent test conditions. No warm-up or stretching exercises were performed by the subjects prior to the test measurements.

Prior to measurements, the principal investigator determined by palpation and marked the spinous process of C7 (starting point) and the top of the anal case (end point) on the skin surface with a pencil. The Spinal Mouse was guided along the midline of the spine (or slightly paravertebrally in particularly thin individuals with prominent processus spinosus) starting at the processus spinosus of C7 and finishing at the top of the anal crease (approximately S3). For each testing position, the thoracic (T1-2 to T11-12) and lumbar (T12-L1 to the sacrum) spine and pelvic tilt (difference between the sacral angle and the vertical) were recorded. With regards to the lumbar curve, negative values corresponded to lumbar lordosis (posterior concavity). With respect to the pelvic position, a value of 0° represented the vertical position. Thus, a greater angle reflected an anterior pelvic tilt while a lower angle (negative values) reflected a posterior pelvic tilt.

Standing

For the standing posture, the subjects were asked to stand straight, but not rigidly, and to look straight ahead with arms hanging naturally at the side, feet pointing forward and slightly

stesso livello. Sono stati esclusi i canoisti che hanno manifestato dolore durante le procedure in esame, o nel caso in cui queste abbiano esacerbato un dolore preesistente, così come quelli andati incontro ad un infortunio che ha ridotto la frequenza di allenamento nel periodo precedente i test o quelli con patologie strutturali del rachide, quale una lombalgia, una scoliosi od una spondilolistesi.

Procedure eseguite

Un Comitato Etico Istituzionale ha dato la propria approvazione per lo studio e tutti i ragazzi ed i loro genitori od accompagnatori hanno firmato un consenso informato prima di partecipare allo studio. Lo Spinal Mouse, un dispositivo di valutazione computer-assistito, è stato utilizzato per eseguire le misurazioni delle curve del rachide sul piano sagittale e del tilt pelvico in stazione eretta rilassata, in posizione seduta a dorso sia curvo sia eretto, all'interno del kayak sia in posizione di riposo sia nel momento di spinta del remo in acqua. Durante il test sono stati concessi brevi momenti di riposo – 5 minuti in stazione eretta – per minimizzare gli effetti della deformazione progressiva o di quella legata alla sequenzialità del movimento. Durante i test sono state fatte togliere le scarpe agli atleti. E' stata data inoltre indicazione di evitare allenamenti pesanti il giorno prima dei test per avere la sicurezza di affrontarli nelle condizioni ottimali. Non sono stati eseguiti esercizi di stretching o di riscaldamento prima di effettuare le misurazioni. Prima di cominciare, l'esaminatore ha determinato e contrassegnato sulla cute con un pennarello il processo spinoso di C7 (punto iniziale) e l'origine della piega glutea (punto finale). Lo Spinal Mouse è stato guidato lungo la linea mediana della colonna (o lievemente paravertebrale nei casi di individui particolarmente magri e con le spinose particolarmente pronunciate), a partire dal processo spinoso di C7 sino all'inizio della piega glutea (approssimativamente S3). Per ciascuna posizione del test sono stati registrati i dati inerenti il segmento toracico (da T1-2 a T11-12) e lombare (da T12-L1 sino al sacro) ed il tilt pelvico. Per quanto riguarda la curva lombare i valori negativi corrispondono alla lordosi lombare (concavità posteriore). Per quanto riguarda, invece, l'angolazione del bacino, il valore di 0° indica la posizione verticale. Un valore angolare positivo rappresenta un'inclinazione anteriore del bacino mentre valori negativi si riferiscono ad un tilt posteriore.

Stazione eretta

Per quanto riguarda il test in stazione eretta, agli atleti è stato chiesto di stare dritti ma rilas-

separated. In order to classify the standing posture in categories for thoracic kyphosis, the classification proposed by Mejia *et al.*³⁰ was used: values between 20° and 45° were accepted as neutral thoracic kyphosis, values below 20° were considered to be thoracic hypokyphosis and values above 45° were considered to be thoracic hyperkyphosis. In lumbar curve, values between 20° and 40° were considered to be neutral, while values below 20° were considered to be hypolordotic and values above 40° were considered to be hyperlordotic.³¹

Slumped sitting

The slumped sitting posture was defined as the subject sitting in a stool without a backrest. The pelvis was positioned in the middle of the seat, allowing it to tilt posteriorly, with the spine assuming a relaxed posture. The height of the stool was adjusted for each participant so that, using a goniometer, the hips and knees were at 90°, allowing a more standardized sitting position.

Sitting in the kayak

Participants were measured with their own kayak and paddle under two different conditions:

— Base position. Kayakers were seated in their kayak with the paddle resting on their thighs and their knees slightly flexed (20-25°) (Figure 1).

— Catch phase of the stroke. Kayakers adopted the position at which the right or left blade (in function of their dominant side) first contacts the water (Figure 2).

sati e di guardare davanti a loro, mantenendo le braccia lungo il corpo e con i piedi paralleli e separati di pochi centimetri. È stata adottata la classificazione di Mejia et al.³⁰ per valutare la cifosi toracica: valori compresi fra 20° e 45° sono stati considerati normali, al di sotto di 20° la cifosi è stata considerata ridotta mentre al di sopra di 45° si è definita un'ipercifosi. Per quanto riguarda la curva lombare sono stati definiti normali i valori fra 20° e 40°, al di sotto si è parlato di ipolordosi mentre al di sopra di iperlordosi³¹.

Posizione seduta incurvata

La posizione seduta incurvata è stata ottenuta facendo sedere l'atleta su uno sgabello senza schienale. Il bacino è stato posizionato al centro dello sgabello, permettendogli quindi di tiltare posteriormente e rilasciando la muscolatura del tronco. L'altezza dello sgabello è stata calibrata per ciascun atleta affinché, utilizzando un goniometro, anche e ginocchia risultassero flesse a 90°, cercando così di standardizzare la posizione più possibile.

Posizione seduta nel kayak

I partecipanti sono stati invitati a sedersi nel proprio kayak con la pagaia in due differenti atteggiamenti:

— *Posizione base. I canoisti sono stati fatti sedere nel kayak con la pagaia appoggiata sulle cosce e con le ginocchia lievemente flesse (20°-25°) (Figura 1).*

— *Fase di attacco. I canoisti hanno assunto la posizione abituale in cui la pala di destra o quella di sinistra (in funzione del lato dominante) entra in contatto con l'acqua (Figura 2).*



Figure 1.—Base position in the kayak.
Figura 1. — Posizione base nel kayak.



Figure 2.—Catch phase position (right entry).
Figura 2. — Posizione di attacco (ingresso con la pala destra).

Statistical analysis

Data are reported as means \pm standard error of the mean (SEM). The hypotheses of normality and homogeneity of the variance were analyzed through Kolmogorov-Smirnov and Levene tests, respectively. One-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measures was used to detect differences between the four postures in lumbar and thoracic curvatures and pelvic tilt. The significance of the multivariate repeated-measures analysis was confirmed by Wilk's lambda, Pillai trace, Hotelling trace, and Roy largest root tests, which yielded similar results. The sphericity assumption was tested using Mauchly's test of sphericity. The Greenhouse-Geisser correction was applied if the assumption of sphericity was violated. If a significant P-value was identified for the main effect, pairwise comparisons were made using the Bonferroni correction for multiple comparisons with the significance criterion adjusted to 0.0125 – that is, 0.05 divided by 4. Statistical analysis was carried out using SPSS software (version 15.0; SPSS Inc., IL).

Results

The mean values (\pm SEM) of the thoracic and lumbar curves and pelvic tilt in the measured positions are presented in the Figure 3. The ANOVA revealed significant differences positions for the main effects of thoracic and lumbar

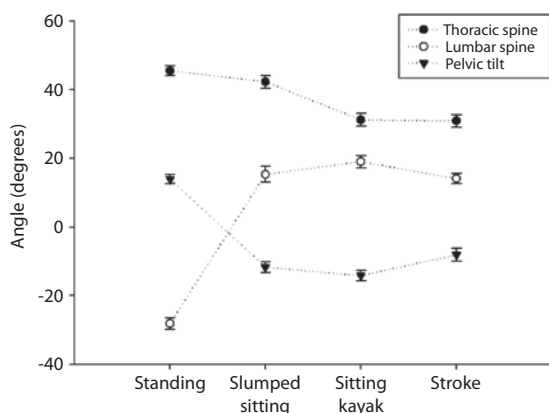


Figure 3.—Mean values (\pm SEM) of the thoracic, lumbar spine and pelvic tilt in the four positions measured.

*P<0.001; NS: no significant.

Figura 3.— Valori medi (\pm SEM) della curva toracica, di quella lombare e del tilt pelvico nelle quattro posizioni investigate.

*P<0,001; NS: non significativo.

Analisi statistica

I dati vengono riportati nella forma media \pm errore standard della media (SEM). Le ipotesi di normalità ed omogeneità della varianza sono state valutate rispettivamente mediante i test di Kolmogorov-Smirnov e Levene. L'analisi della varianza (ANOVA) per misurazioni ripetute è stata utilizzata per riconoscere le differenze nelle curve toracica e lombare e nel tilt pelvico fra le quattro posture. Il significato dell'analisi multivariata con misure ripetute è stato confermato mediante Wilk's lambda test, Pillai trace, Hotelling trace, e Roy largest root test.

La valutazione dell'ipotesi di sfericità è stata testata mediante il test di Mauchly di sfericità. In caso di violazione dell'ipotesi di sfericità è stata utilizzata la correzione di Greenhouse-Geisser. In caso di un P-value significativo, è stato utilizzato il confronto tra coppie utilizzando la correzione di Bonferroni per confronti multipli con un valore soglia di significatività reale pari a 0,0123 – che corrisponde a 0,05 diviso 4. L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando il software SPSS (versione 15.0; SPSS inc., IL).

Risultati

I valori medi (\pm SEM) delle curve toracica e lombare e del tilt pelvico nelle posizioni esaminate sono presentati in Figura 3. L'ANOVA ha rilevato differenze significative per quanto riguarda l'influenza di queste sulla curva toracica e lombare e sul tilt pelvico (P<0,001). I confronti multipli tra coppie per le varie posizioni per le curve toracica e lombare e per il tilt pelvico sono presentati nella tabella I. La tabella II riporta i dati in merito alla frequenza di ciascuna categoria di curva toracica e lombare in stazione eretta. Le curve toraciche hanno mostrato una maggiore incidenza di atteggiamenti viziosi rispetto a quelle lombari.

Discussione

Gli studi precedenti hanno mostrato un'associazione tra l'allenamento sportivo e le curve della colonna. Le variazioni di postura sono di primaria importanza in quanto possono produrre forze importanti che si ripercuotono su tutto l'apparato muscoloscheletrico. I rilievi principali di questo studio sono stati la verifica dell'elevata incidenza di ipercifosi dorsale nei giovani canoisti, mentre la curva lombare si rivela più frequentemente neutra.

Questi risultati concordano con gli studi eseguiti recentemente sui giovani canoisti (13-14 anni)^{9, 10}.

TABLE I.—Pairwise comparison between positions for thoracic and lumbar curves and pelvic tilt.

TABELLA I. — *Assetto della colonna toracica, di quella lombare e del tilt pelvico nel confronto fra coppie tra le varie posizioni.*

		Slumped sitting	Sitting Kayak	Stroke
Thoracic spine	Standing	NS	*	*
	Slumped sitting	—	*	*
	Sitting kayak	—	—	NS
Lumbar spine	Standing	*	*	*
	Slumped sitting	—	NS	NS
	Sitting kayak	—	—	*
Pelvic tilt	Standing	*	*	*
	Slumped sitting	—	NS	NS
	Sitting kayak	—	—	*

* $p < 0.001$; NS: no significant.

bar curves and pelvic tilt ($P < 0.001$). Multiple pair-wise comparisons between positions for thoracic and lumbar curves and pelvic tilt are presented in Table I.

Table II provides data about the frequency of each thoracic and lumbar curve categories while relaxed in standing position. The thoracic curve showed a greater percentage of non-neutral postures than the lumbar curve.

Discussion

Previous studies have found an association between sport training and sagittal spinal curvatures. Changes in posture are of concern because postural deviation can produce greater stress on the musculoskeletal system. The main findings of this study were that hyperkyphotic posture in standing is frequent in young paddlers, while the lumbar curve presents a high percentage of neutral postures. These results are in concordance with previous studies in younger kayakers (13-14-year-old).^{9, 10} When sitting in the kayak, the posture was characterized by a reduced thoracic curve and a lumbar kyphotic curve.

Wojtys *et al.*¹⁷ reported that a high exposure of intensive athletic training might increase the risk of developing adolescent hyperkyphosis in certain sports. In elite cross-country skiers, Alricsson and Werner¹³ found that the sagittal configuration of the spine changed in adolescents after a period of 5 years of intensive cross-country skiing. The skiers increased their thoracic kyphosis but no change was shown

TABLE II.—Percentage of participants in each category of thoracic and lumbar curves while relaxed standing.

TABELLA II. — *Percentuale dei partecipanti in ciascuna categoria di curve toraciche e lombari durante la stazione eretta rilassata.*

Thoracic curve	
Neutral (20-45°)	37%
Hyperkyphosis (> 45°)	63%
Lumbar curve	
Hypolordosis (< 20°)	5,0%
Neutral (20-40°)	87,5%
Hyperlordosis (>40°)	7,5%

Durante la seduta nel kayak la postura risultava caratterizzata da una riduzione della curva toracica ed una cifotizzazione di quella lombare.

Wojtys *et al.*¹⁷ hanno riportato che un allenamento sportivo intenso e costante aumenta, negli adolescenti che praticano taluni sport, il rischio di sviluppare un'ipercifosi. Negli sciatori di fondo di alto livello, Alricsson e Werner¹³ hanno verificato un'alterazione della morfologia della colonna sul piano sagittale dopo 5 anni di pratica intensiva. Gli sciatori hanno mostrato un aumento della cifosi toracica senza che ad essa si associasse una variazione della curva lombare. In uno screening clinico fra gli atleti della nazionale Norvegese di sci di fondo eseguito nel 1993, nel 66% di questi si è rilevato un aumento della cifosi toracica³². Nel nostro studio il 63% dei canoisti ha riportato un aumento della cifosi toracica. L'ipercifosi toracica è associata con un aumento dei carichi in compressione sulla colonna, corrispondente ad un aumento delle forze agenti sui dischi intervertebrali³³ ed una conseguente lombalgia²⁸. Alcune differenze

for their lumbar lordosis. In a clinical screening of the Norwegian national team cross-country skiers in 1993, increased thoracic kyphosis were found in 66% of the skiers.³² In the current study, 63% of the paddlers had increased thoracic kyphosis. Thoracic hyperkyphosis is associated with increased compression loading through the spine, which results in greater intervertebral disc loads³¹⁻³³ and low back pain.²⁸

Some differences in spinal curvatures between sports have been associated to spine positions during the training activities. The increase in spinal curvatures might also be due to loss of disk height, which would tend to reduce the length of the anterior column of the spine, thereby increasing thoracic kyphosis and lumbar lordosis.¹⁷ A possible reason for this could be a long training with the spine in a static or cyclic flexed position. Several studies have justified an increased thoracic kyphosis in relation to specific training postures,^{13, 14} although these studies did not measure the specific posture during sport training. However, studies involving ballet dancers³ and rhythmic gymnasts² found reduced lumbar and thoracic curves. Typical training of these athletes includes repeated movements of thoracic and lumbar extension. In the current study, we found a significant decrease of thoracic kyphosis (between 12-14°) when the kayakers were sitting in their kayak. The increased thoracic kyphosis in standing in the current study is probably related more to growth variables and spinal posture in the daily activities than the specific position in the kayak. The increase in thoracic kyphosis in the immature athlete could be related to excessive mechanical loading.³⁴

When sitting, with the lumbar spine flexed, the thoracic spine assumed a more extended posture than in standing. At the catch phase of the stroke, smaller lumbar and thoracic curves than in the relaxed sitting in a stool were found. When compared to seated position in the kayak, the catch phase position was associated with decreased thoracic and lumbar flexion with a lower posterior pelvic tilt. The reduction in thoracic kyphosis may have been mediated by active support from muscle activation of spinal extensors and it may have beneficial effects for spinal loading. The lower thoracic kyphosis in the catch phase is also related to ventilatory capacity and scapula kinematics. Slump sitting reduces tidal volume, decreases forced vital capacity, and forced expiratory

nelle curve della colonna riscontrate nei vari sport sono state associate alle posizioni assunte durante l'attività sportiva. L'aumento delle curve potrebbe anche essere dovuto ad una riduzione dell'altezza dei dischi intervertebrali, ciò potrebbe portare ad una riduzione della lunghezza della colonna anteriore, aumentando così la cifosi toracica e la lordosi lombare¹⁷. Una spiegazione possibile potrebbe essere il protratto allenamento con una flessione statica o ciclica della colonna. Molti studi hanno ipotizzato una relazione tra l'ipercifosi toracica ed alcune specifiche posizioni assunte durante l'allenamento (13,14), sebbene nei suddetti studi tali posizioni non siano state effettivamente misurate.

Alcuni lavori che hanno visto protagonisti ballerini classici³ e ginnasti² hanno evidenziato una riduzione delle curve toracica e lombare. Gli esercizi che tipicamente svolgono questi atleti comprendono movimenti ripetuti in estensione della colonna toracica e lombare. Nel nostro studio abbiamo rilevato una diminuzione significativa della cifosi toracica (compresa fra 12° e 14°) mentre i canoisti stavano seduti all'interno del kayak. L'aumento della cifosi toracica negli atleti non ancora maturi potrebbe essere legata a dei carichi eccessivi sulla colonna³⁴. L'aumento della cifosi toracica nella posizione eretta verificata in questo studio è probabilmente maggiormente correlata alle variabili della crescita ed alle posture assunte nelle attività quotidiane piuttosto che alla posizione specifica assunta nel kayak. Da seduti, con la colonna lombare flessa, il rachide dorsale tende ad assumere un atteggiamento di maggiore estensione rispetto alla stazione eretta. Nella fase di attacco della pagaiata è stata verificata una riduzione delle curve toracica e lombare rispetto alla posizione seduta sullo sgabello. Facendo un paragone con la posizione seduta nel kayak, la posizione di attacco ha mostrato una tendenza alla riduzione della flessione della colonna toracica e lombare e con un ridotto tilt pelvico posteriore. La riduzione della cifosi toracica potrebbe essere dovuta ad un supporto attivo da parte dei muscoli estensori della colonna e potrebbe avere degli effetti positivi sui carichi agenti sul rachide. La ridotta cifosi dorsale nella fase di attacco è inoltre collegata alla capacità ventilatoria ed alla cinematica della scapola. La posizione seduta col busto semiflesso riduce, rispetto alla stazione eretta, il volume corrente, riduce anche la capacità vitale forzata, il volume espiratorio forzato in 1 secondo ed il picco di flusso espiratorio²⁹. Un aumento della cifosi toracica può inoltre portare un tilt anteriore della scapola, tale da restringere lo spazio subacromiale e ridurre il range of motion della spalla^{35, 36}. Un atteggiamento in flessione del tronco è di frequente rilievo durante la posizione

volume in 1 s and peak expiratory flow when compared to upright postures.²⁹ An increased thoracic kyphosis may bring the scapula in an anterior tilt and protracted position, so restricting subacromial space and shoulder range of motion.^{35, 36}

A slouched or flexed posture commonly occurs in sitting activities and is defined as a relaxed sitting posture with a flexed lumbar spine. Lumbar lordosis is affected by the trunk-thigh angle and the knee angle. Hip flexion around 100° in sitting caused the kayakers to adopt a kyphotic lumbar curve. Several studies that simultaneously compared the sitting and standing positions of lumbar lordosis found that the sitting position reduced mean standing lordosis.^{21, 24, 37} The flexed position of the lumbar spine which characterizes the position in the kayak might lead to the development of a decreased lumbar curvature over time in growing individuals. However, the greater percentage of paddlers had neutral angles. A few paddlers only showed hypolordotic posture in standing. These results are in agreement with previous studies in younger paddlers.^{9, 10}

Hamstring extensibility did not influence the spinal curvatures while standing³⁸ and slumped sitting.⁹ The flexed position of the both knees while sitting reduces the tension on hamstring muscles and limits its influence on pelvis and sagittal spinal curvatures.⁹

The flexed lumbar postures when sitting in the kayak may result in an increase in the relative contribution of the passive tissues to the maintenance of an upright torso during sitting.³⁹ If flexed lumbar postures are sustained, the passive flexion stiffness of the lumbar spine can decrease over time because of viscoelastic creep⁴⁰ or stress-relaxation⁴¹ in the posterior lumbar tissues. A kyphotic posture while seated for long periods has been related to low-back pain, due to an increase in intervertebral disc pressure.^{21, 22} There was evidence that a slouched posture would increase reposition error of lumbar spine.⁴² Scannell and McGill⁴³ found that changes in lumbar positions assumed are possible through training. However, the traditional training plan of paddlers does not include postural activities of the spine and pelvis.

The pelvis is considered as the base of the spine, and its anteroposterior orientation affects the sagittal curves of the spine.⁴⁴ Sitting causes the pelvis to rotate backward and causes reduction in lumbar lordosis.⁴⁵ Posterior

seduta e viene definito postura seduta rilassata con flessione della colonna lombare. La lordosi lombare è influenzata dall'angolo fra il tronco e le cosce e dalla flessione del ginocchio. Una flessione delle anche di circa 100° durante la posizione seduta ha provocato nei canoisti una tendenza alla cifottizzazione della curva lombare. Uno studio che ha simultaneamente paragonato la lordosi lombare nella posizione seduta ed in piedi ha dimostrato che la posizione seduta prolungata riduceva la lordosi media in ortostatismo³⁷. La flessione della colonna lombare che caratterizza la posizione seduta all'interno del kayak potrebbe portare, a lungo termine, allo sviluppo di una riduzione della curva lombare nei ragazzi in fase di crescita. In ogni caso la maggior parte dei canoisti ha presentato angoli neutri. Solo pochi di essi hanno mostrato una ipolordosi durante la stazione eretta. Tali risultati concordano con gli studi precedenti effettuati sui giovani canoisti^{9, 10}. L'estensibilità della zampa d'oca non ha mostrato alcuna influenza sulle curve della colonna nella stazione eretta (38) od in quella seduta a busto semiflesso⁹. La posizione flessa di entrambe le ginocchia durante la seduta riduce la tensione dei muscoli della zampa d'oca e limita la propria influenza sulla pelvi e sulle curve sagittali della colonna⁹.

L'atteggiamento in flessione del rachide lombare nella posizione seduta all'interno del kayak può portare ad un aumento del contributo da parte dei tessuti molli al mantenimento passivo del busto in estensione durante la posizione seduta³⁹. Se le posture con il rachide lombare flesso vengono mantenute a lungo, la rigidità passiva in flessione della colonna lombare può diminuire col tempo a causa delle deformazioni viscoelastiche⁴⁰ o della stress-relaxation⁴¹ dei tessuti molli lombari. Una postura cifotica durante la posizione seduta, quando questa è mantenuta per lungo tempo, è stata collegata all'insorgenza di lombalgia dovuta all'aumento della pressione sui dischi intervertebrali^{21, 22}. E' stata dimostrata l'evidenza che il mantenimento di una posizione curva può inficiare il corretto recupero della lordosi lombare al ripristino della posizione eretta⁴². Scannell e McGill⁴³ hanno dimostrato che i cambiamenti della colonna lombare ipotizzati risultano possibili attraverso l'allenamento. In ogni caso il tradizionale piano di allenamento dei canoisti non comprende attività posturali per la colonna e la pelvi. La pelvi è considerata la base della colonna, ed il suo orientamento anteroposteriore influenza le curve sagittali del rachide⁴⁴. La posizione seduta provoca una rotazione posteriore del cingolo pelvico ed una conseguente riduzione della lordosi⁴⁵. Tale tilt posteriore è stato osservato durante la posizio-

tilting of the pelvis has been observed during prolonged or relaxed sitting positions in paddlers.⁹ During the base position in the kayak, the paddler's spines were in their most flexed state and greater posterior pelvic tilt. At the catch phase of the stroke the pelvis tilts slightly anteriorly to achieve a more efficient trunk-pelvic posture.

Conclusions

In conclusion, the kayakers adopt a lumbar flexed posture and posterior pelvic tilt in their kayak, although this position may not affect the sagittal configuration of lumbar spine in standing. The standing thoracic hyperkyphosis in adolescent paddlers may be related to factors other than the seated position in the kayak. Postural training should be included to the systematic training to improve the lumbar and pelvic posture during the stroke.

References/Bibliografia

- 1) Kums T, Erelina J, Gapeyeva H, Pääsuke M, Vain A. Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls. *J Back Musculoskeletal Rehabil* 2007;20:87-95.
- 2) Ohlén G, Wredmark T, Spandfort E. Spinal sagittal configuration and mobility related to low-back pain in the female gymnast. *Spine* 1989;14:847-50.
- 3) Nilsson C, Wykman A, Leanderson J. Spinal Sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy* 1993;1:206-8.
- 4) Wodecki P, Guigui P, Hanotol MC, Cardinne L, Deburge A. Sagittal alignment of the spine: comparison between soccer players and subjects without sports activities. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2002;88:328-36.
- 5) López-Miñarro PA, Alacid F, Muyor JM. Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y corredores. *Rev Int Med Cienc Act Fis Dep* 2009;36:379-92
- 6) López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja F, Yuste JL, García, A. Sagittal spinal curvatures in recreational weight lifters. *Arch Med Deporte* 2007;122:435-41.
- 7) López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM, Yuste JL. Posture of thoracic spine during triceps-pushdown exercise. *Sci Sports* 2008;23:183-5.
- 8) López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM. Posture of the thoracic spine during latissimus dorsi pull-down behind the neck position exercise in recreational weight lifters. *Gazz Med Ital* 2008;168:347-52.
- 9) López-Miñarro PA, Alacid F. Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Sci Sports* 2010;25:188-93.

ne seduta prolungata o in situazione di relax nei canoisti⁹. Durante la posizione base nel kayak, la colonna degli atleti raggiunge il massimo grado di flessione ed aumenta massimamente anche il tilt pelvico posteriore. Nella fase di attacco la pelvi tilt minimamente in avanti per offrire una postura tronco-pelvi più favorevole.

Conclusioni

In conclusione, i canoisti mentre sono seduti all'interno del proprio kayak adottano una postura con la colonna lombare flessa ed il bacino tiltato posteriormente, sebbene tale posizione sembra non inficiare la configurazione della colonna sul piano sagittale durante la posizione eretta. L'ipercurvatura rilevata nei canoisti adolescenti in posizione eretta potrebbe essere legata a fattori differenti dalla posizione seduta nel kayak. L'allenamento di tipo posturale dovrebbe essere incluso nei comuni programmi d'allenamento per migliorare la postura lombare e pelvica durante la remata.

- 10) López-Miñarro PA, Alacid F, Ferragut C, García A. Valoración y comparación de la disposición sagital del raquis entre canoistas y kayakistas de categoría infantil. *Cultura, Ciencia y Deporte* 2008;9:171-6.
- 11) Howell DW. Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *Am J Sports Med* 1984;12:278-81.
- 12) Stutchfield BM, Coleman S. The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *Eur J Sport Sci* 2006;6:255-60.
- 13) Alricsson M, Werner S. Young elite cross-country skiers and low back pain-A 5-year study. *Phys Ther Sport* 2006;7:181-4.
- 14) Rajabi R, Doherty P, Goodarzi M, Hemayattalab R. Comparison of thoracic kyphosis in two groups of elite Greco-Roman and free style wrestlers and a group of non-athletic subjects. *Br J Sports Med* 2008;42:229-32.
- 15) Uetake T, Ohsuki F, Tanaka H, Shindo M. The vertebral curvature of sportsmen. *J Sports Sci* 1998;16:621-8.
- 16) Rodríguez-García PL, López-Miñarro PA, Yuste JL, Sáinz de Baranda P. Comparison of hamstring criterion-related validity, sagittal spinal curvatures, pelvic tilt, and score between sit-and-reach and toe-touch tests in athletes. *Med Sport* 2008;61:11-20.
- 17) Wojtyś E, Ashton-Miller J, Huston L, Moga PJ. The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *Am J Sports Med* 2000;28:490-8.
- 18) Boldori L, Da Soldá M, Marelli, A. Anomalies of the trunk. An analysis of their prevalence in young athletes. *Minerva Pediatr* 1999;51:259-64.
- 19) Wood KB. Spinal deformity in the adolescent athlete. *Clin Sports Med* 2002;21:77-92.

- 20) Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y *et al*. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine* 2005;30:93-100.
- 21) Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 1999;24:755-62.
- 22) Wilke HJ, Neef P, Hinz B, Seidel H, Claes LE. Intradiscal pressure together with anthropometric data - a data set for the validation of models. *Clin Biomech* 2001;16:S111-26.
- 23) Sato K, Kikuchi S, Yonezawa T. In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine* 1999;24:2468-74.
- 24) Polga DJ, Beaubien BP, Kallemeier PM, Schellhas KP, Lee WD, Buttermann GR *et al*. Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine* 2004;29:1320-4.
- 25) McGill SM. Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002.
- 26) Solomonow M. Ligaments: a source of work-related musculoskeletal disorders. *J Electromyogr Kinesiol* 2004;14:49-60.
- 27) Briggs AM, van Dieën J, Wrigley TV, Creig AM, Phillips B, Lo SK *et al*. Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Phys Ther* 2007;87:595-607.
- 28) Smith A, O'Sullivan P, Straker L. Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine* 2008;33:2101-7.
- 29) Landers M, Barker G, Wallentine S, McWhorter JW, Peel C. A comparison of tidal volume, breathing frequency, and minute ventilation between two sitting

postures in healthy adults. *Physiotherapy. Theory and Practice* 2003;19:109-19.

30) Mejia EA, Hennrikus WL, Schwend RM, Emans JB. A prospective evaluation of idiopathic left thoracic scoliosis with MRI. *J Pediatr Orthop* 1996;16:354-8.

31) Tüzün C, Yorulmaz I, Cindaş A, Vatan S. Low back pain and posture. *Clin Rheumatol* 1999;18:308-12.

32) Rusko H, Howard GK, Kuipers H, Renström P. Cross country skiing. In H. Rusko, editor. *Handbook of sport medicine and science*. Oxford: Blackwell Science; 2003.

33) Keller TS, Colloca CJ, Harrison DE, Harrison DD, Janik TJ. Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. *Spine J* 2005;5:297-300.

34) Ashton-Miller JA. Thoracic hyperkyphosis in the young athlete: a review of the biomechanical issues. *Curr Sports Med Rep* 2004;3:47-52.

35) Finley MA, Lee MY. Effect of sitting posture on 3-dimensional scapular kinematics measured by skin-mounted electromagnetic tracking sensors. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:563-8.

36) Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:945-50.

37) Lord MJ, Small JM, Dinsay JM, Watkins RG. Lumbar lordosis: effects of sitting and standing. *Spine* 1997;22:2571-4.

38) Gajdosik RL, Albert CR, Mitman JJ. Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;20:213-9.

39) Callaghan JP, Dunk NM. Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting. *Clin Biomech* 2002;17:353-60.

40) McGill SM, Brown S. Creep response of the lumbar spine to prolonged full flexion. *Clin Biomech* 1992;7:43-6.

41) Adams MA, Dolan P. Time-dependent changes in the lumbar spine's resistance to bending. *Clin Biomech* 1996;11:194-200.

42) Dolan KJ, Green A. Lumbar spine reposition sense: the effect of a 'slouched' posture. *Man Ther* 2006;11:202-7.

43) Scannell JP, McGill SM. Lumbar posture – should it, and can it, be modified? A study of passive tissue stiffness and lumbar position during activities of daily living. *Phys Ther* 2003;83:907-17.

44) Levine D, Whittle MW. The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;24:130-5.

45) Harrison DD, Harrison SO, Croft AC, Harrison DE, Troyanovich SJ. Sitting biomechanics part I: review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther* 1999;22:594-609.

Received on April 10, 2010 - Accepted for publication on November 5, 2010.

Funding.—This study was supported by a grant nº 11951/PI/09 (Evolution of sagittal spinal curvatures, hamstring extensibility, low back pain, and anthropometric characteristics in elite paddlers) from the Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia (II PCTRM 2007-2010).

Corresponding author: P. A. López-Miñarro, Department of Physical Education, Faculty of Education, Campus de Espinardo, CP. 30100 Murcia (Spain). E-mail: palopez@um.es.

Nutritional status and physical activity in 7-11 year-old female students of Pars-Abad in the province of Ardabil

Stato nutrizionale e attività fisica delle studentesse
tra 7 e 11 anni di Pars Alab nella provincia di Arbadil

B. NAKHOSTIN-ROOHI¹, A. SOJUDI², Z. NIKNAM³

¹Islamic Azad University-Ardabil Branch, Ardabil, Iran

²Research and Education of Ardabil Branch Sports Medicine Federation of Iran, Ardabil, Iran

³University of Mohaghegh-Ardabili, Iran

SUMMARY

Aim. The aim of this study was to evaluate the health of students in the city of Pars-Abad at the north-west of Iran.

Methods. A two-stage cluster sampling technique was used to select 284 students between 7-11 years of age. Body mass index (BMI), weight for height Z score (WHZ), height for age Z score (HAZ) and weight for age Z score (WAZ) were calculated to evaluate prevalence of malnutrition. Standard physical activity and socioeconomic status questionnaires (SES) were filled in both by the students and their parents.

Results. Among 284 students, 62% and 12.3% of students had a BMI lower and higher than normal respectively. According to WHZ, HAZ and WAZ, the prevalence of malnutrition was 16.20%, 15.86% and 9.86%, respectively. The SES of 9.5% of students was under average. Seventy-one point nine percent of mothers' and 48.9% fathers' education status were under average. There was a significant correlation between the SES and malnutrition markers (WHZ, HAZ and WAZ) ($P < 0.05$). Fifty-four point six percent of students were active less than normal.

Conclusion. It seems that attention to parents' education and life knowledge is one of the most important factors to prevent student malnutrition, overweight and sedentary life.

KEY WORDS: Body Mass Index - Malnutrition - Exercise.

RIASSUNTO

Obiettivo. Scopo di questo studio era valutare lo stato di salute degli studenti nella città di Pars-Alab, nel nordovest dell'Iran. *Metodi.* È stata utilizzata una tecnica di campionamento a due stadi selezionando 284 studenti di età compresa tra 7 e 11 anni. Sono stati calcolati l'indice di massa corporea (body mass index, BMI), lo z score del peso per altezza (weight for height Z score, WHZ), lo z score dell'altezza per età (height for age Z score, HAZ) e lo z score del peso per età (weight for age Z score, WAZ), per valutare la prevalenza di malnutrizione. Agli studenti e ai loro genitori è stato richiesto di compilare dei questionari sull'attività fisica standard e sullo stato socioeconomico (socioeconomic status, SES).

Risultati. Su 284 studenti, il 62% e il 12,3% degli studenti presentava un BMI inferiore o superiore alla norma, rispettivamente. Rispetto a WHZ, HAZ e WAZ, la prevalenza di malnutrizione era rispettivamente 16,20%, 15,86% e 9,86%. Lo stato di istruzione del 71,9% delle madri e del 48,9% dei padri era sotto la media. È stata rilevata una correlazione significativa tra SES e indici di malnutrizione (WHZ, HAZ and WAZ) ($P < 0,05$). 54,6% degli studenti era meno attivo della norma.

Conclusioni. Sembra che l'attenzione alla conoscenza dell'educazione e della vita dei genitori rappresenti uno dei maggiori fattori per prevenire la malnutrizione, il sovrappeso e la vita sedentaria degli studenti.

PAROLE CHIAVE: Indice di massa corporea - Malnutrizione - Attività fisica.

Human health is increasingly seen as an area of concern ¹ and within this a healthy condition in childhood, as a main part of any society, is important. For example, increases in overweight and obesity have been observed over the last quarter of century in both adults and children and it has become clear that fatness in children continues into adulthood.² Obesity in children and adolescence represents one of the most frustrating and difficult diseases to treat.³ Obesity results from a chronic energy imbalance such that the rate of energy intake exceeds the rate of energy expenditure.^{2, 3} Previous studies have shown that association between the prevention of obesity in children and their lifestyle habits, such as the contents of meals, exercise, and how they spend their leisure time.⁴ A lack of physical activity and poor dietary habits are believed to be the major contributors to the current rise in childhood obesity. Both behaviors have also been shown to have independent associations with other health problems during childhood, including metabolic impairments and poor skeletal health.⁵

On the other hand, childhood and motherhood under nutrition is the single leading cause of the global burden of disease.⁶ Malnutrition, defined in this context as nutritional deficiency, is a serious public health problem that has been linked to a substantial increase in the risk of mortality and morbidity.⁷ It is synonymous with protein-energy malnutrition (PEM) and imbalance between the supply of protein and energy and the body's demands for these to ensure optimal growth and function.⁸ Malnutrition in early childhood is associated with significant functional impairment in adult life, reduced work capacity and decreasing economic productivity. Children who are malnourished not only tend to have increased morbidity and mortality but are also more prone to suffer from delayed mental development, poor school performance and reduced intellectual achievement.⁹ From the existing evidence it is clear that childhood malnutrition is associated with a number of socioeconomic and environmental characteristics such as poverty, parents' education/occupation, sanitation, rural/urban residence and access to health care services. Moreover, demographic factors such as the child's age and sex, birth interval and mothers' age at delivery have been linked with malnutrition.^{9, 10}

For this reason, we have decided to investigate

Lo stato di salute delle persone è sempre più argomento di discussione ¹ e all'interno di questo argomento la condizione salutare in età infantile è importante, essendo i bambini una parte fondamentale di qualsiasi società. Per esempio, nell'ultimo quarto di secolo sono stati rilevati incrementi dell'obesità e del sovrappeso, sia tra gli adulti che tra i bambini, ed è ormai evidente che l'obesità infantile prosegue nell'età adulta ².

L'obesità in infanzia e adolescenza rappresenta una delle patologie più frustranti e difficili da trattare ³. L'obesità risulta da uno squilibrio cronico energetico tale per cui la quantità di energia assunta supera quella dell'energia consumata ^{2, 3}. Studi precedenti hanno mostrato tale associazione tra la prevenzione dell'obesità infantile e le loro abitudini di vita, come il contenuto dei pasti, l'esercizio e come trascorrono il loro tempo libero ⁴. Una carenza di attività fisica e abitudini alimentari scorrette sono considerate come i maggiori contributi all'attuale aumento dell'obesità infantile. Per entrambe i comportamenti sono state mostrate associazioni indipendenti con altri problemi di salute nell'infanzia, compresi il danno metabolico e una scarsa condizione di salute dell'osso ⁵ dall'altro lato, la denutrizione infantile e materna è la prima causa globale di malattia ⁶. La malnutrizione, definita in questo contesto come un deficit di nutrizione, costituisce un serio problema di salute pubblica che è stato correlato a un aumento sostanziale del rischio di mortalità e morbilità ⁷. È un sinonimo di con malnutrizione proteico-energetica (protein-energy malnutrition, PEM), uno squilibrio tra l'assunzione di proteine ed energia e le richieste del corpo per garantire crescita e funzione ottimali ⁸. La malnutrizione nella prima infanzia è associata a un significativo deficit funzionale in età adulta, una riduzione della capacità lavorativa e una ridotta produttività economica. I bambini malnutriti non solo mostrano una tendenza a un aumento di morbilità e mortalità, ma sono più esposti al rischio di ritardo di sviluppo mentale, scarse performance scolastiche e ridotte conquiste intellettive ⁹. In base all'attuale evidenza, è chiaro che la malnutrizione è associata a un certo numero di caratteristiche socio-economiche e ambientali come la povertà, il grado di istruzione/occupazione dei genitori, lo stato di salute, la residenza rurale/urbana e l'accesso ai servizi di sanità pubblica. Inoltre, i fattori demografici come l'età e il sesso del bambino, l'intervallo tra le nascite, e l'età della madre al momento de parto sono state correlate con la malnutrizione ^{9, 10}.

Per questa ragione, abbiamo deciso di analizzare le condizioni di salute e la SES dei bambini in età scolare di Pars-Abad, una città di confine nella provincia di Ardabil. Sono stati calcolati alcuni

the health condition and SES of school-children in Pars-Abad, a borderline city located in the province of Ardabil. Therefore, some factors such as BMI, WHZ, HAZ and WAZ were calculated as well as the physical activity and socioeconomic status questionnaires were filled in by the students' parents (Appendix 1).

Materials and methods

This study was carried out in the Northwest of Iran, the city of Pars-Abad, in the province of Ardabil. A two-stage cluster sampling technique was used. All 7-11 year-old students were eligible to participate in this study. In the first stage, 6 of 15 schools were randomized. In the second stage, two/three classes from each cluster were randomly selected. The final number of students participating into the study was 284. School principals and teachers agreed to participate prior to randomization. Parents provided signed written informed consent for their children to participate in assessments and for their own participation in filling out the questionnaires. Participants and school personnel, including classroom teachers, were informed of the nature of the investigation. Height, weight, BMI, and Z scores were measured.

BMI, defined as the weight in kilograms divided by the square of the height in meters, was the primary measure of adiposity.^{11, 12} Standing height was measured using a portable direct-reading stadiometer and body weight was measured using a digital scale, according to established guidelines.¹³ Students' baseline BMI was categorized on the basis of age- and gender-specific percentiles for BMI from the National Health and Nutrition Examinations Survey I and II.¹⁴ Malnutrition markers were evaluated using weight (kg) for height (cm), weight (kg) for age and height (cm) for age Z scores.¹⁵ Children with Z-score under a percentile of 5 were classified as malnourished.

The questionnaires were used to collect information on the demographic and socioeconomic characteristics and on the characteristics of children such as education of mothers and fathers, number of assets, crowding index, parents' working status, age etc. The questionnaires were administered by local related specialists in an appropriate socioeconomic situation of the region. Finally, a standard questionnaire (PAR-

fattori quali BMI, WHZ, HAZ e WAZ, e i genitori degli studenti hanno compilato dei questionari sull'attività fisica e sullo stato socioeconomico (Appendice 1).

Materiali e metodi

Questo studio è stato condotto nel Nordovest dell'Iran, nella città di Pars-Abad nella provincia di Ardabil. È stato utilizzato un metodo di campionamento a due stadi. Tutti gli studenti di età compresa tra 7 e 11 anni erano considerati arruolabili. Nel primo stadio sono state selezionate casualmente 6 scuole su 15. Nel secondo stadio, sono state selezionate 2-3 classi di ogni scuola. Il numero finale di studenti arruolati nello studio è stato di 284 bambini. I presidi e gli insegnanti delle scuole hanno acconsentito a partecipare allo studio prima della randomizzazione. I genitori hanno fornito un consenso scritto alla partecipazione dei figli nella parte di analisi e alla loro stessa partecipazione nell'atto di compilare i questionari. I partecipanti e il personale scolastico, compresi gli insegnanti, sono stati informati sulla natura dello studio. Le misure raccolte in questo studio erano: peso, altezza, BMI e Z score.

L'indice di massa corporea, definito come peso in kilogrammi diviso il quadrato dell'altezza in metri, era considerato misura primaria dell'adiposità^{11, 12}. L'altezza in ortostasi veniva misurata uno stadiometro portatile a lettura diretta, il peso veniva definito con una bilancia digitale, secondo linee guida assodate¹³. Il valore di baseline del BMI degli studenti veniva categorizzato sulla base di percentili del BMI età- e sesso- specifici, definiti dal National Health and Nutrition Examinations Survey I e II¹⁴. I marker di malnutrizione venivano definiti utilizzando i Z score di peso per altezza, peso per età e altezza per età¹⁵. I bambini con Z score sotto il 5° percentile venivano classificati come malnutriti.

I questionari venivano utilizzati per raccogliere informazioni sulle caratteristiche demografiche e socioeconomiche e sulle caratteristiche dei bambini come l'istruzione dei genitori, il numero di risorse, l'indice di affollamento, lo stato professionale dei genitori, ecc. I questionari venivano somministrati da soggetti del luogo, specialisti di una particolare situazione socioeconomica della regione. Infine, è stato utilizzato un questionario standard (PAR-Q) per stimare il grado di attività fisica degli studenti¹⁶

Analisi statistica

I risultati sono espressi come media (deviazione standard) o come percentuale. La correlazione tra

TABLE I.—Descriptive characteristics (mean and standard deviation) of all subjects (N.=284).

TABELLA I. — *Caratteristiche descrittive (media e deviazione standard deviation) di tutti i soggetti (N.=284).*

Descriptive Ch.	Mean	Std. deviation
Age (year)	9.43	1.26
Weight (kg)	30.31	7.39
Height (m)	1.33	0.10
BMI (kg/m ²)	16.90	2.70

Q) was used to estimate the rate of physical activity of students.¹⁶

Statistical analysis

Results are expressed as mean (SD) or as percentages. The correlations among variables were calculated using the Spearman correlation test. A probability value of $P < 0.05$ was considered significant.

Results

Descriptive characteristics of subjects are listed in Table I. Percentage of BMI is shown in Table II. WHZ, HAZ and WAZ scores are shown in Table III. Ranking of mothers and fathers' income, mothers and fathers' education status, number of family, SES are shown in Table IV and correlation of SES with WHZ, HAZ and WAZ is listed in Table V. The physical activity percentage is listed in Table VI.

Discussion

The main findings of this study were lack of physical activity and high malnutrition risk in this population. As you see in Table II, 62% of students present an under normal BMI. WAZ, HAZ and WHZ indicating 9.86%, 16.20% and 15.86% prevalence of malnutrition in our population respectively (Table III). On the other hand, BMI of 12.3% of students is higher than normal.

According to Table IV, the SES of 9.5% of students is under average. As is shown in Table IV, the education status of parents is disappointing. Seventy-one point nine percent of mothers' and 48.9% of fathers' education status are under average. In case of income, 4.9% of fathers and 89.8% of mothers are under average showing the poor

TABLE II.—Percentage of BMI.

TABELLA II. — *Percentuale di BMI.*

Ranking	BMI percentage
Very thin	17.6%
Thin	44.4%
Normal	25.7%
Overweight	8.8%
Obese	3.5%

TABLE III.—Prevalence (%) of malnutrition.

TABELLA III. — *Prevalenza (%) di malnutrizione.*

Z scores	Numbers under 5%	Under 5% percentile
WAZ	28	9.86%
WHZ	46	16.20%
HAZ	45	15.86%

Le variabili è stata calcolata con il test di correlazione di Spearman. Un valore di probabilità di $P < 0,05$ era considerata significativa.

Risultati

Le caratteristiche descrittive dei soggetti sono elencate nella Tabella I. La percentuale del BMI è riportata nella Tabella II. La Tabella III riporta i punteggi WHZ, HAZ e WAZ. La Tabella IV descrive le condizioni economiche dei genitori, lo stato di istruzione dei genitori, numerosità delle famiglie e SES, la correlazione tra SES e WHZ, HAZ e WAZ viene riportata dalla Tabella V. La percentuale di attività fisica viene riportata nella Tabella VI.

Discussione

I risultati principali di questo studio sono una carenza di attività fisica e un alto rischio di malnutrizione in questa popolazione. Come si vede nella Tabella II, il 62% degli studenti presentano un BMI al di sotto della norma. WAZ, HAZ e WHZ indicano rispettivamente una prevalenza di malnutrizione nella popolazione pari al 9,86%, 16,20% e 15,86% (Tabella III). D'altra parte il BMI di 12,3% degli studenti è superiore alla norma.

Secondo la Tabella IV, il SES di 9,5% degli studenti è al di sotto della media. Come riportato in Tabella IV, lo stato di istruzione dei genitori è insoddisfacente. Il 71,9% delle madri e 48,9% dei padri presentano un'istruzione al di sotto della media. Riguardo allo stato economico, 4,9% dei padri e 89,8% delle madri sono al di sotto della media, dimostrando lo scarso contributo delle madri al

TABLE IV.—Percentage of parents' income and educational status, number of family, and SES.
TABELLA IV.—Percentuale di introiti dei genitori, e stato di istruzione, numero di familiari e SES.

Ranking	Mothers' income	Fathers' income	Mothers' edu. S.	Fathers' edu. S.	Num. of family	SES
Very poor	81.3%	0.7%	17.3%	5.6%	0.4%	0.0%
Poor	8.5%	4.2%	54.6%	43.3%	2.8%	9.5%
Average	8.5%	38.4%	17.6%	27.1%	8.8%	74.3%
Good	0.7%	36.3%	10.2%	23.2%	52.8%	15.8%
Excellent	1.1%	20.4%	0.4%	0.7%	35.2%	0.4%

TABLE V.—Correlation of SES with WHZ, HAZ and WAZ.

TABELLA V. — Correlazione del SES con WHZ, HAZ e WAZ.

Sig.	Correlation coefficient	Correlation
0.009	0.156	SES with WHZ
0.013	0.147	SES with WAZ
0.008	0.157	SES with HAZ

TABLE VI.—Participation percentage of students in physical activity.

TABELLA VI. — Partecipazione percentuale degli studenti all'attività fisica.

Ranking	Physical activity
Very poor	0.0%
Poor	54.6%
Average	44.4%
Good	1.1%

participation of mothers in earning money for the family. As visible in Table V, there is a relationship between SES and malnutrition markers (WAZ, WHZ and HAZ). Finally, according to Table VI, the participation of students in physical activity is disappointing (54.6% under average).

Low socioeconomic status may be an important associated factor confusing the issue.¹⁷ Declining income in deprived households may result in the inability to purchase health care, especially in a context of low health supply and decline in health worker's performance as in Cameroon during the 1990s, thereby increasing risks of untreated infectious diseases (e.g., diarrhea, malaria and similar) and malnutrition in poor children.⁶ Children of low economic status and those with lower maternal education were most vulnerable to the consequences of the economic crisis.

As pointed out, the prevalence of malnutrition is high in our population. However, low income probably is not the main reason for malnutrition. It seems in our population the low knowledge of parents about nutrition and devoting less time to children are the most important reasons for malnutrition. Instead of essential nutrients, most students get fast-food with nutritional components of poor value. Considerable amounts of income are paid for foods with little value like snacks and chocolates.

Smith and Haddad reported that improvements in female secondary school enrollment rates were

guadagno economico della famiglia. Come riportato in Tabella V, esiste una relazione tra SES e gli indicatori di malnutrizione (WAZ, WHZ e HAZ). Infine, secondo la Tabella VI la partecipazione degli studenti all'attività fisica è scarsa (54,6% sotto la media).

Lo stato socio-economico potrebbe essere un importante fattore associato che confonde il discorso¹⁷. Le scarse condizioni economiche in ambienti poveri potrebbero determinare l'impossibilità di acquistare i servizi sanitari, soprattutto in un contesto di scarsa offerta di assistenza e riduzione delle performance di salute dei lavoratori come in Camerun negli anni '90, comportando un aumentato rischio di malattie infettive non trattate (per es. diarrea, malaria e simili) e malnutrizione tra i bambini poveri⁶. I bambini in condizioni economiche di povertà e quelli con l'istruzione materna più bassa erano quelli maggiormente vulnerabili alle conseguenze delle crisi economiche.

Come già sottolineato, la prevalenza di malnutrizione è alta nella nostra popolazione. Tuttavia, i bassi guadagni non sono la causa principale della malnutrizione. Sembra che nella nostra popolazione, la bassa conoscenza dei genitori riguardo al tema della nutrizione e la scarsa quantità di tempo dedicata ai figli siano le principali cause di malnutrizione. Invece dei nutrienti essenziali, molti studenti ricorrono a cibi rapidi con componenti di scarso valore nutrizionale. Una considerevole parte di soldi viene impegnata per l'acquisto di cibi di scarso valore come snack e cioccolato.

Smith e Haddad hanno descritto come un miglio-

estimated to be responsible for 43% of the total 15.5% reduction in the child under-weight rate of developing countries during the period 1970-95.¹⁰ Educated mothers may have a greater capacity to substitute with less costly sources of nutrients during periods of recessions, thereby alleviating risks of malnutrition in their children. A high level of maternal education could also lower childhood malnutrition through other pathways such as increased awareness of healthy behavior, sanitation practices and a more equitable sharing of household resources in favor of the children.⁹ In contrast, the ability for such substitution can be very limited in mothers with limited education and low economic status.⁶ Block *et al.* also suggested the role of mothers in buffering children's caloric intake to explain the little childhood nutritional effects of the 1997-98 Indonesian crisis.⁶ The educational level of mothers was positively related to the better nutritional status of children. Educated mothers are more conscious of their children's health; they tend to look after their children in a better way.¹⁰ Moreover, mother's education played a significant role in reducing prevalence of stunting.¹⁰ In our study, we found parents' education to be the most important factor related to Pars-Abad's students. Unfortunately, parents' education and knowledge was not considerable. Students spent at least six hours at schools without feeding sufficiently. It is clear that a student's input and output calories imbalance will cause big problems, such as malnutrition. The prevention of lifestyle-related disease should start from childhood and must be combined with health education strategies, because it is necessary for the healthy growth of the bodies and minds of children. Therefore, the need to change student's health behavior is important, because what students learn during their nursing education (such as adequate physical activity and maintenance of healthy weight) sets the stage for future health behaviors.¹⁸ The main environmental causes attributed to the enormous increase in body fatness in the last few decades are an increase in energy intake through food and a decrease in energy expenditure due to a decrease in physical activity and/or an increase in sedentary behavior.¹⁹ In case of physical education, the students' situation is quite hopeless. Fifty-four point six percent of students are less active than normal. Physical education is one of the most important markers of health. May be limited sport facilities

*ramento della percentuale di adesione delle donne alla scuola secondaria era responsabile del 43% su un totale di 15,5% di riduzione dell'incidenza di sottopeso nei Paesi in via di sviluppo nel periodo 1970-95¹⁰. Le madri istruite potrebbero avere una maggiore capacità di sostituire le risorse di nutrienti con altre meno costose nei periodi di recessione, riducendo il rischio di malnutrizioni nei loro figli. Una livello superiore di istruzione materna potrebbe anche ridurre la malnutrizione infantile attraverso altri percorsi come un' aumentata conoscenza dei comportamenti salutari, pratiche di sanificazione e una più equa distribuzione delle risorse domestiche a favore dei bambini⁹. Al contrario, la capacità di una tale sostituzione può essere molto limitata nelle madri con un'istruzione limitata e basso livello economico⁶. Block *et al.* hanno anche suggerito il ruolo delle madri nell'affrontare l'apporto calorico negli effetti della crisi indonesiana 1997-98 sulla nutrizione degli infanti⁶. Il livello di istruzione delle madri era positivamente correlato a un miglior stato nutrizionale dei bambini. Le madri istruite sono più consapevoli della salute dei loro bambini; tendono a seguire i loro figli in modo migliore¹⁰. Inoltre, l'istruzione della madre aveva un ruolo significativo nel ridurre la prevalenza di ritardo di crescita¹⁰. Nel nostro studio abbiamo rilevato che l'istruzione dei genitori rappresentava il fattore più importante per gli studenti di Pars-Abad. Sfortunatamente l'istruzione e le conoscenze dei genitori non erano considerevoli. Gli studenti trascorrevano almeno sei ore a scuola senza alimenti in modo sufficiente. È evidente che se l'apporto e il consumo di calorie non sono in equilibrio, insorgono grossi problemi come la malnutrizione. La prevenzione delle patologie correlate allo stile di vita dovrebbe iniziare dall'infanzia e dovrebbe essere combinata con strategie di educazione sanitaria, poiché è necessario per la crescita sana dei corpi e delle menti. Pertanto la necessità di cambiare il comportamento sanitario degli studenti è importante in quanto quello che gli studenti imparano nella loro educazione primaria definisce i presupposti per i futuri comportamenti sanitari come un'adeguata attività fisica e il mantenimento di un peso sano¹⁸. Le cause ambientali principali a cui è imputato il massivo aumento dell'obesità nelle ultime decadi sono l'aumento dell'assunzione di energia attraverso il cibo e la riduzione del consumo di energia, attraverso una riduzione dell'attività fisica e/o l'aumento del comportamento sedentario¹⁹. Riguardo l'educazione fisica, la situazione degli studenti è piuttosto disperata: il 54,6% degli studenti sono meno attivi che nella norma. L'educazione fisica è uno dei maggiori indicatori di salute. Probabilmente la mancanza di impianti sportivi e di attrezzature,*

and equipment, lack of experts in physical education and lack of general awareness of families about the importance of physical education are the main reasons for low participation of girl students in physical activity.

On the other hand, we see symptoms of overweight and obesity in this population. According to Table II, 12.3% of students' BMI are higher than normal. It seems similar to malnutrition, possibly socioeconomic status, especially education status of parents, is more important because the economic situation of the parents is not quite low. Lack of physical education is probably the other important factor in enhancement of BMI more than normal.

Conclusions

In conclusion, it seems that attention to parents' education and life knowledge is one of the most important factors to prevent child malnutrition. So, the necessary steps should be taken to make parents aware of education, because education enhances knowledge.

la carenza di esperti di educazione fisica e la limitata consapevolezza delle famiglie relativamente all'importanza dell'educazione fisica sono le ragioni principali della scarsa partecipazione delle studentesse all'attività fisica.

Dall'altra parte, in questa popolazione avvertiamo i sintomi del sovrappeso e dell'obesità. Secondo la Tabella II, il 12,3% dei BMI degli studenti hanno un peso superiore alla norma. Analogamente alla malnutrizione, lo stato socioeconomico sembra avere un ruolo importante, soprattutto per quanto riguarda il grado di istruzione dei genitori, essendo la situazione economica modesta. La carenza di educazione fisica è probabilmente l'altro fattore importante nell'incremento esagerato del BMI.

Conclusioni

In conclusione, sembra che l'attenzione alla conoscenza dell'educazione e della vita dei genitori rappresenti uno dei maggiori fattori per prevenire la malnutrizione. Pertanto dovrebbero essere intraprese le misure necessarie per fornire istruzione ai genitori, poiché l'istruzione migliora la conoscenza.

References/Bibliografia

- 1) Nakhostin-Roohi B, Niknam Z. BMI, fat percentage and VO₂max in college female staff. *J Sports Med Phys Fitness* 2008;48:211-6.
- 2) Stock S, Miranda C, Evans S, Plessis S, Ridley J, Yeh S, Chanonine J. Healthy buddies: a novel, peer-led health promotion program for the prevention of obesity and eating disorders in children in elementary school. *Pediatrics* 2007;120:1059-68.
- 3) Fonseca H, Matos MG. Perception of overweight and obesity among Portuguese adolescents: an overview of associated factors. *Eur J Public Health* 2005;15:323-8.
- 4) Yuasa K, Sei M, Takeda E, Ewis AA, Munakata H, Onishi C, Nakahori Y. Effects of lifestyle habits and eating meals together with the family on the prevalence of obesity among school children in Tokushima, Japan: a cross-sectional questionnaire-based survey. *J Med Invest* 2008;55:71-7.
- 5) Sluijs EM, Skidmore MP, Mwanza K, Jones AP, Callaghan AM, Ekelund U *et al*. Physical activity and dietary behaviour in a population-based sample of British 10-year old children: the SPEDDY study (Sport, Physical activity and eating behaviour: environmental determinants in young people. *BMC P Health* 2008;8:388.
- 6) Pongou R, Salomon JA, Ezzati M. Health impact of macroeconomic crises and policies: determination of variation in childhood malnutrition trend in Cameroon. *Int J Epidemiol* 2006;35:648-56.
- 7) Murray CJL, Lopez AD. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: global burden of disease study. *Lancet* 1997;349:1436-42.
- 8) Antwi S. Malnutrition: missed opportunities for diagnosis. *Ghana Med J* 2008;42:101-4.
- 9) Poel EV, Hosseinpoor AR, Jehu-Appiah C, Vega J, Speybroeck N. Malnutrition and the disproportional burden on the poor: the case of Ghana. *Int J Equity Health* 2007;6:21.
- 10) Rayhan I, Hayat Khan S. Factors causing malnutrition among under five children in Bangladesh. *Pakistani J Nutr* 2006;5:558-62.
- 11) Kraemer HC, Berkowitz RI, Hammer LD. Methodological difficulties in studies of obesity, I: measurement issues. *Ann Behav Med* 1990;12:112-8.
- 12) Dietz WH, Robinson TN. Use of the body mass index (BMI) as a measure of overweight in children and adolescents. *J Pediatric* 1998;132:191-3.
- 13) Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 1988.
- 14) Frisancho AR. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press; 1990.
- 15) Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC. Modern nutrition in health and disease. Ninth edition. Baltimore, MD: Williams and Wilkins; 2006. p. A93-A6.
- 16) Kolkhorst FW, Dolgener FA. Non-exercise model fails to predict aerobic capacity in college students with high VO₂peak. *Res Q Exerc Sport* 1994;65:78-83.
- 17) Casey PH, Szeto K, Lensing S, Bogle M, Weber J. Children in food-insufficient, low-income families. Prevalence, health, and nutrition status. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2001;155:508-14.
- 18) Pawloski LR, Davidson MR. Physical activity and body composition analysis of female baccalaureate nursing student. *Nurse Educ* 2003;3:155-62.
- 19) Niederer I, Kriemler S, Zahner L, Bürgi F, Ebenegger V, Hartmann T *et al*. Influence of a lifestyle intervention in preschool children on physiological and psychological parameters (Ballabeina): study design of a cluster randomized controlled trial. *BMC P Health* 2009;9:94.

Received on October 2, 2009. - Accepted for publication on July 16, 2010.

Corresponding author: B. Nakhostin-Roohi, Postbox 56135-587, Ardabil, Iran. E-mail: bnakhostin_aau@yahoo.com

APPENDIX 1

Select the number that best describes your overall level of physical activity for the previous 6 months.

- 0 Avoid walking or exertion, e.g., always use elevator, drive when possible instead of walking
- 1 *Light activity*: walk for pleasure, routinely use stairs, occasionally exercise sufficiently to cause heavy breathing or perspiration
- 2 *Moderate activity*: 10 to 60 minutes per week of moderate activity, such as golf, horseback riding, calisthenics, table tennis, bowling, weight lifting, yard work, cleaning house, walking for exercise
- 3 *Moderate activity*: over 1 hour per week of moderate activity as described above
- 4 *Vigorous activity*: run less than 1 mile per week or spend less than 30 minutes per week in comparable activity such as running or jogging, lap swimming, cycling, rowing, aerobics, skipping rope, running in place, or engaging in vigorous aerobic-type activity such as soccer, basketball, tennis, racquetball, or handball
- 5 *Vigorous activity*: run 1 mile to less than 5 miles per week or spend 30 minutes to less than 60 minutes per week in comparable physical activity as described above
- 6 *Vigorous activity*: run 5 miles to less than 10 miles per week or spend 1 hours to less than 3 hours per week in comparable physical activity as described above
- 7 *Vigorous activity*: run 10 miles to less than 15 miles per week or spend 3 hours to less than 6 hours per week in comparable physical activity as described above
- 8 *Vigorous activity*: run 15 miles to less than 20 miles per week or spend 6 hours to less than 7 hours per week in comparable physical activity as described above
- 9 *Vigorous activity*: run 20 to 25 miles per week or spend 7 to 8 hours per week in comparable physical activity as described above
- 10 *Vigorous activity*: run over 25 miles per week or spend over 8 hours per week in comparable physical activity as described above

APPENDICE 1

Selezionare il numero che meglio descrive il livello di attività fisica nei precedenti 6 mesi.

- 0 Evitare passeggiate ed esercizio; per es: sempre uso di ascensore, viaggiare in macchina se possibile anziché camminare
- 1 *Attività leggera:* passeggiate per piacere, uso routinario di scale, esercizio occasionale tale da determinare respiro pesante o sudorazione
- 2 *Attività moderata:* da 10 a 60 minuti alla settimana di attività moderata, come golf, equitazione, calistenia, ping pong, bowling, sollevamento pesi, giardinaggio, pulizia della casa, passeggiata per esercizio
- 3 *Attività moderata:* oltre 1 ora alla settimana di attività moderata, come descritto sopra
- 4 *Attività vigorosa:* corsa meno di 1 miglio o meno di 30 minuti alla settimana di attività simile come corsa di velocità, jogging, nuoto, ciclismo, canottaggio, aerobica, salto della corda, corsa sul posto, o partecipazione ad attività vigorose di tipo aerobico come calcio, basket, tennis, cricket o pallamano
- 5 *Attività vigorosa:* corsa da 1 miglio o 5 miglia o tra i 30 e 60 minuti alla settimana di attività fisica simile a quanto descritto sopra.
- 6 *Attività vigorosa:* corsa da 5 a 10 miglia o tra 1 e 3 ore alla settimana di attività fisica simile a quanto descritto sopra.
- 7 *Attività vigorosa:* corsa da 10 a 15 miglia o tra 3 e 6 ore alla settimana di attività fisica simile a quanto descritto sopra.
- 8 *Attività vigorosa:* corsa da 15 a 20 miglia o tra 6 e 7 ore alla settimana di attività fisica simile a quanto descritto sopra.
- 9 *Attività vigorosa:* corsa da 20 a 25 miglia o tra 7 e 8 ore alla settimana di attività fisica simile a quanto descritto sopra.
- 10 *Attività vigorosa:* corsa oltre 25 miglia o oltre 8 ore alla settimana di attività fisica simile a quanto descritto sopra.

An unusual case of coronary-pulmonary fistula that makes it impossible to certify a runner's fitness

Un caso inusuale di fistola coronaria - polmonare che compromette il giudizio di idoneità in un podista

M. MARZULLO ¹, M. MESSINA ¹, M. MANGANIELLO ¹, R. MARTELLO ¹, G. PALUMBO ²

¹Department of Sports Medicine "Federico II" University, Naples, Italy

²Department of Sports Medicine "D'Annunzio" University, Chieti, Italy

SUMMARY

Aim. We report an unusual case of coronary anomaly characterized by a coronary-pulmonary fistula determining stenosis of the anterior descending branch in a sportsman, due to flow steal.

Methods. Thanks to second level cardiological examinations carried out on a forty-year-old athlete, we found ECG graphic anomalies during a maximal treadmill exercise test (TET) to certify his fitness for competitive sport (running). A coronarography was performed which revealed a fistula that shifted the flow from the anterior descending branch to the right pulmonary artery and a long stenosis, adjacent to the ostium of the fistula, which reduced the flow in the distal branch of the coronary artery. However, it did not present the typical features of atherosclerotic plaque but of coronary artery steal, such as coronary hypoplasia. After performing myocardial revascularization, it was decided to leave the fistula active.

Results. A coronarographic check after one year showed that the coronary-pulmonary fistula had disappeared. The arterial graft was patent and functioning well and the ventricular kinesis was normal. The athlete no longer reported ischemic symptoms and had returned to the lifestyle of a person not suffering from atherosclerosis. He was considered fit to run.

Coronary-pulmonary fistula is a communication between the left anterior descendent (LAD) of the left coronary artery and the right pulmonary artery. Patients are generally asymptomatic. In this case, the second level tests, such as the maximal treadmill exercise test (TET), indicated the need to execute a coronarography, which highlighted the coronary anomaly. In our case the minor hemodynamic importance of the fistula oriented us to myocardial revascularization.

Conclusion. This clinical case demonstrates that an instrumental non-invasive and low-cost procedure can reveal an insidious disease that poses a high risk for the life of an athlete considered to be in good health. Only these tests, therefore, can effectively reveal anomalies that could be catastrophic.

KEY WORDS: Exercise test - Coronary disease - Coronary stenosis.

RIASSUNTO

Obiettivo. Riportiamo un caso infrequente di anomalia coronarica caratterizzata da fistola coronaria - polmonare che, per furto di flusso, procurava una stenosi del ramo discendente anteriore dell'arteria coronaria sinistra in uno sportivo.

Metodi. La scoperta avveniva grazie ad indagini cardiologiche di secondo livello, in un atleta quarantenne con alterazioni ECG grafiche, durante prova da sforzo massimale al tapis roulant per giudizio di idoneità a sport agonistico (podismo). All'atleta veniva praticata una coronarografia che mostrava una fistola che spostava il flusso dal ramo discendente anteriore dell'arteria coronaria sinistra nell'arteria polmonare destra, ed una stenosi lunga, subito dopo l'ostio della fistola, che riduceva il flusso nel tratto distale dello stesso ramo coronarico. Tuttavia non presentava le tipiche caratteristiche di placca aterosclerotica ma di coronary artery steal ovvero di ipoplasia coronarica. Sottoposto a rivascolarizzazione miocardica, si decideva di lasciare la fistola attiva.

Risultati. Al controllo coronarografico ad un anno, la fistola coronaria - polmonare era scomparsa, il graft arterioso pervio e ben funzionante, e la cinesi ventricolare nella norma. L'atleta, liberato dalla patologia ischemica, veniva restituito allo stile di vita di un soggetto non affetto da aterosclerosi. Egli veniva giudicato idoneo al podismo. La fistola coronaria polmonare è una comunicazione tra il ramo discendente anteriore dell'arteria coronaria sinistra e l'arteria polmonare destra. I pazienti sono in genere asintomatici. Nel nostro caso, gli esami di secondo livello, come la prova da sforzo massimale al tapis roulant, ci hanno indirizzato ad eseguire una coronarografia che ha evidenziato l'anomalia coronarica. La scarsa importanza emodinamica della fistola ha orientato per la rivascolarizzazione miocardica. Conclusioni. Il caso clinico dimostra che una metodica strumentale, non invasiva e di basso costo, slatentizza una patologia con sintomatologia sfumata e subdola ma ad alto rischio per la vita dell'atleta considerato in buona salute. Dunque solo questi esami rivelano realmente anomalie che potrebbero essere catastrofiche.

PAROLE CHIAVE: Esercizio – Malattia coronarica – Stenosi coronarica.

Coronary anomalies affect 1-2% of the population.¹

There are various forms:

- anomalous origin of a coronary artery from the pulmonary artery;
- ectopic coronary origin from the aorta with deviant proximal course;
- congenital arterio-venous fistula;
- acquired arterio-venous fistula;
- coronary obstruction due to myocardial bridge;
- aneurism of coronary artery;
- congenital atresia of left coronary artery.

An arteriovenous coronary fistula is a direct communication between the coronary artery system and the lumen of one chamber of the heart or any other adjacent low pressure vessel (coronary sinus, right or left pulmonary artery, superior vena cava).

The organs affected are primarily the right coronary artery which communicates with the right ventricle, or the circumflex branch that connects with the pulmonary artery.

Very rarely there is a connection with the left ventricle, and in just 5% of cases, both coronary arteries are affected.

From a clinical viewpoint, the majority of these anomalies are benign and asymptomatic, and they are occasionally found during angiographic examinations with an incidence of 0.1-0.2%.

They can also be associated with potentially serious sequelae such as angina pectoris, arrhythmia, acute myocardial infarction, bacterial endocarditis, pulmonary hypertension, cardiac tamponade caused by the rupture of the fistula, syncope and sudden death.

The walls of the coronary artery generally suffer damage to the innermost membrane, which develops in time to precocious atherosclerosis.

In some cases, symptomatic forms are noted for the presence of ischaemia due to myocardial

Le anomalie coronariche interessano l'1-2% della popolazione¹.

Ne esistono diverse forme:

- *origine anomala di un'arteria coronaria dall'arteria polmonare;*
- *origine ectopica di una coronaria dall'aorta con decorso prossimale aberrante;*
- *fistola arterovenosa congenita;*
- *fistola arterovenosa acquisita;*
- *ostruzione coronarica da ponte muscolare miocardico (myocardial bridge);*
- *aneurisma dell'arteria coronarica;*
- *atresia congenita della coronaria sinistra.*

Una fistola coronarica arterovenosa è una diretta comunicazione tra il sistema arterioso coronarico ed il lume di una delle camere cardiache o qualsiasi altro vaso limitrofo a bassa pressione (seno coronarico, arteria polmonare destra o sinistra, vena cava superiore).

Ad essere interessate sono in prevalenza la coronaria destra che comunica con il ventricolo destro o ancora il ramo circonflesso in connessione con l'arteria polmonare.

Raramente avviene la comunicazione con il ventricolo sinistro e solo nel 5% dei casi sono interessate entrambe le coronarie.

Da un punto di vista clinico la maggior parte di queste anomalie è di tipo benigno, asintomatico e viene riscontrata occasionalmente nel corso di studi angiografici con un'incidenza dello 0,1-0,2%.

Altre volte, possono associarsi a sequele potenzialmente gravi come angina pectoris, aritmie, infarto miocardico acuto, endocarditi batteriche, ipertensione polmonare, tamponamento cardiaco per rottura della fistola, sincope e morte improvvisa.

Generalmente la parete della coronaria va incontro ad un danno dell'intima che porta, col tempo, ad un'aterosclerosi precoce.

Le forme sintomatiche, in alcuni casi, vengono in genere rilevate per la presenza di ischemia da

“steal” with coronary hypoplasia distal to the fistula and a consequent reduction in the coronary flow (coronary artery steal), and they are associated with a significant increase in morbidity and mortality.

In a sports medicine context, their identification, which is not always easy, is of crucial importance because they can be associated with an increased risk of sudden death.

Symptomatic forms present indications to closure by surgery and by percutaneous devices (“coil embolisation”, “dual umbrella” systems, controlled-release balloons, alcoholization of the coronary fistula, covered stents).²

For asymptomatic forms, on the other hand, the criteria are not uniform: some authors recommend closure, while others recommend a more conservative approach, treating only coronary impairment when it is present.³

We report an infrequent case of coronary anomaly characterized by coronary-pulmonary fistula which, due to flow steal, caused the stenosis of the anterior descending branch in a forty-year-old runner, who came to our attention to be passed fit for competitive sport.

Materials and methods

A 40-year-old runner, who enjoyed competitive sport (half marathon), requested a certificate of fitness from the Sports Medicine Centre of “Federico II” University (Naples).

In the past, the athlete had always received a positive outcome, as no anomaly was found; we should point out that the stress test was only performed with the Rapid Fitness Index (RFI).

In his medical history, the man, who was a non-smoker, denied any cases of sudden death or ischemic heart disease in his family. He did not take drugs.

His case history did not present any significant elements: negative for ischemia and episodes of syncope, although he reported the occasional appearance in recent months of atypical chest pain associated with prolonged stress.

An objective chest examination revealed the presence of a continuous murmur 2/6 Levine at the left 3rd intercostal space.

The basic ECG did not reveal anything significant: sinus rhythm with a heart rate of 55 bpm, absence of alterations to the ventricular repolarisation or deviation of the electrical axis (Figure 1).

As a regular practice at our Centre, an ergometric test was carried out on the treadmill

“furto” miocardico con ipoplasia coronarica distalmente alla fistola e conseguente riduzione del flusso coronarico (coronary artery steal) e sono associate ad un significativo incremento di morbilità e mortalità.

In ambito medico sportivo la loro individuazione, non sempre agevole, riveste un'importanza fondamentale in quanto possono associarsi ad un aumentato rischio di morte improvvisa.

Le forme sintomatiche presentano indicazioni alla chiusura sia chirurgica che attraverso device percutanei (coil embolization, sistemi a “doppio ombrello”, palloni a rilascio, alcolizzazione della fistola coronarica, stent ricoperti)².

Per le forme asintomatiche invece i criteri non sono univoci: alcuni autori ne raccomandano comunque la chiusura, altri consigliano un atteggiamento più conservativo trattando, quando presenti, le sole compromissioni coronariche³.

Riportiamo un caso infrequente di anomalia coronarica caratterizzata da fistola coronaria - polmonare che, per furto di flusso, procurava una stenosi del ramo discendente anteriore in un podista quarantenne, venuto alla nostra osservazione per conseguire l'idoneità allo sport agonistico.

Materiali e metodi

Podista 40enne, praticante attività sportiva agonistica (mezza maratona), ha richiesto presso il Centro di Medicina dello Sport dell' Università “Federico II” certificazione di idoneità.

In passato l'atleta aveva sempre ottenuto parere favorevole, non essendo stata riscontrata alcuna anomalia; da precisare che la prova da sforzo era stata praticata solo con Indice Rapido di Idoneità (I.R.I.).

L'uomo, non fumatore, all'anamnesi negava familiarità per casi di morte improvvisa o cardiopatia ischemica. Non assumeva farmaci.

L'anamnesi patologica non presentava dati di rilievo: negativa per eventi ischemici ed episodi sincopali, mentre veniva riferita la comparsa occasionale negli ultimi mesi di toracoalgia atipica associata a sforzi prolungati.

All'esame obiettivo toracico veniva riscontrata la presenza di un soffio continuo 2/6 Levine al III spazio intercostale sinistro.

All'ECG di base non si evidenziava nulla di rilevante: ritmo sinusale con FC di 55 bpm, assenza di alterazioni della ripolarizzazione ventricolare e di deviazioni dell'asse elettrico (Figura 1).

Veniva eseguito, come consuetudine presso il nostro Centro, un test ergometrico al tapis roulant

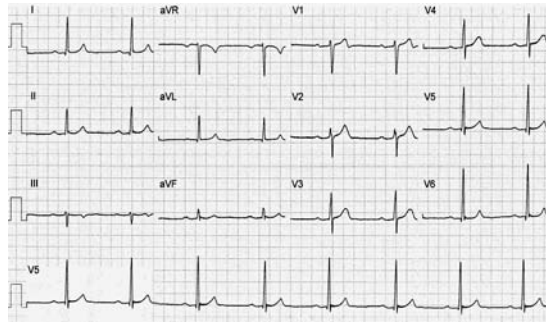


Figure 1.—Basic ECG.
Figura 1. — ECG basale.

(Bruce protocol) which revealed, at peak stress, the appearance of electrocardiographic alterations characterised by a depression of the anterior ST segment (Figure 2A).

The repolarisation anomalies persisted until the 3rd stage of the recovery (Figure 2B).

The patient also underwent a transthoracic echocardiogram, which revealed a slight hypokinesis of the antero-apical wall of the left ventricle, with a slight depression of the systolic function (EF=53%).

On the basis of the test results, the athlete was not certified fit for competitive sport, awaiting further diagnostic tests. A coronarographic examination was therefore programmed.

The selective angiographic study of the coronary arteries made it possible to identify the presence of an arterio-venous fistula, between the anterior descending branch of the left coronary (LAD) and the right pulmonary artery, generating a critical and long stenosis adjacent to the ostium of the fistula, which reduced the

(protocollo di Bruce) che mostrava, all'acme dello sforzo, la comparsa di alterazioni elettrocardiografiche caratterizzate da sottoslivellamento del tratto ST in sede anteriore (Figura 2A).

Le anomalie della ripolarizzazione persistevano fino al III° stadio di recupero (Figura 2B).

Il paziente veniva anche sottoposto ad esame ecocardiografico transtoracico, che evidenziava una lieve ipocinesia della parete antero-apicale del ventricolo sinistro, con lieve depressione della funzione sistolica (EF=53%).

Sulla base dei rilievi effettuati, all'atleta veniva negato il certificato di idoneità agonistica in attesa di ulteriori accertamenti diagnostici. Veniva pertanto programmato un esame coronarografico.

Lo studio angiografico selettivo delle arterie coronarie permetteva di individuare la presenza di una fistola artero-venosa, tra il ramo discendente anteriore della coronaria sinistra (LAD) e l'arteria polmonare destra, determinante una stenosi critica e lunga subito dopo l'ostio della fistola che riduceva il flusso nel tratto distale dello stesso

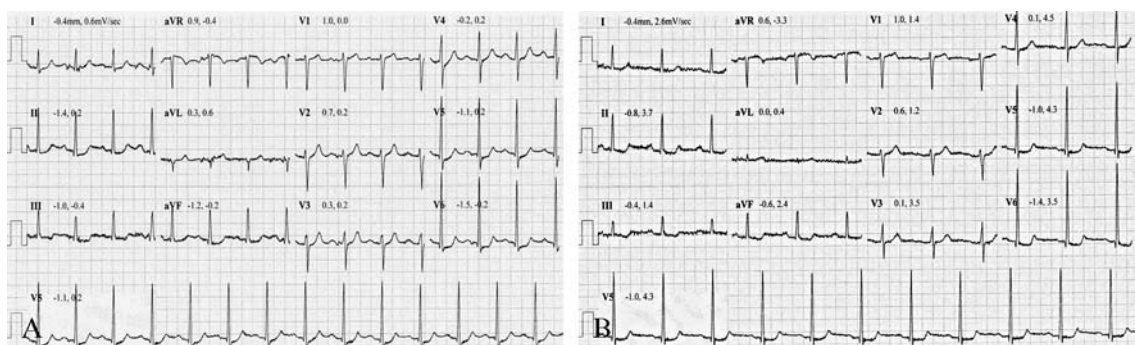


Figure 2.—Exercise ECG.
Figura 2. — ECG durante sforzo.

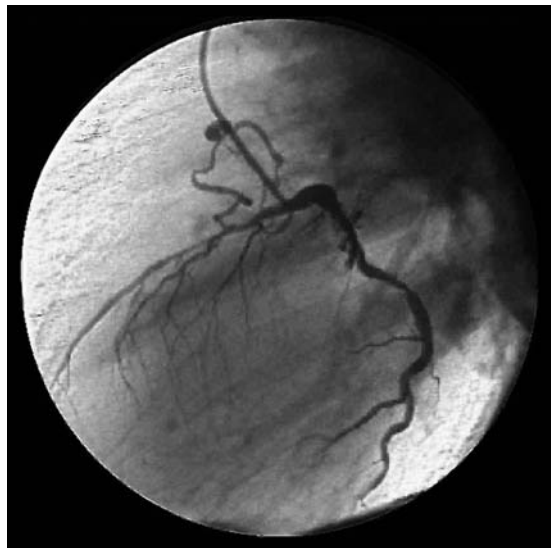


Figure 3.—Coronary angiography with arterio-venous fistula and coronary stenosis.
 Figura 3. — *Angiografia coronarica con fistola artero-venosa e stenosi coronarica.*

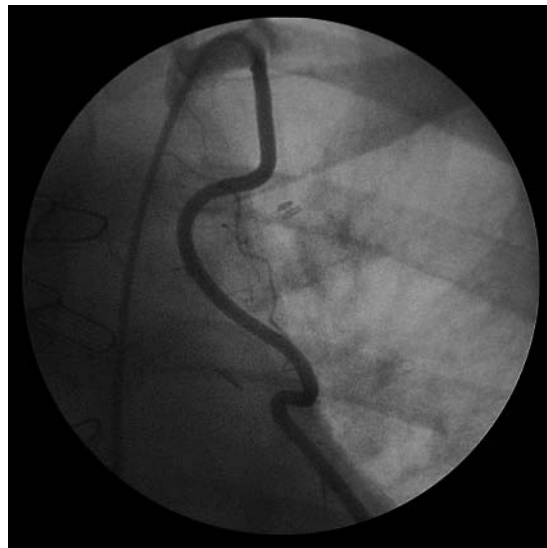


Figure 4.—Coronary angiography after coronary revascularization.
 Figura 4. — *Angiografia coronarica dopo rivascolarizzazione coronarica.*

flow in the distal segment of the same coronary branch. Cardiac catheterisation also showed a modest leap in oxygen saturation around the outlet of the fistula (Figure 3).

The stenosis found presents characteristics that are certainly not typical of atherosclerotic plaque but of “coronary artery steal”; in other words, the modified trophism of the vessel was only a consequence of the restricted blood supply caused by the fistula.

The patient underwent beating-heart myocardial revascularization with an internal mammary artery implant on the LAD branch, but it was decided to leave the fistula active.

Results

A coronarography was performed after one year, which revealed that the coronary-pulmonary fistula had disappeared, that the arterial graft was patent and functioning well, and that the ventricular kinesis was within the norm (Figure 4).

The coronary stenosis caused by the “coronary artery steal”, now isolated by revascularization, thanks to the new flow created with the graft of the mammary artery on the coronary, progressing proximally, had caused the spontaneous closure of the proximal segment of the LAD branch and of the fistula.

ramo coronarico. Il cateterismo cardiaco mostra, inoltre, nel territorio di sbocco della fistola, un modesto salto della saturazione di ossigeno (Figura 3).

La stenosi individuata si presentava con caratteristiche sicuramente non tipiche di una placca aterosclerotica ma di “coronary artery steal” degli anglosassoni; vale a dire, l’alterato trofismo del vaso non era altro che conseguente alla sottrazione di sangue operata dalla fistola.

Il paziente veniva sottoposto ad intervento di rivascolarizzazione miocardica a cuore battente con impianto di arteria mammaria interna sul ramo LAD, mentre si sceglieva di lasciare la fistola attiva.

Risultati

Al controllo dopo un anno con esame coronarografico, la fistola coronaria-polmonare era scomparsa, il graft arterioso pervio e ben funzionante, e la cinesi ventricolare nella norma (Figura 4).

La stenosi coronarica determinata dalla “coronary artery steal”, oramai isolata dalla rivascolarizzazione, per il nuovo flusso creato con l’innesto dell’arteria mammaria sulla coronaria, progredendo prossimalmente, aveva provocato la chiusura spontanea del tratto prossimale del ramo LAD e della fistola.

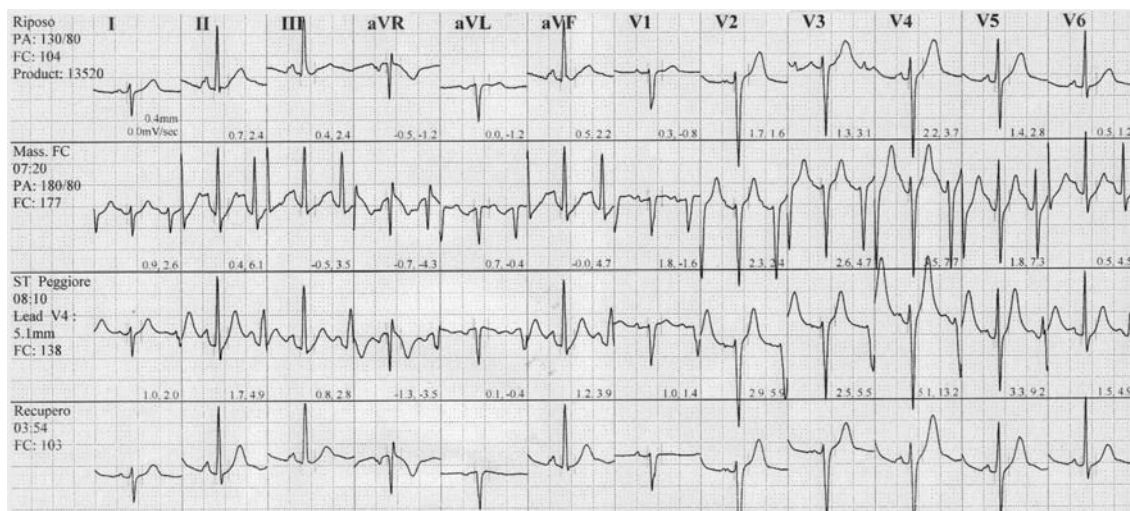


Figure 5.—Exercise ECG after coronary revascularization.
Figura 5. — ECG da sforzo dopo rivascolarizzazione coronarica.

Now that he was free of ischaemic symptoms, the athlete was able to return to his sports activities and to a lifestyle fitting for a subject not affected by atherosclerosis, although he was monitored by continuous follow-up (Figure 5).

The case history shows that an instrumental, non-invasive and low-cost procedure, such as an exercise ECG, makes it possible to identify a condition with hidden and insidious symptoms that poses a huge risk for an athlete's life.

Discussion

A coronary fistula is a communication between a coronary artery and a heart chamber, generally right, which generates a left-to-right shunt.

Patients are generally asymptomatic but, due to the presence of a continuous superficial murmur, clinical suspicion induces us to focus on this anomaly, with the result that an echocardiogram should be followed by an MRI scan which could identify the origin and course of the fistula.⁴

An ergometric test proves to be much more indicative, directing us towards further investigation, and in the case of a significant coronary fistula reveals ischemia due to stress and/or cardiac arrhythmia.

A coronarographic examination, which is indicated for ischemic heart disease, clearly reveals the presence of the fistula and, as in our

L'atleta liberato dalla patologia ischemica, ha potuto riprendere l'attività sportiva ed uno stile di vita consono ad un soggetto non affetto da aterosclerosi, pur rimanendo in continuo follow-up (Figura 5).

Il caso clinico dimostra che una metodica strumentale, non invasiva e di basso costo, come l'ECG da sforzo, permette di individuare una patologia con sintomatologia sfumata e subdola, ma ad alto rischio per la vita dell'atleta.

Discussione

La fistola coronarica è costituita da una comunicazione tra una coronaria ed una camera cardiaca, generalmente destra, con conseguente shunt sinistro - destro.

I pazienti in genere sono asintomatici ma, per la presenza di un soffio continuo superficiale, il sospetto clinico induce a pensare a questa anomalia per cui, un Ecocardiogramma, dovrebbe essere integrato con una Risonanza Magnetica che potrebbe ben individuare l'origine ed il decorso della fistola.⁴

Ben più dirimente per indirizzare verso ulteriori indagini, si dimostra il test ergometrico che in caso di fistola coronarica significativa slatentizza ischemia da sforzo e/o aritmie cardiache.

L'esame coronarografico, indicato per la cardiopatia ischemica, mette in chiara evidenza la presenza della fistola e, come nel nostro caso, la stenosi coronarica di natura non aterosclerotica

case, the coronary stenosis which is not atherosclerotic but hypoplastic, linked to the phenomenon of coronary artery steal. During the hemodynamic investigation, it proves to be easier to measure the oxygen saturation to evaluate the shunt (Qp/Qs) and therefore the hemodynamic significance, which may or may not recommend the surgical closure of the fistula, to be associated with possible coronary revascularization.

The limited hemodynamic significance of the fistula (Qp/Qs<1.3) in this case recommended only myocardial revascularization.⁵

This analysis underlines the importance of performing second level examinations, such as a stress test and echocardiogram, and although not infallible, they can provide a valid help to the sports doctor, enabling him to diagnose conditions which would otherwise remain unacknowledged, only to be revealed in dramatic circumstances with the death of athletes considered in good health. The practice, at the Sports Medicine Centre of "Federico II" University of Naples, of performing an exercise ECG at all ages, is proving significant both in the over-40s for coronary disease and for young people for arrhythmia that is often silent and only revealed under maximal stress.

In this way, thanks to a non-invasive, rapidly executed procedure, it is possible to identify and treat in good time many conditions with hidden and insidious symptoms that often pose a high risk of sudden death.

Conclusions

In our opinion, these evaluation criteria should also be extended to non-competitive sports activities, because although this distinction has a good reason to exist from the viewpoint of forensic medicine, it becomes irrelevant in relation to cardiovascular stress and risk.

References/Bibliografia

1) Hauser M. Congenital anomalies of the coronary arteries. *Heart* 2005;91:1240-5.
2) Armsby LR, Keane JF, Sherwood MC, Forbess JM, Perry SB, Lock JE. Management of coronary artery fistulae. Patient selection and results of transcatheter closure. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1026-32.

3) Papazoglou PD, Mitsibounas D, Nanas JN. Left anterior descending coronary artery-left ventricular fistula presenting as unstable angina and syncope. *Int J Cardiol*. 2004;96:121-122.

4) Achenbach S, Giesler T, Ropers D, Ulzheimer S, Derlien H, Schulte C *et al*. Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospective-

ly electrographically-gated, multi-slice spiral computed tomography. *Circulation* 2001;103:2535-8.
5) Balanescu S, Sangiorgi G, Castelvichio S, Medda M, Inglese L. Coronary artery fistulas: clinical consequences and methods of closure. A literature review. *Ital Heart J* 2001;2:669-76.

ma ipoplasica, legata al fenomeno del coronary artery steal. Nel corso dell'indagine emodinamica risulta poi più agevole la misurazione della saturazione di Ossigeno per la valutazione dello shunt (Qp/Qs) e quindi il grado di impegno emodinamico, che indirizza o meno verso la chiusura chirurgica della fistola, da associare alla eventuale rivascularizzazione coronarica.

Lo scarso impegno emodinamico della fistola (Qp/Qs<1,3) nel nostro caso ha orientato per la sola rivascularizzazione miocardica⁵.

Da questa analisi emerge l'importanza dell'esecuzione di esami di secondo livello, quali il test da sforzo e l'ecocardiografia che, sebbene non infallibili, possono comunque fornire un valido aiuto al medico sportivo nel diagnosticare patologie che, altrimenti, a causa di un quadro clinico poco indicativo, resterebbero misconosciute, rivelandosi poi solo in modo drammatico con la morte di atleti considerati in buona salute. La prassi, presso il Centro di Medicina dello Sport dell'Università "Federico II" di Napoli, di praticare a tutte le età l'ECG da sforzo, si sta dimostrando valida sia negli over 40 per le coronaropatie, sia nei ragazzi per le aritmie spesso silenti e che si slatentizzano solo allo sforzo massimale.

In questo modo, grazie ad una metodica non invasiva e di rapida esecuzione, è possibile individuare e trattare tempestivamente molte patologie con sintomatologia sfumata e subdola, a volte ad elevato rischio di morte improvvisa.

Conclusioni

Tali criteri valutativi andrebbero, a nostro parere estesi anche all'attività sportiva non agonistica, in quanto se tale distinzione ha una vera ragione di esistere da un punto di vista medico legale, diventa irrilevante in relazione all'impegno ed al rischio cardiovascolare.

Received on November 11, 2010 - Accepted for publication on November 17, 2010.

Corresponding author: Prof. M. Marzullo, FSMI Regional Training Coordinator, Sports Medicine, AOU "Federico II" University, Via Giulio Palermo 103, Naples, Italy. E-mail:marzullo@unina.it

Simple congenital heart disease and physical fitness certification for competition sports

Le cardiopatie congenite semplici e l'idoneità all'attività fisica agonistica

B. CIFRA¹, S. A. MARCORA², E. TRANCHITA¹, U. GIORDANO¹, A. TURCHETTA¹, S. GIANNICO², D. FINTINI¹, A. CALZOLARI¹

¹Unit of Cardiorespiratory and Sports Medicine, Bambino Gesù Hospital, Rome, Italy

²Follow-up Service for Operated Cardiopatics, Bambino Gesù Hospital, Rome, Italy

SUMMARY

Aim. The aim of the study was the evaluation of patients, operated or not for simple congenital heart defects, requesting physical fitness certification for participation in competition sports.

Methods. The study population was 150 patients (108 males, 42 females, mean age, 17±4 years) selected by the Cardiorespiratory and Sports services among referrals from the Cardiosurgery follow-up services, Ospedale Pediatrico Bambino Gesù, Rome, Italy. The case series comprised 52 patients with interatrial defect; 16 with interventricular defect, 29 with aortic coarctation, 26 with aortic defects (8 with aortic insufficiency, 15 with bicuspid aortic valve, and 3 with subaortic valve membrane), 15 with pulmonary stenosis, 7 with mitral prolapse, 4 with mitral insufficiency, and 1 with patent ductus arteriosus (Botallo's duct). Surgery for correction of the congenital defect had been performed in 47/150 (31%) patients: percutaneous closure for interatrial defect (N.=29; mean age at surgery, 7.4±2.1 years); patch for interventricular defect (N.=14; mean age at surgery, 6±2 years); end-to-end anastomoses (N.=6/13) and subclavian flap aortoplasty (N.=7/13) for aortic coarctation; mean age at surgery, 11.2 months). In this study, all patients underwent complete cardiorespiratory work-up, including: 12-lead ECG; resting blood pressure (Riva-Rocci method); spirometry; treadmill stress testing (according to Bruce); 24-h Holter monitoring; and mono 2D color-Doppler echocardiography.

Results. Of the 150 patients, 36 (24%) were judged physically unfit for competition sports according to the Cardiology Committee for Sports Fitness (COClS) cardiology guidelines: 15/36 (42%) had been operated and 21/36 (58%) had not. The reasons for unfitness judgment were: complex ventricular hyperkinetic arrhythmia (N.=6; 3 operated for interatrial defect, 2 for interventricular defect, 1 with bicuspid aortic valve); elevated blood pressure at treadmill stress testing (N.=15; 10 operated for aortic coarctation and 5 not operated); suspected Marfan syndrome (mitral prolapse) (N.=1); other reasons (N.=14; 9 with bicuspid aortic valve with aortic bulb dilatation, 2 with subaortic valve membrane with significant gradient, 1 with moderate aortic insufficiency, 2 with moderate-to-severe pulmonary stenosis).

Conclusion. In this series, 36/150 (24%) patients were found physically unfit for competition sports; this indicates that current Italian health care norms regulating fitness for participation are both appropriate and justifiable. While a simple congenital heart defect, whether surgically corrected or not, does not necessarily contraindicate issuing certification of physical fitness for sports, accurate assessment is warranted to ensure that sports activities will be beneficial and not harmful in these patients.

KEY WORDS: Heart defects, congenital - Physical fitness - Sports.

RIASSUNTO

Obiettivo. Obiettivo dello studio era la valutazione di pazienti, operati e non per cardiopatia congenita semplice, in funzione di un eventuale rilascio della certificazione di idoneità per l'attività sportiva agonistica.

Metodi. Sono stati arruolati 150 pazienti (108 di sesso maschile e 42 di sesso femminile, di età media 17±4) sono stati selezionati presso l'Unità Operativa Complessa di Medicina Cardiorespiratoria e dello Sport tra quelli inviati dal servizio di follow-up del Cardiopatico Operato dell'Ospedale Pediatrico Bambino Gesù di Roma. La casistica comprendeva 52 pazienti (pazienti) con difetto interatriale (DIA), 16 pazienti con difetto interventricolare (DIV), 29

pazienti con coartazione dell'aorta (COA), 26 pazienti con patologia aortica (8 pazienti con insufficienza aortica IA, 15 pazienti con valvola aorta bicuspidale [VAB] e 3 pazienti (con membrana sottovalvolare aortica SA)), 15 pazienti con stenosi polmonare (SP), 7 pazienti con prollasso della valvola mitrale (PVM), 4 pazienti con insufficienza mitralica (IM) e un paziente con pervietà del dotto di Botallo (PDA). Di questi 150 pazienti, 47 (31%) erano stati sottoposti a intervento chirurgico per correzione del difetto congenito: 20 pazienti con DIA mediante chiusura percutanea (età media al momento dell'intervento $7,4 \pm 2,1$), 14 pazienti con DIV mediante patch (età media al momento dell'intervento 6 ± 2) e 13 pazienti con coartazione aortica mediante intervento di anastomosi termino terminale (6 pazienti) e intervento di flap della succlavia (7 pazienti) (età media al momento dell'intervento 11,2 mesi di vita). Tutti hanno effettuato una valutazione completa comprendente: visita cardiologica con elettrocardiogramma di base su 12 derivazioni, misurazione della pressione arteriosa in condizione di riposo (metodo Riva-Rocci), esame spirometrico, prova da sforzo al tappeto rotante (protocollo di Bruce), elettrocardiogramma dinamico continuo delle 24 ore (Holter) ed ecocardiogramma mono-2D Color Doppler.

Risultati. Trentasei dei 150 pazienti (24%) sono stati giudicati non idonei secondo i protocolli cardiologici per l'idoneità sportiva agonistica del COCIS, 15 (42%) erano pazienti operati e 21 (58%) non operati. Le cause della non idoneità sono: 6 per aritmia ipercinetica ventricolare complessa evidenziata durante ECG dinamico (3 DIA operati, 2 DIV operati, 1 VAB); 15 per il riscontro di elevati valori pressori durante prova da sforzo (COA, 10 operati e 5 non operati); 1 per sospetta sindrome di Marfan (PVM); 14 per altre motivazioni (9 per VAB con dilatazione del bulbo aortico; 2 per SA a membrana con gradiente significativo; 1 per IA moderata; 2 per SP moderata/severa).

Conclusioni. Il riscontro di 36 pazienti (24%) giudicati non idonei conferma che la legge sulla tutela sanitaria dell'attività sportiva vigente nel nostro Paese è corretta e giustificata. La presenza di una cardiopatia semplice operata e non, non rappresenta una controindicazione assoluta per il rilascio della idoneità sportiva agonistica, ma impone una attenta valutazione di questi pazienti al fine di stabilire l'eventuale beneficio e non danno alla salute derivante dalla pratica di attività sportiva.

PAROLE CHIAVE: Difetti cardiaci, congeniti - Benessere fisico - Sport.

With progress in modern cardiology and cardiosurgery, children operated or not for simple congenital heart disease are rapidly becoming a large population. Simple heart disease comprises congenital heart defects that may be repaired surgically or by cardiosurgery. Complex heart diseases include congenital defects that may be partially corrected surgically and preclude participation in competition sports.¹

Simple congenital heart diseases account for 70% of all congenital heart abnormalities and include the congenital heart defects commonly encountered in the physically active. Two main groups of congenital heart diseases are distinguished: heart disease with left-right shunt with increased pulmonary perfusion at the tricuspid or posttricuspid; and heart disease with obstruction of pulmonary or systemic outflow.¹

In repair surgery for congenital defects, when necessary, the objective is not only to ensure survival but to improve the patient's quality of life. From this perspective, engagement in sports, whether for competition or recreation, holds fundamental importance for the child's psychophysical development and can help to reduce the increased risk of adopting sedentary habits as compared to healthy agemates.² That

I progressi della moderna cardiologia e cardiocirurgia hanno prodotto una popolazione di pazienti pediatrici operati e non per cardiopatie congenite semplici o complesse.

Le cardiopatie semplici sono tutti quei difetti congeniti che possono essere corretti mediante tecnica chirurgica o mediante interventi di cardiologia interventistica, mentre le cardiopatie complesse sono tutti quei difetti congeniti che possono, solo parzialmente, essere corretti chirurgicamente ed evidentemente incompatibili con la pratica sportiva agonistica¹.

Le cardiopatie congenite semplici rappresentano il 70% di tutte le cardiopatie congenite e sono i difetti congeniti di riscontro più frequente nella popolazione sportiva. Classicamente vengono suddivise in due grandi gruppi: cardiopatie con iperafflusso polmonare per shunt $sx \rightarrow dx$ a livello tricuspidalico o post-tricuspidalico e cardiopatie con ostruzione all'efflusso, localizzata a livello polmonare o sistemico¹.

Obiettivo della correzione chirurgica delle cardiopatie congenite, qualora necessaria, non è solamente la mera sopravvivenza ma anche la possibilità di permettere ai pazienti di avere una vita il più possibile normale.

In questa ottica la pratica di attività sportiva, sia essa effettuata a livello agonistico o non agonistico, riveste un ruolo fondamentale per la maturazione psico-fisica di questi soggetti che, rispetto ai loro coetanei non malati, corrono il rischio di adottare uno stile di vita sedentario².

Il problema non è semplice da risolvere poiché

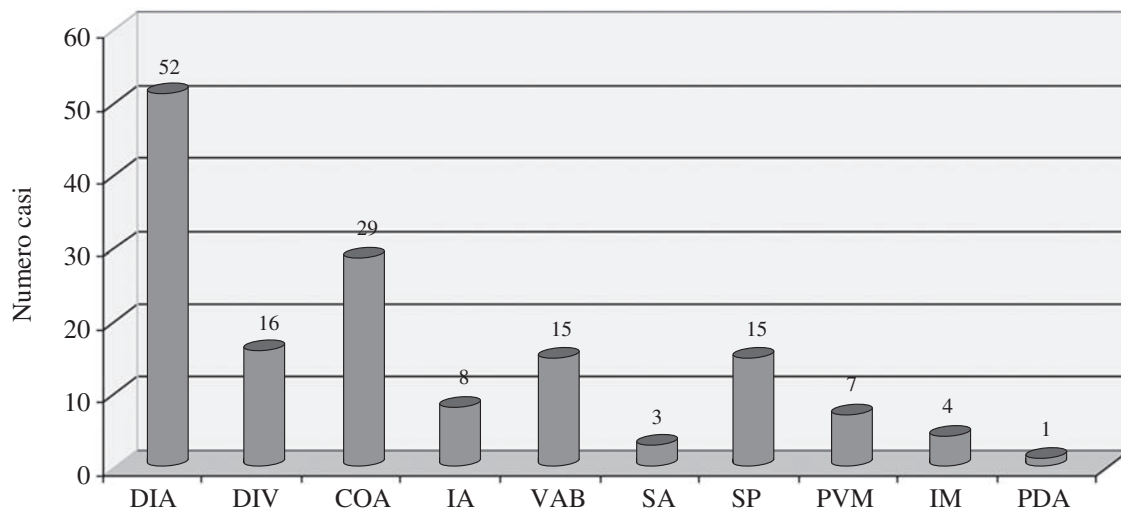


Figure 1.—Different types of congenital heart diseases in this series of patients assessed for certification of physical fitness for sports participation. IAD: interatrial defect; IVD: interventricular defect; AC: aortic coarctation; AI: aortic insufficiency; BAV: bicuspid aortic valve; SAM: subaortic valve membrane; PS: pulmonary stenosis; MP: mitral prolapse; MI: mitral insufficiency; PDA: patent ductus arteriosus.

Figura 1. — Le diverse patologie esaminate nella popolazione di pazienti studiati per l'idoneità sportiva. DIA: difetto interatriale; DIV: difetto interventricolare; COA: coartazione aortica; IA: insufficienza aortica; VAB: valvola aortica bicuspidale; SA: membrana sottovalvolare aortica; SP: stenosi polmonare; PVM: prollasso della valvola mitrale; IM: insufficienza mitralica; PDA: pervietà del dotto di Botallo.

said, there is no simple solution to the problem: the population of persons with congenital heart disease differs widely because of the enormous variety of abnormalities and because assessment will involve both operated patients and those living with the defect.^{3, 4}

Hence, it is clear that if regular exercise and sports are to be sensibly encouraged in children with congenital heart diseases, the indications for taking up physical activity need to be based on the application of screening protocols specifically designed to reveal and assess health risks deriving from engagement in physical activity by this patient subgroup.

The aim of this study was to evaluate the clinical status of patients with simple congenital heart disease, operated and not, who requested certification of physical fitness for participation in competition sports.

Materials and methods

A total of 150 patients (108 males and 42 females; mean age, 17 ± 4 years, range, 11-18) referred by the Cardiosurgery Patient Follow-up services to the Cardiorespiratory and Sports services, Ospedale Bambino Gesù, Rome, Italy,

la popolazione dei soggetti con cardiopatie congenite è variegata non solo per lo spettro molto ampio delle malformazioni, ma anche perché la valutazione comprenderà sia pazienti in storia naturale che pazienti operati^{3, 4}.

Appare chiaro quindi che, se l'attività fisica e sportiva va sempre incoraggiata nei bambini con difetti cardiaci congeniti, l'indicazione a praticarla deve essere basata sull'applicazione di protocolli di screening specifici indirizzati alla valutazione di un'eventuale danno per la salute di questi pazienti derivante dallo svolgimento di attività fisica.

Lo scopo del nostro lavoro è stato quello di valutare la condizione clinica di pazienti operati e non per cardiopatia congenita semplice al fine della concessione della idoneità alla pratica di attività sportiva agonistica.

Materiali e metodi

Sono stati valutati presso l'Unità Operativa di Medicina Cardiorespiratoria e dello Sport 150 giovani pazienti (108 maschi e 42 femmine, di età media 17 ± 4 , range 11-18) inviati dal Servizio di Follow-up del Cardiopatico Operato dell'Ospedale Bambino Gesù di Roma.

Tutti questi pazienti presentavano patologie cardiologiche congenite di diversa natura, in particolare (Figura 1):

were assessed. All patients presented with a congenital heart abnormality (Figure 1):

- interatrial defect (ostium secundum) (n=52; 14 females, 38 males)
- interventricular defect (N.=16; 4 females, 12 males);
- aortic coarctation (N.=29; 10 females, 19 males);
- aortic insufficiency (N.=8; 2 females, 6 males);
- bicuspid aortic valve (N.=15; 4 females, 11 males);
- subaortic valve membrane (N.=3; 1 female, 2 males);
- pulmonary stenosis (N.=15; 3 females, 12 males);
- mitral prolapse (N.=7; 4 females, 3 males);
- mitral insufficiency (N.=4; 4 males);
- patent ductus arteriosus (Botallo's duct) (N.=1; 1 male).

In 47/150 (31%) patients, surgery was performed to repair the defect:

- percutaneous closure of the interatrial defect (N.=20; mean age at surgery, 7.4 ± 2.1 years);
- patch closure of the interventricular defect (N.=14; mean age at surgery, 6 ± 2 years);
- end-to-end anastomoses (N.=6/13) and subclavian flap aortoplasty (7/13) for aortic coarctation (mean age at surgery, 11.2 months).

All patients underwent functional testing with clinical and instrumental examination:

- cardiologic assessment with 12-lead ECG (Hewlett PackardP Electrocardiograph, Palo Alto, CA, USA);
- resting blood pressure measurement with a mercury sphygmomanometer (Tycos, Welch Allyn Italia, Milan, Italy) according to the Riva-Rocci method;
- spirometry (Cosmed Quark PFT.2, Rome, Italy): vital capacity (VC), maximal expiratory volume per second (FEV1), Tiffeneau Index (FEV1/VC), maximal voluntary volume (MVV);
- maximal treadmill stress test (TechnoGym, Runrace Treadmill HC1200, Gambettola, FC, Italy) according to the Bruce protocol; during stress testing and rest intervals the ECG tracing was monitored in 3 channels and recorded every 2 min during stress testing and rest intervals; blood pressure was measured using a mercury sphygmomanometer every 2 min at the end of each workload and once a min during the rest intervals;

- 52: (14 femmine e 38 maschi) difetto interatriale (DIA) tipo ostium secundum;
- 16: (4 femmine e 12 maschi) difetto interventricolare (DIV);
- 29: (10 femmine e 19 maschi) coartazione dell'aorta (COA);
- 8: (2 femmine e 6 maschi) insufficienza aortica (IA);
- 15: (4 femmine e 11 maschi) valvola aorta bicuspidale (VAB);
- 3: (1 femmina e 2 maschi) membrana sottovalvolare aortica (SA);
- 15: (3 femmine e 12 maschi) stenosi polmonare (SP);
- 7: (4 femmine e 3 maschi) prollasso della valvola mitrale (PVM);
- 4: (4 maschi) insufficienza mitralica (IM)
- un solo paziente (maschio) con pervietà del dotto di Botallo (PDA).

Di questi pazienti 47 (31%) erano stati sottoposti ad intervento chirurgico per correzione del difetto congenito:

- 20 pazienti con DIA mediante chiusura percutanea del DIA (età media all'intervento 7.4 ± 2.1);
- 14 pazienti con DIV mediante chiusura con patch del DIV (età media all'intervento 6 ± 2);
- 13 pazienti con coartazione aortica mediante intervento di anastomosi terminale in 6 pazienti e intervento di flap della succlavia in 7 pazienti (età media 11.2 mesi di vita).

Ognuno di questi pazienti è stato sottoposto ad una valutazione funzionale con esami clinici e strumentali, comprendenti:

- visita cardiologica con elettrocardiogramma di base a 12 derivazioni (Elettrocardiografo HP);
- misurazione della pressione arteriosa in condizione di riposo (con sfigmomanometro a mercurio Tycos, secondo il metodo di Riva-Rocci);
- esame spirografico mediante spirometro (Cosmed, quark pft. 2) attraverso il quale sono stati valutati i seguenti parametri: Capacità vitale (CV), Volume espiratorio massimo secondo (VEMS), Indice di Tiffeneau (VEMS/CV), Massima ventilazione volontaria;
- prova da sforzo massimale al tappeto rotante (TechnoGym, Runrace Treadmill HC1200) secondo il protocollo di Bruce.

Durante tutta la prova e nella fase di recupero la traccia elettrocardiografia è stata monitorizzata su tre canali di derivazione e registrata su carta ogni 2 minuti durante l'esercizio e la fase di recupero.

La pressione arteriosa è stata misurata mediante uno sfigmomanometro a mercurio alla fine di ogni carico, ogni 2 minuti, e nel recupero ogni minuto;

- elettrocardiogramma dinamico continuo delle 24 ore (metodo secondo Holter) utilizzando

— 24-h Holter ECG monitoring using a 3-channel recorder (Spacelab 90207, Spacelab Inc, Redmond, WA, USA); the patients were asked to keep a diary, noting their main daily activities and occurrence of symptoms, and to maintain a normal routine (including sports practice). The recording was visualized with dedicated software and examined for: episodes of arrhythmia, repolarization anomalies, and ECG alterations, including R-R variability and 24-h QT variations;

— echocardiography (Esaote, Hitachi H19, Genoa, Italy), mono-, bidimensional and color Doppler ultrasound using a linear probe (3.5 MHz transmission frequency). The patients were examined in the supine and the left lateral decubitus positions, with the chest elevated to 30°; long and short axial parasternal views and 4- and 2-chamber apical views were obtained. The long axis parasternal view of the left ventricular diameter (telediastolic and telesystolic), wall thickness, aortic and left atrial diameters were measured in M-mode. Mitral transvalvular flow was measured using the Doppler method (mitral E/A ratio), as were the aortic, tricuspid and pulmonary transvalvular flow.

Results

In all, 36/150 (24%) patients were judged physically unfit for participation in competition sports according to the COCIS cardiologic protocols for competition sports fitness. Of these 36 patients, 15 (41.6%) had been operated and 21 (58.4%) not operated for the repair of congenital heart defects. The reasons for unfitness judgment in the 21 non-operated patients were:

- complex ventricular hyperkinetic arrhythmia revealed on 24-h Holter monitoring (N.=1 with bicuspid aorta);
- elevated blood pressure on maximal ergometric testing (N.=5 with aortic coarctation);
- suspected Marfan syndrome (N.=1 with mitral prolapse);
- bicuspid aorta (N.=9 with aortic bulb dilatation);
- subaortic valve stenosis (N.=2 with significant gradient >15 mmHg);
- moderate aortic insufficiency (N.=1);
- moderate-to-severe pulmonary stenosis (N.=2 with peak gradient 40 mmHg).

una registratore a tre canali (Spacelab 90207, Spacelab Inc, Redmond, WA, USA). I pazienti sono stati istruiti in modo da riportare su un diario le attività principali della loro giornata e gli eventuali sintomi, ma soprattutto sono stati invitati a svolgere una vita più "normale" possibile (comprese eventuali sedute di allenamento). La registrazione così ottenuta è stata visionata mediante il software dedicato analizzando oltre che le aritmie, le anomalie della ripolarizzazione e le altre eventuali alterazioni dell'ECG, compresa la variabilità R-R e le variazioni del QT nelle 24 ore;

— ecocardiogramma: tutti i pazienti sono stati sottoposti ad una valutazione ecocardiografica (Esaote Hitachi H19) mono- bi-dimensionale e color doppler con una sonda lineare a frequenza di trasmissione di 3,5 MHz. I pazienti sono stati esaminati in posizione supina ed in decubito laterale sinistro con il torace sollevato di 30° e sono state eseguite sia le proiezioni parasternali asse lungo e asse corto, sia le proiezioni apicali 4 e 2 camere. I diametri ventricolari sinistri (telediastolico e telesistolico), gli spessori parietali, il diametro aortico e dell'atrio sinistro sono stati valutati con M-mode dalla proiezione parasternale asse lungo. Il flusso trans-valvolare mitralico invece, è stato valutato con la metodica doppler (studio del rapporto E/A mitralico), come del resto il flusso trans-valvolare aortico, tricuspidalico e polmonare.

Risultati

Al termine delle suddette valutazioni strumentali, dei 150 pazienti analizzati 36 (24%) sono stati giudicati non idonei alla pratica di attività sportiva agonistica in base ai procolli cardiologici per l'idoneità sportiva agonistica del COCIS 5. Di questi 36 pazienti, 15 (41,6%) erano pazienti operati e 21 (58,4%) non operati.

Le cause di non idoneità nei 21 pazienti non operati sono state le seguenti:

- 1 paziente: aritmia ipercinetica ventricolare complessa evidenziata durante ECG dinamico (aorta bicuspid);
- 5 pazienti: riscontro di elevati valori pressori durante test ergometrico massimale (coartazione dell'aorta);
- 1 paziente: sospetta sindrome di Marfan (prolasso della valvola mitrale);
- 9 pazienti: presenza di aorta bicuspid con dilatazione del bulbo aortico;
- 2 pazienti: presenza di stenosi sottovalvolare aortica a membrana, con gradiente significativo >15 mmHg;
- 1 paziente: insufficienza aortica moderata;
- 2 pazienti: riscontro di stenosi polmonare moderata/severa (gradiente massimo di picco di 40 mmHg).

The reasons for unfitness judgment in the 15 operated patients were:

- complex ventricular hyperkinetic arrhythmia revealed on 24-h Holter monitoring (n=3/5 with interatrial defect, N.=2/5 with interventricular defect);

- elevated blood pressure on maximal ergometric testing (N.=10 with aortic coarctation).

In this series, physical fitness certification was requested for participation in soccer (N.=52), volleyball (N.=21), basketball (N.=17), swimming (N.=20), various other sports (N.=40) including light athletics, martial arts, classical dancing, artistic gymnastics, and sailing.

Discussion

The beneficial effects of physical activity on the cardiovascular system are widely recognized⁶ and physical exercise is an integral part of cardiovascular rehabilitation programs for patients with heart disease.^{7,8} General guidelines for the sports population consider the type, intensity and modality of physical activity and are based on assessment of clinical conditions and identification of potential cardiovascular risk factors that could lead to cardiovascular events. These recommendations are especially relevant for patients with simple or complex congenital heart disease.³

The COCIS protocols (2009 edition)⁵ list specific criteria for certification of physical fitness for participation in competition sports by persons with congenital heart disease. However, besides the specific criteria for each type of heart disease there are also general criteria which need to be considered before prescribing any type of physical activity in children or adolescents with congenital heart disease, before or after repair surgery:

- diagnosis of the disease and definition of its severity, which can be aided with the use of noninvasive methods such as resting ECG, treadmill stress testing or cycle ergometry, 24-h Holter monitoring, mono-2D color Doppler echocardiography, and magnetic resonance imaging or computed tomography in selected cases;

- a reasonable prediction of the evolution of the heart condition and the impact (beneficial or harmful) a selected type of physical activity or sports can have on it. For example, in bicuspid aorta, the “weakened” valve flaps and

Le cause di non idoneità nei 15 pazienti operati sono state le seguenti:

- *5 pazienti: aritmia ipercinetica ventricolare complessa evidenziata durante ECG dinamico (3 pazienti con DIA e 2 pazienti con DIV);*

- *10 pazienti: riscontro di elevati valori pressori durante test ergometrico massimale (coartazione dell'aorta).*

Nella popolazione di adolescenti praticanti attività fisica da noi studiata, le discipline sportive per cui è stata richiesta l'idoneità agonistica sono state prevalentemente calcio (52 pazienti), pallavolo (21 pazienti), pallacanestro (17 pazienti) e nuoto (20 pazienti). Una piccola minoranza di pazienti (40 pazienti) ha richiesto l'idoneità per altre discipline sportive: atletica leggera, arti marziali, danza classica, ginnastica artistica e ritmica, vela.

Discussione

Gli effetti positivi indotti dall'attività fisica sul sistema cardiovascolare sono ormai ampiamente riconosciuti⁶, e la pratica di attività fisica viene oggi considerata parte integrante del programma di riabilitazione cardiovascolare dei pazienti con cardiopatie^{7,8}.

Le raccomandazioni generali applicate alla popolazione sportiva riguardanti il tipo, l'intensità e le modalità di attività fisica da svolgere si basano fondamentalmente sulla valutazione delle condizioni cliniche di ogni soggetto e sulla individuazione di potenziali fattori di rischio cardiovascolari che possono comportare l'insorgenza di un incidente cardiovascolare.

Tutte queste raccomandazioni trovano la loro applicazione anche e soprattutto in tutti i pazienti con cardiopatie congenite, siano esse semplici o complesse³.

I protocolli COCIS (edizione 2009)⁵ contengono criteri specifici per la concessione della idoneità agonistica nelle varie forme di cardiopatie congenite. Tuttavia, al di là dei criteri specifici per ogni tipo di cardiopatia, esistono dei criteri di carattere generale che è necessario considerare prima di prescrivere qualsiasi forma di attività fisica in bambini o adolescenti con cardiopatia congenita, prima o dopo l'eventuale correzione chirurgica:

- *un preciso inquadramento diagnostico della patologia e una definizione della sua gravità, oggi facilitato dalla possibilità di utilizzare tecniche non invasive quali, l'ECG a riposo, la prova da sforzo al tappeto rotante o cicloergometro, l'elettrocardiogramma dinamico continuo delle 24h, l'ecocardiogramma mono-2D color-Doppler ed in casi selezionati la risonanza magnetica nucleare e/o la TC;*

- *una ragionevole previsione sull'evoluzione nel tempo della cardiopatia e dell'eventuale impatto*

tissue of the aortic arch are known risk factors for exacerbating valvopathy or aneurysmal dilatation, warranting extreme prudence when advising physical activities involving greater than usual cardiovascular effort.⁴

While, on the one hand, young persons with congenital heart disease can and should engage in physical activity, on the other, indications to undertake such activity should follow personalized assessment of the clinical condition and based on an understanding of the cardiac workload involved in various sports disciplines.

In endurance sports (e.g., running and cycling), the cardiac workload is constant, whereas in team sports (e.g., soccer, volleyball, basketball) the cardiac workload is intermittent.⁹ But despite the differences in workload, the impact these activities have on cardiovascular risk is the same.

Arrhythmogenic potential is greater in sports involving brief bouts of effort with rapid starts and ends than sports in which efforts, though maximal, start and finish more gradually. Likewise, the sudden stops in highly intensive effort can have important hemodynamic and arrhythmic consequences.

Furthermore, patients with aortic valve or ascending aorta disease should be strongly advised against taking up power sports (e.g., weightlifting) which involve sudden increases in blood pressure due to augmentation of peripheral vascular resistance.¹⁰ Instead, patients operated for congenital heart disease should generally be guided toward aerobic sports that stimulate a gradual increase in heart rate.¹¹

In this series, the judgment of physical unfitness was not influenced by the type of sport but rather was founded on clinical assessment. Only 36/150 (24%) of the patients undergoing cardiovascular screening were found to be physically unfit for competition sports participation, and 15/36 (41.6%) had undergone surgical repair of the defect. This suggests that also children and adolescents with a history of surgery for simple congenital heart disease at an early age may have a life fairly similar to that of age-mates who have not undergone surgery for the same type of congenital heart defect.

The COCIS cardiologic protocols for physical fitness certification for sports are an indispensable tool for the sports physician as they permit complete assessment of patients operated or

su di essa, sia esso favorevole o sfavorevole, dell'attività fisico-sportiva prescelta. Nel caso, per esempio, dell'aorta bicuspidè, la "debolezza" dei lembi valvolari e del tessuto dell'arco aortico, è ormai risaputo che costituiscono un elemento di rischio nel presentare valvulopatie ingravescenti o dilatazione aneurismatica tali da far prendere in considerazione una estrema prudenza nel consigliare attività fisiche che implicano un impegno più o meno marcato dell'apparato cardiovascolare⁴.

Se da un lato la pratica di attività fisica può e deve essere svolta da bambini e adolescenti con difetti cardiaci congeniti, dall'altro l'indicazione a praticarla deve essere secondaria ad una valutazione individualizzata della condizione clinica di questi pazienti e alla conoscenza dell'impegno cardiaco associato alle diverse discipline sportive.

Negli sport di endurance come la corsa e il ciclismo, l'impegno cardiaco è costante, mentre negli sport di squadra come il calcio, la pallavolo e la pallacanestro l'impegno cardiaco è intermittente⁹. Tuttavia, nonostante la diversità del lavoro svolto, queste attività presentano lo stesso impatto sul piano del rischio cardiovascolare.

La potenzialità aritmogena è maggiore negli sport che prevedono sforzi brevi, a brusco inizio e/o termine, rispetto a quelle di discipline sportive in cui gli sforzi, sia pure massimali, siano iniziati e terminati in modo graduale. Allo stesso modo, l'interruzione brusca dopo sforzi di elevata intensità può avere conseguenze importanti dal punto di vista emodinamico ed aritmico.

Inoltre sport di potenza (sollevamento pesi etc) con il tipico brusco incremento della pressione arteriosa dovuto all'incremento delle resistenze vascolari periferiche, dovrebbero essere fortemente sconsigliati in patologie della valvola aortica o dell'aorta ascendente¹⁰.

In linea generale, i pazienti operati per cardiopatie congenite dovrebbero svolgere un esercizio di tipo aerobico con un lento e progressivo incremento della frequenza cardiaca¹¹.

Il giudizio di non idoneità nel nostro studio non è stato influenzato dal tipo di disciplina sportiva praticata ma è stato puramente espresso sulla base dei risultati ottenuti dalla valutazione clinica dei pazienti esaminati. Solamente 36 pazienti (24%) dei 150 sottoposti alle indagini di screening cardiovascolare sono stati giudicati non idonei alla pratica di attività sportiva agonistica, e tra questi 15 (41,6%) erano stati sottoposti a correzione chirurgica del difetto congenito. Un dato questo che deve fare riflettere sulla possibilità che anche bambini e adolescenti sottoposti ad intervento chirurgico per cardiopatie congenite semplici in giovane età possano avere una vita il più possibile simile ai coetanei non operati per lo stesso difetto congenito.

I protocolli cardiologici per l'idoneità sportiva contenuti nel COCIS⁵ sono uno strumento indi-

not for congenital heart disease.⁵ Thanks to advances in technology and the availability of sophisticated noninvasive methods, these patients may lead a normal life and engage in sports, which is an important factor for their psychophysical development.

Conclusions

In this series, 24% of the sample was found to be physically unfit for sports participation, further confirming the need for accurate assessment of subjects with simple congenital heart disease and for prudence in issuing certification of physical fitness for competition sports.

While the presence of simple congenital heart disease, whether or not the defect has been repaired, does not necessarily contraindicate certification of physical fitness for participation in competition sports, congenital heart anomalies warrant accurate assessment to ensure that engagement in sports may bring health benefits rather than harm.

Our results confirm that the current health norms regulating sports in Italy are appropriate and justifiable.

spensabile del medico dello sport, perchè permettono di ottenere una valutazione completa dei soggetti con cardiopatia congenita operata o in storia naturale. È possibile oggi, grazie ai progressi della tecnologia e alla possibilità di utilizzare metodiche avanzate non invasive, permettere a questi pazienti di avere una vita normale, che preveda anche l'attività fisica tra i fattori importanti per uno sviluppo psico-fisico equilibrato.

Conclusioni

Il riscontro di una percentuale di non idoneità pari al 24% del campione esaminato rappresenta una ulteriore conferma della necessità di essere scrupolosi nella valutazione di soggetti con cardiopatia congenita semplice e prudenti nel rilascio di un certificato di idoneità per l'attività sportiva agonistica.

La presenza di una cardiopatia semplice operata e non, non deve rappresentare una controindicazione assoluta per il rilascio della idoneità sportiva agonistica, ma impone una attenta valutazione di questi pazienti al fine di stabilire l'eventuale beneficio, e non danno alla salute, derivante dalla pratica di attività sportiva.

I risultati ottenuti confermano che la legge sulla tutela sanitaria dell'attività sportiva, vigente nel nostro Paese, è corretta e giustificata.

References/Bibliografia

- 1) Colonna PL, Zeppilli P, Perna GP et al. Cardiopatie congenite ite e sport. In: Zeppilli P, editor. Roma: Cardiologia dello Sport CESI ed.; 2007.
- 2) Lunt D, Briffa T, Briffa K et al. Physical activity levels of adolescents with congenital heart disease. *Aust J Physiother* 2003;49:43-9.
- 3) Zeppilli P, Picchio FM, Calabrò R et al. L'Esercizio fisico nel paziente con cardiopatie congenite. *J Sports Cardiology* 2006;3:105-6.
- 4) Spataro A, Pelliccia A, Rizzo M, Biffi A, Masazza G, Pigozzi F. The natural course of bicuspid aortic valve in athletes. *Int J Sports Med* 2008;29:81-5.
- 5) C.O.C.I.S. (Comitato Cardiologico per l'Idoneità allo Sport): Protocolli Cardiologici per il Giudizio d'idoneità allo sport agonistico-2009. Roma: CESI ed.; 2009. p. 51-78.
- 6) Aijaz B, Brown TM, Sanderson BK,

- Bittner V. Exercise as a treatment for the risk of cardiovascular disease. *Curr Treat Options Cardiovasc Med* 2010;12:329-41.
- 7) American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; American College of Cardiology Foundation; American Heart Association Task Force on Performance Measures (Writing Committee to Develop Clinical Performance Measures for Cardiac Rehabilitation), Thomas RJ, King M, Lui K, Oldridge N, Piña IL, Spertus J. AACVPR/ACCF/AHA 2010 Update: Performance Measures on Cardiac Rehabilitation for Referral to Cardiac Rehabilitation/Secondary Prevention Services Endorsed by the American College of Chest Physicians, the American College of Sports Medicine, the American Physical Therapy Association, the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation, the Clinical Exercise Physiology Association, the European Association for Cardiovascular Prevention and

- Rehabilitation, the Inter-American Heart Foundation, the National Association of Clinical Nurse Specialists, the Preventive Cardiovascular Nurses Association, and the Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:1159-67.
- 8) Moalla W, Maingourd Y, Gauthier R et al. Effect of exercise training on respiratory muscle oxygenation in children with congenital heart disease. *Eur J Cardiovasc Rehabil* 2006;13:604-11.
- 9) Willmore JH, Costill DL. Fisiologia dell'esercizio fisico e dello sport. Edizione III Perugia: Calzetti Mariucci; 2005.
- 10) Fedak P, Verma S, David TD et al. Clinical and pathophysiological implications of a bicuspid aortic valve. *Circulation* 2002;106:900-4.
- 11) Silka MJ, Hardy BG, Menashe VD et al. A population-based prospective evaluation of risk of sudden cardiac death after operation for common congenital heart defects. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:245-51.

Received on June 10, 2010 - Accepted for publication on November 23, 2010.

Corresponding author: B. Cifra, Unit of Cardiorespiratory and Sports Medicine, Bambino Gesù Hospital, Rome, Italy.

E-mail: barbaracifra@yahoo.it

Role of MR arthrography in shoulder micro-instability: personal experience

**Ruolo dell'artro-RM nella micro-instabilità di spalla:
nostra esperienza**

G. FRANCAVILLA¹, R. SUTERA², A. IOVANE², F. CANDELA²,
A. SANFILIPPO³, V. C. FRANCAVILLA², M. D'ARIENZO³

¹*Department of Clinical Medicine, Cardiovascular and Nephro-Urological Diseases
University of Palermo, Palermo, Italy*

²*DIBIMEF - Section of Radiological Sciences, University of Palermo, Palermo, Italy*

³*Clinic of Orthopaedic and Trauma, University of Palermo, Palermo, Italy*

SUMMARY

Aim. Glenohumeral instability has been classically divided into two broad categories: on the one hand the so-called TUBS (Traumatic, Unidirectional, Bankart lesion, responds to surgery) and on the other AMBRII (Atraumatic, Multidirectional, Bilateral, responds to rehabilitation, inferior capsular shift, interval closure). However, between these two extremes there is a set of conditions defined as "minor instability", including AIOS (Acquired Instability in overstressed shoulder, Surgery) and AMSI (Atraumatic Minor Shoulder Instability). The aim of this study was to assess the ability of the MR arthrography examination to detect minor shoulder instability, later confirmed by arthroscopic examination.

Methods. MR arthrography was used to study 14 patients, who were later submitted to arthroscopic surgery of the shoulder. We used an MRI scanner with high field strength (1.5 Tesla), and for each patient performed SE T1-weighted sequences with and without fat signal suppression, SE-T2-weighted sequences with fat signal suppression, GRE, and an additional T1-weighted sequence was acquired in the ABER (Abduction and External Rotation) position.

Results. MR arthrography revealed the presence of an alteration in the normal anatomy of the shoulder in all 14 patients. In all cases arthroscopic examination confirmed the findings of MR arthrography. The structural abnormalities which might result from microtraumatic glenohumeral instability may be described with MR arthrography. MR arthrography can be used to confirm the diagnosis of a PSI and thus determine the choice of proper treatment, demonstrating the extent of joint damage. MR arthrography plays a less important role in the study of AMSI than in the study of AIOS, as clinical aspects are more fundamental for the recognition of the cause of shoulder pain typical in patients who neither suffered trauma nor practiced so-called "overhead" sports.

Conclusion. MR arthrography can play an important role in evaluating the shoulders of athletes, especially those engaged in "overhead" activities, if the aim is to provide essential information for treatment decisions at a level on a par with that of diagnostic arthroscopy.

KEY WORDS: Arthrography - Shoulder joint - Joint instability.

RIASSUNTO

Obiettivo. L'instabilità gleno-omeroale è stata classicamente suddivisa in due grosse categorie: da una parte vi sono le cosiddette TUBS (Traumatic, Unidirectional, Bankart lesion, responds to Surgery) e dall'altra invece le AMBRII (Atraumatic, Multidirectional, Bilateral, Responds to rehabilitation, Inferior capsular shift, Interval closure). Tuttavia, tra questi due estremi esiste un insieme di patologie che vanno definite "instabilità minori", tra cui le AIOS (Acquired Instability in Overstressed shoulder, Surgery) e le AMSI (Atraumatic Minor Shoulder Instability). Scopo del presente studio era quello di valutare la capacità di detezione da parte dell'esame artro-RM di un quadro di instabilità minore di spalla, successivamente confermato all'esame artroscopico.

Metodi. Abbiamo sottoposto ad esame arthro-RM 14 pazienti che, successivamente, sono andati incontro ad artroscopia di spalla. È stata usata una macchina RM a elevata intensità di campo (1,5 Tesla), e sono state eseguite per ogni paziente scansioni SE-T1 pesate senza e con soppressione del segnale del grasso, SE-T2-pesate con soppressione del segnale del grasso, GRE e un'ulteriore sequenza T1-pesata è stata acquisita in posizione ABER (Abduction and External Rotation).

Risultati. L'arthro-RM ha riscontrato la presenza di un'alterazione della normale anatomia della spalla in tutti e 14 i pazienti. In tutti i casi l'esame artroscopico ha confermato i reperti arthro-RM. Le anomalie strutturali conseguenti a una instabilità microtraumatica gleno-omeroale possono essere descritte alla arthro-RM. L'arthro-RM può essere utilizzata per confermare la diagnosi di un PSI e così determinare la scelta del corretto trattamento terapeutico dimostrando l'estensione del danno articolare. L'arthro-RM ha un ruolo meno importante nello studio delle AMSI rispetto allo studio delle AIOS, in quanto la clinica è più significativa nel riconoscimento della causa di dolore della spalla tipico in pazienti che non abbiano subito traumi né praticano sport cosiddetti "overhead".

Conclusioni. L'arthro-RM può giocare un ruolo importante nella valutazione della spalla degli atleti, specie quelli praticanti attività "overhead", se mira a fornire informazioni essenziali per le decisioni terapeutiche ad un livello pari a quello dell'artroscopia diagnostica. t

PAROLE CHIAVE: Artrografia - Spalla, articolazione - Articolazione, instabilità.

On the basis of a number of anatomic and arthroscopic studies and using image-based diagnosis techniques such as arthrography with magnetic resonance (MR arthrography), in the last ten years our understanding of the biomechanics and physiopathology of painful shoulder in athletes has improved significantly.¹⁻⁹ Various pathological mechanisms have been identified that could not be explained with traditional concepts of instability and impingement.¹⁰

Traditionally, gleno-humeral instability has been subdivided into two broad categories: on the one hand so-called Traumatic, Unidirectional, Bankart lesion, responds to Surgery (TUBS) and on the other Atraumatic, Multidirectional, Bilateral, Responds to rehabilitation, Inferior capsular shift, Interval closure (AMBRII).

Although very useful in guiding the orthopedic surgeon towards correct treatment, this classification does not include all types of instability, and in particular it does not include the various types of microinstability.

Patients with TUBS have typical anatomopathological lesions, in particular a Bankart cartilage or bone lesion associated with a Hill-Sachs or a Cooper-McLaughlin lesion or an Anterior Labroligamentous Periosteal Sleeve Avulsion (ALPSA) type lesion.

Patients with AMBRII, on the other hand, do not present real structural lesions of the gleno-humeral joint, but an increase in capsular volume associated with laxity of the capsulo-ligamentous structures.

It is clear that this classification cannot in-

Nell'ultimo decennio, grazie a diversi studi anatomici, artroscopici e mediante uso di tecniche di diagnostica per immagini come l'artrografia con risonanza magnetica (arthro-RM), la comprensione della biomeccanica e della fisiopatologia della spalla dolorosa degli atleti è significativamente migliorata¹⁻⁹. Infatti, sono stati identificati diversi meccanismi patologici che non potevano essere spiegati coi tradizionali concetti di instabilità e di impingement¹⁰.

Tradizionalmente, l'instabilità gleno-omeroale è stata suddivisa in due grosse categorie: da una parte vi erano le cosiddette TUBS (Traumatic, Unidirectional, Bankart lesion, responds to Surgery) e dall'altra invece le AMBRII (Atraumatic, Multidirectional, Bilateral, Responds to rehabilitation, Inferior capsular shift, Interval closure).

Questa classificazione, seppure molto utile nel guidare l'ortopedico verso un corretto trattamento, non include tutti i tipi di instabilità, in particolare le microinstabilità.

I pazienti con TUBS hanno lesioni anatomo-patologiche tipiche, in particolare una lesione di Bankart cartilaginea o ossea associata ad una lesione di Hill-Sachs o di Cooper-McLaughlin, oppure una lesione tipo ALPSA (Anterior Labroligamentous Periosteal Sleeve Avulsion).

I pazienti con AMBRII, invece, non presentano lesioni strutturali vere e proprie a carico dell'articolazione gleno-omeroale, ma un aumento del volume capsulare associato ad una lassità delle strutture capsulo-legamentose.

È chiaro come tale classificazione non possa comprendere quadri di microinstabilità di atleti che svolgono attività "overhead" (lanciatori, pallanuotisti, pallavolisti, tennisti, ecc.) o di persone che ritornano all'attività fisica dopo un periodo di immobilizzazione forzata, e pertanto è stata

clude microinstability pictures in athletes who engage in overhead activities (throwers, water polo players, volleyball players, tennis players, etc.) or people returning to physical activity following a period of forced immobility, and it has therefore been updated with new terms of so-called "microinstability" defined as Acquired Instability in Overstressed shoulder, Surgery (AIOS) and Atraumatic Minor Shoulder Instability (AMSI).¹⁰

One of the most frequent causes of AIOS is posterosuperior impingement (PSI) with involvement of the posterosuperior portion of the humeral head, the adjacent glenoid rim and rotator cuff.¹¹

AMSI is a condition largely ignored in the literature but which takes its rightful place among the microinstabilities and involves patients who complain of pain in the shoulder following a period of inactivity due to forced immobilisation or pregnancy. This group of patients does not generally display joint laxity but may present static anatomical variants of MGH (absence, hypoplasia or a great sublabral foramen or a Buford complex).^{10, 12, 13}

The purpose of our study is to assess the ability of the MR arthrography examination to detect a picture of minor shoulder instability, subsequently confirmed by arthroscopic examination.

Materials and methods

In the period between January 2007 and March 2010, MR arthrography was used to assess 14 patients (9 males and 5 females; average age: 32; age range: 20-52) who were later subjected to shoulder arthroscopy of which the report was available for all patients for analysis purposes. Eight of these 14 patients had reported a history of spontaneous luxation that resolved spontaneously, the other 6 reported no prior luxation; all patients at the time of the examination reported clinical symptoms of micro-instability. The average interval between MR arthrography examination and shoulder arthroscopy for these 14 patients was about three and a half months (range: 1-10 months). Each patient was asked to give his or her informed consent in writing. The gleno-humeral joint of each patient was reached, following an anterior, palpation-guided approach, by means of a 20G spinal needle and a solution of intra-articular

aggiornata con nuovi termini di cosiddette "microinstabilità" definite AIOS (*Acquired Instability in Overstressed shoulder, Surgery*) e AMSI (*Atraumatic Minor Shoulder Instability*)¹⁰.

*Una delle cause più frequenti di AIOS è l'impingement postero-superiore (PSI) con coinvolgimento della porzione postero-superiore della testa omerale, dell'adiacente glena e della cuffia dei rotatori*¹¹.

L'AMSI è una condizione da poco conosciuta in letteratura ma che rientra a pieno diritto nel capitolo delle microinstabilità, e coinvolge pazienti che lamentano dolore alla spalla dopo un periodo di inattività per immobilizzazione forzata o gravidanza. Questo gruppo di pazienti non mostra generalmente una lassità articolare ma può avere varianti anatomiche statiche del LGOM (assenza, ipoplasia o un grande foramen sublabrale o un complesso di Buford)^{10, 12, 13}.

Scopo del nostro studio è quello di valutare la capacità di detezione da parte dell'esame artro-RM di un quadro di instabilità minore di spalla, successivamente confermato all'esame artroscopico.

Materiali e metodi

Nel periodo compreso tra gennaio 2007 e marzo 2010 sono stati valutati con esame artro-RM 14 pazienti (9 di sesso maschile e 5 di sesso femminile; età media: 32 anni; range di età: 20-52 anni) che, successivamente, sono stati sottoposti ad artroscopia di spalla di cui era disponibile il rapporto per l'analisi in tutti i pazienti. Otto di questi 14 pazienti avevano riferito in anamnesi una vecchia lussazione spontanea risoltasi spontaneamente, gli altri sei invece nessuna pregressa lussazione; tutti i pazienti al momento dell'esame riferivano sintomi clinici di micro-instabilità. L'intervallo medio tra l'esame artro-RM e l'artroscopia di spalla per questi 14 pazienti è stato di circa tre mesi e mezzo (range: 1-10 mesi). Ad ogni paziente è stato richiesto di compilare in forma scritta il consenso informato. L'articolazione gleno-omerale di ogni paziente è stata raggiunta, secondo un approccio anteriore guidato per via palpatoria, tramite un ago spinale da 20 G, ed una soluzione di mezzo di contrasto intra-articolare composta da 37,6 mg/20 ml di gadopentetato dimegluminico (Magnevist; Schering, Berlino, Germania) è stata iniettata in sede intra-articolare al fine di distendere la capsula articolare.

L'esame RM è stato eseguito con macchina ad alto campo da 1,5 Tesla (GE Signa Excite HD, Milwaukee, WI, USA), acquisendo sequenze standard per lo studio della spalla T1-pesate (TR/TE 400/20 ms) con e senza soppressione del grasso, T2-pesate con soppressione del segnale del grasso (TR/TE 2860/90 ms), e GRE (TR/TE 30/15 ms);

contrast medium consisting of 37.6 mg/20 mL of dimeglumonic gadopentetate (Magnevist; Schering, Berlin, Germany) was injected into the joint to distend the joint capsule.

The MR scan was done with a 1.5 Tesla high-field scanner (GE Signa Excite HD, Milwaukee, WI, USA), acquiring T1-weighted standard sequences for the study of the shoulder (TR/TE 400/20 ms) with and without fat suppression, T2-weighted with fat signal suppression (TR/TE 2860/90 ms), and GRE (TR/TE 30/15 ms); a further T1-weighted sequence was acquired in ABER (ABduction and External Rotation) position. All acquired sequences were characterised by a number of samplings in the reading direction and a number of phase codes in the direction of the higher than 256 phase code; the image is therefore reconstructed on a matrix of 512 x 512 pixels. The layer thickness and reconstruction interval used were 4 mm and 0.4 mm in all sequences. The images obtained were sent *via* local area network (LAN) to the RIS/PACS system (MedRIS Elefante system/Impax, AGFA Healthcare System) at our Department for assessment at a workstation by two radiologists with experience in muscle/skeletal radiology in order to determine the presence or otherwise of MR signs of micro-instability.

Results

MR arthroscopy detected the presence of a change in normal shoulder anatomy in all 14 patients:

- in 6/14 patients presence of a SLAP type 1 lesion;
- in 4/14 patients presence of a Bankart cartilage lesion;
- in 2/14 patients presence of a Buford complex with thickened MGHL;
- in 1/14 patients presence of a partial lesion (joint side) of the supraspinatus tendon;
- in 1/14 patients presence of a SLAC lesion

In all cases arthroscopy confirmed the MR arthroscopy findings.

Discussion

Shoulder pain secondary to capsular laxity which cannot be classified as TUBS or AMBRII may be defined as an acquired instability in overstressed shoulder (AIOS) or an atraumatic minor shoulder instability (AMSI).¹⁰

un'ulteriore sequenza T1-pesata è stata acquisita in posizione ABER (ABduction and External Rotation). Tutte le sequenze sono caratterizzate, in acquisizione, da un numero di campionamenti nella direzione della lettura ed un numero di codifiche di fase nella direzione della codifica di fase maggiori di 256; la ricostruzione dell'immagine avviene quindi su una matrice di 512 x 512 pixel. Lo spessore di strato e l'intervallo di ricostruzione usati erano di 4 mm e 0,4 mm in tutte le sequenze. Le immagini ottenute sono state inviate via local area network (LAN) al sistema RIS/PACS (Sistema MedRIS Elefante\Impax, AGFA Healthcare System) del nostro Istituto per una valutazione di esse su workstation da parte di due radiologi con esperienza in radiologia muscolo-scheletrica al fine di determinare la presenza o assenza di segni RM di micro-instabilità.

Risultati

L'artro-RM ha riscontrato la presenza di un'alterazione della normale anatomia della spalla in tutti e 14 i pazienti:

- *in 6/14 pazienti presenza di una lesione SLAP tipo 1;*
- *in 4/14 pazienti presenza di una lesione di Bankart cartilaginea;*
- *in 2/14 pazienti presenza di un complesso di Buford con LGOM ispessito;*
- *in 1/14 pazienti presenza di una lesione parziale (versante articolare) del tendine del sovra-spinato;*
- *in 1/14 pazienti presenza di una lesione SLAC.*

In tutti i casi l'esame artroscopico ha confermato i reperti artro-RM.

Discussione

Il dolore alla spalla secondario alla lassità capsulare che non può essere classificato come TUBS o AMBRII può essere definito come un'instabilità acquisita in spalla microtraumatica (AIOS) o un'instabilità minore in spalla atraumatica (AMSI).¹⁰

L'instabilità gleno-omeroale microtraumatica (AIOS) appare originare da un traumatismo cronico delle strutture capsulari in lanciatori ed atleti che praticano sport "overhead", come tennisti, nuotatori e pallavolisti. Esistono diverse teorie in letteratura che tentano di spiegare in che modo tali attività "overhead" possano comportare lo sviluppo di un'AIOS. Townley² per primo ha notato come tale tipo di microinstabilità potesse essere correlata con una disfunzione del legamento gleno-omeroale medio (LGOM) e ipotizzava il suo ruolo come simile a quello svolto dal legamento gleno-omeroale

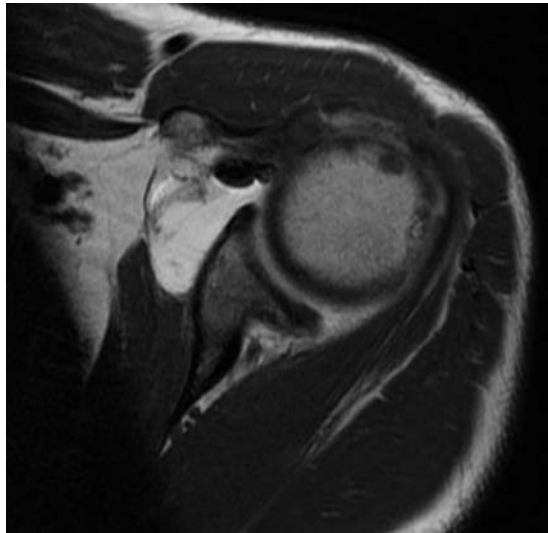


Figure 1.—SE-T1-weighted MR arthroscopic image showing a picture of anterior capsular laxity.
 Figura 1. — Immagine artro-RM SE-T1 pesata che dimostra un quadro di lassità capsulare anteriore.

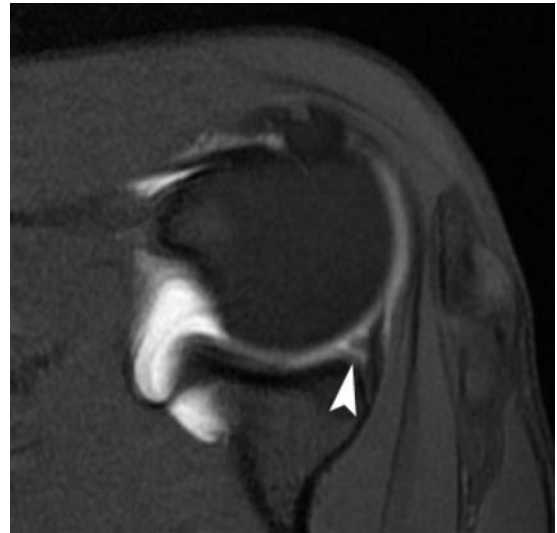


Figure 2.—SE-T1-weighted MR arthroscopic image with fat signal suppression evidencing tearing of the superior glenoid rim (arrow head).
 Figura 2. — Immagine artro-RM SE-T1 pesata con soppressione del segnale del grasso che evidenzia uno sfrangiamento del cerchione glenoideo superiore (testa di freccia).

Gleno-humeral microtraumatic instability (AIOS) appears to originate in chronic traumatism of the capsular structures in throwers and athletes who practice overhead sports such as tennis players, water polo players and volleyball players. The literature contains a number of theories that endeavour to explain how such overhead activities lead to the development of an AIOS. Townley² was the first to note that this type of microinstability may be correlated to a dysfunction of the middle gleno-humeral ligament (MGHL) and hypothesised its role as the same as that performed by the inferior gleno-humeral ligament (IGHL) in post-traumatic recurrent instability (TUBS). Andrews *et al.*¹⁴ have shown that overhead athletes who have excessive external rotation and a reduction in internal rotation develop lesions at the antero-superior rim even in the absence of clear capsulo-labral detachment. According to Harryman¹⁵ posterior capsular retraction leads to a dynamic shift upwards of the humeral head with consequent secondary impingement. Jobe¹¹ has hypothesised that a recurrent abduction/external rotation movement (such as baseball players perform) or elevation/abduction and internal rotation (like swimmers) with excessive anterior angulation of the humeral head with respect to the glenoscapular plane leads to spraining and micro-

inferiore (LGOI) nella instabilità ricorrente post-traumatica (TUBS). Andrews *et al.*¹⁴ hanno dimostrato come gli atleti "overhead" che hanno una eccessiva rotazione esterna ed una riduzione della rotazione interna sviluppino lesioni al cerchione antero-superiore anche in assenza di un vero e proprio distacco capsulo-labrale. Secondo Harryman¹⁵ una retrazione capsulare posteriore porta a una traslazione dinamica verso l'alto della testa omerale con conseguente impingement secondario. Jobe¹¹ ha ipotizzato che un movimento ricorrente in abduzione/rotazione esterna (come nei giocatori di baseball) o in elevazione/abduzione e rotazione interna (come nei nuotatori) con eccessiva angolazione anteriore della testa omerale rispetto al piano della glena scapolare comporti uno stiramento ed un microtrauma delle strutture capsulo-legamentose e muscolari anteriori, e di conseguenza una traslazione dinamica antero-inferiore della testa dell'omero con instabilità secondaria, lesione SLAP (Superior Labral Anterior to Posterior) o conflitto postero-interno (PSI). Savoie *et al.*¹⁶ hanno dimostrato come tali microtraumi in abduzione/rotazione esterna possano provocare un distacco dell'inserzione del LGOM. Burkhart e Morgan¹⁷ hanno ipotizzato che i microtraumi in abduzione/rotazione esterna comportano uno stress a livello dell'ancora bicipitale e del labbro glenoideo posteriore (meccanismo di "peel-back") e la conseguente lesione SLAP sarebbe responsabile

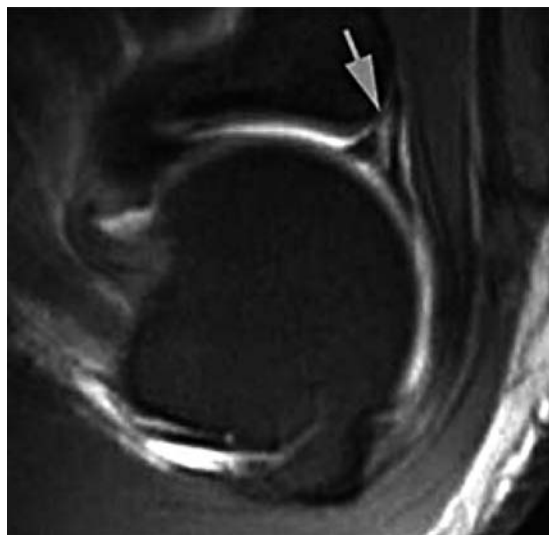


Figure 3.—SE-T1-weighted MR arthroscopic image evidencing a fissuration (arrow) at the anchorage of the long head of the humeral biceps tendon due to a SLAP type 2 lesion.

Figura 3. — Immagine artro-RM SE-T1 pesata che evidenzia una fissurazione (freccia) all'ancoraggio del tendine del capo lungo del bicipite omerale per lesione SLAP tipo 2.



Figure 4.—SE-T1-weighted MR arthroscopic image with fat signal suppression evidencing permeation by the contrast medium of the joint side of the supraspinatus tendon (arrow) due to partial lesion of the tendon.

Figura 4. — Immagine artro-RM SE-T1 pesata con soppressione del segnale del grasso che evidenzia permeazione da parte del mezzo di contrasto del versante articolare del tendine del sovraspinato (freccia) per lesione parziale dello stesso.

trauma of the capsulo-ligamentous and anterior muscular structures and, consequently, a dynamic antero-inferior shift of the head of the humerus with secondary instability, Superior Labral Anterior to Posterior (SLAP) lesion or postero-internal impingement (PSI). Savoie *et al.*¹⁶ have shown that such abduction/external rotation microtraumas can provoke detachment of the MGHL. Burkhart and Morgan¹⁷ have hypothesised that abduction/external rotation microtraumas involve stress at the level of the bicipital anchor and the posterior glenoid labrum (peel-back mechanism) and the consequent SLAP lesion is responsible for posterosuperior instability that mimics pseudo antero-inferior laxity. According to Castagna,¹⁰ these microtraumas in overhead position may with time lead to spraining, weakening or rupture of the MGHL with consequent anterior microinstability.

The structural anomalies consequent on gleno-humeral microtraumatic instability may be described at MR arthroscopy and include laxity of the anterior or posterior capsule (Figure 1), labial lesions which range from degeneration and tearing (Figure 2) to rupture and detachment, to SLAP type lesions (Figure 3) and

di un'instabilità postero-superiore che mima una pseudo lassità antero-inferiore. Secondo Castagna¹⁰, questi microtraumi in posizione "overhead" possono con il tempo comportare uno stiramento, un indebolimento o una rottura del LGOM con conseguente microinstabilità anteriore.

Le anomalie strutturali conseguenti ad una instabilità microtraumatica gleno-omerale possono essere descritte alla artro-RM ed includono una lassità della capsula anteriore o posteriore (Figura 1), lesioni labiali che spaziano da una degenerazione ed uno sfrangiamento (Figura 2) a una rottura e un distacco, a lesioni tipo SLAP (Figura 3) e rotture della cuffia dei rotatori causate da un impingement secondario (Figura 4).

L'impingement glenoideo postero-superiore (PSI) è una forma di impingement interno che rappresenta un problema comune nei lanciatori ed atleti "overhead", caratterizzato da dolore alla spalla acuto o cronico¹¹. L'osservazione di base è stata riportata da Walch¹⁸, che ha descritto l'impingement tra il versante articolare del tendine del sovraspinato e il margine postero-superiore della glena. Nei lanciatori e in atleti che praticano attività "overhead", il PSI può portare a un pattern tipico di lesioni, cosiddette kissing lesions, che includono lesioni corrispondenti della superficie articolare della cuffia dei rotatori, del labbro postero-superiore, della grande tuberosità e della



Figure 5.—DP T1-weighted MR arthroscopic image with fat signal suppression evidencing a blurred hyperintense signal area relating to bone oedema in the context of the posterosuperior side of the humeral head (arrow) which also appears to be eroded in a picture of PSI.

Figura 5. — Immagine arthro-RM DP pesata con soppressione del segnale del grasso che evidenzia una sfumata area di segnale iperintenso riferibile ad edema osseo nel contesto del versante postero-superiore della testa omerale (freccia) che appare altresì erosa in quadro di PSI.

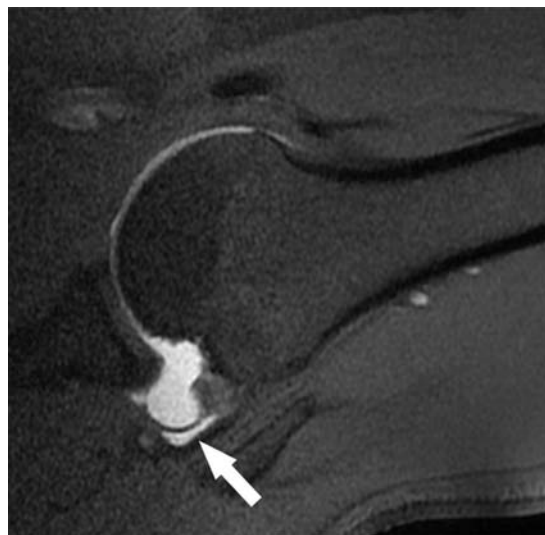


Figure 6.—VSE-T1-weighted MR arthroscopic image with fat signal suppression in ABER position showing clearly the extent of the horizontal component of a partial rupture of the joint side of the supraspinatus tendon (arrow).

Figura 6. — Immagine arthro-RM SE-T1 pesata con soppressione del segnale del grasso in posizione ABER che dimostra chiaramente l'estensione della componente orizzontale di una rottura parziale del versante articolare del tendine del sovraspinato (freccia).

ruptures of the rotator cuff caused by secondary impingement (Figure 4).

PSI is a form of internal impingement which represents a common problem in throwers and “overhead” athletes characterised by acute or chronic shoulder pain.¹¹ The basic observation has been reported by Walch¹⁸ who described impingement between the joint side of the supraspinatus tendon and the posterosuperior margin of the glenoid. In throwers and “overhead” athletes, PSI can lead to a typical pattern of lesions, the so-called “kissing lesions”, which include corresponding lesions of the joint surface of the rotator cuff, the posterosuperior labrum, the greater tuberosity and the superior glenoid. The development of PSI has been attributed to chronic lesion (repetitive stretching) of the anterior capsular structures, particularly the inferior gleno-humeral ligament, with subsequent anterior microinstability which causes anterior subluxation of the humeral head in abduction and external rotation during overhead movements, and so provokes excessive contact between the rotator cuff and the posterosuperior glenoid.¹⁹ Not everybody accepts

glena superiore. Lo sviluppo di un PSI è stato attribuito alla lesione cronica (stretching ripetitivo) delle strutture capsulari anteriori, in particolare del legamento gleno-omerale inferiore, con successiva microinstabilità anteriore che causa una sublussazione anteriore della testa omerale in abduzione e rotazione esterna durante i movimenti sopra la testa, e provoca così un contatto eccessivo tra la cuffia dei rotatori e la glena postero-superiore.¹⁹ Comunque, questa teoria non è accettata da tutti. Altri autori descrivono una contrattura della capsula postero-inferiore ed una lesione SLAP posteriore come lesioni essenziali per lo sviluppo di un PSI in lanciatori.²⁰ Anche se il meccanismo di base è ancora soggetto a discussione, l'alta coincidenza di un PSI e lesioni SLAP è fuori dubbio. Inoltre, c'è apparentemente una sovrapposizione enorme di sintomi clinici in atleti con lesioni SLAP, PSI o entrambi. È importante rimarcare che il contatto tra il versante profondo della cuffia dei rotatori e la glena postero-superiore, come visto in artroscopia, non è patologico di per sé. L'impingement postero superiore dovrebbe essere diagnosticato solo se questo contatto è associato con sintomi clinici e lesioni corrispondenti per le strutture anatomiche coinvolte. Il trattamento conservativo è solitamente adatto per atleti con anomalie strutturali minori, laddove il debridement chirurgico

this theory, however. Other authors describe a contracture of the postero-inferior capsule and a posterior SLAP lesion as essential for the development of a PSI in throwers.²⁰ Although the basic mechanism is still subject to discussion, the high coincidence of PSI and SLAP lesions is beyond doubt. Furthermore, there is apparently an enormous overlap of clinical symptoms in athletes with SLAP or PSI lesions or both. It is important to note that the contact between the profound side of the rotator cuff and the posterosuperior glenoid, as seen in arthroscopy, is not pathological in itself. Posterosuperior impingement should be diagnosed only if this contact is associated with clinical symptoms and corresponding lesions for the anatomical structures involved. Conservative treatment is usually suitable for athletes with minor structural anomalies where surgical debridement and repair (possibly in combination with capsular plasty) are indicated in the presence of a major lesion of the rotator cuff and glenoid labrum.¹⁰

MR arthroscopy can be employed to confirm the diagnosis of a PSI and so determine the choice of therapy by demonstrating the extent of the joint damage. MR arthroscopy typically evidences a partial rupture on the joint side of the supraspinatus tendon and/or the infraspinatus. Unlike the case of patients with subacromial impingement, the supraspinatus lesion usually involves the posterior portion of the tendon. Damage to the posterosuperior labrum varies from degenerative changes and fibrillation to rupture and detachment and may be associated with paralabial cysts and SLAP lesions. Bone changes at the trochitis and superior glenoid are best shown by fat suppression, DP or T2-weighted images and include erosions, edema of the bone marrow, formation of cysts, and sclerosis (Figure 5).

MR in ABER (ABduction and External Rotation) position usually evidences much more clearly the horizontal component of a partial lesion of the rotator cuff (Figure 6) and a fissuration of the superior labrum, and in some cases it could even reveal an interposition of the supraspinatus tendon folded between glenoid and trochitis.²¹ Moreover, the ABER position is useful for demonstrating a subluxation of the humeral head (posterior shift of the humeral axis with respect to the center of the glenoid) and anomalies of the anterior capsule.²² The anterior band of the inferior gleno-humeral liga-



Figure 7.—SE-T1-weighted MR arthroscopic image with fat signal suppression evidencing the absence of the anterosuperior glenoid rim (arrow head) associated with a cord-like appearance of the MGHL (arrow) in a Buford complex picture.

Figura 7. — Immagine arthro-RM SE-T1 pesata con soppressione del segnale del grasso che evidenzia assenza del cernice glenoideo antero-superiore (testa di freccia) associata ad un aspetto cordoniforme del LGOM (freccia) in quadro di "Buford complex".

e la riparazione (eventualmente in combinazione con plastica capsulare) sono indicati in presenza di una rilevante lesione della cuffia dei rotatori e del labbro glenoideo¹⁰.

L'artro-RM può essere utilizzata per confermare la diagnosi di un PSI e così determinare la scelta del corretto trattamento terapeutico dimostrando l'estensione del danno articolare. All'artro-RM tipicamente si evidenzia una parziale rottura sul versante articolare del tendine del sovraspinato e/o dell'infraspinato. La lesione del sovraspinato, diversamente dai pazienti con impingement sottoacromiale, solitamente coinvolge la porzione posteriore del tendine. Il danno al labbro postero-superiore varia da alterazioni degenerative e fibrillazione a rottura e distacco e può essere associato con cisti paralabiali e lesioni SLAP. Alterazioni dell'osso al trochite e alla glena superiore sono meglio dimostrate da immagini a soppressione del grasso in DP o T2-pesate, ed includono erosioni, edema del midollo osseo, formazione di cisti, e sclerosi (Figura 5).

La RM in posizione ABER (ABduction and External Rotation) solitamente evidenzia molto meglio la componente orizzontale di una lesione parziale della cuffia dei rotatori (Figura 6) e una fissurazione del labbro superiore, ed in alcuni casi potrebbe perfino rivelare una interposizione del

ment may appear attenuated and lengthened or even ruptured.

AMSI is a rare condition that has been little discussed in the scientific literature. Patients complain of shoulder pain after a period of inactivity such as pregnancy or immobilisation and usually the only pathological condition observable in arthroscopy is MGHL laxity.¹⁰ Patients with AMSI may present anatomic variations of MGHL which may then appear like a cord-shaped ligament which may insert normally in the neck of the glenoid above the antero-superior rim, or it may be associated with a sublabral foramen.^{12, 13} At times the MGHL may be represented by a fine filament or be absent altogether.

According to Castagna,¹⁰ MGHL variants may not be completely benign and, especially if associated with other findings like tearing, hyperaemia, sprains, they may be suspected of being responsible for pathology situations. In addition, the presence of indirect signs of pathology such as tearing of the posterosuperior labrum, synovitis of the posterosuperior capsule, partial rupture of the joint side of the supraspinatus or a SLAP lesion, associated with the previously described finding of antero-superior glenoid labrum, should alert the surgeon to the possible presence of a pathological condition of the MGHL.^{10, 23-29}

MR arthroscopy plays a less important role in the study of AMSI compared to the study of AIOS in so far as clinical aspects are pre-eminent in recognising the cause of shoulder pain typical in patients who have not suffered traumas or who do not practice "overhead" sports.

Nevertheless, MR arthroscopy may permit recognition of anatomic variations of MGHL, sublabral foramen and a Buford complex (Figure 7), and of associated lesions such as a type 1 SLAP, partial rupture of the joint side of the supraspinatus and the presence of a postero-superior capsular synovitis, and hence suggest correct treatment for the patient with AMSI.

"Minor" gleno-humeral instability is thus a complex field of study and in many respects still controversial; nevertheless it is clear that it includes two conditions (AIOS and AMSI) distinct from so-called "major" instabilities known as TUBS and AMBRII.

At the time of writing, patient history and clinical examination are fundamental for correct diagnosis in one of the two known conditions

*tendine del sovraspinato plicato tra la glena ed il trochite*²¹. Per di più, la posizione ABER è utile per dimostrare una sublussazione della testa omerale (spostamento posteriore dell'asse dell'omero rispetto al centro della glena) e anomalie della capsula anteriore²². La banda anteriore del legamento gleno-omerale inferiore può apparire attenuata e allungata o addirittura rotta.

*L'AMSI è una condizione rara e molto poco discussa in letteratura scientifica. I pazienti lamentano dolore alla spalla dopo un periodo di inattività come gravidanza o immobilizzazione e solitamente l'unica condizione patologica riscontrabile in artroscopia è una lassità del LGOM*¹⁰. I pazienti con AMSI possono presentare varianti anatomiche del LGOM che può quindi apparire come un legamento a forma di corda che può inserirsi normalmente al collo della glena superiormente alla rima antero-superiore, oppure può essere associato a un foramen sublabrale^{12, 13}. Talvolta, il LGOM può essere rappresentato da un filamento sottile o essere assente.

*Secondo Castagna*¹⁰, le varianti del LGOM possono non essere completamente benigne, e, specialmente se associate ad altri reperti quali sfrangiamento, iperemia, stiramento, possono essere sospettate quali responsabili di patologia. Inoltre, la presenza di segni indiretti di patologia come lo sfrangiamento del labbro postero-superiore, una sinovite della capsula postero-superiore, una rottura parziale del versante articolare del sovraspinato o una lesione SLAP, associate al reperto precedentemente descritto del labbro glenoideo antero-superiore, dovrebbero allertare il chirurgo circa la possibile presenza di una condizione patologica del LGOM^{10, 23-29}.

L'artro-RM ha un ruolo meno importante nello studio delle AMSI rispetto allo studio delle AIOS, in quanto la clinica è preminente nel riconoscimento della causa di dolore della spalla tipico in pazienti che non abbiano subito traumi o che non praticino sport cosiddetti "overhead".

Tuttavia, l'artro-RM può permettere il riconoscimento delle varianti anatomiche del LGOM, di un foramen sublabrale e di un complesso di Buford (Figura 7), così come di lesioni associate quali una SLAP tipo 1, una rottura parziale del versante articolare del sovraspinato e la presenza di una sinovite capsulare postero-superiore, e quindi indirizzare verso una terapia corretta il paziente con AMSI.

Pertanto, l'instabilità gleno-omerale "minore" è un campo di studio complesso e in molti aspetti ancora controverso, tuttavia è chiaro che essa comprende due condizioni (AIOS ed AMSI) distinte dalle cosiddette instabilità "maggiori" note come TUBS e AMBRII.

Allo stato attuale, l'anamnesi e l'esame clinico sono fondamentali per permettere un corretto in-

of micro-instability, and therefore in the group of AIOS or AMSI conditions.

MR arthroscopy can play an important part in evaluation of athletes' shoulder, especially in the case of athletes engaged in "overhead" activities if it aims to provide essential information for therapeutic decisions at a level on a par with that of diagnostic arthroscopy.

quadramento del paziente in una delle due condizioni note di micro-instabilità, e quindi nel gruppo delle AIOS o delle AMSI.

L'artro-RM può giocare un ruolo importante nella valutazione della spalla degli atleti, specie quelli praticanti attività "overhead", se mira a fornire informazioni essenziali per le decisioni terapeutiche ad un livello pari a quello dell'artroscoopia diagnostica.

References/Bibliografia

- 1) VandenBerghe G, Hoenecke HR, Fronek J. Glenohumeral joint instability: the orthopedic approach. *Semin Musculoskelet Radiol* 2005;9:34-43.
- 2) Townley C. The capsular mechanism in recurrent dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 1950;32:370-80.
- 3) Steinbach LS. Magnetic resonance imaging of glenohumeral joint instability. *Semin Musculoskelet Radiol* 2005;9:44-55.
- 4) Steinbach LS. MRI of shoulder instability. *Eur J Rad* 2008;68:57-71.
- 5) Blum A, Coudane H, Molè D. Glenohumeral instabilities. *Eur Radiol* 2000;10:63-82.
- 6) Beltran J, Rosenberg ZS, Chandnani VP, Cuomo F, Beltran S, Rokito A. Glenohumeral instability: evaluation with MR arthrography. *Radiographics* 1997;17:657-73.
- 7) Beltran J, Herrero P. Magnetic resonance imaging of glenohumeral instability: new concepts. *Radiologia* 2007;49:63-81.
- 8) Lugo R, Kung P, Ma CB. Shoulder biomechanics. *Eur J Rad* 2008;68:16-24.
- 9) Woertler K, Waldt S. MR imaging in sports-related glenohumeral instability. *Eur Radiol* 2006;16:2622-36.
- 10) Castagna A, Nordenson U, Garofalo R, Karlsson J. Minor shoulder instability. *Arthroscopy* 2007;23:211-5.
- 11) Jobe CM. Posterior superior glenoid impingement: expanded spectrum. *Arthroscopy* 1995;11:530-7.
- 12) Tuite MJ, Blankenbaker DG, Seifert M, Ziegert AJ, Orwin JF. Sublabral foramen and Buford complex: inferior extent of the unattached or absent labrum in 50 patients. *Radiology* 2002;223:137-42.
- 13) Tirman PF, Feller JF, Palmer WE, Carroll KW, Steinbach LS, Cox I. The Buford complex—a variation of normal shoulder anatomy: MR arthrographic imaging features. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:869-73.
- 14) Andrews J, Carson WJ, McLeod W. Glenoid labrum tears related to the long head of biceps. *Am J Sports Med* 1985;13:337-41.
- 15) Harryman DT 2nd, Sidles JA, Clark JM, McQuade KJ, Gibb TD, Matsen FA 3rd. Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72:1334-43.
- 16) Savoie FH, Papendik L, Field LD, Jobe C. Straight anterior instability: lesions of the middle glenohumeral ligament. *Arthroscopy* 2001;17:229-35.
- 17) Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: Spectrum of pathology. Part I. Pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy* 2003;19:404-20.
- 18) Walch G, Liotard JP, Boileau P, Noël E. Posterosuperior glenoid impingement. Another impingement of the shoulder. *J Radiol* 1993;74:47-50. Giaroli EL, Major NM, Higgins LD. MRI of internal impingement of the shoulder. *AJR* 2005;185:925-9.
- 19) Ouellette H, Kassarian A, Tétreault P, Palmer W. Imaging of the overhead throwing athlete. *Semin Musculoskelet Radiol* 2005;9:316-33.
- 20) Lee SY, Lee JK. Horizontal component of partial-thickness tears of rotator cuff: imaging characteristics and comparison of ABER view with oblique coronal view at MR arthrography. Initial results. *Radiology* 2002;224:470-6.
- 21) Schreinemachers SA, van der Hulst VP, Willems WJ, Bipat S, van der Woude HJ. Detection of partial-thickness supraspinatus tendon tears: is a single direct MR arthrography series in ABER position as accurate as conventional MR arthrography? *Skeletal Radiol* 2009;38:967-75.
- 22) Chang D, Mohana-Borges A, Borso M, Chung CB. SLAP lesions: anatomy, clinical presentation, MR imaging diagnosis and characterization. *Eur J Rad* 2008;68:57-71.
- 23) Mohana-Borges A, Chung C, Resnick D. Superior Labral Anteroposterior Tear: classification and diagnosis on MRI and MR arthrography. *AJR* 2003;181:1449-62.
- 24) Beall DP, Morag Y, Ly JQ, Johnson MB, Pasque CB, Braley BA *et al.* Magnetic resonance imaging of the rotator cuff interval. *Semin Musculoskelet Radiol* 2006;10:187-96.
- 25) Palmer WE, Caslowitz PL, Chew FS. MR arthrography of the shoulder: normal intraarticular structures and common abnormalities. *AJR* 1995;164:141-6.
- 26) Massengill AD, Seeger LL, Yao L, Gentili A, Shnier RC, Shapiro MS *et al.* Labrocapsular ligamentous complex of the shoulder: normal anatomy, anatomic variation, and pitfalls of MR imaging and MR arthrography. *RadioGraphics* 1994;14:1211-23.
- 27) Morag Y, Jacobson JA, Shields G, Rajani R, Jamadar DA, Miller B *et al.* MR arthrography of rotator interval, long head of the biceps brachii, and biceps pulley of the shoulder. *Radiology* 2005;235:21-30.
- 28) Magee T, Williams D, Mani N. Shoulder MR arthrography: which patient group benefits most? *AJR* 2004;183:969-74.

Received on October 7, 2010 - Accepted for publication on October 27, 2010

Corresponding author: R. Suter, via Pintacuda 15, 90011, Bagheria, Palermo, Italy. E-mail: raffaello.sutera@alice.it

Clinical and echographic characteristics of knee extensor tendons and the Achilles tendon in elite fencers: a prospective, observational study

Studio prospettico sulle caratteristiche cliniche e sui rilievi strumentali ecografici dei tendini dell'apparato estensore del ginocchio e del tendine di Achille in un campione di schermidori di alto livello

A. GIOMBINI¹, S. DRAGONI¹, A. DI CESARE², C. TRANQUILLI¹, A. FIORE³

¹*Institute of Medicine and Sport Science, CONI, Rome, Italy*

²*Unit of Physical and Rehabilitation Medicine, Policlinico Umberto I, Rome, Italy*

³*Italian Fencing Federation, Rome, Italy*

SUMMARY

Aim. In this prospective observational study, the clinical and morphological changes in lower limb tendons (patellar, quadriceps, and Achilles) were compared in elite fencers.

Methods. The study population was 35 elite fencers (14 males and 21 females) proficient in three fencing styles (foil, sabre, épée) who underwent clinical and echographic assessment in March 2007 (baseline) and in April 2010 (follow-up). Spontaneous pain or pain on limb movement and on finger pressure were evaluated by bilateral palpation of the tendons. Tendon thickness and changes in tendon morphology were evaluated by echography.

Results. No statistically significant difference in tendon thickness was found between symptomatic and asymptomatic subjects when stratified by sex (Student's t test for unpaired data) or between tendon thickness measured at baseline and at follow-up (Student's t test for paired data).

Conclusion. Echography was not predictive for the potential development of clinical symptoms in this sample; however, its use also in asymptomatic subjects did provide information on tendon anatomy which could inform more suitable training methodologies on the strip and off.

KEY WORDS: Ultrasonography - Patellar ligament - Quadriceps muscle - Achilles tendon.

RIASSUNTO

Obiettivo. Lo scopo del presente lavoro è stato di verificare le caratteristiche morfologiche e cliniche delle formazioni tendinee degli arti inferiori (rotuleo, quadrici pitale, achilleo) in atleti di alto livello praticanti la scherma.

Metodi. Trentacinque atleti (21 femmine, 14 maschi) praticanti le tre diverse specialità sono stati reclutati per lo studio. Gli atleti sono stati sottoposti ad una prima valutazione clinica ed ecografica a Marzo 2007 e a una seconda ad Aprile 2010 con un follow-up di tre anni. L'esame palpatorio bilaterale dei tendini ha permesso di valutare la presenza di dolore spontaneo o indotto sia al movimento attivo che alle manovre di digitopressione. L'esame ecografico ha preso in considerazione lo spessore e l'eventuale alterazione strutturale dei tendini.

Risultati. L'analisi statistica effettuata con il t test di Student per dati non appaiati non ha dimostrato differenze statisticamente significative al confronto dei valori di spessore tra tendini dei soggetti sintomatici e asintomatici divisi per sesso, come non si sono riscontrate differenze statisticamente significative al t test di Student per dati appaiati al confronto dei valori di spessore tra tendini dei soggetti esaminati nel 2007 e nel 2010.

Conclusioni. Nonostante nel nostro campione si sia riscontrata l'assenza di valore predittivo dell'esame ecografico per una possibile futura insorgenza di sintomi clinici, la sua utilizzazione anche nei soggetti asintomatici consente di ricavare importanti informazioni sullo stato anatomico della formazione tendinea anche allo scopo di promuovere metodologie di allenamento più idonee, sia in pedana che a secco.

PAROLE CHIAVE: Ecografia - Tendine rotuleo - Tendine quadricipitale - Tendine achilleo.

One of the oldest types of combat sports, the origins of fencing can be traced back to 1200 BCE in ancient Egypt.^{1, 2} It was officially included in the first modern Olympic games held in Athens in 1896. Fencing development is asymmetrical, with high demands on specific muscle groups; physiologically it is classified as an alternating aerobic-anaerobic sport.^{3, 4} Given the complexity of specific fencing techniques and the numerous strategies for perfecting technical-tactical skills, the workloads applied to the upper and lower limbs differ greatly. Since the lower limbs are primarily involved in attack and defense, a fencer's capability to coordinate neuromuscular strength, speed and control in these actions are key to successful performance.^{5, 6}

According to recently published data,⁷ injury rates in fencing are lower than those reported for basketball, rugby and soccer; however, tendinopathies caused by functional overload, especially on the lower limbs, can often be encountered, particularly in elite fencers.⁸⁻¹⁰

With this study we wanted to investigate the morphological and clinical characteristics of lower limb tendons majorly subject to stress in fencing.

Materials and methods

The study was carried out at the Department of Traumatology and Functional Rehabilitation, Institute of Sports Medicine, Italian National Olympic Committee (CONI), Rome. From January to March 2007, volunteers were invited to participate in the study and undergo initial clinical and echographic assessment. Of the 41 elite fencers undergoing physical examination in preparation for the Beijing Olympic games, 35 elite fencers (21 females, 4 of which left-handed; and 14 males, 5 of which left-handed) specialized in three sword styles (foil, épée and saber) were selected (Table I). Assessment included history taking (years of fencing experience, number of weekly practice sessions, hours of daily practice) and bilateral clinical and echographic examination of the quadriceps, patellar and Achilles tendons. Of the six fencers excluded from the study, four (three females and one male) had undergone anterior cruciate ligament reconstruction with patellar grafting and two (one female and one male) has suspended competition activities after the first assessment.

La scherma è uno degli sport di combattimento più antichi, la sua pratica risale, infatti, al 1200 A.C. e nacque nell'antico Egitto^{1, 2}. Nel 1896 è stata ufficialmente inserita come disciplina Olimpica ai primi Giochi Olimpici di Atene. Si tratta di uno sport di tipo asimmetrico ad elevato impegno muscolare che viene classificato da un punto di vista fisiologico tra le discipline ad impegno "aerobico-anaerobico" alternato^{3, 4}. Tenendo in considerazione il complesso delle gestualità specifiche della scherma, e le numerose strategie di allenamento tecnico-tattico è facilmente intuibile come questa disciplina imponga carichi differenti per gli arti superiori e quelli inferiori. In particolare gli arti inferiori sono impegnati massimalmente durante tutte le azioni di attacco e difesa e pertanto le capacità individuali di forza, velocità e controllo neuromuscolare durante queste azioni giocano un ruolo determinante ai fini del successo in questo sport^{5, 6}. Sebbene per recenti dati di letteratura⁷ l'incidenza traumatica nella scherma sia considerata bassa soprattutto in relazione ad altri sport come basket, rugby o calcio l'insorgenza di patologie tendinee legate al sovraccarico funzionale gestuale soprattutto a carico degli arti inferiori è un'evenienza di frequente riscontro nella pratica clinica soprattutto fra gli atleti di elevato livello⁸⁻¹⁰.

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di verificare le caratteristiche morfologiche e cliniche delle formazioni tendinee degli arti inferiori particolarmente impegnate nella gestualità tipica di tale disciplina.

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto presso il Dipartimento di Traumatologia e Riabilitazione Funzionale dell'Istituto di Medicina e Scienza dello Sport del CONI di Roma nel periodo compreso tra gennaio e marzo 2007 periodo durante il quale è stato effettuato l'arruolamento iniziale degli atleti con la prima valutazione clinica ed ecografica. Da un campione iniziale di 41 schermidori di alto livello di ambo i sessi valutati in occasione delle visite PO in previsione dei Giochi Olimpici di Pechino, ne sono stati selezionati 35 (21 femmine di cui 4 mancine e 14 maschi di cui 5 mancini) praticanti le tre diverse specialità (fioretto, spada, sciabola) (Tabella I) Tutti soggetti sono stati sottoposti a indagine anamnestica (anni di attività sportiva, numero di sedute di allenamento settimanale, numero di ore di allenamento giornaliero) e a esame clinico ed ecografico del tendine quadricipitale, rotuleo ed achilleo bilateralmente.

TABLE I.—Total number of athletes and sword styles.
TABELLA I. — Numero totale atleti e specialità.

	Foil	Saber	Epée	Total
Males	4 (3 left-handed)	5 (1 left-handed)	5 (1 left-handed)	14 (40%)
Females	10 (3 left-handed)	7	4 (1 left-handed)	21 (60%)
Total	14 (40%)	12 (34.28%)	9 (25.72%)	35

TABLE II.—Subject characteristics (means \pm SD).
TABELLA II. — Dati antropometrici (media \pm DS).

	Males	Females
Age (yrs)	28.8 \pm 3.53	27.61 \pm 4.6
Body weight (kg)	77.78 \pm 7.62	64.5 \pm 6.67
Height (cm)	182.35 \pm 7.04	169.85 \pm 6.7
Body-mass index	23.12 \pm 1.9	22.35 \pm 1.82
Duration of competition experience (yrs)	16.71 \pm 1.9	18.38 \pm 4.51
Weekly number of practice sessions	4.57 \pm 0.85	4.47 \pm 0.51
Hours of daily practice	5.35 \pm 0.84	4.33 \pm 0.65

Plus-minus vales are means \pm SD.

The mean age was 28.4 \pm 4.079 years (range, 16-36); the mean height was 174.06 \pm 8.97 cm; the mean body weight was 68.7 \pm 8.95 kg; the mean body-mass index (weight in kilograms divided by height in meters squared [BMI]) was 22.47 \pm 1.77. The mean duration of experience was 18.13 \pm 3.59 years; the mean number of weekly practice sessions was 4.36 \pm 0.48; the mean duration of daily practice was 4.6 \pm 0.08 hours (Table II).

All subjects underwent clinical examination to evaluate tendon anatomy and function, spontaneous pain or pain on movement or elicited by palpation. Bilateral palpation was performed by the same operator applying finger pressure to the proximal third of the patellar tendon (inferior pole),¹¹ to the base of the patella for the quadriceps tendon, and to an area 2-6 cm proximal to the insertion of the calcaneal and along the course of the belly of the Achilles tendon.

Echographic examination of both limbs was performed using a Philips EnVisor C HD (Philips, Eindhoven, The Netherlands) with a variable frequency linear probe to obtain longitudinal and axial scans without a standoff pad, followed by power Doppler ultrasound. For the

Dei sei atleti non inclusi nello studio quattro (tre femmine e un maschio erano stati sottoposti a intervento di ricostruzione del LCA con tendine rotuleo) e gli altri due (un maschio e una femmina) hanno interrotto l'attività agonistica dopo la prima valutazione. Gli schermidori avevano una età compresa fra 16 e 36 anni (media di 28,4 \pm 4,079), altezza di 174,06 \pm 8,97, peso di 68,7 \pm 8,95, BMI di 22,47 \pm 1,77. Gli atleti erano in attività da una media di 18,13 \pm 3,59 anni. Svolgevano in media 4,36 \pm 0,48 sedute settimanali di allenamento, per una durata media di 4,6 \pm 0,8 ore giornaliere di allenamento (Tabella II). Mediante l'esame clinico è stato valutato lo stato anatomico e funzionale del tendine, e la presenza di eventuale dolore spontaneo oppure indotto sia al movimento attivo che alle manovre di digitopressione sul tendine stesso. La palpazione è stata eseguita bilateralmente sempre dallo stesso operatore con manovra di digitopressione al terzo prossimale del tendine (polo inferiore della rotula) per il tendine rotuleo¹¹, alla base della rotula per il tendine quadricipitale, nell'area compresa fra 2 e 6 cm prossimali all'inserzione calcaneare e lungo il decorso del ventre tendineo per il tendine achilleo. L'esame ecografico del tendine quadricipitale rotuleo ed achilleo è stato eseguito con apparecchio Philips En Visor C HD con sonda lineare a frequenza variabile a entrambi gli arti mediante scansioni longitudinali e assiali senza l'interposizione del cuscinetto distanziatore; l'esame è stato completato mediante valutazione con Power-Doppler. Nelle scansioni longitudinali la sonda è stata applicata parallelamente alle fibre tendinee per evitare artefatti legati ad un non corretto orientamento. L'ecografia al tendine quadricipitale e rotuleo è stata eseguita con l'atleta in posizione supina e ginocchio disteso lungo tutto il decorso del tendine dall'apice della rotula all'apofisi tibiale anteriore. L'ecografia al tendine di Achille è stata eseguita con l'atleta in posizione prona con i talloni fuori dal lettino e le caviglie in flessione a 90° per assicurare la tensione del tendine. L'ecografia è stata effettuata lungo tutto il decorso del tendine dalla inserzione calcaneare al terzo prossimale, prendendo in considerazione lo spessore e l'eventuale alterazione strutturale del tendine. Le misurazioni dei tendini sono state eseguite su scansioni longitudinali nel punto di massimo incremento dello spessore prendendo nota della sua distanza da un repere anatomico fisso da utilizzare al successivo controllo. In assenza di modificazione dello spessore tendineo la misurazione è stata eseguita a 10 mm prossimalmente all'angolo postero superiore del calcagno per il tendine di Achille e a 5 mm dall'apice della rotula per quello rotuleo e a 10 mm per il tendine quadri-

TABLE III.—Total number of symptomatic subjects and affected tendons.

TABELLA III. — *Totale soggetti sintomatici e tendini interessati.*

	Males	Females	Total
2007	4/14 (2 sabereurs/2 foilists) 1 left patellar 2 right patellar (2 dominant leg) 1 left Achilles (1 dominant leg)	4/21(4 foilists) 3 left patellar (1 dominant leg) 1 right patellar (1 dominant leg)	8/35 (22.86%)
2010	2/14 (2 sabereurs) 1 left patellar 1 left quadriceps (1 dominant leg)	8/21 (5 foilists/3 sabereurs) 1 left patellar 3 right patellar (3 dominant leg) 3 right Achilles (1 dominant leg)	10/35 (28.57%)
Total	6/14 (42.85%)	12/21 (57.14%)	

TABLE IV.—Mean tendon thickness in all subjects at echography.*

TABELLA IV. — *Valori medi ecografici in tendini di soggetti sintomatici e asintomatici.**

	Left quadriceps	Rights quadriceps	Left patellar	Right patellar	Left Achilles	Right Achilles
Males	0.64±0.09	0.62±0.07	0.45±0.03	0.47±0.07	0.47±0.07	0.51±0.14
Females	0.55±0.07	0.55±0.03	0.37±0.08	0.36±0.09	0.41±0.03	0.42±0.03
Males*	0.66±0.06	0.65±0.04	0.42±0.07	0.44±0.09	0.44±0.06	0.45±0.1
Females*	0.59±0.08	0.57±0.09	0.38±0.06	0.38±0.07	0.39±0.03	0.37±0.1

longitudinal scans, the probe was applied parallel to the tendon fibers to avoid creating artifacts from incorrect probe positioning. Echography of the quadriceps and patellar tendons was performed with the subject supine and the knee extended, along the course of the tendon from the patellar apex to the anterior tibial apophysis. Echography of the Achilles tendon was performed with the subject prone and heels extending over the examination table and the ankles flexed to 90° to ensure tendon tension. Scanning was done along the entire length of the tendon from its insertion at the calcaneal to the third proximal in order to measure tendon thickness and reveal alterations in tendon structure. Measurements were taken on longitudinal scans at the point of greatest thickness, recording its distance from an anatomic landmark as reference for the follow-up assessment. When no changes in tendon thickness were observed, measurement was taken at a point 10 mm proximal to the superior posterior angle of the calcaneus for the Achilles tendon, at 5 mm from the patellar apex for the patellar tendon, and at 10 mm for the quadriceps tendon. Tendon morphology was classified as abnormal when: echography revealed one or more focal hypoechogenic areas on the longitudinal and axial scans; there was circumscribed diffuse tendon thickening as compared to the

capitale. Il tendine è stato classificato patologico in presenza di almeno una delle seguenti condizioni: presenza di una o più aree focali ipoecogene, individuate sia nelle scansioni longitudinali che assiali; ispessimento diffuso circoscritto del tendine rispetto al controlaterale; riduzione diffusa dell'ecogenicità associata o meno a deformazioni delle limitanti tendinee. A tutti gli atleti sintomatici nel corso della prima valutazione è stato prescritto ciclo di fisioterapia strumentale antalgica (diatermia endogena, laserterapia YAG) riduzione dei carichi di lavoro compatibilmente con gli impegni agonistici individuali e programma detagliato di esercizi eccentrici da eseguirsi per tre mesi. Nel periodo compreso tra Gennaio e Aprile 2010 tutti gli atleti sono stati sottoposti ad una seconda valutazione clinica ed esame ecografico di controllo con le stesse modalità precedentemente descritte.

Analisi statistica

Sono stati calcolati per tutti i parametri considerati medie e DS. Per valutare le differenze fra i valori medi dello spessore dei tendini quadricipitale, rotuleo e achilleo tra l'arto destro e sinistro e tra la prima valutazione e quella di controllo dopo 3 anni è stato utilizzato un t test di Student per dati appaiati. Le differenze fra atleti di sesso maschile e femminile sono state valutate con

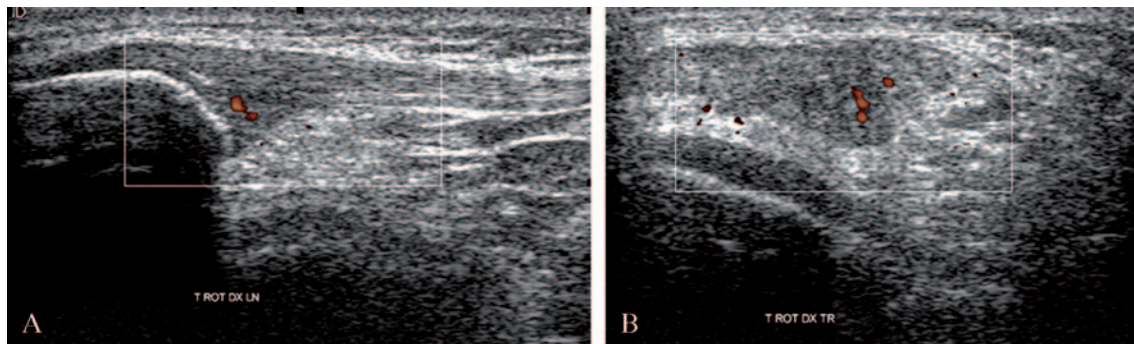


Figure 1.—Power Doppler ultrasound of the patellar tendon showing altered morphology of the tendon belly at the proximal third and increased blood flow (A. longitudinal scan; B. transverse scan).

Figura 1. — *Esame ecografico mediante tecnica power-doppler del tendine rotuleo con alterazione morfologica e strutturale del ventre tendineo al terzo prossimale e accentuazione del flusso vascolare: (A) scansione longitudinale; B) scansione trasversale.*

tendon of the contralateral limb; and there was a diffuse reduction in echogenicity associated or not with deformities of neighboring tendons. Following the initial assessment, all symptomatic subjects were prescribed one course of pain physiotherapy (endogenous diathermy, YAG laser therapy), instructed to reduce workloads as compatible with competition schedule, and to initiate a detailed program of eccentric exercises for the next three months. Between January and April 2010 all subjects were asked to return for follow-up assessment comprising clinical and echographic examinations performed as described for the baseline assessment.

Statistical analysis

The mean and standard deviation were calculated for all parameters. Student's t test for paired data was applied to test for differences in the mean tendon thickness (quadriceps, patellar, Achilles) in the right and left limbs between baseline and follow-up assessments. Student's t test for unpaired data was applied to test for differences when the sample was stratified by gender. A P value of <0.05 was considered as statistically significant. The analysis was carried out using SPSS v. 12.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results

In all, 70 tendons (quadriceps, patellar, Achilles) were examined. At the baseline assessment, 8/35 subjects (4 males, 2 sabateurs and 2 foilists; and 4 females, all of which foilists) were found to be symptomatic on clinical evaluation.

un t test per dati non appaiati. Valori di $P < 0,05$ sono stati considerati statisticamente significativi. Le analisi sono state eseguite utilizzando il software statistico SPSS versione 12.0.

Risultati

Sono stati esaminati un totale di 70 tendini quadricipitali, rotulei e achillei. Nella prima valutazione clinico anamnestica eseguita nell'anno 2007 sono risultati sintomatici otto atleti su un totale di 35 (4 di sesso maschile di cui due praticanti la sciabola e due il fioretto e quattro di sesso femminile praticanti il fioretto). I tendini interessati sono stati in quattro soggetti il rotuleo di sinistra, in tre soggetti il rotuleo destro e in un soggetto l'achilleo di sinistra. Del totale degli atleti sintomatici cinque atleti avevano interessato l'arto dominante e tre il non dominante (Tabella III). Nell'anno 2010 sono risultati sintomatici 10 atleti su un totale di 35 (due di sesso maschile praticanti la sciabola, otto di sesso femminile, di cui cinque praticanti il fioretto e tre la sciabola). I tendini interessati sono stati in tre casi il rotuleo di sinistra, in tre casi il rotuleo di destra, in tre casi l'achilleo di destra, e in un caso il quadricipite sinistro con otto casi nuovi (tre sciolatrici, quattro fioretteste, uno sciolatore) rispetto all'analisi effettuata nel 2007. Del totale degli atleti sintomatici cinque avevano interessato l'arto dominante e cinque il non dominante (Tabella III). Il valore medio del tendine quadricipitale sinistro e destro, rotuleo sinistro e destro, achilleo sinistro e destro nei soggetti sintomatici e asintomatici divisi per sesso, alla prima e seconda valutazione, sono espressi in Tabella IV. I soggetti che presentavano una alterazione strutturale all'esame ecografico nel 2007 sono

TABLE V.—Number of subjects with altered tendon morphology at echography and percentage (%) in relation to total number of tendons examined and as stratified by sex (2007 versus 2010).

TABELLA V. — Numero di soggetti con tendini alterati all'ecografia e valore % (valore % calcolato sul totale tendini esaminati per sesso M: N.=84, F: N.=126).

		Left quadriceps	Right quadriceps	Left patellar	Right patellar	Left Achilles	Right Achilles	%
Males (N.=84)	2007	0/14	0/14	0/14	1/14	0/14	0/14	1.1
	2010	1/14	0/14	1/14	1/14	0/14	0/14	3.57
Females (N.=126)	2007	1/21	0/21	5/21	2/21	0/21	1/21	7.14
	2010	1/21	0/21	4/21	2/21	0/21	1/21	6.34

Symptoms involved the left patellar (N.=4), the right patellar (N.=3), and the left Achilles tendon (N.=1), and affected the dominant leg (N.=5) and the non-dominant leg (N.=3) (Table III).

At the follow-up assessment, 10/35 subjects (2 males, both sabreurs; and 8 females, 5 foilists and 3 sabreurs) were found to be symptomatic. Symptoms involved the left patellar (N.=3), the right patellar (N.=3), the right Achilles (N.=3), and the left quadriceps (N.=1) tendon; 8/10 subjects were newly presenting cases (7 females, 3 sabreurs and 4 foilists; and 1 male sabreur). Of the 10 symptomatic subjects, symptoms involved the dominant leg in 5 and the non-dominant leg in the other five (Table III).

Table IV reports the mean tendon thickness (right and left quadriceps, patellar, and Achilles tendons) as measured at baseline and follow-up in the symptomatic and asymptomatic subjects divided by sex. Echographic evidence of altered tendon structure at baseline assessment was found in one male (right patellar tendon) (Figure 1) who was one of the two symptomatic subjects, and in nine females (left quadriceps [N.=1, asymptomatic]; left patellar [N.=5, three of which symptomatic]; right patellar [N.=2, one of which was symptomatic]; and the Achilles tendon [N.=1, asymptomatic]) (Table V).

Echographic evidence of altered tendon structure at follow-up assessment was found in three males (left quadriceps and left patellar tendon [N.=2], respectively, both symptomatic; and right patellar tendon, asymptomatic [N.=1]) and eight females (left quadriceps, asymptomatic [N.=1]; left patellar [N.=4, 1 of which symptomatic as at baseline]; right patellar [N.=2, both symptomatic]; right Achilles tendon [N.=1, symptomatic]) (Table VI). In the last three cases, although symptomatic, none (right patellar [N.=1] and right Achilles tendon [N.=2]) showed evidence of altered tendon morphology.

No statistically significant differences in

risultati: un atleta di sesso maschile a livello del tendine rotuleo destro (Figura 1) che corrisponde a uno dei due atleti sintomatici, e nove atleti di sesso femminile di cui uno a livello del tendine quadricipitale sinistro (non sintomatica), cinque a livello del tendine rotuleo sinistro (di cui tre sintomatiche), due a livello del tendine rotuleo sinistro (di cui una sola sintomatica), una a livello del tendine achilleo destro (non sintomatica) (Tabella V). Nel 2010 sono risultati alterati: un atleta di sesso maschile a livello del tendine quadricipitale sinistro che era sintomatico, uno a livello del tendine rotuleo sinistro sintomatico e infine uno a livello del tendine rotuleo destro asintomatico, e otto atleti di sesso femminile di cui uno a livello del tendine quadricipitale sinistro (non sintomatica), quattro a livello del tendine rotuleo sinistro (di cui una sola sintomatica come nel 2007), due a livello del tendine rotuleo destro (entrambe sintomatiche), uno a livello del tendine achilleo destro (sintomatica) (Tabella VI). In questi ultimi due casi va sottolineato che sono risultate sintomatiche anche un atleta a livello del tendine rotuleo destro che non mostrava alterazioni e due atlete a livello del tendine di Achille destro che non mostravano alterazioni. All'analisi statistica effettuata con il t test di Student per dati non appaiati non si sono riscontrate differenze statisticamente significative al confronto dei valori di spessore tra tendini dei soggetti sintomatici e asintomatici divisi per sesso, come non si sono riscontrate differenze statisticamente significative al t test di Student per dati appaiati al confronto dei valori di spessore tra tendini dei soggetti esaminati nel 2007 e nel 2010 ($P < 0,05$).

Discussione

Le capacità coordinative specifiche e la competenza strategico-tattica sono tra i fattori più qualificanti per eccellere nello sport della scherma¹². La rapidità di esecuzione del gesto che è strettamente

TABLE VI.—Symptomatic subjects with echographic finding of altered tendon morphology (2007 versus 2010).
 TABELLA VI. — *Quadro riassuntivo tendini alterati in ecografia: soggetti sintomatici.*

		Site of altered tendon morphology and pain		
Males 2007	—	1 right patellar 1 symptomatic	—	—
Males 2010	1 left patellar 0 symptomatic	1 right patellar 0 symptomatic (symptomatic in 2006)	1 left quadriceps 1 symptomatic	—
Females 2007	5 left patellar 3 symptomatic	2 right patellar 1 symptomatic	1 left quadriceps 0 symptomatic	1 right Achilles 0 symptomatic
Females 2010	4 left patellar 1 symptomatic (symptomatic in 2006)	2 right patellar 0 symptomatic	1 left quadriceps 0 symptomatic	1 right Achilles 0 symptomatic

tendon thickness between symptomatic and asymptomatic subjects emerged when stratified by sex (Student's t test for unpaired data) or when mean values in tendon thickness between 2007 and 2010 when compared (Student's t test for paired data) ($P < 0.05$).

Discussion

Key to top-level fencing performance are specific coordination skills and strategic-tactical capabilities.¹² Closely correlated with explosive power of the lower limbs, a distinctive quality of elite fencers is speed of technique execution.¹³⁻¹⁵ Speed also comes with functional specialization and depends on rapid processing of motor skill for specific situations and accurate perception of the distance between opponents.¹³

This is the first prospective observational study with a three-year follow-up to evaluate the clinical characteristics, tendon thickness and morphology of the 3 principal tendons of the lower limbs (patellar, quadriceps, Achilles) predominantly involved in fencing techniques. Analysis of the mean tendon thickness revealed no correlation between pain symptoms and changes in tendon thickness as compared to the unaffected side in either the males or the females. In some subjects, the affected tendon was thinner than the unaffected tendon. Neither did a correlation emerge between tendon thickness and years of competition experience. This suggests that echographic assessment of tendon thickness is of little clinical value (Table VI).

There was a slight increase from 22.86% to 28.57% in the number of symptomatic subjects, all of which females, between baseline (2007) and follow-up (2010) assessment (Table III).

correlata alla potenza esplosiva degli arti inferiori costituisce una caratteristica peculiare degli schermidori di alto livello¹³⁻¹⁵. Va inoltre considerato che la velocità nella scherma è la conseguenza di una specializzazione funzionale, strettamente dipendente dall'elaborazione degli schemi motori adeguati alla situazione, che nascono dall'esatta percezione della distanza fra i due avversari¹³. Questo è il primo studio prospettico osservazionale con follow-up a tre anni riguardante lo sport della scherma nel quale sono stati rilevati gli aspetti clinici, le misurazioni del calibro tendineo e le caratteristiche strutturali dei tre principali tendini degli arti inferiori (rotuleo, quadricipitale, achilleo) che sono maggiormente impegnati nel gesto tecnico specifico. Dall'esame dei valori medi di spessore si è potuto osservare che sia negli atleti di sesso maschile che in quelli di sesso femminile non si ha alcuna correlazione tra sintomatologia dolorosa e variazione di spessore del tendine sia rispetto al tendine dell'arto controlaterale sano, (in alcuni soggetti il tendine sintomatico era addirittura di spessore minore rispetto al tendine sano), sia rispetto al variare degli anni di attività agonistica; pertanto la misurazione ecografica dello spessore tendineo in se ha scarso valore clinico (Tabella IV). Dall'analisi del nostro campione si è potuto osservare un lieve incremento dei soggetti sintomatici tra la prima (2007) e la seconda valutazione (2010) con valori dal 22,86% al 28,57%; tale incremento si è verificato tutto a carico del sesso femminile (Tabella III). Si è, infatti, evidenziata una differenza di incidenza dei soggetti sintomatici nei due sessi con un valore totale percentuale del 42,85% nei maschi vs. il 57,14% nelle femmine (Tabella III). Dall'analisi dei nostri dati non si è evidenziata alcuna correlazione tra arto di spinta, che è generalmente l'arto non dominante e la localizzazione dolorosa tendinea (10 atleti mani-

There was also a difference in the proportion of symptomatic subjects between males and females (42.85% males *versus* 57.14% females) (Table III).

There was no correlation between the push leg, which is generally the non-dominant leg, and the site of tendon pain: 10 subjects complained of pain in the dominant and 8 reported pain in the non-dominant leg (Table III). There was a slight increase in the percentage of tendons with altered morphology in relation to the total sample per year (4.76% in 2007 *versus* 5.23% in 2010), with a higher prevalence among the females (Table V).

Of the three tendons evaluated in this study, the patellar tendon was most often found to be affected (76.19%) in both males and females. Of the total number of tendons examined (N.=420) at both assessments, only 5% were found to be affected (Table V), and of these, 33% were symptomatic (Table VII). At the follow-up assessment, 50% of the males and 70.59% of the females were asymptomatic, indicating that fewer females were symptomatic even though echography detected more cases of altered tendon morphology among the females.

According to recently published reports, alterations in tendon morphology at echography carry clinical relevance for screening of competitive athletes engaged in sports involving major stress on the lower limbs because such findings can be predictive for the risk of developing pain symptoms.¹⁶⁻²⁰ Our findings disagree with this observation in that only one out of three subjects with altered tendon morphology also complained of pain symptoms. Although echography was found to lack predictive value for the potential occurrence of clinical symptoms, its use in asymptomatic subjects can provide important information on tendon morphology, which may inform more suitable training methodologies on the strip and off.

festavano dolore sull'arto dominante e 8 sull'arto non dominante (Tabella III). Si è, inoltre, potuto osservare un lieve incremento dei tendini con struttura alterata sul totale degli atleti esaminati per anno (con valori dal 4,76% nel 2007 al 5,23% nel 2010) con un valore percentuale maggiore nelle donne rispetto agli uomini (Tabella V). Fra i tendini esaminati quello con la maggiore frequenza di alterazioni è risultato il tendine rotuleo con un valore del 76,19% con incidenza sovrapponibile nei due sessi. Sul totale dei tendini esaminati nel corso delle due valutazioni (N.=420) sono risultati alterati solo il 5% (Tabella V) di questi il 33% erano sintomatici (Tabella VII).

Sono state riscontrate anche in questo caso differenze tra i due sessi con valori per il sesso maschile alla fine del periodo di osservazione del 50% dei soggetti asintomatici, mentre per le donne del 70,59%.

Pertanto, alla fine del periodo di osservazione, le donne sono risultate meno sintomatiche anche se con un maggior numero di alterazioni tendinee all'ecografia. Secondo recenti dati di letteratura le alterazioni della struttura tendinea evidenziate con l'esame ecografico costituiscono da un punto di vista clinico un aspetto importante nello screening di atleti agonisti praticanti discipline sportive ad alto impegno degli arti inferiori, perché consentono di prevedere gli atleti a rischio di sviluppare sintomatologia dolorosa¹⁶⁻²⁰. Nel nostro studio non viene confermato questo dato in quanto solo un atleta su tre con tendine alterato ha manifestato la sintomatologia dolorosa. Nonostante l'assenza di valore predittivo dell'esame ecografico per una possibile futura insorgenza di sintomi clinici la sua utilizzazione anche nei soggetti asintomatici consente di ricavare importanti informazioni sullo stato anatomico delle formazioni tendinee anche allo scopo di promuovere metodologie di allenamento più idonee, sia in pedana che a secco.

References/Bibliografia

- 1) Porzio L, Mele G. *Arte gladiatoria dimicandi. 15 th century swordmanship of master Filippo Vada*. Highland Village, TX: Chivalry Bookshelf; 2002.
- 2) Labat. *L'art en fait d'armes*. Toulouse 1696.
- 3) Nyström J, Lindwall O, Ceci R, Harmenberg J, Svedenhag J, Ekblom B. Physiological and morphological characteristics of world class fencers. *Int J Sports Med* 1990;11:136-9.
- 4) Tsolakis CH, Bogdanis GC, Vagenas G. Anthropometric profile and limb asymmetries in young male and female fencers. *J Hum Mov Stud* 2006;50:201-16.
- 5) Sapega AA, Minkoff J, Valsamis M, Nicholas JA. Musculoskeletal performance testing and profiling of elite competitive fencers. *Clin Sports Med* 1984;3:231-44.
- 6) Stewart K, Peredo AR, Williams C. Physiological and morphological factors associated with successful fencing performance. *J Hum Ergol* 1977;6:53-60.
- 7) Harmer PA. Minimal risk of time-loss injuries in Masters fencing: USA national and World Championship data 2002-2006. *Med Sci Sport Exerc* 2007;39(5 Suppl.):412.
- 8) Harmer PA. Getting to the Point: Injury patterns and medical care in competitive fencing. *Curr Sports Med Reports* 2008;7:303-7.
- 9) Harmer PA. Incidence and characteristics of time loss injuries in competitive fencing. A prospective, 5-year study of national competitions. *Clin J Sport Med* 2008;18:137-42.
- 10) Rodrigues Rey ER. Acute injuries in Olympic Fencing: Athens 2004 and Beijing 2008. *Arch Medicina Deporte* 2008;25:448-53.
- 11) Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, Purdam CR, Griffiths L. Reproducibility and clinical utility of tendon palpation to detect patellar tendinopathy in young basketball players. Victorian Institute of Sport tendon study group. *Br J Sports Med* 2001;35:65-9.
- 12) Williams LR, Walmsley A. Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *J Sci Med Sport* 2000;3:460-75.
- 13) Rippetoe M. Strength and conditioning for fencing. *Strength Condit J* 2000;22:42-7.
- 14) Harmenberg J, Ceci R, Barvestad P, Hjerpe K, Nyström J. Comparison of different tests of fencing performance. *Int J Sports Med* 1991;12:573-6.
- 15) Roi GS, Bianchedi D. The Science of fencing. Implications for performance and injury prevention. *Sports Med* 2008;38:465-81.
- 16) Fredberg U, Bolvig L. Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and Achilles tendons of elite soccer players. A longitudinal study. *Am J Sports Med* 2002;30:488-91.
- 17) Cook JL, Kiss ZS, Khan KM, Purdam CR, Webster KE. Anthropometry, physical performance and ultrasound patellar tendon abnormality in elite junior basketball players: a cross sectional study. *Br J Sport Med* 2004;38:206-9.
- 18) Cook JL, Khan KM, Harcourt PR, Kiss ZS, Fehrmann MW, Griffiths L *et al*. Patellar tendon ultrasonography in asymptomatic active athletes reveals hypoechoic regions: A study of 320 tendons. *Clin J Sport Med* 1988;8:73-7.
- 19) Malliaras P, Cook JL, Kent PM. Anthropometric risk factors for patellar tendon injuries among volleyball players. *Br J Sports Med* 2007;41:259-63.
- 20) Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, Griffiths L. Patellar tendinopathy in junior basketball players: a controlled clinical and ultrasonographic study of 268 patellar tendons in players aged 14-18 years. *Scand J Med Sci Sports* 2000;10:216-20.

Received on November 9, 2010 - Accepted for publication on November 15, 2010.

Corresponding author: A. Giombini, Istitute of Medicine and Sport Science, CONI, largo Piero Gabrielli 1, 00197 Rome, Italy. E-mail: agiombini@tiscali.it

Youth rugby union injury rates and suggestions for injury prevention

Incidenza degli infortuni nel minirugby: indicazioni per la prevenzione

G. S. ROI, D. BONANNO, D. PACINI, F. CHIOZZI

Isokinetic Medical Group, Bologna, Italy

SUMMARY

Aim. The aim of this study was to analyze the incidence of injuries in youth rugby unions over 2 consecutive seasons.

Methods. The study population was 350 rugby players (age range, 7-14 years). Injury was defined as an acute traumatic event caused by an energy transfer greater than the body's capacity to maintain its structural and functional integrity, with subsequent absence of the player from practice and/or the next match for at least 7 days.

Results. The accident rate was 0.5 per 1000 athletic exposure hours (practice and competition) and was about 14 times higher for matches than for practice. ($z=-9.754$; $P<0.001$). In youth rugby, 85% of injuries are caused by direct trauma (contact), chiefly during tackling, and predominantly involve the skeletal system (fractures in 49% of cases), especially the extremities, whereas joint injuries (21% of cases) and musculotendinous injuries are less frequent than in professional rugby.

Conclusion. The study results suggest that injury prevention in youth rugby union should include measures that improve and develop tackling skills in both the tackler and the tackled player. Adequate general physical fitness, together with correct nutrition, flexibility, strength and coordination training, and education in the principles of fair play, are equally important for implementing effective injury prevention.

KEY WORDS: Rugby - Injuries - Epidemiology.

RIASSUNTO

Obiettivo. Scopo dello studio è stato quello di analizzare l'incidenza degli infortuni nel rugby giovanile (minirugby) in 2 stagioni agonistiche consecutive che hanno coinvolto 350 giovani rugbisti di età compresa tra 7 e 14 anni.

Metodi. È stato definito infortunio un evento traumatico acuto, dovuto al trasferimento di energia che supera la capacità dell'organismo di mantenere la sua integrità strutturale o funzionale e che ha comportato l'assenza dagli allenamenti e/o dalla partita successivi per un periodo di almeno sette giorni.

Risultati. L'incidenza degli infortuni è risultata complessivamente di 0.5 ogni 1,000 ore di pratica (allenamento più partite) ed è risultata maggiore di circa 14 volte durante le partite rispetto agli allenamenti ($z=-9,754$; $P=0,001$).

L'85% degli infortuni nel rugby giovanile avviene con meccanismo diretto (da contatto), prevalentemente durante i placcaggi. Tali infortuni provocano più frequentemente lesioni del sistema scheletrico (fratture; 49%) soprattutto a carico degli arti, mentre le lesioni articolari (21%) e muscolo tendinee (13%) sono assai meno frequenti rispetto al rugby professionistico.

Conclusioni. I risultati di questo studio indicano che la prevenzione degli infortuni nel rugby giovanile deve considerare le misure che migliorino la tecnica esecutiva del placcaggio, sia da parte del giocatore che placca, che da parte del giocatore placcato.

Una adeguata forma fisica generale supportata da una corretta alimentazione, unitamente a doti adeguate di flessibilità forza e coordinazione e l'educazione al fair play sembrano essere parimenti necessarie per una efficace prevenzione.

PAROLE CHIAVE: Rugby - Infortuni - Epidemiologia.

Rugby union is a team sport characterized by an high number of player collisions and associated with a high risk of injury. The injury rate for practice and matches in adult rugby is known.^{1, 2} While epidemiological studies on youth rugby in Great Britain,³ Australia,⁴ New Zealand^{5, 6} and South Africa^{7, 8} have generated a wealth of data, less is known about injury rates in community and school rugby during practice and matches in Italy.

Spink and McClure⁹ have underlined the importance of accurately quantifying injury rates in youth rugby to ensure that the beneficial effects of participation in sports are not counteracted by the potential risks associated with such activities. Though parents are aware of the beneficial effects regular physical activity and sports can confer,¹⁰ parental safety concerns pose a considerable barrier to granting their children permission to participate in sports. For example, 8% of Australian parents with children between age 5 and 12 years would not recommend participation in rugby union.¹¹

The aim of this study was to analyze injury rates in youth rugby, provide epidemiological data collected from a longitudinal study that would reveal risk factors associated with this sport, and suggest measures that could help to prevent injury more effectively.

Materials and methods

This longitudinal study was conducted over 2 consecutive seasons (2007-2008 and 2008-2009), involving 350 children (age range, 7-14 years) subdivided by age group. The subjects took part in practice and competitions at the Rugby Union Capitolina, Rome, were certified as fit for sports participation according to current norms (amateur sports fitness for children under 12 years of age; fitness certification for B1 level competitions in children over age 12 years, including clinical examination, eye examination, urinalysis, resting and after step test ECG, and spirometry) and had parental permission to participate following informed consent about the purposes of the study.

The team coaches were instructed on how to compile a simple report form in case of injury.

In accordance with previous studies, an in-

Il rugby è uno sport di squadra caratterizzato dall'elevato numero di collisioni tra i giocatori e da un rischio di infortunio considerato relativamente alto. L'incidenza degli infortuni nel rugby praticato da atleti adulti è nota sia per quanto riguarda le competizioni che gli allenamenti^{1, 2}.

A livello giovanile sono state condotte indagini epidemiologiche in Gran Bretagna³, Australia⁴, Nuova Zelanda^{5, 6} e Sud Africa^{7, 8}, mentre non siamo a conoscenza di dati relativi all'incidenza di infortuni durante gli allenamenti e le competizioni dalle squadre giovanili italiane che praticano il minirugby.

Secondo Spink e McClure⁹, è importante quantificare precisamente il rischio di infortunio anche a livello giovanile, in modo da essere certi che gli effetti positivi dovuti alla pratica sportiva non siano annullati dagli eventuali rischi che da essa derivano. I genitori infatti, pur conoscendo gli effetti benefici dell'esercizio regolare e dello sport¹⁰, possono dare o meno il loro assenso alla pratica di determinate attività sportive sulla base della loro percezione soggettiva ed a volte pregiudizievole del rischio di infortunio a cui possono essere sottoposti i loro figli. Ad esempio in Australia il rugby a 15 (Rugby Union) è sconsigliato dall'8% dei genitori con figli di età compresa tra 5 e 12 anni¹¹.

Scopo di questo studio è analizzare l'incidenza degli infortuni nel rugby giovanile (minirugby). Avere a disposizione dati epidemiologici raccolti mediante studi longitudinali permette di identificare eventuali fattori di rischio connessi con la pratica sportiva e quindi di attuare le misure preventive più efficaci.

Materiali e metodi

Abbiamo condotto uno studio longitudinale durante due stagioni consecutive (2007-08 e 2008-09), che hanno effettivamente coinvolto un totale di 350 giovani rugbisti di età compresa tra 7 e 14 anni, suddivisi per età nelle rispettive squadre. I giovani rugbisti partecipavano alle attività di allenamento e di competizione svolte presso l'Unione Rugby Capitolina di Roma, erano in possesso della certificazione di idoneità alla pratica sportiva prescritta dalla norme in materia (idoneità sportiva non agonistica per i giovani di età inferiore ai 12 anni; idoneità sportiva agonistica B1 per i giovani a partire da 12 anni comprendente visita clinica, acuità visiva, esame urine, ECG a riposo e dopo sforzo con calcolo dell'IRI e spirometria) ed i loro genitori erano stati informati sulle finalità dell'indagine.

Gli allenatori di ogni squadra sono stati istruiti in modo da essere in grado di compilare un semplice questionario ogni volta che un loro atleta riportava un infortunio.

In accordo con la letteratura internazionale, è stato definito come infortunio un "evento traumatico"

jury was defined as “an acute traumatic event resulting from the transfer of energy greater than the body’s ability to maintain its structural or functional integrity,”¹² occurring during practice or competition, and leading to the player’s absence from practice and/or the next match for a period of at least 7 days.¹³ This definition does not consider slight (0-1 day absence), minimal (2-3 days) or mild (4-7 days) injuries according to Fuller’s classification,¹² which, while requiring medical attention, an accident event may or may not result in a player’s absence from practice and matches for less than 1 week. Also excluded from the study were typical conditions of young athletes (e.g., Osgood-Schlatter apophysitis, the anterior knee pain) as they did not come under the definition of injury applied in this study.

Injury severity was classified in 3 categories on the basis of days of absence from practice and/or competition: <15 days (slight to moderate); 15-28 days (moderate); and >28 days (severe).^{1, 2, 12}

The team coaches recorded the attendance of each athlete at practice and competitions in order to compute exposure (hours/athlete) from the attendance register for their team.

The injury rate was calculated per 1000 game or practice hours (95% confidence interval [CI]) obtained by dividing the number of injuries by the total hours of athlete-exposure (practice and/or competition) for each athlete.

Data analysis was carried out using descriptive statistics (mean \pm standard deviation [SD]). Intra-group differences were assessed using a t-test; the differences in type of injury were compared by calculating z values.¹² Statistical significance was set at $P < 0.05$.

Results

Injury rate

Table I reports the injury rates for the 2 consecutive seasons and the total injury rate for the entire study period. No significant differences in injury rates for practice ($z = -0.070$; $P > 0.05$) or competition ($z = 1.000$; $P > 0.05$) or total rates ($z = -0.047$; $P > 0.05$) between the 2 seasons were observed. The injury rates by age group (including the under 7 and the under 15 years of age) are reported in Tables II, III.

co acuto, dovuto ad un trasferimento di energia che supera la capacità dell’organismo di mantenere la sua integrità strutturale o funzionale”¹², avvenuto durante l’allenamento o la partita, che ha comportato l’assenza dell’atleta dagli allenamenti e/o dalla partita successivi per un periodo di almeno sette giorni¹³. In questa definizione non sono ovviamente compresi gli infortuni di grado lieve (0-1 giorni di assenza), minimo (2-3 giorni), e blando (4-7 giorni) secondo la classificazione di Fuller¹², che pur comportando la necessità di qualche misura terapeutica, possono determinare o meno l’assenza dagli allenamenti e dalle gare per meno di una settimana. Sono state altresì escluse da questo studio le patologie tipiche degli atleti in giovane età, quali le apofisiti (tipo Osgood-Schlatter) e la sindrome femoro-rotulea o dolore anteriore di ginocchio, poiché non rientrano nella definizione di infortunio che abbiamo adottato.

Sulla base alla durata in giorni (gg) dell’assenza dagli allenamenti e/o dalle competizioni, la gravità degli infortuni è stata quindi classificata in tre categorie: <15 gg (blanda-moderata); tra 15 e 28 gg (moderata); >28 gg (severa)^{1, 2, 12}.

Gli allenatori hanno inoltre registrato la presenza di ogni singolo atleta agli allenamenti ed alle partite, in modo da poter computare l’esposizione in ore/uomo, consultando i registri di presenza delle varie squadre.

L’incidenza degli infortuni è stata calcolata per 1 000 ore di allenamento o di gara, con intervallo di confidenza al 95% (CI 95%). Il calcolo dell’incidenza è stato effettuato dividendo il numero di infortuni per il totale delle ore (di allenamento e/o di gara) giocate da ogni singolo atleta.

I dati sono stati analizzati con la statistica descrittiva (media \pm deviazione standard). Le differenze tra i gruppi sono state saggiate applicando il test t, mentre le differenze di incidenza sono state paragonate calcolando i valori z.¹⁴ È stato accettato come significativo un valore di $P < 0,05$.

Risultati

Incidenza degli infortuni

La Tabella I riporta l’incidenza degli infortuni nelle due stagioni successive e l’incidenza complessiva per l’intero periodo esaminato. Non sono state riscontrate differenze significative di incidenza tra le due stagioni in allenamento ($z = -0,070$; $P > 0,05$), in partita ($z = 1.000$; $P > 0,05$) e complessiva ($z = -0,047$; $P > 0,05$).

Le diverse incidenze di infortuni relative alle diverse classi di età (comprese tra Under 7 e Under 15) sono riportate nella Tabella II, III).

TABLE I.—Injury rates for 2 consecutive youth rugby union seasons.

TABELLA I. — *Incidenza degli infortuni nel rugby giovanile in due stagioni consecutive.*

Season	Players	Practice			Match			Total		
		Injuries	Incidence	95%CI	Injuries	Incidence	95%CI	Injuries	Incidence	95% CI
		x 1000 hours			x 1000 hours			x 1000 hours		
2007-08	169	11	0.3	0.1-0.5	10	4.9	1.7-8.1	21	0.6	0.5-0.6
2008-09	181	11	0.3	0.1-0.4	7	2.4	0.7-5.5	18	0.5	0.5-0.6
Total	350	22	0.3	0.1-0.4	17	4.2	2.2-6.2	39	0.5	0.5-0.6

TABLE II.—Injury rate stratified by rugby squad for the 2008-2009 season.

TABELLA II. — *Incidenza degli infortuni per squadra nella stagione 2008-2009.*

Squad	No.	Practice			Match			Total		
		Injuries	Incidence	95%CI	Injuries	Incidence	95%CI	Injuries	Incidence	95% CI
		x 1000 hours			x 1000 hours			x 1000 hours		
Under 7	14	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0
Under 8	15	1	0.6	-0.6-1.8	0	0.0	0.0-0.0	1	0.6	-0.5-1.6
Under 9	21	0	0.0	0.0-0.0	2	15.0	-4.2-34.2	2	0.8	-0.3-1.8
Under 10	18	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0
Under 11	26	0	0.0	-0.2-0.6	0	0.0	0.0-0.0	0	0.4	-0.1-0.9
Under 12	25	1	0.2	0.0-0.6	0	0.0	0.0-0.0	1	0.8	0.2-1.5
Under 13	27	5	0.8	0.2-1.4	2	4.5	-1.4-10.5	7	1.0	0.3-1.6
Under 15	35	4	0.5	0.0-0.9	3	5.0	-0.2-10.2	7	0.7	0.2-1.2
Total	181	11	0.3	0.1-0.4	7	3.1	0.7-5.5	18	0.5	0.5-0.6

TABLE III.—INJURY RATE STRATIFIED BY SQUAD FOR THE 2007-2008 season.

TABELLA III. — *Incidenza degli infortuni per squadra nella stagione 2007-2008.*

Squad	No.	Practice			Match			Total		
		Injuries	Incidence	95%CI	Injuries	Incidence	95%CI	Injuries	Incidence	95% CI
		x 1000 hours			x 1000 hours			x 1000 hours		
Under 7	15	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0
Under 8	19	1	0.5	-0.5-1.4	0	0.0	0.0-0.0	1	0.4	-0.5-1.4
Under 9	14	0	0.0	0.0-0.0	1	8.2	-7.9-24.4	1	0.6	-0.4-1.5
Under 10	22	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0	0	0.0	0.0-0.0
Under 11	21	4	1.2	-1.2-1.2	1	6.2	-5.9-18.3	5	1.3	0.4-2.3
Under 12	19	2	0.4	-0.2-1.0	3	9.2	0.2-18.7	5	1.0	0.3-1.7
Under 13	19	1	0.2	-0.2-0.6	4	13.8	-6.6-25.2	5	0.9	0.2-1.6
Under 15	40	3	0.3	0.0-0.6	1	1.5	-4.4-4.5	4	0.3	-0.7-0.6
Total	169	11	0.3	0.1-0.5	10	4.9	1.7-8.1	21	0.6	0.5-0.6

Injury severity

Table IV reports injury severity divided into 3 classes as defined by the time between the accident event and return to playing. Athletes returned to playing after an absence of 54 ± 44 days and 74 ± 77 days after an injury in the 2007-2008 and the 2008-2009 season, respectively ($t = -0.972$; $P > 0.05$). Analysis of the global data revealed that an injury led to an absence from playing of about 2 months (63 ± 57 days) on average.

The high coefficient of variation ($CV = 90\%$) was related to the different degrees of severity

Gravità degli infortuni

La gravità degli infortuni, suddivisa in tre classi in base al tempo trascorso tra l'infortunio ed il ritorno in squadra, è riportata nella Tabella IV.

I giocatori infortunati sono tornati all'attività in media dopo 54 ± 44 e dopo 74 ± 77 giorni dall'infortunio, nelle stagioni 2007-08 e 2008-09 rispettivamente ($t = -0,974$; $P > 0,05$). Considerando i dati complessivamente si può affermare che un infortunio comporta un'assenza media dai campi di rugby per circa due mesi (63 ± 57 giorni).

L'elevato coefficiente di variazione ($CV = 90\%$)

TABLE IV.—Injury severity.

TABELLA IV. — *Gravità degli infortuni.*

Time absent (days)	2007-2008 Injuries - no./%	2008-2009 Injuries - no./%	Total Injuries - no./%
<15	1 / 5	1 / 6	2 / 5
15-28	8 / 38	2 / 11	10 / 26
> 28	12 / 57	15 / 83	27 / 69
Total	21 / 100	18 / 100	39 / 100

TABLE V.—Site of injury.

TABELLA V. — *Sede degli infortuni (N.B.: 101% è dovuto all'arrotondamento senza decimali).*

	2007-08 No. / %	2008-09 No. / %	Total No. / %
Lower limb	10 / 48	7 / 39	17 / 44
Upper limb	8 / 38	8 / 44	16 / 41
Head	2 / 10	2 / 11	4 / 10
Trunk	1 / 5	1 / 6	2 / 5
Total	21 / 101*	18 / 100	39 / 100

*Due to rounding off without decimals

of injury, which led to an absence from 12 to 240 days.

Site and type of injury

The sites most often involved were the extremities, without a clear difference between the upper and lower limbs (Table V). The most frequent type of injury was bone fractures (Table VI).

Mechanisms of injury

The mechanism that most often produced injury was contact, *i.e.*, direct trauma (85% of cases), and most often during tackling (Table VII). Indirect trauma (not caused by contact) comprised muscle injury (tears, N=5; 13%) and ankle sprains (N=1; 2%).

Discussion

In epidemiological studies on sports, the definition of injury is crucial for determining the injury rate. With the definition of injury used in this study, we were able to exclude

TABLE VI.—Type of injury.

TABELLA VI. — *Tipologia degli infortuni (N.B.: 101% è dovuto all'arrotondamento senza decimali).*

	2007-08 No. / %	2008-09 No. / %	Total No. / %
Bone fracture	10 / 48	9 / 50	19 / 49
Sprain	4 / 19	3 / 17	7 / 18
Muscle tear	3 / 14	2 / 11	5 / 13
Contusion	2 / 10	2 / 11	4 / 10
Concussion	1 / 5	1 / 6	2 / 5
Displacement	1 / 5	0 / 0	1 / 3
Tympanic rupture	0 / 0	1 / 6	1 / 3
Total	21 / 101*	18 / 101*	39 / 101*

*Due to rounding off without decimals.

dipende dalla diversa gravità degli infortuni, che hanno comportato un'assenza compresa tra 12 e 240 giorni.

Sede e tipologia degli infortuni

I distretti più colpiti sono stati gli arti, senza una netta prevalenza tra arto superiore ed inferiore (Tabella V).

La Tabella VI riporta la tipologia degli infortuni: le fratture sono le lesioni più frequenti.

Meccanismo che provoca l'infortunio

Il meccanismo con cui si producono gli infortuni è prevalentemente da contatto, ovvero da trauma diretto (85% dei casi), il più delle volte durante il placcaggio (Tabella VII).

I traumi indiretti (da non contatto) riguardano lesioni muscolari (strappi, N=5, 13%) e distorsioni di caviglia (N=1; 2%).

Discussione

La definizione di infortunio è cruciale per determinare il dato di incidenza negli studi epidemiologici applicati allo sport. La definizione di infortunio adottata nel presente studio ha permesso di escludere tutte quelle situazioni traumatiche che determinano conseguenze minime o che non determinano conseguenze e che portano ad un'assenza dalla pratica sportiva (allenamento e/o gara) limitata a non più di una settimana. Questa definizione ci ha permesso di raccogliere e di analizzare solo gli infortuni che necessitano di un intervento medico e che in genere portano a considerare il rugby come uno sport "pericoloso".

L'incidenza di questo tipo di infortuni è risultata complessivamente bassa (0,5 infortuni ogni 1,000

TABLE VII.—Mechanism of injury.

TABELLA VII. — *Meccanismo con cui si producono gli infortuni. N.B.: 101% è dovuto all'arrotondamento senza decimali.*

	2007-2008 No. / %	2008-2009 No. / %	Total No. / %
Tackled	5 / 24	10 / 56	15 / 38
Tackler	10 / 48	4 / 22	14 / 36
Ruck-maul	3 / 14	1 / 6	4 / 10
Other	3 / 14	3 / 17	6 / 15
Total	21 / 100	18 / 101*	39 / 100

*Due to rounding off without decimals.

accident events with only minor or no consequences resulting in a brief absence from sports (practice and/or competition) of less than 1 week duration. This definition also enabled us to collect and analyze only those injuries which required medical attention and which in the public mind render rugby a “dangerous” sport.

The rate of this type of injury was relatively low (0.5 injuries per 1000 athletic exposure hours) and was about 14 times higher for matches than practice ($z=-9.754$; $P<0.001$). The reason for this difference is that competitiveness is clearly greater during matches than practice, as demonstrated by other epidemiological studies on team sports.¹⁵

To date, there are no published data on practice in youth rugby that can be compared with those obtained in our study.

The injury rate during matches was lower than that reported by previous studies on Australian (<13 years of age=13.6 per 1000 athletic exposure hours)¹⁶ and New Zealand (< 13 years of age =20.01 per 1000 athletic exposure hours)¹⁷ youth rugby players and similar to Scottish (<16 years of age = 3.4 per 1000 athletic exposure hours) players.¹⁸ These differences are due to the discrepancies in the definition of injury and are in part due to the different ages of the population samples and differences in study design.

Some studies have underscored a trend toward an increase in injury rate with increasing player age and technical skills.^{3, 8, 17} Our study partially confirms this observation: no injuries were recorded in the 2 squads composed of younger players (under 7 and under 10), whereas a slightly upward trend of injury rates with increasing age (≥ 10 years) was noted. A plausible explanation is that with the

ore di pratica) ed è risultata maggiore di circa 14 volte durante le partite rispetto agli allenamenti ($z = -9.754$; $P<0.001$). Ciò è comprensibile, poiché la violenza competitiva è assai più evidente in partita rispetto agli allenamenti, come del resto dimostrato da vari studi epidemiologici sugli sport di squadra¹⁵.

Non esistono dati della letteratura relativi all'allenamento nel rugby giovanile che possano essere paragonati con quelli rilevati con questo studio.

D'altra parte l'incidenza degli infortuni in partita è risultata minore di quella riportata in letteratura da altri autori per giovani rugbisti australiani (<13 aa=13,6/1,000 ore)¹⁶ e neozelandesi (<13 aa=20.0/1,000 ore)¹⁷ e paragonabile a quella rilevata per i giovani rugbisti scozzesi (<16 aa=3.4/1,000 ore)¹⁸. Queste differenze dipendono dalle diverse definizioni di infortunio ed in parte dalle diverse età degli atleti analizzati e dalle diverse metodologie di studio adottate.

Alcuni studi hanno evidenziato una tendenza all'aumento dell'incidenza di infortuni con l'aumentare dell'età e del livello tecnico^{3, 8, 17}. Questa osservazione è solo in parte confermata nel presente studio, poiché in due squadre composte da giocatori più giovani (Under 7 e Under 10) si è registrata l'assenza di infortuni, mentre è stata rilevata un tendenza ad un lieve aumento dell'incidenza degli infortuni con l'aumentare dell'età, a partire da 10 anni. In effetti con l'avvento della pubertà si ha un temporaneo peggioramento delle capacità coordinative e di equilibrio¹⁹, ma anche un aumento della massa corporea e della statura (Tabella VIII), con conseguente possibilità di esercitare maggiori forze di impatto durante il gioco.

La maggioranza degli infortuni si è prodotta con meccanismo da contatto, durante il placcaggio. L'infortunio durante il placcaggio è stato riportato a carico indifferentemente del giocatore che placca o di quello che viene placcato, anche se spesso durante il placcaggio vengono coinvolti più giocatori. Dalla tabella 6 non è evidenziabile una maggior

TABLE VIII.—Anthropometric characteristics of players and global injury rates stratified by age group.

TABELLA VIII. — *Caratteristiche antropometriche ed incidenza complessiva degli infortuni dei giocatori esaminati, suddivisi per classi di età.*

Squad	No.	Age (yrs)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m ²)	Injury rate x 1000 hours	95% CI x 1000 hours
Under 7	29	6	24.4±5.8	121±6	16.6±2.6	0.0	0.0-0.0
Under 8	34	7	26.9±2.7	127±3	16.6±1.6	0.5	-0.2-1.1
Under 9	35	8	33.0±6.1	135±5	18.1±2.9	0,7	-0.1-1.4
Under 10	40	9	38.7±3.9	141±5	19.5±2.3	0,0	0.0-0.0
Under 11	47	10	41.4±7.1	145±6	19.4±2.6	0,6	0.1-1.1
Under 12	44	11	47.7±10.9	153±9	20.3±3.4	0,5	0.0-1.0
Under 13	46	12	55.8±12.1	160±8	21.6±3.4	0,9	0.4-1.4
Under 15	75	14±1	35.4±13.3	170±10	22.6±3.5	0,5	0.2-0.8
Total	350					0.5	0.1-1.7

BMI denotes body-mass index (weight in kilograms divided by height in meters squared). Plus-minus values are means ±SD.

onset of puberty, there is a transient reduction in coordination and balance abilities¹⁹ accompanied by a gain in body mass and height (Table VIII), potentially resulting in greater impact forces exerted during a match. Most of the contact-induced injuries occurred during tackling. Tackling-related injuries affect both the tackler and the tackled player, even if tackling often involves multiple players simultaneously. The data in Table VII do not suggest a higher percentage of injury in a tackler or a tackled player, because during the 2007-2008 season, the injury rate for tacklers was twice that for tackled players, whereas during the 2008-2009 season the trend was reversed. Injury may result from trauma between bodies (or body parts) moving at different speeds and with different muscle force, as confirmed by the fact that in adult rugby the player with the lower momentum was injured in 80% of cases.²⁰

A consequence of the mechanism of injury received from direct trauma is that bone fracture was relatively more frequent in youth rugby (49% of cases), nearly all of which (17/19) occurred during tackling and were more frequent in the forwards. Junge *et al.*⁶ noted that bone fractures are about 4 times more frequent in youth rugby than in youth soccer, whereas the published data report that bone fractures are less frequent in professional rugby, accounting for 4% of injuries during matches¹ and 5% during practice.² Goulding²¹ found that the majority of bone fracture incidents are caused by medium-to-moderate trauma rather than severe trauma. Contributing risk factors include inadequate bone minerali-

*percentuale di infortunio a carico dei giocatori placcati o placcatori, poiché nella stagione 2007-08 i placcatori hanno riportato il doppio degli infortuni rispetto ai placcati, mentre nella stagione successiva questa tendenza è risultata invertita. È probabile che l'infortunio sia la conseguenza di un trauma che avviene tra corpi (o tra segmenti corporei) che si muovono a diverse velocità, esprimendo forze muscolari diverse, come confermato dal fatto che nel rugby praticato dagli adulti il giocatore con l'impulso minore è quello che risulta infortunato nell'80% dei casi.*²⁰

Come conseguenza del meccanismo di lesione da trauma diretto, le fratture sono risultate le lesioni relativamente più frequenti nel rugby giovanile (49% dei casi), per la quasi totalità (17 su 19) si producono durante il placcaggio e ne sono soggetti più frequentemente gli avanti. Junge e coll.⁶ hanno osservato che nel rugby giovanile le fratture sono circa 4 volte più frequenti rispetto al calcio giovanile, mentre i dati della letteratura indicano che sono assai meno frequenti nel rugby professionistico, dove rappresentano il 4% degli infortuni in partita¹ ed il 5% degli infortuni in allenamento². Goulding²¹ afferma che la maggioranza delle fratture si produce come risultato di un trauma di grado medio o moderato, piuttosto che di un trauma di grado severo. Tra i vari fattori di rischio va annoverata una insufficiente mineralizzazione ossea che si può instaurare transitoriamente durante l'accrescimento e che può essere aggravata da fattori alimentari quali l'insufficiente apporto di calcio con la dieta e l'eccessivo consumo di bevande ricche di carboidrati²² che modificano il fisiologico rapporto tra calcio e fosforo, con effetti deleteri per il tessuto osseo²³.

La frattura rappresenta un tipo di lesione traumatica che colpisce particolarmente l'immaginario sia dei giovani atleti che dei loro genitori ed in

zation which may be a transient event during the growth period and can be adversely affected by insufficient dietary intake of calcium and excessive intake of carbohydrate-rich beverages²² which alter the normal balance between calcium and phosphorus, leading to deleterious effects on bone tissue.²³

Bone fractures captivate the imagination of young athletes and their parents, and also of the technical staff to some extent, since pain, altered limb profile, and functional impairment require emergency medical intervention and orthopaedic treatment, with application of a plaster cast, and hospitalization and surgery in some cases. The biological healing time needed for fracture repair is relatively long, often followed by rehabilitation before the player can return to the field. From this perspective it is interesting to note that the mean time for return to playing did not differ significantly ($t=0.111$; $P>0.05$) between athletes in the under 7-under 10 squads and those in the under 11-under 15 squads (65 ± 78 days vs. 61 ± 49 days, respectively).

Joint injuries (sprains and dislocations) accounted for 21% of injuries (Table VI) in this study, whereas in professional rugby they account for 38% of all injuries.^{1, 2} Musculotendinous injuries were relatively less frequent than those reported for professional rugby (13% vs. 50%, respectively).^{1, 2}

Another type of injury considered serious owing to potential consequences and difficult diagnosis²⁴ is concussion, which occurred in 2 cases, both of which during practice (injury rate 0.04 per 1000 hours practice; 95% CI: -0.03-0.11), with transient loss of consciousness. The players were hospitalized and kept under observation, discharged without particular complications, but were absent for 42 ± 17 days; the injury was therefore classified as severe.¹²

In youth rugby union there is continuing debate on the effectiveness of wearing protective headgear during practice and competition. Opinion is divided as to whether football headgear can protect against skin injury (abrasions and lacerations) and against concussion. Notably, commercially available headgear is made from lightweight materials which have been shown to fail to attenuate impact energy at forces that can cause concussion.^{25, 26} Nonetheless, according to an Australian survey (published in 1999) of schoolboys aged between 14 and 16 years,

qualche misura anche dello staff tecnico, poiché la sintomatologia dolorosa, l'alterazione del profilo del segmento infortunato e l'impotenza funzionale rendono necessario l'invio al pronto soccorso ed il trattamento ortopedico, che comporta l'applicazione di un apparecchio gessato ed in alcuni casi il ricovero ospedaliero e l'intervento chirurgico. Ne consegue che i tempi biologici per la riparazione di una frattura sono relativamente lunghi e spesso è necessario un periodo di recupero funzionale con supervisione prima di riprendere l'attività sportiva. Da questo punto di vista è interessante notare che il tempo medio necessario per il ritorno all'attività non differiva significativamente ($t=0.111$; $P>0.05$) tra gli atleti che hanno riportato infortuni appartenenti alle squadre Under 7-Under 10 (65 ± 78 giorni) e quelli appartenenti alle squadre Under 11-Under 15 (61 ± 49 giorni).

Le lesioni articolari (distorsioni e lussazioni) hanno rappresentato complessivamente il 21% degli infortuni (Tabella VI), mentre a livello professionistico sono relativamente più frequenti e si verificano nel 38% del totale degli infortuni^{1, 2}.

Anche le lesioni muscolo-tendinee sono risultate relativamente poco frequenti (13%), se paragonate con quelle riportate a livello professionistico che raggiungono circa il 50% degli infortuni^{1, 2}.

Un altro tipo di infortunio considerato grave per le possibili conseguenze e la relativa difficoltà della diagnosi²⁴ è il trauma cranico, che nel presente studio si è verificato in soli 2 casi, entrambi avvenuti in allenamento (incidenza di 0,04 per 1,000 ore di allenamento; CI 95%=-0,03-0,11), con temporanea perdita di coscienza. Questi casi hanno comportato il ricovero ospedaliero in osservazione, con successiva dimissione senza particolari conseguenze, ma con 42 ± 17 giorni di assenza dall'attività sportiva, che portano a classificare la gravità di questo tipo di infortunio come severa¹².

Nel mondo del rugby a 15 vi è un certo dibattito sull'utilità dei caschetti protettivi durante gli allenamenti e le partite a livello giovanile e le opinioni sono contrastanti²⁵. Se da una parte il caschetto può sicuramente servire per proteggersi dalle lesioni cutanee (abrasioni e lacerazioni), d'altra parte non sembra essere in grado di proteggere dai traumi concussivi. In particolare il materiale con cui sono confezionati i caschetti attualmente in commercio è leggero ed è stato dimostrato che tale materiale non è idoneo a dissipare l'energia dell'impatto, quando questa è tale da provocare una concussione²⁶. Ciò nonostante nel 1999 il 76% dei ragazzi australiani di età compresa tra 14 e 16 anni indossava il caschetto protettivo e dichiarava di essere propensa ad indossarlo per ragioni di sicurezza²⁷.

Infine, è interessante notare che nella stagione

76% stated they were willing to wear head-gear for safety reasons.²⁷

A further consideration in our study is that during the 2008-2009 season a last generation synthetic grass terrain covering was installed in one field used during the majority of practice sessions and some matches. This change did not have a significant effect on the injury rate (cf. difference between 2007-2008 vs. 2008-2009 season; Tables II,III); only 1 ankle sprain was recorded for a player running on natural terrain and another was recorded for an athlete playing on synthetic terrain. This second case, however, was a relapse in a player who had incurred an ankle sprain on natural terrain the previous season. In light of these observations and together with the fact that the majority of injuries in youth rugby are caused by direct trauma, it is likely that the mechanism of injury in youth rugby is not strictly related to the type of field terrain; however, this point needs further studies.²⁸

Recommendations for accident and injury prevention hinge on the many complex inter-related factors contributing to injuries during practice and competition.²⁹ In team sports such as rugby in which physical contact between players is permitted, the intrinsic risk factors specific to each player may be linked to the player's chronological age, body size (e.g., body mass),²⁹ biological age,²¹ overall health and fitness, psychological attitudes, and previous injuries.³⁰ There is a wide range of interindividual differences within the same age group which may have a differential effect on risk factors, including diet, endocrine dysfunction, chronic illnesses or genetic alterations, which in some cases can act on the skeletal and/or muscular systems.²¹ A further consideration is that during puberty the body undergoes major morphofunctional and psychological changes¹⁹ which may also be linked to the occurrence of injury.

These intrinsic factors combine with extrinsic factors³¹ such as environmental conditions, equipment, and the characteristics of the sport, which can contribute to increasing the risk of injury during certain phases of a match where individual skills can play an important role. Measures to improve tackling skills could help to minimize injury during this essential phase of the match; however, further studies are needed to examine this possibility.

2008-09 è stato predisposto un campo in erba sintetica di ultima generazione, che è stato utilizzato nella maggioranza degli allenamenti ed in alcune partite. Ciò non ha sostanzialmente modificato l'incidenza degli infortuni (si veda la differenza tra le stagioni 2007-08 e 2008-09; Tabelle II,III), ed in particolare è stata registrata una sola distorsione di caviglia riportata correndo su terreno non sintetico ed una sola distorsione riportata giocando su terreno sintetico. In questo secondo caso si trattava però di un re infortunio, occorso ad un giocatore che aveva riportato una distorsione di caviglia anche nella stagione precedente su terreno non sintetico. Considerando queste osservazioni, unitamente al fatto che la maggioranza degli infortuni nel mini-rugby avviene per trauma diretto, è probabile che i meccanismi con cui si producono gli infortuni nel rugby giovanile non siano strettamente dipendenti dalle caratteristiche dei terreni di gioco, anche se su questo aspetto sarebbero necessari ulteriori studi²⁸.

Per quanto riguarda le indicazioni per la prevenzione è necessario sottolineare che i fattori che contribuiscono al prodursi di un infortunio in allenamento o in partita sono molteplici ed hanno tra di loro interrelazioni assai complesse²⁹. Negli sport di squadra in cui il contatto fisico è ammesso, quali ad esempio nel rugby, i fattori di rischio intrinseci, specifici per ciascun individuo, possono essere legati all'età cronologica, alle dimensioni corporee (ad esempio alla massa)²⁹, allo stato di maturità biologica²¹, nonché allo stato di salute e di forma fisica, alle caratteristiche psicologiche ed ai pregressi infortuni³⁰. Evidentemente esistono notevoli differenze interindividuali nell'ambito di una medesima classe di età, che possono condizionare diversamente i vari fattori di rischio, tra i quali possono giocare un ruolo importante oltre alla dieta, anche le eventuali disfunzioni endocrine, le patologie croniche o le alterazioni genetiche, che in alcuni casi agiscono direttamente sul sistema osseo e/o muscolare²¹. Inoltre l'ambito di indagine qui utilizzato comprende anche l'età della pubertà, dove è noto che si producono importanti modificazioni morfofunzionali e psicologiche,¹⁹ che possono anch'esse avere relazione con la genesi degli infortuni.

Tutti questi fattori intrinseci si combinano con fattori estrinseci³¹ quali le condizioni ambientali, le attrezzature e le caratteristiche dello sport praticato, che possono determinare un aumentato rischio di infortunio in particolari fasi di gioco, dove le caratteristiche tecniche individuali possono giocare un ruolo importante. In effetti, le misure volte a migliorare la tecnica esecutiva del placcaggio potrebbero portare ad una diminuzione degli infortuni in questa fondamentale fase del gioco, ma sono necessari ulteriori studi per verificare questa possibilità.

Conclusions

The injury rate in youth rugby union is relatively low. The majority of injuries are caused by a direct mechanism (player contact) and mainly during tackling. Direct contact injuries often involve the skeleton (bone fractures), chiefly the limbs, whereas joint and musculotendinous injuries are far less frequent in youth rugby than in adult rugby. Absence from the field after a serious injury is about 2 months on average, but with a wide range of variability depending on the type of injury.

On the basis of the results of this study, injury prevention measures in youth rugby need to take into account interventions that improve tackling skills in the tackler and the tackled player. Such interventions can include exercises that gradually improve confidence with player contact, taken from skills applied in free wrestling and judo, and should be implemented in different situations with graded difficulty (e.g., tackling a standing player, a running player, from the front and from the side). Adequate physical fitness together with correct diet, flexibility, strength and coordination training, and education on the principles of fair play are equally necessary for effective injury prevention in youth rugby union.

Conclusioni

L'incidenza degli infortuni nel minirugby è complessivamente bassa. La maggioranza degli infortuni avviene con meccanismo diretto (da contatto), prevalentemente durante i placcaggi. Tali infortuni provocano più frequentemente lesioni a carico del sistema scheletrico (fratture) soprattutto a carico degli arti, mentre le lesioni articolari e muscolo tendinee sono assai meno frequenti rispetto al rugby praticato dagli adulti. La gravità delle lesioni comporta tempi di recupero stimabili mediamente attorno ai due mesi, ma con un'ampia variabilità dipendente dalla tipologia delle lesioni. Sulla base dei risultati di questo studio, la prevenzione degli infortuni nel rugby giovanile dovrebbe considerare le misure che migliorano la tecnica esecutiva del placcaggio, sia da parte del giocatore che placca, che da parte del giocatore che viene placcato. Tali misure comprendono esercitazioni che portano progressivamente ad una maggiore confidenza con il contatto, che derivano anche dalle tecniche della lotta libera e del judo, e che devono essere proposte in diverse situazioni, con gradi diversi di difficoltà (ad esempio dal placcaggio su giocatore fermo, al placcaggio su giocatore che corre; dal placcaggio di fronte al placcaggio laterale, ecc...). Una adeguata forma fisica generale supportata da una corretta alimentazione, unitamente a doti appropriate di flessibilità, forza e coordinazione e l'educazione al fair play sembrano essere parimenti necessarie per una efficace prevenzione nel minirugby.

References/Bibliografia

- 1) Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training injuries. *Br J Sports Med* 2005;39:767-75.
- 2) Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. A prospective study of injuries and training amongst the England 2003 Rugby World Cup squad. *Br J Sports Med* 2005;39:288-93.
- 3) Lee AJ, Garraway WM. Epidemiological comparison of injuries in school and senior club rugby. *Br J Sports Med* 1996;30:213-7.
- 4) Browne GJ. Cervical spinal injury in children's community rugby football. *Br J Sports Med* 2006;40:68-71.
- 5) Pringle RG, McNair P, Stanley S. Incidence of sporting injury in New Zealand youths ages 6-15 years. *Br J Sports Med* 1998;32:49-52.
- 6) Junge A, Cheung K, Edwards T, Dvorak J. Injuries in youth amateur soccer and rugby players – comparison of incidence and characteristics. *Br J Sports Med* 2004;38:168-72.
- 7) Nathan M, Goedeke R, Noakes TD. The incidence and nature of rugby injuries experienced at one school during the 1982 rugby season. *S Afr Med J* 1983;64:132-7.
- 8) Roux CE, Goedeke R, Visser GR, Van Zyl WA, Noakes TD. The epidemiology of schoolboy rugby injuries. *S Afr Med J* 1987;71:307-13.
- 9) Spinks AB, McClure RJ. Quantifying the risk of sports injury: a systematic review of activity-specific rates for children under 16 years of age. *Br J Sports Med* 2007;41:548-57.
- 10) Floriani V, Kennedy C. Promotion of physical activity in children. *Curr Opin Pediatr*. 2008;20:90-5.
- 11) Boufous S, Finch C, Bauman A. Parental safety concerns – a barrier to sport and physical activity in children? *Aust N Z J Public Health* 2004;28:482-6.
- 12) Fuller CW, Molloy MG, Bagate C, Bahr R, Brooks JHM, Donson H *et al*. Consensus statement on injury definition and data collection procedures for studies of injuries in rugby union. *Br J Sports Med* 2007;41:328-31.
- 13) Goldberg B, Rosenthal PP, Robertson LS. Injuries in youth football. *Pediatrics* 1988;81:255-61.
- 14) Lindenfeld TN, Schmitt DJ, Hendy MP, Mangine RE, Noyes FR. Incidence of injury in indoor soccer. *Am J Sports Med* 1994;22:364-71.
- 15) Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries. *Br J Sports Med* 2005;39:757-66.
- 16) Davidson RM. Schoolboy rugby injuries. *Med J Aust* 1987;147:119-20.
- 17) Durie RM, Munroe AD. A prospective survey of injuries in a New Zealand schoolboy rugby population. *NZ J Sports Med* 2000;28:84-90.
- 18) Garraway M, Macleod D. Epidemiology of rugby football injuries. *Lancet* 1995;345:1485-7.
- 19) Adirim TA, Cheng TL. Overview of injuries in the young athlete. *Sports Med* 2003;33:75-81.
- 20) Garraway WM, Lee AJ, Macleod D, Telfer JW, Deary IJ, Murray GD. Factors influencing tackle injuries in rugby union football. *Br J Sports Med* 1999;33:37-41.
- 21) Goulding A. Risk factors for fractures in normally active children and adolescents. *Med Sport Sci*. 2007;51:102-20.
- 22) Wyshak G. Teenaged girls, carbonated beverage consumption, and bone fractures. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000;154:610-3.
- 23) Petridou E, Karpathios T, Dessypris N, Simou E, Trichopoulos D. The role of dairy products and not alcoholic beverages

ages in bone fractures among school-age children. *Scand J Public Health* 1997;25:119-25.

24) Aubry M, Cantu R, Dvorak J, Graf-Bauman T, Johnsson K, Kelly J *et al.* Summary and agreement statement of the first Conference on Concussion in Sport, Vienna, 2001. *Br J Sports Med* 2002;36:6-10.

25) McIntosh AS, McCrory P. Effectiveness of headgear in a pilot study of under 15 rugby union football. *Br J Sports Med* 2001;35:167-9.

26) McIntosh AS, McCrory P. Impact energy attenuation performance of football headgear. *Br J Sports Med* 2000;34:337-42.

27) Finch CF, McIntosh AS, McCrory P. What do under 15 year old school-boy rugby union players think about protective headgear? *Br J Sports Med* 2001;35:89-94.

28) Takemura M, Schneiders AG, Bell ML, Milburn PD. Association of ground hardness with injuries in rugby union. *Br J Sports Med* 2007;41:582-7.

29) Meeuwisse WH. Predictability of sports injuries: what is the epidemiological evidence? *Sports Med* 1991;12:8-15.

30) Quarrie KL, Alsop JC, Waller AE, Bird YN, Marshall SW, Chalmers DJ. The New Zealand rugby injury and performance project. VI A prospective cohort study of risk factors for injury in rugby union football. *Br J Sports Med* 2001;35:157-66.

31) Taimela S, Kujala UM, Osterman K. Intrinsic risk factors and athletic injuries. *Sports Med* 1990;9:205-15.

Received on January 12, 2010 - Accepted for publication on November 8, 2010.

Funding.—This study was supported by a grant from the Ministry of Labor, Health and Social Policies, and by the Italian National Olympic Committee (CONI), Latium Regional Committee.

Corresponding author: G. S. Roi, Isokinetic Medical Group, Via Casteldebole 8/4, 40132 Bologna, Italy. E-mail: gs.roi@isokinetic.com

In questo numero la rubrica "La Medicina dello Sport ... per Sport" è dedicata alla disciplina della pallamano che non era ancora comparsa nella ormai ultradecennale storia di questa rubrica. Grazie al determinante contributo delle strutture sanitarie federali, la Rivista si augura di rendere un servizio utile ai lettori alternando, anche nei prossimi numeri, argomenti di aggiornamento e lavori su discipline ancora non trattate.

LA PALLAMANO

S. SALVI

Medico Federale FIGH, Ascoli Piceno, Italia

Notizie storiche

Non è facile indicare un paese del mondo dove con certezza si possa dire che abbia avuto origine lo sport della pallamano; sicuramente alla fine dell'Ottocento si sono ritrovate le prime esperienze di uno sport dove la palla veniva giocata con le mani.

Danimarca, Svezia, Russia, Cecoslovacchia rivendicano questo diritto.

È provato comunque che, nel 1898, un insegnante di educazione fisica danese, un certo Holger Nielsen, fece praticare nella sua scuola un gioco chiamato *Handbold*, le cui regole si avvicinavano alla attuale pallamano; lo stesso Nielsen, nel 1912, codificò le prime regole di questo nuovo gioco, che destava grande interesse nei giovani della scuola e che già nei primi incontri faceva registrare tre-quattro mila spettatori. Contemporaneamente in Cecoslovacchia si stava divulgando un gioco simile chiamato *Hazena*, giocato sia da maschi che da femmine e che aveva influenzato anche alcune zone della vicina Jugoslavia.

Il primo incontro internazionale in palestra fu giocato a Copenhagen l'8 marzo 1935 tra Danimarca e Svezia (12 a 18 il risultato).

Le regole definitive della pallamano attuale risalgono al 1936 e poco dopo si disputò il primo Campionato Mondiale della "piccola" pallamano (Berlino, febbraio 1938, con la Germania

al primo posto), giocato da 7 giocatori in campo e distinto dalla "grande" pallamano, giocata su campi in erba da 11 giocatori, che contemporaneamente si andava diffondendo nell'Europa Centrale. Nei Giochi Olimpici di Berlino del 1936 la pallamano a 11 fece il suo ingresso ufficiale nella manifestazione e la Germania conquistò, come sempre, la medaglia d'oro.

Al termine del conflitto mondiale la Germania perse il ruolo storico di leader di questa disciplina che cominciò pian piano a divulgarsi nei paesi slavi e scandinavi che rivolsero però maggiore attenzione al gioco a 7 giocato in palestra. A Copenhagen si svolse nel 1946 la prima assemblea costitutiva della Federazione Internazionale di Handball (IHF). Il primo ingresso ai Giochi Olimpici la pallamano lo fa nelle Olimpiadi di Monaco del 1972 con la vittoria della Jugoslavia.

In Italia la pallamano fece la sua prima apparizione nel 1965 presso l'ISEF di Roma, dove un professore francese, il Prof. Choley, tenne alcune lezioni al "Corso N" allora frequentato da Capra, Gutweniger, Silvestrucci che divennero i primi promotori tecnici della disciplina. La Federazione Italiana Giuoco Handball (FIGH) nasce nel dicembre 1969 per iniziativa del "Comitato Promotore per la diffusione della Pallamano" (presidente Eugenio Enrile e segretario Eugenio Chiappero) e subito si diede vita al primo campionato nazionale e il primo titolo ita-



Figura 1. — Immagini della finale EHF del 30 maggio 2010 a Colonia.



Figura 2. — Immagini della finale EHF del 30 maggio 2010 a Colonia.

liano fu vinto dal Buscaglione Roma nella finale con Bruno Sport Roma (19 a 16) nel Campionato 1969-1970. Dalla culla dell'ISEF della Farnesina di Roma pian piano questo “nuovo gioco” si spostò in tutta Italia e, soprattutto, al Nord, dove nel 1972 il titolo italiano fu vinto dall'HC Verona; successivamente Rovereto e Trieste hanno fatto parlare di se nei risultati ottenuti. Si è avuta una crescita costante negli anni di tesserati e società sportive, con alterne vicende e risultati internazionali, fino all'apice toccato dalla pallamano ITALIANA con la partecipazione, unica per ora nella sua storia, al Campionato Mondiale del 1996 svoltosi a Kumamoto in Giappone.

Importanti risultati si sono ottenuti in alcune edizioni dei Giochi del Mediterraneo sia dalla squadra femminile sia da quella maschile (bronzo femminile a Spalato nel 1979 – oro femminile a Latakia nel 1987 – argento maschile a Spalato nel 1979 – bronzo maschile ad Atene nel 1991 – argento maschile a Bari nel 1997).

Di recente sta divulgandosi il gioco della pallamano sulla sabbia (*beach handball*), in cui la Nazionale Femminile Italiana nella stagione 2009 ha conquistato le prime posizioni a livello mondiale (oro Europei di Norvegia giugno 2009, Oro mondiali di Tai Wan luglio 2009).

È mancata per ora la passerella olimpica, ma tutto il movimento italiano sogna questa opportunità, che darebbe il lancio e la visibilità definitiva a una stupenda disciplina, che in tutte le nazioni d'Europa occupa posizioni d'avanguardia.

Caratteristiche tecniche

La pallamano è uno sport storicamente giovane ma a livello mondiale registra grande en-

tusiasmo e posizioni alte nelle graduatorie degli sport tra i più praticati e seguiti; recenti statistiche delle ultime Olimpiadi rilevano il più alto numero di spettatori che hanno assistito le gare degli Sport Indoor.

In alcune nazioni europee si sono visti anche 25000 spettatori nelle finali nazionali o di coppe europee, come in Germania e Spagna (Figure 1, 2).

La finale di Coppa Europa, giocata il 30 maggio 2010 a Colonia (Figura 3) tra i tedeschi del THW Kiel e gli spagnoli del FC Barcellona Borges è stata seguita da 19374 spettatori (www.ehf.com).

In Italia il numero di tesserati nella recente stagione 2009-2010 è stato di 38105 atleti con 466 società affiliate e attive, 1140 tecnici, 434 arbitri, 2256 dirigenti. I campionati nazionali maschili si svolgono con un girone di elite, due gironi di serie A1, sei gironi di A2 e 12 gironi di serie B, mentre i campionati femminili sono strutturati con un girone di A1, due di A2, sei di serie B e 10 di serie C.

Di difficile valutazione la partecipazione giovanile ai Giochi della Gioventù e ai Campionati Studenteschi, ma trattasi di una partecipazione molto ampia viste anche le caratteristiche specifiche di questa disciplina, adatta allo sviluppo generale dei giovani, dal momento che consente di ottimizzare caratteristiche di psicomotricità, abilità cognitive e di personalità.

Al riguardo è utile citare quanto affermato da un autorevole personaggio nel suo libro *Aerobics*, il dottor Kenneth Cooper: “I migliori esercizi sono la corsa, il nuoto, il lavoro sulla bicicletta, la pallamano, il basket, e lo squash. Solo la pallamano sviluppa insieme tutte le caratteristiche



Figura 3. — Finale di Coppa Europa giocata il 30 maggio 2010 a Colonia.

del fitness. Usando criteri di resistenza cardio-respiratoria, elasticità muscolare, flessibilità, e coordinazione, la pallamano occupa il primo posto davanti al nuoto e allo jogging”.

La Federazione Statunitense di Handball (United States Handball Association, USHA), in una recente pubblicazione (www.cohandball.com, 2006) ha indicato 12 buoni motivi per proporre il gioco dell'handball come importante mezzo propedeutico di educazione motoria nelle scuole:

1) *fitness*: il gioco della pallamano permette di sviluppare tutte le qualità fisiche;

2) *a lifetime sport*: un gioco di squadra che coinvolge tutti gli studenti, sia fisicamente che in attività di relazione;

3) *a game for everyone*: uno gioco adatto a tutti, maschi e femmine;

4) *easy to teach*: gioco facile da insegnare, divertente e con regole semplici da far apprendere;

5) *low cost*: presenta un basso costo di realizzazione e pratica;

6) *develops both sides of the body*: sviluppa tutte le parti dell'organismo di giovani in crescita;

7) *size is no advantage*: possono giocare insieme sia ragazzi di bassa che di alta statura;

8) *off-season conditioner*: un gioco adatto a mantenere le qualità fisiche in tutte le stagioni

e soprattutto nei periodi di sosta delle varie discipline sportive;

9) *free lesson plans for all grade levels*: la USHA offre gratuitamente i piani di lavoro di facile applicazione in tutte le scuole di ogni grado e livello;

10) *participation awards*: l'organizzazione nazionale USHA offre possibilità di far partecipare le scuole a tornei e campionati con grande facilità;

11) *in-service training for teachers*: gli insegnanti con pochi titoli hanno possibilità di incrementare il loro livello di curriculum con facile accesso alla conoscenza di questa nuova disciplina in corsi messi a disposizione dalla USHA;

12) *opportunities for competition*: la USHA si rende disponibile per risolvere ogni problema logistico per organizzare gare e far giocare spesso i ragazzi.

Il gioco

La pallamano è un gioco svolto da sette giocatori in campo (un portiere e sei giocatori); cinque giocatori stazionano in panchina e possono entrare sul terreno di gioco in ogni momento, ma solo dopo che sia uscito un gio-

TABLE I.—*Altezze e pesi medi delle due squadre finaliste di Coppa Europa a Colonia (30 maggio 2010).*

Team	Altezza media	DS	Peso medio	DS
THW Kiel (D)	193,25	201-185	94,25	106-82
FC Barcelona Borges (E)	193,75	207-176	99,25	112-744

catore di campo; vince la squadra che realizza più reti nei due tempi di gioco, di 30 minuti ciascuno.

Il gioco si svolge tatticamente in una fase di difesa, fase di attacco e fasi di contrattacco condotte sfruttando al meglio le caratteristiche tecniche e fisiche dei giocatori disponibili.

Il campo di gioco è rettangolare con misure standard di 40 m di lunghezza per 20 di larghezza (Figura 3). Esiste un'area di porta delimitata da una linea i cui punti distano tutti di sei metri dalla linea di porta; linea e area che non possono essere toccate o invase nell'azione di conclusione per la realizzazione della rete.

I sette giocatori di campo hanno ruoli e caratteristiche fisiche diverse; il portiere riveste un ruolo chiave nella squadra, perché deve dare sicurezza ai suoi compagni e guidare i movimenti difensivi di copertura; egli è il primo difensore ma anche il primo attaccante, per possibili parate e lanci di fasi di contrattacco. La prima linea di attacco è costituita dal pivot e dalle due ali esterne; il pivot è un giocatore collocato nel cuore della difesa, con il compito di creare spazi, proporre blocchi a movimenti difensivi avversari e ricevere palloni da scagliare in porta con precisione e con azioni spesso acrobatiche; le due ali che completano la prima linea di attacco sono giocatori non sempre molto alti, ma veloci ed esplosivi con grandi capacità di salto e a loro viene affidata l'efficacia di un veloce contrattacco.

La seconda linea è costituita da due giocatori esterni, spesso di statura molto alta, forti nelle gambe e nel tiro in elevazione, definiti terzini, che vengono gestiti e diretti nelle loro azioni efficaci dalle capacità di costruzione di gioco del giocatore centrale, sempre molto veloce, rapido nelle decisioni, dotato di capacità tecniche e tattiche individuali accentuate.

La fase difensiva si organizza intorno alla propria area di porta con soluzioni tattiche diversificate e dettate dalle capacità fisiche dei giocatori disponibili e dove i più alti e forti sono collocati al centro per "murare" i tiri in elevazione delle seconde linee avversarie e contrastare la forza fisica del pivot che spesso è il giocatore con il più alto valore di indice di massa corporea. La fase difensiva mette in

mostra capacità di disponibilità e tolleranza al contatto fisico a volte anche duro ma mai cattivo e finalizzata alla conquista di posizioni che impediscano agli attaccanti avversari di arrivare alla conclusione di una rete sia con tiri dall'esterno che in veloci penetrazioni nei ristretti spazi lasciati dai sei difensori schierati su una linea di porta lunga circa 22 metri e intorno alla quale effettuano movimenti di rapidissimo flottaggio laterale.

Dati antropometrici

Al riguardo può essere indicativo citare i dati rilevati sui 16 giocatori delle due squadre finaliste di Champions League 2010 a Colonia (THW Kiel-FC Barcelona Borges, 34-32) (Tabella I).

La Nazionale Italiana maschile impegnata nel recente torneo di qualificazione per gli Europei 2012 in Georgia ha presentato i seguenti valori su 16 atleti azzurri: altezza media 190,31 (DS 207-179) peso medio 88,69 (DS 107-72); ci stiamo avvicinando agli standard internazionali.

Modello funzionale del giocatore di pallamano

Secondo la recente classificazione degli sport in relazione all'impegno cardiovascolare¹⁻¹⁹ la pallamano viene collocata nel gruppo D1: "Attività a impegno cardiovascolare da medio a elevato, caratterizzato da variabile andamento della frequenza cardiaca, delle resistenze periferiche e della gettata cardiaca"¹⁹.

Il gioco è altamente dinamico, con rapidi cambi di fasi difensive e offensive, passaggi di palla veloci e precisi, salti, cambi di direzione, tiri in appoggio e in elevazione, scatti e allunghi in massima velocità: tutte azioni espressioni di alti livelli di forza distrettuale e con impegno di elevata attività metabolica anaerobica-alattacida^{7,9}.

La complessa gestualità motoria impegna un grande numero di masse muscolari di vari distretti, sia degli arti superiori, che inferiori, con gesti tecnici compiuti a elevato ritmo ripetitivo;

numerose sono le situazioni di contatto fisico sia in azioni difensive che offensive.

La prestazione di questo gioco presenta pertanto caratteristiche intermittenti con azioni ad elevata intensità intercalate da situazioni di "recupero attivo"; il metabolismo prevede l'intervento combinato delle componenti aerobiche ed anaerobiche in maniera alternata

Durante i 60 minuti di competizione i giocatori coprono distanze variabili dai 2000 ai 6000 m in base al ruolo ricoperto e compiti tattici diversificati (Cuesta 1982 . naz. Spagnola)¹²; valori medi simili furono rilevati da Konzak e Schalke nei giocatori della DDR e da Jewtuchenko sui giocatori russi Campioni Olimpici a Seul con 6000 m percorsi in media in un incontro (World Handball Magazine).

Secondo Konzak e Schalke un giocatore compie in 60 min di gioco 485 accelerazioni (190 cambi di ritmo, 279 cambi di direzione, 16 salti) in media 8,08 al minuto.

L'analisi della frequenza cardiaca rilevata durante gare di pallamano mostra dati che variano da 145 a 190 bpm²⁰⁻³² a conferma della estrema variabilità delle situazioni di gioco e del conseguente impegno cardio-vascolare e metabolico; i rilievi di lattacidemia effettuati nelle stesse ricerche riportano valori di circa 4 mmol/l²³; livelli più alti sono stati riscontrati da Cuesta (1982) nella nazionale di Spagna con valori che si aggirano su circa 10 mmol/l e da Colli *et al.*⁹ con acido lattico che si attesta sui 9 mmol/l (SD=±1,8) in uno studio condotto su 10 soggetti della nazionale italiana durante incontri internazionali amichevoli (Figura 4).

Nello stesso lavoro di Colli, Manzi, Cardinale del 1998⁹ è stata messa in relazione l'andamento della frequenza cardiaca con la % di soglia anaerobica (SA%) a 4 mmol/l per tre diversi ruoli in campo; il pivot lavora con una media di fc che risulta essere intorno all'83% della sua SA, l'ala lavora con una media di fc del 92% e il terzino al 93% (Figura 4).

Se si considera che negli sport di squadra il valore della SA si colloca in media intorno al 75% del VO₂ max significa che il pivot utilizza il sistema aerobico al 65% del VO₂ max e ali e terzini al 70%. Sicuramente però la componente aerobica non è la caratteristica metabolica più importante nella pallamano anche se "il tempo trascorso nella zona di lavoro aerobico (70-85% circa della fc max)" ci porta a considerare importante il ruolo di tale metabolismo.

Uno studio condotto da Lupo nel 1996 su 11 giocatori della nazionale maschile, in gara ami-

TABLE II.—Massimo consumo di O₂ espresso in ml/min/kg di peso corporeo in atleti maschi e femmine praticanti differenti discipline sportive (Bosco C. 1985).

Sport	Maschi (ml/min/kg)	Femmine (ml/min/kg)
Volley	46-60	38-50
Calcio	55-65	—
Baseball	42-56	40-58
Hokey ghiaccio	52-62	—
Softball	48-54	42-52

chevole, aveva fatto rilevare valori di VO₂ max intorno a 52,9 ±4,7 ml/min/kg a conferma della "discreta" potenza aerobica che caratterizza questo sport di squadra, con valori leggermente inferiori a quelli rilevati da Bosco nel calciatore e abbastanza simili a quelli dal giocatore di Hokey su ghiaccio (Tabella II).

Valori leggermente superiori sono stati pubblicati da Cuesta con VO₂ max di 59,3 5,6 ml/min/kg su nazionali di pallamano della Spagna, con test su cicloergometro; nella stessa pubblicazione secondo Cuesta la soglia anaerobica dei suoi giocatori spagnoli si attestava sul valore di 84% del VO₂ max.¹²

Come, però, abbiamo visto le azioni principali della pallamano sono caratterizzate da movimenti brevi, intensi, ad alta velocità, ripetuti nel tempo e seguiti da pause di "recupero attivo" (Manzi, Cardinale, Colli)⁹ e in cui il metabolismo aerobico interviene per il riutilizzo del lattato prodotto, che difficilmente supera le 10 mmol/l, e ricaricare l'ATP consumato soprattutto nelle fibre veloci. La pallamano pertanto "presenta caratteristiche che permettono di classificarla come sport a carattere aerobico anaerobico misto in cui lo sforzo è di tipo intermittente caratterizzato da azioni esplosive di alta intensità seguita da azioni di medio/bassa intensità"⁹. Queste considerazioni supportano la moderna metodologia dell'allenamento il cui obiettivo prioritario è quello di riuscire a permettere al giocatore l'effettuazione del maggior numero possibile di azioni rapide e brevi ma ad altissima intensità, incrementando così quella capacità definita resistenza alla forza veloce, che caratterizza maggiormente il rendimento in campo di un giocatore di alto livello ed efficace.

Confrontando lavori di carattere generale (corsa sui 1000 mt) con esercitazioni intermittenti specifiche (ripetizioni di azioni brevi veloci ed esplosive intervallate da riposo attivo) si ottene-

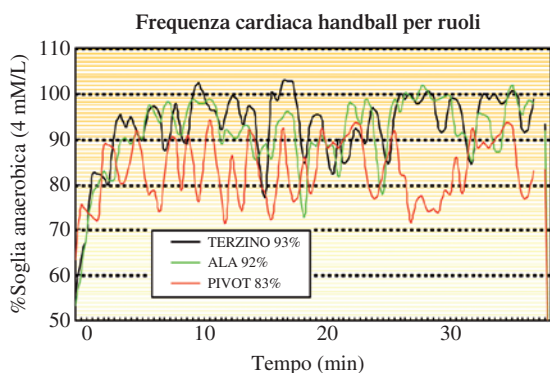


Figura 4. — Frequenze cardiache dei giocatori di handball: valori differenziati per ruoli, registrati durante gara amichevole della Nazionale Italiana senior e espressi in % della soglia anaerobica a 4 mmol di lattato misurata con test di Mader.⁹

vano le stesse frequenze cardiache, e pertanto è lecito supporre che si incrementa ugualmente la potenza aerobica senza però tralasciare il potenziamento funzionale qualitativo e quantitativo del patrimonio delle fibre veloci⁵ indispensabili al giocatore della pallamano moderna.

La Tabella III illustra una evoluzione verificatasi negli anni nei giocatori di vertice e che esprime anche l'evoluzione culturale tecnica del lavoro proposto tenendo conto delle nuove conoscenze scientifiche e del modello del giocatore di pallamano che appunto attribuisce al patrimonio di forza e fibre veloci il maggior segreto dei successi sportivi.

Note di traumatologia

Uno sport dinamico e con numerosi momenti di contatto fisico come la pallamano è ricco di casistica di traumi in vari distretti con alcune specificità osservate.

Da un rilievo statistico su sei squadre del Campionato Italiano 2003-2004 effettuato da Tamburrino e D'Onofrio sono stati messi in luce i seguenti meccanismi patogenetici:

— le frequenti patologie flogistico-degenerative sono legate alla ripetitività del gesto tecnico, come il tiro per la spalla con stress prevalente a carico di tendine sovraspinoso e capo lungo bicipite;

— gli eventi distorsivi della mano sono legati a cattive ricezioni di palla o cadute a terra nelle acrobazie, o a "blocchi del braccio" di difensori durante tiri/passaggi;

— contusioni del quadricipite si verificano prevalentemente durante le varie fasi della difesa per contatto-contrasto;

— patologie da "overuse" (il 41% sono jumper's Knee) si verificano per diversità funzionali dei terreni di gioco (il parquet riduce tale incidenza).

Nello stesso lavoro sono risultate le incidenze riassunte nella Tabella IV.

Lesioni del legamento crociato anteriore nella pallamano

Il giocatore di pallamano è predisposto a traumi del pivot centrale del ginocchio per la ripetitività del gesto tecnico e azioni diversificate e complesse: movimenti in "cutting", atterraggio dopo salti, cambi di direzione, rotazioni in appoggio e tuffo, brusche frenate su terreno di gioco: movimenti prevalenti in varo-valgo associati a rotazione della tibia interno-esterno.

Spesso non c'è contatto-contrasto con avversario.

Nello studio di Olsen e Engebretsen vengono descritti 32 casi di lesioni dell'LCA durante la stagione 1998-1999 del campionato norvegese di pallamano.²⁷

Di queste 32 lesioni 24 (75%) si verificarono durante una competizione:

— 84% nella fase di attacco;

— 59% durante movimento di cutting;

— 19% nella fase di atterraggio dopo salto o tiro in elevazione.

Nel 63% dei casi i giocatori riportarono una lesione del LCA senza alcun contatto/contrasto con l'avversario.

TABLE III.—Caratteristiche meccaniche muscolari nazionale senior maschile (valori medi).

	SJ (cm)	CMJ (cm)	DJ (cm)	FRE (W)	h15	SJ20 (cm)	SJ40 (cm)
1986	34,0	37,0	38,0	39,7	—	—	19,3
1987	40,0	43,0	35,0	41,2	—	—	19,5
1989	41,9	45,9	40,0	49,0	39,4	32,7	25,2
1991	43,4	47,1	39,4	47,0	37,6	32,7	22,9

TABLE IV.—*Casistica traumatologica rilevata nella stagione 2003-2004 da Tamburino-D'Onofrio in sei squadre del campionato italiano.*

Contusioni 26% (nel 48% dei casi sono interessati muscoli della coscia)
Distorsioni 22% (di cui il 78% riguarda la caviglia e nel 58% avvengono in allenamento)
Tendiniti 18%
Mialgie 16%
Artropatie degenerative 2%
Ferite lacerocontuse 1%
Fratture 0,4%
Pubalgia 0,6%

D'Onofrio e Manzi hanno descritto la cosiddetta *sidestep cutting manoeuvre* ¹⁶: *“Si tratta di un movimento caratteristico nel basket e nella pallamano e che giustifica le lesioni tipiche da non contatto del LCA in questi sport. Movimento eseguito in spazi ridotti con e senza palla e con ginocchio flessa a 25-45°; il meccanismo di lesione del LCA è ricollegabile ad un deficit di controllo neuromuscolare e cioè alla perdita da parte dell'atleta della capacità di controllare la rotazione tibiale interna del ginocchio posto in angolo di scarsa stabilità (25-45°)”*.

Sono state descritte varie patologie tipiche da *overuse* nella pallamano, vere e proprie *tecnopatie (overhead throwing sport)* legate a gesti tecnici ripetitivi, come:

— la “sindrome dolorosa conflittuale della spalla”, “legata al gesto tecnico fondamentale della pallamano; durante ogni tiro la spalla dell'atleta viene sottoposta a sollecitazioni massimali (Figura 5) e può venir compromesso l'equilibrio dinamico dei muscoli della cuffia e l'elasticità delle componenti articolari della spalla con conseguente ripercussione sulla fluidità e lesività del movimento” ^{33, 34} – Il tiro nella pallamano spesso imprime alla palla, che pesa g 450/500, una velocità superiore ai 100 km/h;

— una lesione tipica e frequente, altra *tecnopatia* tipica, è il cosiddetto “handball Goalie's elbow” (gomito del portiere), tipica *epitrocleite* prodotta dal carico in *iperestensione* del gomito durante la parata, posto a 50° di angolo (lassità articolare). Nella fase acuta richiede sospensione dell'attività agonistica anche per lungo tempo. Circa l'8,6% ($\pm 1,8$) dei portieri accusa tale patologia conica invalidante; i norvegesi Tyrdal e Petersen ³¹ hanno studiato e proposto



Figura 5. — Tipica azione di tiro in acrobazia nel ruolo del pivot.

un interessante metodo di prevenzione basato su training di forza con carichi eccentrici e concentrici:

— come in altri sport dove si ritrova il salto quale elemento tecnico fondamentale e ripetitivo anche nell'handball è frequente osservare il “*jumper's knee*” (il ginocchio del saltatore); la frequente non uniformità dei terreni di gioco, la variabilità dei materiali e di durezza accentuano questa incidenza.

Conclusioni

In Italia, dopo circa 40 anni di presenza della pallamano e un discreto numero di società e sportivi praticanti, il livello internazionale non è eccellente, come in altri sport di squadra. Nelle altre nazioni d'Europa, dove è maggiormente praticata e gode di grande popolarità, il segreto del successo è nella pratica scolastica; è un gioco propedeutico alla costruzione fisica generale dei giovani, ma per poterlo praticare è necessaria la disponibilità di impianti scolastici con palestre ampie, che possano ospitare campi delle dimensioni di 40x20. La Federazione Italiana sta compiendo grandi sforzi a questo scopo, non solo nella direzione della difficile proposta della visibilità televisiva, ma anche nella promozione di base, e già da qualche anno sta divulgando un interessante iniziativa nella scuola primaria e secondaria con il Progetto “Pallamano... il Gioco del Fair Play”, che offre proposte operative concrete con un gioco divertente, facile da praticare e adattabile anche a spazi piccoli e che dovrebbe conquistare numerosi giovani e insegnanti. Partendo

da questa base potrà essere possibile effettuare un'ampia selezione di giovani dotati di struttura fisica adeguata e di patrimonio genetico di forza e velocità.

Alle società sportive, allenatori e atleti, spetta il compito arduo di lavorare con livelli qualitativi e quantitativi adeguati e che tengano conto dello sviluppo del modello fisiologico del giocatore di Handball già sufficientemente ben descritto nei lavori di circa 20 anni fa

e dove giovani dotati di qualità fisiologiche e muscolari dovrebbero essere avviati a esprimere le caratteristiche preponderanti di questa stupenda e affascinante disciplina in un gioco dinamico, dove la forza e la velocità devono sostenere tutte le azioni fondamentali e dove possano esprimere al meglio le qualità di collaborazione, di intelligenza tattica, spirito di sacrificio, tolleranza allo sforzo e al contatto fisico.

Bibliografia

- 1) Bosco C. La valutazione della forza con il test di Bosco. Roma: Società Stampa Sportiva; 1992.
- 2) Bosco C. La forza muscolare. Roma: Società Stampa Sportiva; 1998.
- 3) Bosco C. Handball studi 1996;1:4-12.
- 4) Bosco C. La preparazione fisica nei giochi di squadra. Coaching and Sport Science J 1997;2:26-41.
- 5) Bosco C. Aspetti fisiologici della preparazione fisica del calciatore. Roma: Società Stampa Sportiva; 1990.
- 6) Bosco C, Komi PV. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle. Eur J Appl Physiol 1979a;41:275-84.
- 7) Cappuccini S. Indagine sul modello di prestazione del giocatore di pallamano. Roma: ISEF; 1992.
- 8) Cervar L. La pallamano secondo me. Roma: FIGH, CONI, Scuola dello Sport; 1998.
- 9) Cardinale M, Colli R, Manzi V. Allenare la specificità. Sport e Medicina 2000;35-9.
- 10) Colli R, Gardini F, Cardinale M, Bosco C. La velocità di tiro nell'handball. Handball studi 1996;1:24-9.
- 11) Czerwinski J. Handball. Parigi: Ed. INSEP; 1980.
- 12) Balonmano Cuesta G. Madrid: Spanish Handball Federation; 1991.
- 13) Dal Monte A., Gallozzi C., Lupo S. Evaluacion funcional del jugador de baloncesto y balonmano. IV Giornata Internazionale di Medicina e Sport, Barcellona, 1987.
- 14) Dal Monte A *et al.* La valutazione funzionale dell'atleta. Milano: Sansoni Editore; 1983.
- 15) De Jusus Barata JM. A natureza especifica do treino da forza em andbol. Universidade tecnica de Lisboa : Faculdade de motricidade humana ; 1992.
- 16) D'Onofrio R, Manzi V, Colli R, D'Ottavio S, Pintus A. Un legamento da proteggere. Analisi dei rischi connessi alle manovre di crossover e sidestep cutting e proposta di un protocollo di esercizi propriocettivi nella prevenzione delle lesioni del lca nella psallacanestro femminile sulla base della letteratura internazionale. Sport e Medicina 2004;21 :37-46.
- 17) D'Ottavio S, Colli R, Bosco C, Tranquilli C, Manzi V. Valutazione funzionale ed analisi del modello di prestazione nel calcio a cinque. Coaching Sport Science J 1997;2:21-5.
- 18) D'Ottavio S. Con l'aiuto dell'arbitro-grafo è possibile analizzare il movimento dei calciatori. Notiziario Settore Tecnico F.I.G.C.; 1994.
- 19) Faina M, Veicsteinas A, Biffi A, Casasco M, Fiorella PL, Merati G. Classificazione degli sport in relazione all'impegno cardiovascolare. Medicina dello Sport 2010;63.
- 20) Fleck SJ, Smith LS, Craib WM, Denahan T, Snow ER, Mitchell LM. Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. J Appl Sport Science Res 1992;6:124.
- 21) Hoff J, Almasbakk B. The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team handball players. J Strength Cond Res 1995;9:255-8.
- 22) Jöris HJJ, Edwards van Muyen AJ, van Ingen Schenau GJ, Kemper HCG. Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball. J Biomechanics 1985;18:409-14.
- 23) Lupo S, Seriacopi D. Il modello funzionale dell'atleta praticante l'handball. Handball Studi 1996;1:5-20.
- 24) Lupo S, Seriacopi D. Analisi dell'allenamento e della gara. Handball Studi 1996;1:21-35.
- 25) Lupo S *et al.* Caratteristiche antropometriche, fisiologiche e metaboliche degli atleti della nazionale italiana maschile di handball ed osservazione sistematica dei tempi e della tipologia delle azioni di gara. Quaderno tecnico di pallamano 1987;1.
- 26) Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Rost R, Schurch P, Hollmann W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit im Lafer. Sportart und Sportmed 1976;9:80-112.
- 27) Olsen E, Engebresten L. Injury mechanism for ACL injuries in team handball. A video analysis. Norwegian Sport Science; 2004.
- 28) Tamburrino P, D'Onofrio R, Manzi V. Andamento epidemiologico statistico dei traumi nella pallamano europea. Il Medico Sportivo 2006;6.
- 29) Tamburrino P, D'Onofrio R. Riabilitare nell'handball/pallamano. Relazione personale - Milano 3/04.
- 30) Tyrdal S, Olsen BS. Hyperextension of the elbow joint: pathoanatomy and kinematics of ligament injuries. Shoulder Elbow Surg 1998;7:272-83.
- 31) Tyrdal S, Pettersen OJ. The effect of strength training on "handball goalies elbow" - A prospective uncontrolled clinical trial. Scand J Med Sci Sports 1998;8:33-41.
- 32) Van Mujien AE, Joris HJJ, Kemper HCG, van Ingen Schenau GJ. Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. Sports Training Med Rehab 1991;2:103-13.
- 33) Wallace MB, Cardinale M. Conditioning for team handball. Strength Cond 1997;19:7-12.
- 34) Bientinesi F, Carlino G, Seriacopi D. Tecnopatia da pallamano. Sport e Medicina 2000;2.

Pervenuto il 9 novembre 2010 - Accettato l'11 novembre 2010.

Autore di contatto: S. Salvi, Medico Federale FIGH, via Amadio 21, 63100 Ascoli Piceno. E-mail: serafino.salvi@tin.it

La Medicina dello Sport ... per Sport nei fascicoli

Anno 1999 - Vol. 52

Fascicolo N. 3 - Settembre 1999 - Pag. 214-224

Il canottaggio - SPATARO A.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 1999 - Pag. 287-322

Iniziative e compiti del medico dello sport

RELAZIONI ED ABSTRACT PRESENTATI AL 29° CONGRESSO NAZIONALE DELLA FMSI

Fascicolo N. 4 - Dicembre 1999 - Pag. 323-327

Ricerche medico-scientifiche svolte in ambito automobilistico - CECCARELLI R.

Anno 2000 - Vol. 53

Fascicolo N. 1 - Marzo 2000 - Pag. 83-106

Gli sport natatori - BONIFAZI M., GIOMBINI A., MINGANTI C., MARUGO L., SARDELLA F.

Fascicolo N. 2 - Giugno 2000 - Pag. 193-208

La traumatologia nell'atletica leggera - MOSCONI M., VIOLA E., GIORGI L., BENAZZO F.

Fascicolo N. 3 - Settembre 2000 - Pag. 279-287

I bendaggi funzionali nel trattamento dei danni da sport - FRIGNANI R.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2000 - Pag. 369-381

La medicina dello sport e gli sport motoristici - DAL MONTE A.

Anno 2001 - Vol. 54

Fascicolo N. 1 - Marzo 2001 - Pag. 81-91

Pallacanestro - BIFFI A., FACCINI P., SALVAGGI P., SENZAMENO S., TICCA M.

Fascicolo N. 2 - Giugno 2001 - Pag. 145-153

Lo sport della vela - MARCHETTI M., DELUSSU A. S., RODIO A.

Fascicolo N. 3 - Settembre 2001 - Pag. 243-246

Il pentathlon moderno - PARISI A., MASALA D., CARDELLI G., DI SALVO V.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2001 - Pag. 325-334

Monitoraggio medico-sportivo del pugilato professionistico - STURLA M. I.

Anno 2002 - Vol. 55

Fascicolo N. 1 - Marzo 2002 - Pag. 51-59

Medicina dello Sport applicata allo skyrunning - ROI G. S.

Fascicolo N. 2 - Giugno 2002 - Pag. 101-123

Le discipline subacquee: aspetti medici e tecnici dell'immersione - MANOZZI F. M.

Fascicolo N. 3 - Settembre 2002 - Pag. 219-226

L'arbitro di calcio: profilo medico-sportivo - PIZZI A., CASTAGNA C.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2002 - Pag. 313-325

Sport equestri - DRAGONI S.

Anno 2003 - Vol. 56

Fascicolo N. 1 - Marzo 2003 - Pag. 63-72

Il tiro con l'arco - BONSIGNORE D. - GALLOZZI C. - SCARAMUZZA V.

Fascicolo N. 2 - Giugno 2003 - Pag. 123-137

Il triathlon - MIGLIORINI S. - BOMPRESZI A.

Fascicolo N. 3 - Settembre 2003 - Pag. 201-226

Lo sport paraolimpico - BERNARDI M., GUERRA E., MARCHETTONI P., MARCHETTI M.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2003 - Pag. 329-335

Il tiro a volo - FAZI F., LACAVALA F., MONTEMURRI B., LACAVALA G.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2003 - Pag. 337-339

Il tiro a segno - CUTOLO G.

Anno 2004 - Vol. 57

Fascicolo N. 1 - Marzo 2004 - Pag. 83-89

L'universo ginnastica - BALDINI V. - BERLUTTI G. - CALDARONE G.

Fascicolo N. 2 - Giugno 2004 - Pag. 137-145

Federazione Italiana Judo, Lotta, Karate, Arti Marziali - LORIGA V.

Fascicolo N. 3 - Settembre 2004 - Pag. 287-364

La medicina dello sport applicata al calcio

VECCHIET L., CALLIGARIS A., MONTANARI G., SAGGINI R., BELLOMO R. G., GATTESCHI L., RUBENNI M. G.

Anno 2005 - Vol. 58

Fascicolo N. 1 - Marzo 2005 - Pag. 65-71

Aspetti fisiologici e clinici della pallavolo e del beach volley

S. CAMELI CON LA COLLABORAZIONE DI A. FERRETTI, G. FONTANI, C. GALLOZZI, C. MENCHINELLI, A. MONTORSI, P. G. NAVARRA, G. POMA, R. VANNICELLI, P. ZEPELLI

Fascicolo N. 2 - Giugno 2005 - Pag. 137-150

La danza sportiva

FAINA M., BRIA S., SIMONETTO L.

Fascicolo N. 3 - Settembre 2005 - Pag. 241-9

Traumatologia in arrampicata sportiva

E. PAGANO DRITTO, P. L. FIORELLA, R. BAGNOLI, G. POSABELLA

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2005 - Pag. 313-38

Il ciclismo

M. FAINA, V. CAVALLARO, P. FIORELLA, S. GHIRO, G. MIRRI, U. MONSELLATO, L. SIMONETTO

Anno 2006 - Vol. 59

Fascicolo N. 2 - Giugno 2006 - Pag. 277-87

L'Hockey su prato

D. BONSIGNORE, B. RUSCELLO

Fascicolo N. 3 - Settembre 2006 - Pag. 375-6

Un approccio biomeccanico di tipo cinematico allo studio della danza sportiva

D. DALLA VEDOVA, M. BESI, D. CACCIARI, S. BRIA, M. FAINA

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2006 - Pag. 477-94

Il tennis: aspetti fisiologici

C. GALLOZZI, G. MIRRI

Anno 2007 - Vol. 60

Fascicolo N. 1 - Marzo 2007 - Pag. 67-70

Il Centro Universitario Sportivo Italiano

L. COIANA

Fascicolo N. 1 - Marzo 2007 - Pag. 71-7

Il pattinaggio di figura

D. TORNESE, S. GEMMA, A. BERTO

Fascicolo N. 2 - Giugno 2007 - Pag. 209-216

La maratona: un fenomeno di massa visto dal punto di vista del medico dello sport

P. L. FIORELLA, G. FISCHETTO

Fascicolo N. 4 - Giugno 2007 - Pag. 605-610

Il Badminton

A. GIANFELICI, C. MORANDINI

Anno 2008 - Vol. 61

Fascicolo N. 1 - Marzo 2008 - Pag. 71-76

Una nuova specialità sportiva: il "nordic walking"

FARAGLIA E., DEGASPERI G., FRANCAVILLA G., CRISTIAN FRANCAVILLA V.

Fascicolo N. 2 - Giugno 2008 - Pag. 223-246

La Medicina dello Sport al servizio del Rugby moderno

V. M. IERACITANO, M. V. GIACOBBE

Fascicolo N. 2 - Giugno 2008 - Pag. 247-257

Approccio metodologico per lo studio dell'incidenza dei traumi nello sport: l'esempio del rugby

A. SALVIA, V. M. IERACITANO, F. BOTTIGLIA AMICI-GROSSI, V. CALVISI, F. DI DOMENICA, C. D'ANTIMO, C. MIRANDA, A. ROTA, G. MELEGATI, C. ANDREOLI, A. M. CASELLA, P. FERRARI, F. GUIDETTI, A. ONGARO, A. PAOLONE, F. PASTEUR, R. SACCOCCI, B. PIVA, G. SASSARINI, L. SELLETTI, A. CASERTA, A. DI CESARE, B. DE LUCA

Fascicolo N. 3 - Settembre 2008 - Pag. 381-387

Attività sportive a elevato rischio traumatico: l'organizzazione dell'assistenza sanitaria sul campo di gara

S. DRAGONI, P. FACCINI

Fascicolo N. 3 - Settembre 2008 - Pag. 389-397

L'aikido, un'arte marziale nobile e attuale

A. ANEDDA, C. RAMUNDI, A. BONETTI

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2008 - Pag. 507-513

La ginnastica ritmica

G. BERLUTTI, M. PIAZZA

Anno 2009 - Vol. 62

Fascicolo N. 1 - Marzo 2009 - Pag. 107-112

La lotta stile libero e greco romana: aspetti tecnico-scientifici

MARINI C., MANNO R.

Fascicolo N. 2 - Giugno 2009 - Pag. 201-240

Il canottaggio dieci anni dopo

SPATARO A., CRISOSTOMI S., CIFRA B., DI CESARE A., DI GIACINTO B., DE BLASIS E., POLI P., PUCCI N., RIZZO M.

Fascicolo N. 3 - Settembre 2009 - Pag. 335-377

Gli sport natatori

BONIFAZI M., MARUGO L., ARMENTANO N., CAMILLIERI G., COLOMBO G., CRESCENZI S., FELICI A., MATTIOTTI S., MELCHIORRI G., GIOMBINI A., SARDELLA F., BENELLI P., GATTA G., ZAMPARO P., SAINI G.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2009 - Pag. 493-503

Il Pentathlon Moderno dopo l'introduzione del combined event

PARISI A., TRANCHITA E., QUARANTA F., CIMINELLI E., CERULLI C., CARDELLI G.

Anno 2010 - Vol. 63

Fascicolo N. 2 - Giugno 2010 - Pag. 284-296

Vela: le classi olimpiche

FERRARIS L., RAVAGLIA R., C. SCOTTON

Fascicolo N. 3 - Settembre 2010 - Pag. 443-457

Approccio scientifico e sperimentale alla prestazione nel taekwondo: rassegna della letteratura

CHIDO S., FLOTTI G., DAVALLI A.

Fascicolo N. 4 - Dicembre 2010 - Pag. 579-589

La pallamano

SALVI S.

Physical activity and cancer

Attività fisica e tumore

G. AMODEO, A. CAMERA, G. CAIMI

*Department of Internal Medicine, Cardiovascular and Urological Diseases
University of Palermo, Palermo, Italy*

SUMMARY

According to the World Health Organization physical inactivity causes 10-16% of deaths for breast and colorectal cancers. However, in Italy, approximately 41% of the population still remains sedentary. Moreover, physical activity is correlated with a lower risk of development and death for many common kinds of cancer. Moderate and regular exercise reduces metabolic syndrome, obesity, fat mass, and in particular visceral fat, which is active in the carcinogenesis as well as reduces testosterone and estrogens availability. "High activity" occupations are a protective factor against tumor development. Another important factor is timing, that is the life period when physical activity is performed. Physical exercise has a strong effect on breast and colorectal cancer risk reduction. Exercise may be a critical adjuvant therapy in the management of many cancers and it may enhance the therapeutic effects of traditional treatments. After cancer diagnosis, exercise prescription can have very positive effects. There is a strong evidence that regular post-diagnosis exercise could increase survivorship by 50-60% with the strongest evidence currently for breast and colorectal cancers. Many questions, about how, how long and when physical activity should be practiced in order to reduce cancer incidence and mortality and improve life quality, are still unsolved.

KEY WORDS: Motor activity - Neoplasms - Breast neoplasms - Colorectal neoplasms - Prostatic neoplasms - Obesity - Metabolic Syndrome X.

RIASSUNTO

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità l'inattività fisica è causa del 10-16% dei decessi per tumore alla mammella e al colon retto. Nonostante ciò, in Italia, circa il 41% della popolazione è ancora sedentaria. Inoltre, l'attività fisica è correlata con un minore rischio di sviluppo e morte per molti tipi comuni di tumore. L'esercizio regolare e di moderata intensità migliora la sindrome metabolica, l'obesità, la massa grassa e in particolare il grasso viscerale che è attivo nella carcinogenesi. Riduce inoltre la disponibilità di testosterone ed estrogeni. Le occupazioni ad "alta attività" rappresentano fattori di protezione contro lo sviluppo del tumore. Importante è anche il "timing", il periodo della vita cioè in cui si inizia l'attività fisica. L'esercizio fisico ha un importante effetto sulla riduzione del rischio di tumore alla mammella e al colon retto, rappresenta inoltre una fondamentale terapia adiuvante nel trattamento di molti tumori e può aumentare gli effetti dei trattamenti tradizionali. Anche dopo la diagnosi di tumore la prescrizione dell'attività fisica può avere effetti molto benefici. È ampiamente provato che l'esercizio fisico praticato dopo la diagnosi di cancro può aumentare la sopravvivenza del 50-60%, soprattutto per il tumori alla mammella e al colon retto. Molti quesiti insoliti rimangono però su come, quanto e quando l'attività fisica debba essere praticata per ridurre l'incidenza di mortalità e migliorare la qualità di vita.

PAROLE CHIAVE: Attività fisica - Neoplasie - Seno, neoplasie - Colon retto, neoplasie - Prostata, neoplasie - Obesità - Sindrome metabolica.

Physical activity (PA) is defined as “any bodily movement produced by skeletal muscles that results in energy expenditure”. The PA includes leisure-time activity (e.g., yard work, homemaker tasks, recreational sports, or home repairs) and occupational activity (e.g., being a letter carrier, day-care provider or just walking to and from work).¹

Nowadays, it is well-known that regular and moderate physical activity gives wellness and reduces the risk of cardiovascular diseases. In fact, several epidemiologic studies have established and supported the role of physical activity in the primary and secondary prevention of chronic-degenerative diseases, such as cardiovascular pathology, diabetes mellitus, cerebrovascular disease, obesity, osteoporosis and cognitive decline.²⁻⁵

Moreover, a large amount of publications have shown that physical activity is correlated with a lower risk of development and death for many common kinds of cancer.⁶⁻¹¹ It has also been demonstrated that exercise improves quality of life in cancer survivors, because it reduces anxiety and depression and increases the survival through its influence on immunity system and lowering chronic diseases incidence.^{12, 13} Higher cardiorespiratory fitness (VO₂ max) improves the postoperative course; then a lower fat mass reduces the risks connected to anesthesia.^{14, 15}

According to the World Health Organization (WHO) physical inactivity causes 10-16% of deaths for breast and colon-rectal cancers.^{16, 17} The sanitary costs for “physical active people” are lower by 30% compared to those of “physical inactive people”.¹⁸

Overweight and obesity are correlated with a higher risk of breast (particularly in postmenopausal women), colon, endometrial, esophageal, pancreas, kidney and of other sites cancers.¹⁹ Regular exercise also helps obese persons to endure the loss of weight.²⁰ People who practice moderate to high intensity physical activity have a lower risk of developing colon and breast cancer than people who do not practice any kind of physical activity.²¹⁻²⁴ In a recent paper, Laukkanen *et al.*²⁵ have observed that an intense physical exercise (5.2 MET) practiced for 30 minutes every day reduced cancer risk two times more than a less intense physical activity (3.7 MET) in 2560 subjects. In 1962, Taylor *et al.*²⁶ already reported an association between sedentary jobs and increased risk of colon cancer. According to these authors, “high activity” occupations were, instead, a protective factor against tumor development.²⁷⁻³⁰

Friedenreich *et al.*²¹ also showed a correlation between physical activity and colon, breast,

*L'attività fisica è definita come “qualsiasi movimento del corpo prodotto dalla muscolatura scheletrica che causa dispendio di energia”. L'attività fisica include l'attività svolta nel tempo libero (per es. giardinaggio, attività domestiche, sport ricreativi o fai da te) e l'attività occupazionale (per es. postino, educatore o semplicemente andare e tornare a piedi dal lavoro) ¹. E' noto che l'attività fisica regolare e moderata favorisce il benessere e riduce il rischio di patologie cardiovascolari. Alcuni studi epidemiologici hanno stabilito e supportato il ruolo dell'esercizio fisico nella prevenzione primaria e secondaria delle malattie croniche degenerative come la patologia cardiovascolare, il diabete mellito, la patologia cerebrovascolare, l'obesità, l'osteoporosi e il declino cognitivo ²⁻⁵. Numerose evidenze hanno mostrato che l'attività fisica è correlata ad un minor rischio di sviluppo e di morte per tipi comuni di tumore ⁶⁻¹¹. È stato inoltre dimostrato che l'esercizio migliora la qualità della vita nei soggetti sopravvissuti al tumore poiché riduce ansia e depressione ed aumenta la sopravvivenza influenzando sul sistema immunitario e diminuisce l'incidenza delle patologie croniche ^{12, 13}. Un migliore fitness cardiorespiratorio (VO₂ max) migliora il decorso post-operatorio; quindi una minore massa grassa riduce i rischi connessi all'anestesia ^{14, 15}. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità l'inattività fisica è causa del 10-16 % delle morti per tumore al seno e al colon retto ^{16, 17}. I costi sanitari per “le persone fisicamente attive” sono inferiori del 30% rispetto a quelli per “le persone fisicamente inattive” ¹⁸. Sovrappeso ed obesità sono legati ad un maggiore rischio di tumori a mammella (soprattutto nelle donne in post-menopausa), colon, endometrio, esofago, pancreas, rene e ad altri organi ¹⁹. L'esercizio regolare aiuta inoltre i soggetti obesi a mantenere la perdita di peso ²⁰. Le persone che praticano attività fisica da moderata ad elevata intensità hanno un minore rischio di sviluppare tumore alla mammella e al colon rispetto a chi non pratica alcun tipo di esercizio fisico ²¹⁻²⁴. In un recente lavoro condotto su 2560 soggetti, Laukkanen *et al.* ²⁵ hanno dimostrato che un intenso esercizio fisico (5,2 MET) praticato quotidianamente per 30 min riduce di due volte il rischio di tumore rispetto ad un'attività fisica meno intensa (3,7 MET). Nel 1962 Taylor *et al.* ²⁶ avevano già riportato una relazione tra lavori sedentari e aumentato rischio di tumore al colon. Secondo questi autori le “occupazioni ad alta attività” rappresentavano un fattore protettivo contro lo sviluppo del tumore ²⁷⁻³⁰. Friedenreich *et al.* ²¹ hanno dimostrato una correlazione tra attività fisica e tumore al colon, seno, prosta-*

prostate, testicle, lung, ovarian and endometrial cancer. The epidemiologic study of Friedenreich classified as “convincing” the association between physical activity and colon and breast cancer, as “probably” the association with prostate cancer and as “possible” with lung and endometrial cancer. The author did not suggest sufficient evidence about a relation between physical activity and testicle and ovarian cancer.

Physical activity and breast cancer

It is well established that increased lifetime exposure to endogenous estrogens during physiologic events (*e.g.*, early menarche, late menopause, late first birth, increased numbers of ovulatory cycles)³¹⁻³³ predisposes to breast cancer development.³¹⁻³³ Menstrual and reproductive cycles can influence the induction and promotion of hormonally-related tumors, such as breast and endometrial cancers.³³⁻³⁵ One of possible mechanisms of this action is related to estrogen metabolism and particularly to two metabolites: 16 α -idrossiestron (16HE) and 2-idrossiestron (2HE).^{33, 34} The 2HE/16HE ratio is lower in sedentary women with high body mass index (BMI) than in physically active women with high BMI. An increased 2HE/16HE ratio is associated with a lower risk of breast cancer.³³⁻³⁶

The most known biological mechanism that seems involved is the reduced exposure of estrogen action, induced directly by physical activity or indirectly through the fatty mass reduction.

Physical exercise extends menstrual cycles and reduces the number of ovulatory cycles and ovarian synthesis of estrogens. In postmenopausal women, physical activity seems to reduce peripheral conversion of androgens to estrogens and increase SHBG (sex hormone-binding globulin) levels thus reducing estradiol availability.^{37, 38}

Exercise could modify leptin and adiponectin levels through its action on fat mass and particularly on visceral fat.^{39, 40} Leptin, which is closely correlated with body fat mass, plays a key role in regulating energy intake and metabolism.⁴¹ Leptin seems to stimulate breast cancer growth, by promoting angiogenesis or by increasing estrogen synthesis in breast tissue, through the enhanced expression of the aromatase enzyme.⁴²⁻⁴⁴

Conversely, adiponectin could have an inhibitory effects on breast cancer, acting as an anti-proliferative and apoptotic factor, increasing insulin sensitization and possibly modulating pro-inflammatory cytokines and other hormone levels.⁴⁵⁻⁴⁸

Several studies⁴⁹⁻⁶⁴ demonstrated the impor-

ta, testicoli, polmone, ovaie ed endometrio. Lo studio epidemiologico di Friedenreich classifica come “convincente” l’associazione tra attività fisica e tumore al colon ed al seno, come “probabile” l’associazione con il tumore alla prostata e come “possibile” con il tumore al polmone e all’endometrio. Non vi erano sufficienti evidenze circa la relazione tra l’attività fisica e il tumore a testicoli ed ovaie.

Attività fisica e tumore al seno

È oramai chiaro come l’aumentata esposizione durante la vita a estrogeni endogeni (menarca precoce, menopausa tardiva, primo parto in età avanzata, aumento del numero di cicli di ovulazione) predispongono allo sviluppo del tumore al seno³¹⁻³³. I cicli mestruali e riproduttivi possono influenzare l’induzione e la promozione di tumori ormono-correlati come mammella ed endometrio³³⁻³⁵. Uno dei possibili meccanismi coinvolti è legato al metabolismo estrogenico e in modo particolare a due metaboliti: 16 α -idrossiestrone (16HE) e 2-idrossiestrone (2HE)^{33, 34}. Il rapporto 2HE/16HE è inferiore nelle donne sedentarie con elevato BMI rispetto alle donne fisicamente attive con elevato indice di massa corporea (body mass index, BMI). Un aumentato rapporto 2HE/16HE è associato a un minore rischio di tumore al seno³³⁻³⁶. Il meccanismo biologico meglio conosciuto è la ridotta esposizione all’azione estrogenica indotta direttamente dall’attività fisica o indirettamente dalla riduzione della massa grassa. L’esercizio fisico allunga i cicli mestruali e riduce il numero di ovulazioni e la sintesi ovarica di estrogeni. Nelle donne in post-menopausa l’attività fisica sembra ridurre la conversione periferica di androgeni ed estrogeni ed aumentare i livelli di SHBG (globulina legante l’ormone sessuale) riducendo così l’estradiolo disponibile^{37, 38}. L’esercizio potrebbe modificare i livelli di leptina e di adipoleptina attraverso la sua azione sulla massa grassa e in particolare sul grasso viscerale^{39, 40}. La leptina, strettamente correlata alla massa grassa corporea, gioca un ruolo chiave nella regolazione dell’introito di energia e nel metabolismo⁴¹. La leptina sembra stimolare la crescita del tumore al seno stimolando l’angiogenesi o aumentando la sintesi estrogenica del tessuto del seno mediante l’aumentata espressione dell’enzima aromatasi⁴²⁻⁴⁴. Al contrario, l’adiponectina potrebbe avere effetti inibitori sul tumore al seno agendo da fattore antiproliferativo ed apoptotico, aumentando la sintesi dell’insulina ed eventualmente regolando i livelli delle citochine pro-infiammatorie e degli

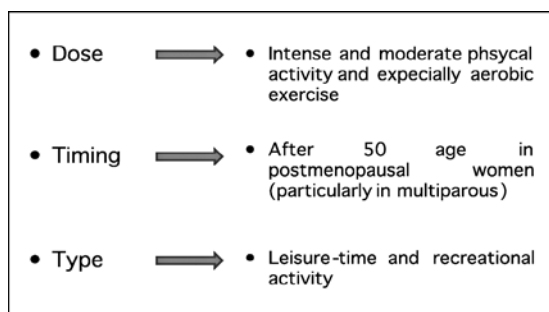


Figure 1.—Factors influencing effects of physical activity on breast cancer.

Figura 1. — Fattori che influenzano gli effetti dell'attività fisica sul tumore al seno.

tance of type, dose and timing of physical activity (Figure 1). The biggest risk decreases has been found for the leisure-time or recreational activity (20%), followed by walking/cycling for transport, household works (14%) and occupational activity (13%).⁴⁹

Dose of exercise, which includes physical activity frequency, duration and intensity, also plays an important role.⁴⁹⁻⁵⁶ Intense (26%) and moderate (22%) physical activity are more effective in lowering the risk.⁴⁹ Another major factor is timing, that is the life period when physical activity is performed.⁴⁹⁻⁵⁶ Physical exercise has a strong effect on breast cancer risk reduction when performed after 50 age whereas it is less effective when performed early in life (adolescence and early in adulthood).⁵⁷⁻⁶² The risk reduction is bigger in postmenopausal women with lower BMI.⁵⁷⁻⁶² Physical activity reduces cancer risk more in multiparous women than in nulliparous women.^{63, 64} Recently Pijpe *et al.*⁶⁵ have shown that sports activity may also reduce the risk of breast cancer in BCRA1/2 mutation carriers.

Physical activity and colorectal cancer

There is a significant inverse relationship between physical exercise and colon cancer.⁶⁵⁻⁷² Exercise reduces insulin, glucose, triglyceride and cholesterol LDL levels which are correlated with the development of cancer and particularly with colon cancer.^{73, 74} There is higher prevalence of metabolic syndrome in patients with colon cancer.^{75, 76} Exercise reduces fat mass, which is active in the carcinogenesis.⁷⁶ Insulin is a growth factor for tumor cells. Obesity, a sedentary lifestyle and a diet rich in refined sugar and saturated fatty acids, cause insulin-resistance and decrease level of insulin growth factor binding proteins (IGFBP), thus

altri ormoni⁴⁵⁻⁴⁸. Alcuni studi⁴⁹⁻⁶⁴ hanno dimostrato l'importanza del tipo, della quantità e del timing dell'attività fisica (Figura 1). Alcuni studi⁴⁹⁻⁶⁴ hanno dimostrato l'importanza del tipo, della dose e del timing dell'attività fisica (Figura 1). La riduzione del rischio è maggiore per l'attività svolta nel tempo libero e ricreativa (20%) seguite da passeggiare o andare in bicicletta, lavori domestici (14%) e infine dalla attività occupazionale (13%)⁴⁹. Anche la dose dell'esercizio, che comprende frequenza durata e intensità, gioca un ruolo importante⁴⁹⁻⁵⁶. Un'attività fisica moderata (22%) e intensa (26%) è più efficace nella riduzione del rischio⁴⁹. Altro fattore importante è il timing, il periodo della vita in cui viene svolta l'attività fisica⁴⁹⁻⁵⁶. La riduzione del rischio per il tumore alla mammella è maggiore se l'esercizio fisico viene svolto dopo i 50 anni, mentre è meno evidente quando svolto in giovane età⁵⁷⁻⁶². La riduzione del rischio è più accentuata nelle donne in postmenopausa con minore BMI⁵⁷⁻⁶². L'attività fisica riduce maggiormente il rischio di tumore nelle donne multipare rispetto alle nullipare^{63, 64}. Recentemente Pijpe *et al.*⁶⁵ hanno dimostrato che l'attività sportiva può anche ridurre il rischio di tumore al seno nelle portatrici di mutazione BCRA 1/2.

Attività fisica e tumore al colon

Esiste una significativa correlazione inversa tra esercizio fisico e il tumore al colon⁶⁵⁻⁷². L'esercizio riduce i livelli di insulina, glucosio, trigliceridi e colesterolo LDL che sono correlati allo sviluppo di cancro e in particolare al colon^{73, 74}. C'è un'alta prevalenza di sindrome metabolica nei pazienti con tumore al colon^{75, 76}. L'esercizio riduce la massa grassa che è attiva nella carcinogenesi⁷⁶. L'insulina è un fattore di crescita delle cellule tumorali. Obesità, sedentarietà e dieta ricca di zuccheri raffinati e di acidi grassi saturi provocano una condizione di insulino-resistenza e una diminuzione del livello delle proteine di trasporto del fattore di crescita insulino-simile (IGFBP) favorendo così lo sviluppo del tumore al colon⁷⁴⁻⁷⁹. Il grasso viscerale viene ridotto soprattutto dall'esercizio aerobico⁷⁷. La perdita di peso con la dieta ipocalorica genera una diffusa riduzione della massa grassa, specialmente del grasso muscolare, risultando però uno scarso effetto sul grasso viscerale^{75, 78}. Aumentata attività fisica, riduzione dell'introito calorico e perdita di peso aumentano i livelli di IGFBP-3 e diminuiscono i livelli del fattore di crescita dell'insulina (IGF). C'è una correlazione positiva tra alti livelli di

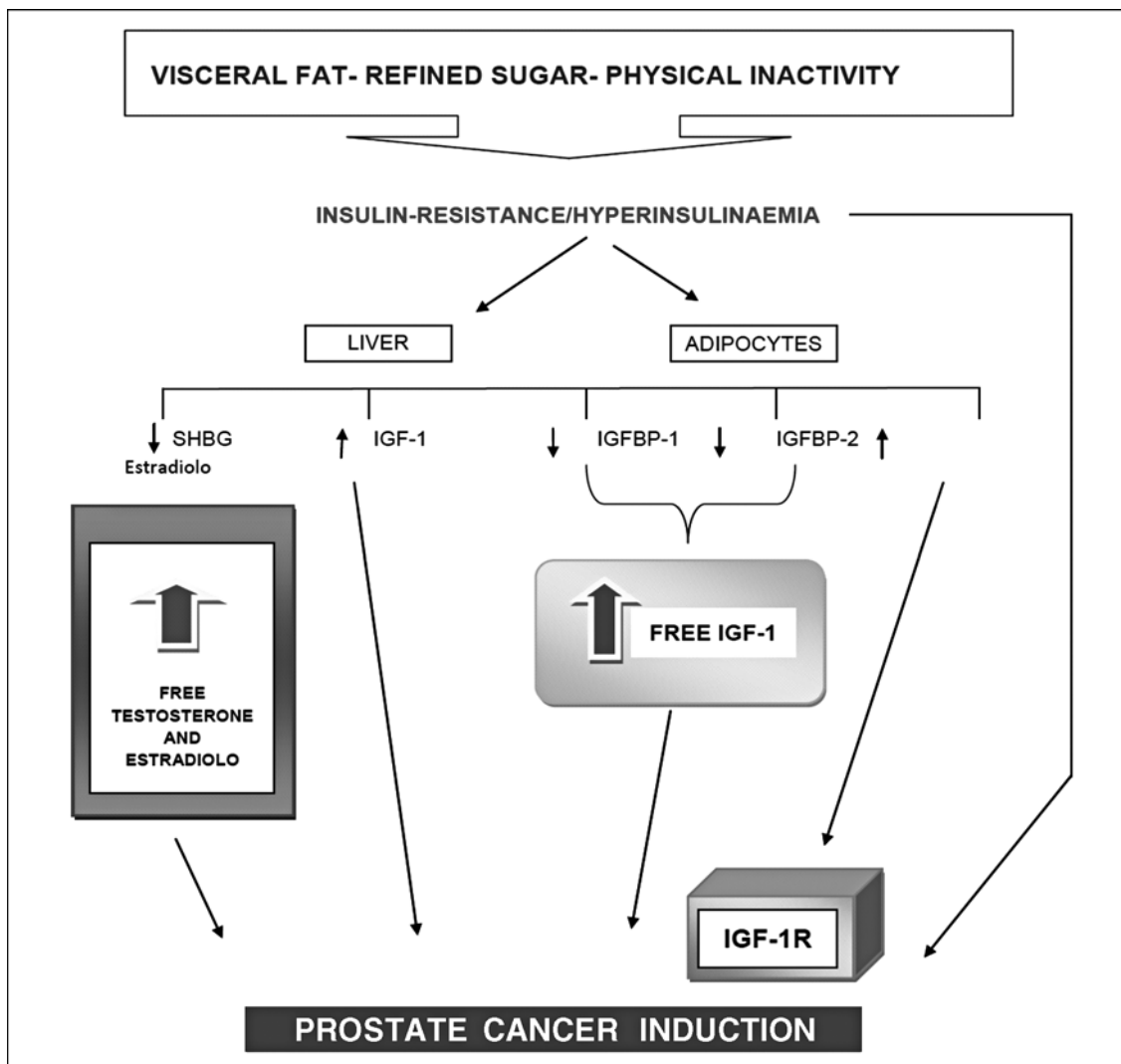


Figure 2.—Factors influencing prostate cancer development.
 Figura 2. — Fattori che influenzano lo sviluppo del cancro alla prostata

promoting colon cancer development.⁷⁴⁻⁷⁹ Visceral fat is reduced particularly by aerobic exercise.⁷⁷ The weight loss with a hypocaloric diet causes a diffuse reduction of fat mass, especially of muscular fat, resulting in poor effects on visceral fat.^{75, 78} Increased physical activity, reduction of caloric intake and weight loss increase IGFBP-3 levels and decrease insulin growth factor (IGF) levels. There is a positive correlation between high levels of IGF and low levels of IGFBP-3 and increased colon-rectal, breast, prostate and lung cancer risk.^{27, 79-81}

Exercise has effects on gastro-entero-pancreatic hormones, (increasing bowel transit time, and decrease bile acid excretion), and on blood

IGF, bassi livelli di IGFBP-3 e aumentato rischio di tumore al colon retto, seno, prostata e polmone ^{27, 79-81}. L'attività fisica ha effetto sugli ormoni gastro-entero-pancreatici, (aumento del tempo di transito intestinale e riduzione dell'escrezione di acido biliare), sulla concentrazione di colesterolo nel sangue (che è metabolizzato dagli acidi biliari) e sulla sintesi di IL-1 ⁸². Gli acidi biliari e l'IL-1 possono influire sulla crescita neoplastica del tratto gastrointestinale ⁸³. L'esercizio riduce anche i livelli di PGE2 che stimola la proliferazione delle cellule del colon e in modo particolare delle cellule tumorali del colon e riduce la motilità intestinale ⁸⁴⁻⁸⁸. L'esercizio intenso può aumentare

TABLE I.—Effects of physical activity on development of cancer.
TABELLA I. — Effetti dell'attività fisica sullo sviluppo del tumore.

PHYSICAL ACTIVITY	Reduction of risk of development of cancer	DEVELOPMENT OF CANCER
	Reduction of body weight, fatty mass, and particularly visceral fat	
	Enduring the loss weight	
	Reduction of metabolic syndrome	
	Reduction of leptin resistance/Increasing of adiponectin levels	
	Reduction of bioavailability of sexual hormones	
	Increasing 2HE/16HE ratio	
	Increasing of IGFBP3 /decreasing of IGF levels	
	Reduction of PGE ₂ /increasing of PGF levels	
	Increasing of bowel transit time	
	Decreasing bile acids excretion and production of IL-1	

cholesterol concentration (which is metabolized to bile acids) and on synthesis of IL-1.⁸² Bile acids and IL-1 may influence neoplastic growth in the gastrointestinal tract.⁸³ Exercise reduces also PGE₂ levels which increase the proliferation of colon cells and particularly of colon cancer cells and reduce intestinal motility.⁸⁴⁻⁸⁸

Strenuous exercise may increase PGF levels which inhibit colonic cell proliferation and increase gut motility.⁸⁴⁻⁸⁸

Physical exercise and prostate cancer

Evidences in support of physical activity benefits in reducing risk of prostate cancer are not as strong as the previous ones; however several studies⁸⁹⁻⁹² showed a significant slowing down of the tumor growth especially in older patients (Figure 2).

Testosterone bond to muscular receptors, as a result of chronic vigorous exercise, reduces testosterone availability for the growth of tumor cells. Exercise reduces side effects of anti-androgenic therapy because it increases muscular mass, cardiorespiratory performance and fitness and induces good humor too.^{82, 93, 94} Visceral fat is correlated with prostate cancer.⁹⁵ Multiple epidemiological studies have found a direct correlation between serum IGF-1 levels and the risk of prostate cancer.⁹⁶⁻⁹⁸ Tissue levels of IGF-1 influence the initiation and the progression of prostate cancer.⁹⁹ Higher serum IGF-1 levels are significantly associated with an advanced-stage but non with early-stage of prostate cancer.¹⁰⁰ Higher leptin levels

*i livelli di PGF che inibiscono la proliferazione delle cellule del colon e aumentano la motilità intestinale*⁸⁴⁻⁸⁸.

Esercizio fisico e tumore alla prostata

Le evidenze scientifiche a supporto dei benefici effetti dell'attività fisica sulla riduzione del rischio di cancro alla prostata non sono così significative come per i precedenti tumori, ma alcuni studi⁸⁹⁻⁹² hanno comunque mostrato un significativo rallentamento della crescita tumorale soprattutto in pazienti anziani (Figura 2). Il legame del testosterone ai recettori muscolari, come risultato di un esercizio fisico intenso e prolungato, riduce la biodisponibilità di testosterone per la crescita delle cellule tumorali. L'esercizio riduce gli effetti collaterali della terapia anti-androgenica poiché aumenta massa muscolare, performance cardiorespiratoria e forma fisica e induce inoltre buon umore^{82, 93, 94}. Il grasso viscerale è correlato con il tumore della prostata⁹⁵. Molteplici studi epidemiologici hanno riscontrato una correlazione diretta tra i livelli del siero IGF-1 e il rischio di tumore alla prostata⁹⁶⁻⁹⁸. I livelli tissutali di IGF-1 influenzano lo sviluppo e la progressione del tumore alla prostata⁹⁹. Altri livelli sierici di IGF-1 sono associati in modo significativo allo stadio avanzato ma non allo stadio iniziale del tumore alla prostata¹⁰⁰. Elevati livelli di leptina sono associati ad un alto grado e avanzato stadio di tumore alla prostata¹⁰¹. Recentemente Moore et al.¹⁰² hanno dimostrato che l'attività fisica regolare può ridurre il rischio di tumore alla prostata tra maschi di razza nera

TABLE II.—Effects of physical activity on cancer survivors.
 TABELLA II. — *Effetti dell'attività fisica sui sopravvissuti al tumore.*

PHYSICAL ACTIVITY	CANCER after diagnosis
	Increasing the survival
	Improving quality of life
	Reduction of anxiety and depression/inducing good humor
	Maintaining physical function
	Reduction of muscle and bone loss
	Increasing cardiorespiratory performance
	Improving surgical outcomes
	Reduction of the risk connected to anesthesia
	Reduction side effects of chemo- and radiotherapy
	Enhancing therapeutics effects of traditional therapies

are associated with larger, higher-grade and more advanced prostate cancers.¹⁰¹

Recently, Moore *et al.*¹⁰² have demonstrated that regular physical activity may reduce prostate cancer risk among African males and activity during young adulthood may yield the greatest benefit. In a prospective study, Orsini *et al.*¹⁰³ have observed that not sitting for most of the time during work or occupational activity and walking or bicycling more than 30 minutes a day during adulthood is associated with reduced incidence of prostate cancer.

Conclusions

About a one third of the over 500000 deaths for cancer occurring in the United States each year are caused by unhealthy diet and sedentary lifestyle; another third by cigarette smoking.¹⁰⁴ Physical activity is very important to prevent cancer development (Table I), but also after cancer diagnosis.¹⁰⁵⁻¹⁰⁸

After cancer diagnosis, exercise prescription can have very positive effects, improving surgical outcomes, managing side effects of radiation and chemotherapy, improving psychological health, maintaining physical function, and reducing fat gain and muscle and bone loss (Table II). There is a large evidence that regular postdiagnosis exercise could increase survivorship by 50-60% with the strongest evidence currently for breast and colorectal cancers.^{89, 105-108} Exercise may be a critical adjuvant therapy in the management of many cancers and it may enhance the therapeutic effects of traditional treatments. Conversely, nowadays there is a lack of clinical trial data about physical activity and survival and also a reluctance of oncologists towards physical activity, which is not considered as a part of the thera-

e che l'attività fisica svolta in età giovanile può fornire un beneficio maggiore. In uno studio prospettico Orsini et al. ¹⁰³ hanno osservato che, durante il periodo giovanile, evitare di stare seduti per la maggior parte dell'orario di lavoro e camminare o andare in bicicletta per più di 30 minuti al giorno è associato a una riduzione dell'incidenza del tumore alla prostata.

Conclusioni

Circa un terzo di oltre 500000 morti annue per tumore negli Stati Uniti sono causate da dieta non sana e da uno stile di vita sedentario; l'altro terzo dal fumo di sigaretta ¹⁰⁴. L'attività fisica è molto importante per prevenire lo sviluppo del tumore (Tabella I) ma anche dopo la sua diagnosi ¹⁰⁵⁻¹⁰⁸. Dopo la diagnosi di tumore, la prescrizione dell'esercizio può avere effetti molto positivi migliorando il decorso post operatorio, nella gestione de gli effetti collaterali di radio e chemioterapia, migliorando la salute psicologica, mantenendo le funzioni fisiche e riducendo l'accumulo di grasso e la perdita muscolare e ossea (Tabella II). Ci sono molte evidenze che l'esercizio fisico regolare praticato nel postdiagnosi possa incrementare la sopravvivenza del 50-60% soprattutto nei tumori della mammella e del colon retto ^{89, 105-108}. L'esercizio può essere una fondamentale terapia adiuvante nella gestione di molti tumori e può aumentare gli effetti terapeutici dei trattamenti tradizionali. Al contrario, ad oggi c'è una mancanza di trial clinici su attività fisica e sopravvivenza e per di più, dagli oncologi non è ancora considerata come parte dei programmi terapeutici destinati ai soggetti sopravvissuti al tumore. La tipologia dei pazienti che potrebbero beneficiare dell'esercizio fisico non è ancora completamente definita. Non sono ancora state

peutic programs destined to cancer survivors yet. The typology of patients who could have some benefits from physical exercise has to be fully defined yet. Many questions, about how, how long and when physical activity should be practiced in order to reduce cancer incidence and mortality and improve life quality, are still unsolved.

The American Cancer Society highlights the need for an "active" lifestyle: adults should perform high to moderate intensity physical activity for 30 minutes or more per day for five days a week, whereas children should perform moderate-intense physical activity for 60 minutes per day for five days a week.¹⁰⁴ However, adoption and maintenance of physical activity is a difficult challenge for healthy adults, and is likely to be even more difficult after a cancer diagnosis.¹⁰⁹⁻¹¹¹

For this reason, it is necessary to implement physical activity interventions and programs in cancer survivors. Oncologists should discuss with their patients the benefits of physical activity after cancer diagnosis and prescribe together to sport medicine specialists an individualized exercise program.

date risposte su come, quanto e quando debba essere praticata l'attività sportiva per ridurre l'incidenza del tumore e della mortalità e sul miglioramento della qualità di vita. L'American Cancer Society sottolinea la necessità di uno stile di vita "attivo": gli adulti dovrebbero praticare attività fisica da elevata a moderata intensità per almeno 30 minuti al giorno per cinque giorni alla settimana, mentre i bambini dovrebbero praticare attività fisica moderata-intensa per 60 minuti al giorno per cinque giorni alla settimana¹⁰⁴. L'adozione e il mantenimento di un'attività fisica è comunque una difficile sfida per gli adulti in buona salute e probabilmente ancora più difficile in seguito ad una diagnosi di tumore¹⁰⁹⁻¹¹¹. Per questa ragione è necessario implementare gli interventi e i programmi di attività fisica nei pazienti sopravvissuti al tumore. Gli oncologi dovrebbero discutere con i loro pazienti sui benefici dell'attività fisica dopo una diagnosi di tumore e prescrivere un programma di esercizio personalizzato insieme agli specialisti in medicina sportiva.

References/Bibliografia

- 1) Casperson CJ, Powel KE, Christenson GM. Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports* 100, 126-31, 1985.
- 2) American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sport Exerc.* 1998;30:975-991.
- 3) Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger Jr RS *et al.* Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women *JAMA* 1989;262:2395-401.
- 4) Ming W, Kampert J, Barlow C *et al.* Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men *JAMA* 1999;282 (16):1547-1553.
- 5) Cerhan J, Chiu B, Wallace R *et al.* Systolic blood pressure, physical activity and risk of breast cancer in elderly women (abstract) *Am J Epidemiol* 1996; 143:871.
- 6) Dorgan JF, Brown C, Barret M *et al.* Physical activity and risk of breast cancer in the Framingham Heart Study. *Am J Epidemiol* 1994;139:662-9.
- 7) Thune I, Brenn T, Lund E *et al.* Physical activity and the risk of breast cancer. *N Eng J Med* 1997;336: 1269-75.
- 8) Albanes D, Blair A, Taylor PR. Physical activity and risk of cancer in the NHANES I population. *Am J Public Health* 1989;79:744-50.
- 9) Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL. Physical activity and incidence of cancer in diverse populations: a preliminary report. *Am J Clin Nutr* 1987;45:312-7.
- 10) Rockhill B, Willett WC, Hunter DJ *et al.* Physical activity and breast cancer risk in a cohort of young women *NEJM* 1998; 90:1155-60.
- 11) D'Avanzo B, Nanni O, La Vecchia c *et al.* Physical activity and breast cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1996; 5:155-60.
- 12) Segar ML, Katch VL, Roth RS *et al.* The effect of aerobic exercise on self-esteem and depressive and anxiety symptoms among breast cancer survivors. *Oncol Nurs Forum* 1998;25:107-13.
- 13) Irwin ML. Physical activity interventions for cancer survivors. *Br J Sports Med* 2009;43:32-38.
- 14) Jones LW, Peddle CJ, Eves ND *et al.* Effects of presurgical exercise training on cardiorespiratory fitness among patients undergoing thoracic surgery for malignant lung lesion. *Cancer* 2007; 110(3):590-98.
- 15) Benumof JL. Obesity, sleep apnea, the airway and anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 2004; 17(1): 21-30.
- 16) Guilbert JJ. The world health report 2002: Reducing risks, promoting healthy life. *Educ Health (Abingdon)*. 2003;16(2):230.
- 17) Nutrition Foundation of Italy. Physical activity, obesity and health. Milano 21.6.04.
- 18) Blair SN, Connely JC. How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Res G Exerc Sport* 1996;67 (2):193-205.
- 19) Carroll, K. K. Obesity as a risk factor for certain types of cancer. *Lipids*, 33:1055-1057, 1998.
- 20) Blair, SN. Evidence for success of exercise in weight loss and control. *Ann. Intern. Med.* 119: 702-706, 1993.
- 21) Friedenreich, CM. Physical activity and cancer prevention: From observational to intervention research. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2001;10:287-301.
- 22) Slattery ML, Edwards SL, Ma KN *et al.* Physical activity and colon cancer: A public health perspective. *Ann Epidemiol* 1997;7:137-145.
- 23) McTiernan A. Associations between energy balance and body mass index and risk of breast carcinoma in women from diverse racial and ethnic backgrounds in the US. *Cancer* 2000;88:1248-1255.
- 24) Mittendorf R, Longnecker MP, Newcomb PA *et al.* Strenuous physical activity in young adulthood and risk of breast cancer. *Cancer Causes Control* 1995; 6: 347-53.
- 25) Laukkanen JA, Rauramaa R *et al.* Intensity of leisure-time physical activity and cancer mortality in men. *Br J Sports Med* 2009; 0: 1-5.
- 26) Taylor H *et al.* Death rates among physically active and sedentary employees of the railroad industry *Am J Public Health* 1962; 52:1697-1707.
- 27) Mc Tiernan A, Ulrich C, Slate S *et al.* Physical activity and cancer etiology: Associations and mechanisms. *Cancer Causes Control* 1998; 9:487- 509.
- 28) Dosemici M, Hayes R, Vetter R *et al.* Occupational physical activity, socioeconomic status, and risks of 15 cancer sites in Turkey. *Cancer Causes Control* 1993; 4: 313-21.
- 29) Coogan PF, Newcomb PA, Clapp RW *et al.* Physical activity in usual occupation and risk of breast cancer. *Cancer Causes Control* 1997; 8: 626-31.

- 30) Moradi T, Nyren O, Zack M *et al.* Breast cancer risk and lifetime leisure-time and occupational physical activity. *Cancer Causes Control* 2000; 11: 523-31.
- 31) Bernstein L, Ross RK, Lobo RA *et al.* The effects of moderate physical activity on menstrual cycle patterns in adolescence: implications for breast cancer prevention. *Br J Cancer* 1987; 55:681-5.
- 32) Hu YH, Nagata C, Shimizu H *et al.* Association of body mass index, physical activity, and reproductive histories with breast cancer: a case control study in Gifu Japan. *Breast Cancer Res Treat* 1997; 43: 65-72.
- 33) Fishman J, Schneider J, Hershcopf RJ *et al.* Increased estrogen-16 alpha-hydroxylase activity in women with breast and endometrial cancer. *J Steroid Biochem* 1984;20(4B):1077-81.
- 34) Nebert DW. Elevated estrogen 16 alpha-hydroxylase activity: is this a genotoxic or nongenotoxic biomarker in human breast cancer risk? *J Natl Cancer Inst.* 1993;85(23):1888-91.
- 35) Huber JC, Schneeberger C, Tempfer CB. Genetic modelling of the estrogen metabolism as a risk factor of hormone-dependent disorders. *Maturitas.* 2002;42(1):1-12.
- 36) Reed MJ, Purohit A. Aromatase regulation and breast cancer. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2001;54(5):563-71.
- 37) Haffner SM, Newcomb PA, Marcus PM *et al.* Relation of sex hormones and dehydroepiandrosterone sulfate (DHEASO4) to cardiovascular risk factor in postmenopausal women. *Am J Epidemiol* 1995; 142:925-34.
- 38) Friedenreich CM, Rohan TE. Physical activity and risk of breast cancer. *Eur J Cancer Prev* 1995; 4: 145-51.
- 39) Lorincz AM, Sukumar S. Molecular links between obesity and breast cancer. *Enocr Relat Cancer* 2006; 13: 279-92.
- 40) Vona-Davis L, Rose DP. Adipokines as endocrine, paracrine and autocrine factors in breast cancer risk and progression. *Endocr Relat Cancer* 2007; 14: 189-206.
- 41) Rose DP, Gilhooly EM, Nixon DW. Adverse effects of obesity on breast cancer prognosis, and the biological actions of leptin (review). *Int J Oncol* 2002; 21:1285-92.
- 42) Catalano S, Marsico S, Giordano C *et al.* Leptin enhances, via AP-1, expression of aromatase in the MCF-7 cell-line. *J Biol Chem* 2003; 278: 28668-76.
- 43) Hu X, Juneja SC, Mailhe NJ *et al.* Leptin: a growth factor in normal and malignant breast cells and for normal mammary gland development. *J Natl Cancer Inst* 2002; 94: 1704-11.
- 44) Rose DP, Komninou D, Stephenson GD. Obesity, adipocytokines, and insulin resistance in breast cancer. *Obes Rev* 2004; 5: 153-65.
- 45) Brakenhielm E, Veitonmaki N, Cao R *et al.* Adiponectin-induced antiangiogenesis and antitumor activity involve caspase-mediated endothelial cell apoptosis. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004; 101: 2476-81.
- 46) Dieudonne MN, Bussiere M, Dos SE *et al.* Adiponectin mediates antiproliferative and apoptotic responses in human MCF7 breast cancer cells. *Biochem Biophys Res Commun* 2006; 345: 271-9.
- 47) Kelesidis I, Kelesidis T, Mantzoros CS. Adiponectin and cancer: a systematic review. *Br J Cancer* 2006; 94: 1221-5.
- 48) Yokota T, Oritani K, Takahashi I *et al.* Adiponectin, a new member of the family of soluble defense collagens, negatively regulates the growth of myelomonocytic progenitors and the function of macrophages. *Blood* 2000; 96: 1723-32.
- 49) Friedenreich C.M., Cust AE. Physical activity and breast cancer risk: impact of timing, type and dose of activity and population subgroup effects. *Br J Sports Med* 2008; 42: 636-47.
- 50) Sesso HD, Paffenbarger RS Jr, Lee IM. Physical activity and breast cancer risk in the College Alumni Health Study. *Cancer Causes Control* 1998; 9: 433-9.
- 51) Gammon MD, Schoenberg JB, Britton KA *et al.* Recreational physical activity and breast cancer risk among women under age 45 years. *Am J Epidemiol* 1998; 147:273-80.
- 52) Chen CI, White E, Malone KE *et al.* Leisure time physical activity in relation to breast cancer among young women. *Cancer Causes Control* 1997; 8: 77-84.
- 53) Breslow RA, Ballard-Barbash R, Munoz K *et al.* Long term recreational physical activity and breast cancer in the National Health Nutrition and Examination Survey I epidemiologic follow-up study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2001; 10: 805-8.
- 54) Dirx MJ, Vorrrips LE, Goldbohm RA *et al.* Baseline recreational physical activity, history of sports participation, and postmenopausal breast carcinoma risk in the Netherland Cohort Study. *Cancer* 2001; 92: 1638-49.
- 55) Lee IM, Rexrode KM, Cook NR *et al.* Physical activity and breast cancer risk: the Women's Health Study. *Cancer Causes Control* 2001; 12: 137-45.
- 56) Dallal CM, Sullivan-Halley J, Ross RK *et al.* Long-term recreational physical activity and risk of invasive and in situ breast cancer: the California teacher study. *Arch Intern Med* 2007; 167: 408-15.
- 57) Mc Tiernam A, Stanford JL, Weiss NS *et al.* Occurrence of breast cancer in relation to recreational exercise in women age 50-64 years. *Epidemiology* 1996; 7:598-604.
- 58) Hirose K, Tajima K, Hamajima N *et al.* A large scale, hospital based case-control study of risk factor of breast cancer according to menopausal stat. *Jpn J Cancer Res* 1995; 86: 146-54.
- 59) Carpenter CL, Ross R, Paganini-Hill A *et al.* Lifetime physical activity and breast cancer risk among postmenopausal women (abstract). *Am J Epidemiol* 1996; 143:S87.
- 60) Magnusson CM, Roddam AW, Pike MC *et al.* Body fatness and physical activity at young ages and the risk of breast cancer in premenopausal women. *Br J Cancer* 2005; 97: 1671-9.
- 61) Bardia A, Hartmann LC, Vachon CM *et al.* Recreational physical activity and risk of postmenopausal breast cancer based on hormone receptor status. *Arch Intern Med* 2006; 166: 2478-83.
- 62) Enger SM, Ross RK, Paganini-Hill A *et al.* Body size, physical activity, and breast cancer hormone receptor status: results from two case-control studies. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2000; 9: 681-7.
- 63) Friedenreich CM, Bryant HE, Courneya KS. Case control study of lifetime physical activity and breast cancer risk. *Am J Epidemiol* 2001;154: 336-4.7
- 64) Tehard B, Friedereich CM, Oppert JM *et al.* Effect of physical activity on women at increased risk of breast cancer: results from the E3N cohort study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006; 15: 57-64.
- 65) Quadrilatero J, Hoffman-Goetz L. Physical activity and colon cancer. A systematic review of potential mechanism. *J Sports Med Phys Fitness* 2003 Jun; 43(2): 121-38.
- 66) Giovannucci E, Ascherio A, Rimm EB *et al.* Physical activity, obesity and risk of colon cancer and adenoma in men. *Ann Intern Med* 1995;122:327-34.
- 67) Hardman AE. Physical activity and cancer risk. *Proc Nutr Soc* 2001; 60:107-13
- 68) Liang W, Binns CW. Fruit, vegetables, and colorectal cancer risk: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *Am J Clin Nutr.* 2009 Oct; 90(4):1112.
- 69) Slattery ML, Potter J, Caan B *et al.* Energy balance and colon cancer-beyond physical activity. *Cancer Res* 1997;57:75-80.
- 70) Lee IM, Paffenbarger RS Jr, Hsieh CC. Physical activity and risk of developing colorectal cancer among college alumni. *J Natl Cancer Inst* 1991; 83:1324-9.
- 71) Martinez ME, Giovannucci E, Spiegelman D *et al.* Leisure-time physical activity, body size and colon cancer in women. Nurses' Health Study Research Group. *J Natl Cancer Inst* 1997; 89:948-55.
- 72) Harriss DJ, Cable NT, George K *et al.* Physical activity before and after diagnosis of colorectal cancer: disease risk, clinical outcomes, response pathways and biomarkers. *Sports Med* 2007; 37 (11): 947-60.
- 73) Mc Keown-Eyssen G. Epidemiology of colorectal cancer revisited: are serum triglycerids and/or plasma glucose associated with risk? *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1994; 3: 687-95.
- 74) Krotkiewski M, Björntorp P, Sjöström L *et al.* Impact of obesity on metabolism in men and women. Importance of regional adipose tissue distribution. *J Clin Invest* 1983 Sep; 72(3):1150-62.
- 75) Willet WG. Diet and cancer. *Oncologist* 2000; 5: 393-404.
- 76) Gerber M, Corpet D. Energy balance and cancers. *Eur J Cancer Prev* 1999; 26: 140-6.
- 77) Schwartz RS, Shuman WP, Larson V *et al.* The effect of intensive endurance exercise training on body fat distribution in young and older men. *Metabolism* 1991 May; 40(5):545-51.
- 78) Wood PD. Impact of experimental manipulation of energy intake and expenditure on body composition. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1993; 33(4-5):369-73.
- 79) Chan JM, Stampfer MJ, Giovannucci E *et al.* Plasma insulin-like growth factor-I and prostate cancer risk: a prospective study. *Science* 1998 Jan 23; 279(5350):563-6.
- 80) Rinaldi S, Cleveland R, Norat T *et al.* Serum levels of IGF-I, IGFBP-3 and colorectal cancer risk: results from the EPIC cohort, plus a meta-analysis of prospective studies. *Int J Cancer.* 2009 [Epub ahead of print].

- 81) Hankinson S, Willett W, Colditz G *et al.* Circulating concentrations of insulin-like growth factor-1 and risk of breast cancer. *Lancet* 1998;351:1393-96.
- 82) Shephard RJ, Rhind S, Shek PN. The impact of exercise on the immune system: NK cells, interleukins 1 and 2, and related responses. *Exerc Sport Sci Rev* 1995; 23:215-41.
- 83) Sternfeld B. Cancer and the protective effect of physical activity: the epidemiological evidence. *Med Sci Sports Exerc.* 1992 Nov; 24(11):1195-209.
- 84) Rauramaa R, Salonen JT, Seppänen K *et al.* Inhibition of platelet aggregability by moderate-intensity physical exercise: a randomized clinical trial in overweight men. *Circulation*, 1986 Nov; 74(5):939-44(1986).
- 85) Demers PA, Thomas DB, Rosenblatt KA *et al.* Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. *Am J Epidemiol* 1991; 134: 340-7.
- 86) Rosenberg L, Palmer JR, Zauber AG *et al.* J Natl Cancer Inst. A hypothesis: non steroidal anti inflammatory drugs reduce the incidence of large-bowel cancer 1991 Mar 6;83(5):355-8.
- 87) Ross JA, Potter JD, Severson RK. Platelet-derived growth factor and risk factors for colorectal cancer. *Eur J Cancer Prev.* 1993 May; 2(3):197-210.
- 88) Thun MJ. Aspirin and gastrointestinal cancer. *Adv Exp Med Biol.* 1997; 400A:395-402.
- 89) Newton RU, Galvao DA. Exercise in prevention and management of cancer. *Curr Treat Options Oncol* 2008; 9:135-146.
- 90) Le Marchand L, Koldand LN, Yoshizawa CN. Lifetime physical activity and prostate cancer risk. *Am J Epidemiol* 1991; 133: 103-11.
- 91) Hakkinen K, Kraemer WJ, Pakarinen A *et al.* Effects of heavy resistance/power training on maximal strength, muscle morphology, and hormonal response patterns in 60-75 year old men and women. *Can J Appl Physiol* 2002; 27(3): 213-31.
- 92) Patel AV, Rodriguez C, Jacobs EJ *et al.* Recreational physical activity and risk of prostate cancer in a large cohort of U.S. men. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005;14 (1):275-279.
- 93) Giovannucci E, Leitzmann M, Spiegelman D. A prospective study of physical activity and prostate cancer: in male health professionals. *Cancer Res* 1998;58:5117-5122.
- 94) Nilsen TIL, Romundstad PR, Vatten LJ. Recreational physical activity and risk prostate cancer: a prospective population-based study in Norway (the Hunt Study). *Int J Cancer* 2006; 119:2943-47.
- 95) Byers T, Nestle M, McTiernan A *et al.* American Cancer Society guidelines on nutrition and physical activity for cancer prevention: Reducing the risk of cancer with healthy food choices and physical activity. *CA Cancer J Clin.* 2002;52(2):92-119.
- 96) Meyerhardt JA, Heseltine D, Niedwiecki D *et al.* Impact of physical activity on cancer recurrence and survival in patients with stage III colon cancer: findings from CALGB 89803. *J Clin Oncol* 2006;24:335-41.
- 97) Holmes D, Chen WY, Feskanich D *et al.* Physical activity and survival after diagnosis of invasive breast cancer. *JAMA* 2005;293:2479-86.
- 98) Irwin ML. Influence of pre and post diagnosis physical activity on survival in breast cancer survivors: The Health, Eating, Activity, and Lifestyle (HEAL) study. *J Clin Oncol* 2008;26:1-7.
- 99) Meyerhardt JA, Giovannucci EL, Holmes MD *et al.* Physical activity and survival after colorectal cancer diagnosis. *J Clin Oncol* 2006;24:3527-34.
- 100) Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL *et al.* The association of changes in physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993; 328: 538-45.
- 101) Blanchard CM, Courneya KS, Stein K. Cancer survivors' adherence to lifestyle behavior recommendations and associations with health-related quality of life: results from the American Cancer Society's SCS-II. *J Clin Oncol* 2008;26:2198-204.

Received on November 15, 2010 - Accepted for publication on November 23, 2010.

Corresponding author: G. Caimi, Department of Internal Medicine, Cardiovascular and Urological Diseases, University of Palermo, via del Vespro 129, 90127 Palermo, Italy. E-mail: caimigre@unipa.it:

Congressi

January 13-15, 2011
Bled (Slovenia)

FIVB Volleyball Medicine Congress

Contact: Website: www.fivbmedicine2011.org

July 7-10, 2011
San Diego (CA, USA)

**American Orthopaedic Society for Sports
Medicine AOSSM 2011 Annual Meeting**

Contact: Website: www.sportsmed.org

April 30-May 4, 2011
Salt Lake City (UT, USA)

**American Medical Society of Sports Medicine
20th Annual AMSSM Meeting**

Contact:
Website: www.amssm.org

October 26-29, 2011
Salzburg (Austria)

**European Federation of Sports Medicine
EFSMA. 7th European Sports Medicine Con-
gress**

Contact: Website: www.efsma.net

May 15-19, 2011
Rio de Janeiro (Brazil)

**International Society of Arthroscopy Knee
Surgery and Orthopaedic Sports Medicine 8th
Biennal ISAKOS Congress**

Contact: Website: [www.isakos.com/meetings/
2011congress](http://www.isakos.com/meetings/2011congress)

May 2-5, 2012
Geneva (Switzerland)

**European Society of Sports Traumatology
Knee Surgery and Arthroscopy
15th ESSKA Congress**

Contact:
Website: [www.esska-congress.org/
esska2012](http://www.esska-congress.org/esska2012)

May 31-June 4, 2011
Denver (CO, USA)

**American College of Sports Medicine
ACSM's 58th Annual Meeting**

Contact: Website: www.acsm.org

September 27-30, 2012
Rome (Italy)

**XXXII FIMS World Congress of Sports Medi-
cine**

Contact:
Website: www.fmsi.it

Ringraziamenti

“Medicina dello Sport”, organo scientifico ufficiale della Federazione Medico Sportiva Italiana ha l’ambizione, come forse molti lettori sapranno, di presentare alla comunità internazionale i risultati delle ricerche della Medicina dello Sport al fine di incrementarne la diffusione, la conoscenza e la visibilità.

Per raggiungere tale intendimento è necessario delineare un percorso di progressivo innalzamento della credibilità della Rivista, attraverso una sempre più rigorosa e attenta valutazione dei lavori proposti per la pubblicazione.

Per tale motivo solo grazie al lavoro disinteressato, talvolta impietoso, ma sempre improntato alla massima onestà e coerenza scientifica dei Referees, possiamo sperare di raggiungere gli obiettivi da tutti noi auspicati.

A loro, che assieme agli Autori sono i veri artefici del valore della Rivista, va il più sentito ringraziamento del Comitato di Redazione e della FMSI.

G. SANTILLI

Giovanna BERLUTTI
Marco BERNARDI
Alessandro BIFFI
Serena BRIA
Amos CASTI
Paolo CREPAZ
Michele D’ARIENZO
Luigi DI LUIGI
Marcello FAINA
Carlo FALETTI
Pierluigi FIORELLA
Calogero FOTI
Claudio GALLOZZI
Gian Pasquale GANZIT
Arrigo GIOMBINI
Vincenzo Maria IERACITANO

Sergio LUPO
Renato MANNO
Lorenzo MARUGO
Clara MAURI
Paolo PALANGE
Attilio PARISI
Giovanni PASSERI
Antonio PELLICCIA
Gabriele PETROLITO
Antonella SANTILLI
Federico SCHENA
Vincenzo Romano SPICA
Salvatore SQUATRITO
Antonio SPATARO
Giancarlo TOPI
Arsenio VEICSTEINAS
Paolo ZEPELLI

VOLUME 63 - 2010

Subjects and Authors' indexes

Indice alfabetico per materie e degli Autori

Subjects Index Indice alfabetico per materie

A

Achilles tendon, 557.
Adolescent, 365, 465.
America's cup, 239.
Anterior cruciate ligament, 495.
Anthropometry, 409.
Anti-asthmatic drugs, 419.
Antioxidant events, 277.
— supplementation, 277.
Arthrography, 547.
Asthma, 419.
Athletes, 353, 391, 429.

B

Biomechanics, 327.
Blood pressure, 167, 209.
— diagnosis, 391.
Body Mass Index, 521.
Bone density, 485.
Breast neoplasms, 591.

C

Cardiovascular responses, 209.
— risk, 201.
Colorectal neoplasms, 591.
Coronary disease, 531.
— stenosis, 531.

E

Education, 365.
Electrocardiography, 179, 375.
Endurance, 145.
— athlete, 179.
Epidemiology, 567.
Exercise, 167, 353, 465, 485, 521.
— test, 375, 531.
— type, 209.

F

Fence, 353.

G

Genetic analysis, 179.
Guidelines, 201.
Gymnastics, 429.

H

Health, 365.
— promotion, 365.

Heart defects, congenital, 539.
— diseases, 375.
— rate, 209, 391.

I

Illness, 239.
Incidence, 239.
Injuries, 239, 567.
Intermittent, 145.

J

Joint instability, 547.

K

Kawasaki Syndrome, 201.
Kayak, 509.
Kloating meniscus, 255.
Knee, 255, 495.

L

Life style, 465.
Lower extremities, 353.

M

Magnetic resonance, 255.
Malnutrition, 521.
Martial arts, 153.
Meniscocapsular separation, 255.
Meniscus, 255.
Metabolic Syndrome X, 591.
Motion, 327.
Motor activity, 591.
Motor performance, 221.
Muscular-skeletal lesions, 265.

N

Neoplasms, 591.

O

Obesity, 591.
Olympic games, 419.
Oxidative stress, 391.

P

Parasympathetic, 145.
Patellar ligament, 557.

Physical exertion, 167.
— fitness, 153, 221, 409, 465, 539.
Postoperative complications, 495.
Posture, 509.
Prostatic neoplasms, 591.

Q

Quadriceps muscle, 557.

R

Racewalking, 327.
Reactive oxygen species, 277.
Recovery, 145.
Rehabilitation, 429.
Resistance training, 343.
Rugby, 567.
Rural children, 221.

S

Sailing, 239.
Shoulder joint, 547.
Skeleton, 485.
Soccer, 343, 409.
South Africa, 221.
Spine, 509.
Spirometry, 419.
Sporting activity, 277.
Sports, 153, 343, 539.
— eligibility, 201.
Synthetic turf, 265.

T

Thorax, 509.
Training, 145.

U

Ultrasonography, 557.

W

Wounds and injuries, 495.

Y

Young football players, 265.

Authors' index

Indice alfabetico degli Autori

A

Accettura D., 127.
Ahumada F., 145.
Alacid F., 509.
Alboni P., 25.
Amey A. K., 221.
Ammirati F., 25.
Amodeo G., 591.
Amusa L. O., 221, 409.
Anedda A., 103.
Aschieri P. L., 153.
Azali Alamdari K., 485.

B

Baratto M., 153.
Barbari L., 179.
Basso C., 61, 119.
Belli A., 239.
Bernardi M., 95.
Berrettini U., 111.
Bettini R., 87.
Bianca I., 43.
Bianchi G., 15, 375.
Biffi A., 9, 15, 25.
Bonaiuto M., 277.
Bonanno D., 567.
Bonetti A., 103.
Bonini M., 418.
Borghi C., 73.
Borrione P., 365.
Botrè F., 127.
Bria S., 43.
Brignole M., 25.
Bronikowski M., 465.
Bumbasirevic M., 495.

C

Caimi G., 591.
Calabrò R., 43.
Calleja-Gonzalez J., 145.
Calzolari A., 43, 539.
Camera A., 591.
Candela F., 255, 547.
Cappato R., 127.
Carp A., 179.
Casasco M., 9, 123, 375, 441.
Caso P., 81.
Casolo G., 81.
Cataleta R., 353.
Cecchi F., 61.
Cervera C., 153.
Chen H., 429.
Chiarella F., 15.
Chiodo S., 443.
Chioncel O., 179.
Chiozzi F., 567.
Ciccarone G., 201.
Cifra B., 539.
Claudio F., 375.
Colonna P., 43.
Corrado D., 15, 25, 61.
Cristiano A., 103.
Cupelli V., 73.

D

D'Andrea A., 43.
D'Andrea L., 103.
D'Angelo E., 167.
D'Arienzo M., 255, 547.
D'Este D., 25, 73.
Davalli A., 443.
De Ambroggi L., 127.
De Angelis C., 111.
De Falco F., 103.
De Ferrari F., 123.
De Pascalis E., 353.
Delise P., 25, 119.
Della Bella G., 239.
Di Blasio A., 167.
Di Cave P., 418.
Di Cesare A., 557.
Di Luca N. M., 123.
Di Mauro D., 277.
Di Pasquale G., 15.
Di Tante V., 265.
Dragoni S., 557.

E

Ebadi Shirmard B., 485.
Egidi F., 418.

F

Fagnani F., 365.
Faina M., 9.
Faiola F., 375.
Faletra F., 81.
Faraji H., 209.
Fedele F., 15.
Fernando F., 15.
Ferraris L., 285.
Finotto P. L., 73.
Fintini D., 539.
Fiore A., 557.
Fiorella P. L., 9.
Flotti G., 443.
Foti C., 239.
Francavilla G., 255, 547.
Francavilla V. C., 255, 547.
Fratricelli A., 15.
Furlanello F., 25, 127.

G

Gaita F., 25.
Galanti G., 265.
Gallamini M., 153.
Gallina S., 167.
Ganzit G. P., 391.
Garcovich C., 239.
Gargiulo G., 43.
Gazale G., 73.
Giada F., 25.
Giannico S., 539.
Giombini A., 557.
Giordano U., 539.
Goon D. T., 221.
Goon D. T., 409.

Gramiccioni C., 418.
Grasso L., 365.
Griffo R., 81.
Guiducci U., 87.
Gulizia M., 25.

H

Hajdarevic A., 391.
Huang Y., 429.
Inama G., 25.
Ionescu A., 179.
Iovane A., 255, 547.

J

Jakovljevic D. G., 145.

K

Kadija M., 495.
Knezevic O., 495.

L

La Torre A., 327.
Lazzarino G., 441.
Lestuzzi C., 127.
Lino A., 153.
Liu S., 429.
Lombardi M., 81, 375.
López-Miñarro P. A., 509.
Luciani U., 375.
Lunati M., 25.

M

Macarie C., 179.
Maffione S., 353.
Magauda L., 277.
Manganiello M., 531.
Manno R., 309.
Marcora S. A., 539.
Martello R., 531.
Marzullo M., 531.
Mattioli D., 73.
Merati G., 9.
Mercuri R., 265.
Messina M., 531.
Migliore F., 15.
Milovanovic D., 495.
Mirkov D. M., 495.
Mohebbi H., 209.
Mollo M. L., 239.
Monyeki M. A., 409.
Moradi Koochi M., 485.
Mos L., 73.
Muyor J. M., 509.

N

Nakhostin-Roohi B., 521.
Navarra S., 153.

Niknam Z., 521.
Nikolaidis P. T., 343.

O

Ostojic S. M., 145.

P

Pacini D., 567.
Padoa S., 418.
Pagano F., 277.
Palatini P., 73.
Palazzo G., 15.
Palmieri V., 95.
Palumbo G., 531.
Parisi A., 365.
Pelliccia A., 61, 418.
Penco M., 81.
Picchio F. M., 43.
Piccinno A., 353.
Pigozzi F., 365.
Pozesh Jadidi J., 485.
Pozesh Jadidi R., 485.
Pozzi M., 43.
Preatoni E., 327.
Priori S., 25.
Pruna R., 265.

R

Rahmani-Nia F., 209.
Ravaglia R., 285.
Raviele A., 25.
Razzicchia S., 365.
Riganti A., 391.
Ripari P., 167.
Rodano R., 327.
Roi G. S., 567.
Romano S., 81.

S

Salerno J. M., 25.
Salvi A., 579.
Sanfilippo A., 255, 547.
Sangiorgi G., 81.
Sannicandro I., 353.
Santambrogio G. C., 327.
Santini M., 25.
Sardella F., 418.
Sarubbi B., 43.
Schiavon M., 15.
Schöffl V., 429.
Schwartz P. J., 25, 119.
Scotton C., 285.
Sheikhholeslami Vatani D., 209.
Signoretti S., 441.
Sinagra G., 61.
Sojudi A., 521.
Sorrentino F., 255.
Spataro A., 95.
Speciale F., 277.

Stefani L., 265.
Stoian I., 179.
Stoian I., 179.
Sutera R., 255, 547.

T

Tavazzi B., 441.
Teoni P., 15.

Tepes Piser I., 179.
Thiene G., 15, 61.
Todaro A., 418.
Tomassi G., 365.
Toriola A. L., 409.
Tranchita E., 539.
Tranquilli C., 127, 557.
Trimarchi F., 277.
Trivelloni P., 111.
Turchetta A., 539.

V

Vagnozzi R., 441.
Veicsteinas A., 9, 139, 375.
Vergara G., 25.
Verzeletti A., 123, 441.
Verzini F., 391.
Vignati G., 43.
Villega A., 81.
Vitali Serdoz L., 127.

Volterrani M., 15.
Vucetic V., 145.

Z

Zeppilli P., 25, 43, 61, 87.
Zhang P., 429.
Zito G., 15.
Zorzi A., 15.