

Massimiliano Gollin *Dipartimento di Scienze cliniche e biologiche, Centro di ricerche sulle scienze motorie, Scuola universitaria di scienze motorie e sportive, Università di Torino; Isef, Centro ricerche e allenamento sportivo, Torino;*

Marco Alessandria *Scuola di dottorato Scienze della vita e della salute, Torino;*

Luca Beratto *Scuola di dottorato Scienze della vita e della salute, Torino;*

Federico Abate Daga, Flora Margherita Elena Martra *Scuola universitaria di scienze motorie e sportive, Università di Torino*

## VALUTAZIONE FUNZIONALE e PREVENZIONE *nella* SCHERMA

Ciclo del passo, forza muscolare, flessibilità muscolo-tendinea  
e controllo propriocettivo in atleti schermatori

L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di verificare, in uno sport a gestualità tecnica asimmetrica come la scherma, la presenza di differenze della forza e della flessibilità muscolo-tendinea degli arti inferiori (destra vs sinistra), dell'equilibrio statico e del controllo propriocettivo e della forza dei flessori delle mani in un gruppo di atleti di livello nazionale praticanti scherma. Sono stati studiati

17 atleti schermatori, 9 di genere maschile e 8 femminile, tutti con guardia destra (età  $15\pm 3$  anni, peso  $58\pm 12$  kg, altezza  $168\pm 11$  cm, che si allenavano da  $6\pm 3$  anni). Sono state eseguite queste valutazioni funzionali: analisi baropodometrica e stabilometrica; ciclo del passo; mobilità articolare coxo-femorale e misura della lunghezza dell'arto inferiore; test di valutazione dell'equilibrio;

hand grip test; test di valutazione della forza isometrica massima. Lo studio ha messo in evidenza l'entità delle differenze funzionali in relazione all'asimmetria del gesto atletico dello schermatore. È sottolineata l'importanza di un'attività di compenso preventiva protratta per tutta la stagione agonistica: l'obiettivo è ridurre le possibili offese muscolo-tendinee da overusing.



## Introduzione

Identificare uno *screening* preventivo di valutazione funzionale dell'atleta è fondamentale per prevenire i danni muscolo-articolari da *over-use*.

L'analisi della ciclicità del passo (*gait cycles analysis*), dell'elongazione muscolo-tendinea, dell'equilibrio podalico e della postura possono essere indici di un normale sviluppo e mantenimento dell'integrità fisica dell'essere umano.

Small et al. (2009) mettono in evidenza come la corretta ciclicità della deambulazione regredisca in condizioni di fatica: fenomeno strettamente correlato alla perdita di flessibilità muscolo-tendinea (Orchard 2002) che riduce la mobilità articolare attiva, la tecnica di corsa e il livello coordinativo della parte superiore e inferiore del corpo con conseguente aumento del rischio di infortuni (Woods et al. 2004).

Kaufman, Miller (1996) hanno studiato come una differenza di lunghezza degli arti inferiori, superiore a 2 cm, determini una significativa asimmetria del ciclo del passo. L'estensibilità muscolare è una qualità estremamente importante per la conservazione di una buona efficienza fisica.

È dimostrato che una ridotta flessibilità muscolo-tendinea a livello dei muscoli ischio-crurali aumenti il numero di lesioni muscolari in quest'area (Witvrouw et al. 2003). In aggiunta, disparità sia in termini di forza sia di flessibilità muscolo-tendinea superiori al 15% tra gli arti inferiori sono causa di infortuni muscolari durante il periodo competitivo.

Variazioni dell'equilibrio mono-podalico maggiori del 20% tra gli arti inferiori danno una spiegazione all'incremento dei danni muscolo-articolari in questa regione (Knapik et al. 1990, Wang et al. 2006).

L'obiettivo di questa ricerca è stato verificare, in uno sport a gestualità tecnica asimmetrica come la scherma, la presenza di differenze della forza e della flessibilità muscolo-tendinea degli arti inferiori (destra vs sinistra), dell'equilibrio statico e del controllo propriocettivo e della forza dei flessori delle mani in un gruppo di atleti di livello nazionale praticanti scherma.

## Materiali e metodi

Sono stati studiati 17 atleti schermatori, 9 di genere maschile e 8 femminile, tutti con guardia destra (età  $15 \pm 3$  anni, peso  $58 \pm 12$  kg, altezza  $168 \pm 11$  cm, che si allenavano da  $6 \pm 3$  anni). Nessuno di loro al momento del campionamento ha denunciato patologie di tipo artro-osteo-muscolare o dermatologiche che potessero influenzare negativamente i test di valutazione funzionale richiesti. Gli atleti erano asintoma-



Foto Augusto Bizzi

tici con nessun trattamento ortodontico in atto e sono stati preventivamente informati sullo scopo dello studio firmando un consenso informato.

## Strumenti e protocolli dei test

Sono stati effettuati i seguenti test di valutazione funzionale con i rispettivi protocolli di misura.

### 1. Analisi baropodometrica e stabilometrica

Il test prevede l'utilizzo di una pedana baropodometrica e stabilometrica *P-Walk* (BTS S.p.A., Garbagnate Milanese, Italy) che permette di valutare le pressioni plantari in fase statica e dinamica. Ha una frequenza di campionamento fino a 100 Hz. Le dimensioni del modulo singolo sono di  $675 \times 540 \times 5$  mm e un'altezza della superficie sensorizzata di 0,7 mm. Possiede 2304 sensori resistivi della dimensione di  $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ . L'area di campionamento attivo è di  $480 \times 490$  mm e permette una pressione da 30 a 400 Kpa ( $300 \text{ g/cm}^2$ ). Il software che si interfaccia con la pedana è *G-Studio* e ha permesso l'acquisizione per la durata di 60 s in posizione statica. Il posizionamento dell'atleta sulla piattaforma avviene tramite le linee di

riferimento disegnate sulla superficie della pedana che sono poste diagonalmente e formano un angolo di  $30^\circ$  (Agostini et al. 2013) (figura 1).

I piedi sono posizionati, con la testa del secondo dito e la mezziera del calcagno, simmetricamente sulle linee di riferimento (figura 1). Il tallone dista dal contro-laterale 6 cm.

Il soggetto rimane in stazione eretta, con lo sguardo rivolto sul piano di Francoforte e le braccia lungo i fianchi per tutta la durata del test.

Le variabili baropodometriche registrate sono:

- Pressione massima piede dx e sx (anche con localizzazione grafica).
- Pressione media e superficie grafica dell'appoggio plantare.
- Distribuzione % del carico sulla superficie d'appoggio plantare antero-posteriore e latero-laterale.
- Proiezione grafica del baricentro al suolo.
- Centro di pressione ortostatica dei due piedi.
- Distribuzione % del peso sull'avampiede, mesopiede e retro piede.

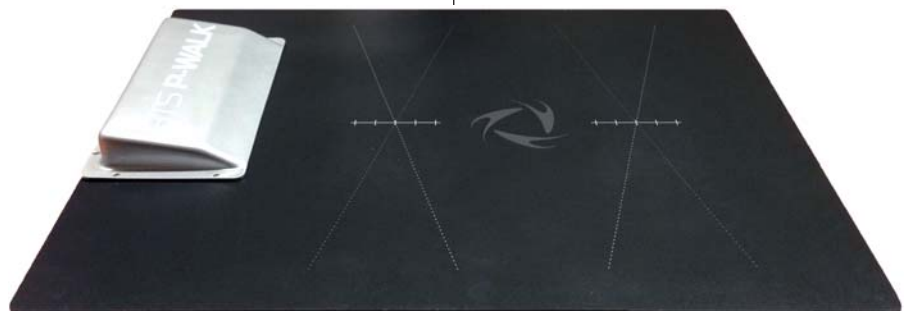


Figura 1 – La pedana P-walk e le linee di riferimento per gli appoggi plantari.

Per l'analisi stabilometrica l'atleta mantiene l'appoggio mono e bi-podalico. Le variabili registrate sono:

- X CoP Med: la media del movimento del centro di pressione nel piano frontale (mm).
- Y CoP Med: la media del movimento del centro di pressione nel piano sagittale (mm).
- Perimetro: percorso descritto dal CoP (mm).
- Area: superficie (mm<sup>2</sup>) descritta dal centro di pressione ortostatica (CoP).
- Vel media AP: la velocità media nella direzione antero-posteriore (mm/s).
- Vel media ML: la velocità media nella direzione medio laterale (mm/s).
- Rapporto distanza/superficie (LSF).
- Rappresentazione grafica oscillazioni laterali/antero-posteriori del CoP piede dx, sx e corpo (stabilogramma).

Le prove baropodometriche e stabilometriche devono rispettare circa due minuti di pausa tra l'esecuzione di un test e quello successivo e sono state realizzate in 60 s sia a occhi aperti che chiusi.

## 2. Analisi del ciclo del passo

Lo strumento utilizzato per questa analisi è stato il *G-WALK* (BTS S.p.A., Garbagnate Milanese, Italy). È un sistema *wireless* costituito da un sensore inerziale composto da un accelerometro triassiale, un sensore magnetico e un giroscopio triassiale che, posizionato a livello di L5 (figura 2) permette di eseguire l'analisi del cammino con frequenza di campionamento di 200 Hz. Il sistema fornisce tutti i parametri spazio-temporali necessari per effettuare l'analisi del passo:



Figura 2 – Sistema G-walk e suo posizionamento.

- Velocità media del cammino (m/min).
- Cadenza (passi/min): ritmo espresso in numero di passi al minuto.
- Lunghezza del ciclo del passo (m): valore medio delle distanze tra ogni appoggio del tallone e il successivo dello stesso piede.
- Lunghezza del passo sinistro (m): valore medio delle distanze tra ogni appoggio del tallone sinistro e il successivo del tallone destro.
- Lunghezza del passo destro (m): valore medio delle distanze tra ogni appoggio del tallone destro e il successivo del tallone sinistro.
- Percentuale lunghezza del passo/altezza (%): lunghezza del passo normalizzato all'altezza.
- Durata del ciclo del passo (s): valore medio dell'intervallo di tempo tra due appoggi consecutivi del tallone dello stesso piede.
- Durata del passo sinistro (s): valore medio dei tempi tra l'appoggio del tallone sinistro e l'appoggio del tallone destro.
- Durata del passo destro (s): valore medio dei tempi tra l'appoggio del tallone destro e l'appoggio del tallone sinistro.
- Durata in % del ciclo del passo (%): valore medio della durata della fase di appoggio del piede destro e sinistro come percentuale del ciclo del passo.
- Durata della fase di singolo appoggio del piede sinistro come percentuale del ciclo del passo (%).
- Durata della fase di singolo appoggio del piede destro come percentuale del ciclo del passo (%).
- Durata singolo appoggio come % del ciclo del passo (%): valore medio della durata del singolo appoggio del piede destro e sinistro come percentuale del ciclo del passo.
- Durata oscillazione come % del ciclo del passo (%): valore medio della durata della fase di oscillazione destra e sinistra come percentuale del ciclo del passo.
- Durata fase di oscillazione sinistra come % del ciclo del passo (%): durata della fase di oscillazione sinistra come percentuale del ciclo del passo.
- Durata fase di oscillazione destra come % del ciclo del passo (%): durata della fase di oscillazione destra come percentuale del ciclo del passo.
- Durata del doppio appoggio come % del ciclo del passo (%): durata della fase in cui entrambi i piedi sono in appoggio come percentuale del ciclo del passo.
- Durata singolo appoggio come % del ciclo del passo (%): durata della fase in cui un solo piede è in appoggio come percentuale del ciclo del passo.

## 3. Test di mobilità articolare dell'articolazione coxo-femorale e misura della lunghezza degli arti inferiori

La misura dell'elongazione muscolare ischio-crurale avviene prendendo come riferimento l'articolazione coxo-femorale. il soggetto è posizionato in decubito supino su un lettino medico con le gambe in estensione e con la muscolatura rilassata. Tramite l'utilizzo di un goniometro digitale (*GetMyRom for Iphone 5 s, USA*) applicato a metà della linea immaginaria che congiunge la testa della fibula e il malleolo esterno avviene il campionamento chiedendo all'atleta di flettere la gamba destra mantenendo in estensione il ginocchio (figura 3). Successivamente la medesima misurazione è effettuata sulla gamba sinistra. È da sottolineare come le gambe dei soggetti devono essere alternate in modo da evitare l'effetto sequenza che può inficiare i dati raccolti. Per questa misurazione non è previsto il riscaldamento.

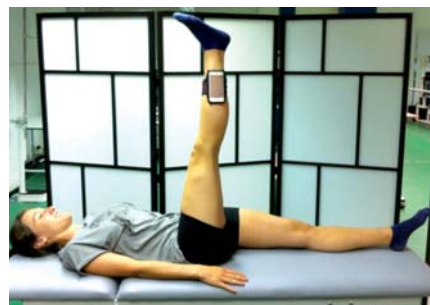


Figura 3 – Test di mobilità articolare dell'articolazione coxo-femorale.

La valutazione della lunghezza degli arti inferiori è stata effettuata utilizzando un metro flessibile; è misurata la lunghezza degli arti inferiori prendendo come punti di riferimento la SIAS (Spina Iliaca Antero Superiore) e il malleolo interno (Kaufman, Miller 1996). Il fine è di escludere che un'alterata lunghezza degli arti inferiori possa modificare il ciclo del passo (Knapik 1991).

## 4. Test di valutazione dell'equilibrio

È stata utilizzata la pedana propriocettiva *Libra* (Easy Tech, Borgo San Lorenzo, Firenze). Ha una superficie di appoggio antiscivolo sulla quale sono state tracciate le medesime linee per il posizionamento dei piedi, simmetriche alla linea mediana, della pedana *P-walk*.

Le dimensioni del piano di appoggio sono 420 x 430 x 65 mm. Sono presenti tre diversi diametri di basculamento (10/24/40 centimetri). Per la sperimentazione è stato utilizzato un diametro di bascula-



# TEST

PER LO SPORT  
E L'ATTIVITÀ FISICA

LINEE GUIDA PER TEST  
FISIOLOGICO-SPORTIVI  
E CLINICO-FISIOLOGICI

LIBRO • PAGINE 450 • EURO 45,00

Contiene le linee guida della BASES (*British Association of Sport and Exercise*) sulla valutazione fisiologica che rappresentano un importante punto di riferimento per tutti coloro che si occupano di valutazione funzionale, in laboratorio e sul campo, sia dell'atleta e dello sportivo che di soggetti affetti da patologie cliniche. Linee guida che non costituiscono solo un elenco più o meno completo di test di valutazione (vengono comunque presentati in modo chiaro ed organico gran parte dei test più comuni utilizzati per la valutazione funzionale), ma piuttosto un vero e proprio testo scientifico, corredato da una ricca e fondamentale bibliografia, organizzato in sei parti, all'interno delle quali vengono illustrati esaurientemente i presupposti teorici e le implicazioni pratiche della valutazione funzionale. Nella prima parte di queste linee guida, sono trattati i principi generali ed in particolare i concetti di salute e di sicurezza, nonché le implicazioni etiche della valutazione funzionale. Nella seconda parte vengono trattate le implicazioni metodologiche della valutazione ed in particolare le problematiche legate all'errore, alla normalizzazione delle misure ed all'effetto dei ritmi circadiani. Nella terza parte si entra nel vivo delle procedure generali che vengono poi utilizzate specificamente nelle varie situazioni, ma che hanno comuni denominatori che derivano dalle conoscenze della fisiologia e della biomeccanica dell'esercizio, che assieme ai presupposti teorici descritti nelle prime due parti del testo, devono essere ben padroneggiate da chi effettua la valutazione funzionale. Nella quarta parte si scende nel dettaglio delle varie discipline sportive e viene offerto un interessantissimo panorama del mondo della valutazione funzionale nel Regno Unito, dove ampi spazi vengono dedicati alla valutazione sport-specifica sul campo, e dal quale il lettore più attento potrà trovare importanti stimoli per il suo lavoro. Nella quinta parte vengono affrontate le problematiche specifiche della valutazione funzionale dei bambini, degli anziani e delle donne che spesso sono ignorate e che possono dar origine a vari tipi di errore. Infine nella sesta parte, che nell'edizione originale inglese è pubblicata separatamente in un secondo volume, vengono trattate le problematiche valutative per i pazienti affetti da diabete, cardiopatie, pneumopatie, disturbi circolatori, insufficienza renale e malattie neuromuscolari.

PER INFORMAZIONI E ORDINI  
tel. 075 5997310  
www.calzetti-mariucci.it  
info@calzetti-mariucci.it

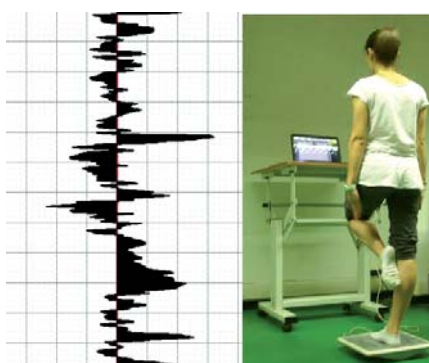


Figura 4 – Valutazione mono-podalica dell'arto destro.



Foto Augusto Bzzi

mento di 10 centimetri in direzione laterale. La pedana *Libra* ha un errore massimo di misura di 0,2 gradi/secondo. La pedana *Libra* è stata utilizzata per valutare la capacità del soggetto di mantenere l'equilibrio in posizione eretta in appoggio su un piano instabile (figura 4). La pedana permette di misurare l'area descritta dalle oscillazioni dell'individuo, sia a destra, sia a sinistra rispetto alla linea di mezzeria e l'area totale derivante dalla loro somma.

I soggetti sono stati sottoposti a sei prove (in posizione bi-podalica e mono-podalica) della durata di 30 s con e senza *feedback* visivo (Mossi 2002).

Per ciascuna posizione sono stati mantenuti gli arti superiori distesi lungo i fianchi e gli arti inferiori leggermente piegati (circa 2-3 gradi) e piedi divaricati a formare un angolo di 30 gradi (Agostini 2013) nel test bi-podalico, mentre nel mono l'appoggio plantare è stato posizionato sulla linea mediana della pedana.

### 5. Hand grip test

Il test permette di valutare la forza isometrica massima dei flessori delle dita e prevede che il soggetto esegua una massima contrazione volontaria impugnando un dinamometro digitale (*Baseline 300 lb ER*

*digital LCD dynamometer USA*) (figura 5). Il test si esegue in posizione seduta mantenendo la pianta dei piedi in appoggio al suolo, la schiena dritta e staccata dallo schienale, l'angolo delle ginocchia a 90° e l'angolo tra avambraccio e braccio di circa 150°. Si è richiesto ai soggetti di non appoggiare il gomito al tronco evitando così di falsare la misura rilevata utilizzando un punto di appoggio per l'estrinsecazione della forza (Vitalea et al. 2006). Sono state eseguite 3 prove massimali con il rilevamento della migliore sia a destra sia a sinistra e con un recupero tra le prove di due minuti.



Figura 5 – Baseline 300 lb ER LCD dynamometer.

### 6. Test di valutazione della forza isometrica massima

L'esigenza di questo test nasce dalla necessità di poter valutare lo stato di efficienza muscolare degli arti inferiori dell'atleta. A tal fine, l'indagine più facilmente realizzabile in laboratorio evidenzia la contrazione isometrica, agevolmente misurabile e ripetibile nel tempo, non richiedendo particolari attitudini tecniche e coordinative per l'effettuazione del test. Per l'analisi della forza sono state utilizzate due pedane dinamometriche della ditta *Globus Italia*, utili per la valutazione, in catena cinetica chiusa, della muscolatura del quadricipite (figura 6).



**Figura 6 – Posizione del soggetto durante l'esecuzione del test alla pressa orizzontale.**

Tali strumenti sono applicati ad una pressa isotonica della ditta *Technogym*. Ciascun atleta si è sottoposto ad una sessione di test. Il protocollo di lavoro ha previsto le seguenti fasi:

- Riscaldamento, su cicloergometro (10 minuti a 75-100 W o con una frequenza cardiaca di circa il 65-75% della FCmax teorica, calcolata con la formula  $220 - \text{età}$ ).
- Posizionamento del soggetto sulla pressa e appoggio dei piedi sulle pedane dinamometriche con ginocchio piegato a  $120^\circ$  (Marcora, Miller 2000).
- Esecuzione di tre serie da tre ripetizioni di contrazioni isometriche sub-massimali di riscaldamento specifico degli arti inferiori, della durata massima di 3 s, intervallate da 2 minuti di recupero.
- Esecuzione di 3 serie da una ripetizione di contrazioni massimali degli arti inferiori, della durata massima di 5 s, distanziate da 3 minuti di recupero scegliendo la migliore per l'analisi statistica.

## Analisi statistica

I dati rilevati sono stati trattati con la statistica non parametrica (*Wilcoxon test*) utilizzando il software *GraphPad Prims5* (*Graph Pad Software, Inc., USA*). Il livello di significatività "*p*" è stato fissato a 0,05. La differenza percentuale è stata calcolata secondo la formula:

$$\text{Diff}\% = \frac{[\text{VAL max.} - \text{VAL min.}]}{\text{VAL max.}] \cdot 100$$

dove:  
*VAL max.* = valore massimo  
*Val min.* = valore minimo

## Risultati

I dati analizzati (*Wilcoxon test*) hanno mostrato una variazione statisticamente significativa delle seguenti variabili:

- flessibilità muscolo-tendinea ischio-crurale (arto destro > arto sinistro,  $p < 0,05$ , +9%);
- test dei flessori della mano (arto destro > arto sinistro,  $p < 0,05$ , +12%).

Anche nel test dell'equilibrio mono-podalico sinistro si è evidenziata una variazione statisticamente significativa (area destra > sinistra,  $p < 0,05$ , +27%).

## Discussione

L'analisi dei dati mostra come uno sport asimmetrico come la scherma, modifichi inevitabilmente le due emi-parti del corpo e sia fondamentale prenderne atto per ogni singolo atleta al fine di proporre un'attività di compenso e preventiva.

Lo studio evidenzia una *maggiore ROM* dell'arto di affondo (emi-parte destra) comunque nei valori di normalità perché minore del 15% (Witvrouw et al. 2003); una *maggiore forza della mano armata*

destra (+12%). L'*arto inferiore sinistro* mostra un differente controllo propriocettivo della prono-supinazione (+27%) passibile di traumi osteo-artro-muscolari in questa emi-parte (Knapik et al. 1990; Wang et al. 2006): l'*area destra descritta dal piede sinistro* è maggiore rispetto all'area sinistra. Il dato è in accordo con una maggiore tendenza alla pronazione del piede, per la particolare posizione dello stesso durante l'affondo (per gli schermatori destrimani).

## Conclusioni

Lo studio mette in evidenza l'entità di differenze funzionali in relazione all'asimmetria del gesto atletico dello schermatore. È sottolineata, quindi, l'importanza di un'attività di compenso preventiva protratta per tutta la stagione agonistica: l'obiettivo è ridurre le possibili offese muscolo-tendinee da *overusing*.

## Bibliografia

- Agostini V., Chiamello E., Canavese L., Bredariol C., Knaflitz M., Postural sway in volleyball players, *Human Movement Science*, 32, 2013, 3, 445-456.
- Kaufman K.R., Miller L. S., Sutherland D.H., Gait asymmetry in patients with limb-length inequality, *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 16, 1996, 2, 144-150.
- Knapik J. J., Bauman C. L., Jones B. H., Harris J., Vaughan L., Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes, *The American Journal of Sport Medicine*, 18, 1991, 1, 76-81.
- Mossi E., Trattato teorico/pratico di Posturologia osteopatica, Roma, Marrapese ed., 2002, 104-111.
- Orchard J., Biomechanics of muscle strain injury, *New Zealand Journal of Sport Medicine*, 30, 2002, 92-98.
- Small K., McNaughton L. R., Greig M., Lohkamp M., Lovell R., Soccer Fatigue, Sprinting and Hamstring Injury risk, *International Journal of Sport Medicine*, 2009, 30, 8, 573-578.
- Vitalea M. A., Choe J. C., Sesko A. M., Hyman J. E., Lee F. Y., Roye Jr D. P., Vitale M. G., The effect of limb length discrepancy on health-related quality of life: is the '2cm rule' appropriate? *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 15, 2006, 1, 1-5.
- Wang H. K., Chen C. H., Shiang T. Y., Jan M. H., Lin K. H., Risk-factor analysis of high school basketball-player ankle injuries: a prospective controlled cohort study evaluating postural sway, ankle strength, and flexibility, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 2006, 6, 825-868.
- Witvrouw E., Danneels L., Asselman P., D'Have T., Cambier D., Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players, *The American Journal of Sports Medicine*, 31, 2003, 1, 41-46.
- Woods C., Hawckins R. D., Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A., The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football – analysis of hamstring injuries, *British Journal of Sport Medicine*, 38, 2004, 1, 36-41.

Gli Autori:

Massimiliano Gollin, ricercatore presso il Dipartimento di Scienze cliniche e biologiche, Centro ricerche scienze motorie (SUISM), Università di Torino, Italia; ISEF, Centro ricerche e allenamento sportivo, Torino, Italia;

Marco Alessandria, PhDc, Dottorando in Medicina e terapia sperimentale, Scuola di dottorato Scienze della vita e della salute, Università degli Studi di Torino, Italia;

Luca Beratto, PhDc, Dottorando in Medicina e terapia sperimentale, Scuola di dottorato Scienze della vita e della salute, Università degli Studi di Torino, Italia;

Federico Abate Daga, Flora Margherita Elena Martra, laureati in Scienze Motorie, SUISM di Torino, Università degli Studi di Torino, Italia.

Indirizzo dell'autore: massimiliano.gollin@unito.it