

Massimiliano Gollin, Centro Ricerche Scienze Motorie, Unità di allenamento e performance, SUIISM, Università degli studi di Torino, Maurizio Gioda, SUIISM Torino

Alessandro Luciano, Centro di Medicina preventiva e dello sport, Università di Torino, Stefano Palma, SUIISM Torino

Luigi Casale, Comitato Piemontese FIT, Scuola regionale dello sport Coni Piemonte, T.C. Monviso Grugliasco, Torino

ESTENSIBILITÀ MUSCOLO-TENDINEA e RISCALDAMENTO

Determinazione del numero di serie efficaci per raggiungere la massima elongazione muscolo-tendinea



METODOLOGIA DELL'ALLENAMENTO

Per individuare il numero delle serie utili al massimo allungamento muscolare senza percepire la sensazione di dolore, un gruppo di atleti è stato sottoposto al test *sit and reach*. Il gruppo campione era composto da atleti praticanti tennis a livello agonistico. Sono stati studiati cinque atleti (Gm) (età 14 ± 3 anni, peso di 51 ± 14 kg, altezza 160 ± 14 cm, con 5 ± 2 anni di allenamento) e cinque atlete (Gf) (età 15 ± 3 anni, peso 59 ± 7 kg, altezza 163 ± 7 cm, 5 ± 3 anni di allenamento). Il test, proposto come vero e proprio esercizio è stato ripetuto a intervalli regolari di 30 s. Il tempo massimo di allungamento statico raggiunto è stato mantenuto per circa 2 ± 1 s. Le misure ripetute del test hanno indagato se la muscolatura estensoria del rachide presenti un *trend* di elongazione muscolare individuabile in un numero probante di serie efficaci al massimo allungamento. Il campionamento delle variabili è stato effettuato in prima istanza senza la somministrazione di *warm up* e quindici giorni dopo, in condizioni standardizzate di *warm up*, per stabilire un'eventuale variazione della flessibilità. Nell'analisi statistica *p* è stato fissato a 0,05, i dati rilevati sono stati trattati con i test statistici non parametrici di Wilcoxon, Mann-Whitney e la Correlazione di Spearman. Lo studio mette in luce come sia stato possibile individuare il numero delle serie utili al raggiungimento della massima elongazione muscolo-tendinea. Si evidenzia come il protocollo del test possa essere assimilato ad una tecnica di allungamento statico, però ridotta nei suoi tempi di mantenimento della postura raggiunta, e intervallata in modo regolare da 30 s di recupero. Le misure ripetute del test, divenuto l'esercizio stesso per la ricerca del massimo allungamento individuale, hanno permesso di stabilire un numero di serie efficaci al suo raggiungimento che in condizioni di non *warm up*, dal minimo ROM al massimo ROM ($p < 0,01$), è risultato di dodici serie. Le stesse misurazioni in condizioni standardizzate di *warm up*, dal minimo ROM al massimo ROM ($p < 0,001$) hanno evidenziato un numero di dieci serie. Le misurazioni svolte a caldo nei confronti di quelle eseguite a freddo hanno permesso di comprendere come il campione in condizioni di riscaldamento parta da un basale più elevato, avvalorando come suggerimento antinfortunistico la procedura del riscaldamento e non quella dello *stretching*.

Introduzione

Quando la scienza dell'allenamento sportivo studia gli effetti determinati dai carichi fisici esterni proposti dall'allenatore, cerca di reperire indicazioni utili per la programmazione dell'allenamento. Il potenziamento della mobilità dell'apparato locomotore è un pre-requisito fondamentale per l'ottenimento della massima performance (Weineck 2001). È la risultante di due componenti: la *mobilità articolare* e la *flessibilità muscolo-tendinea (Fmt)*. La prima è caratteristica delle articolazioni in senso stretto, la seconda è a carico di muscoli, tendini, legamenti, tessuti connettivi e del tessuto epiteliale (Martin et al. 1997).

All'interno del muscolo scheletrico sono presenti due organi dalle caratteristiche propriocettive diversificate: i *fusi neuromuscolari (Fn)* e gli *organi tendinei del Golgi (Otg)* (figura 1). Il loro ruolo è quello di informare il sistema nervoso centrale (Snc) relativamente allo stato di tensione o rilassamento della struttura muscolare, grazie agli stimoli di forza, pressione e stiramento che si verificano nel corso del movimento umano (McArdle, Katch, Katch 1998). I fusi neuromuscolari (Fn) sono particolarmente numerosi nei muscoli antigravitazionali (ad esempio nei muscoli femorali posteriori e nei muscoli paravertebrali). Il *fuso neuromuscolare* consiste in un insieme di poche fibre muscolari modificate munite di fibre sensitive avvolte a spirale intorno alla loro porzione centrale. Tali fibre muscolari, che sono dette fibre intrafusali per distinguerle da quelle ordinarie del muscolo dette *fibre extrafusali*, sono pertanto in grado di variare la propria lunghezza al variare della lunghezza delle fibre muscolari (Fitz Gerrald, Folan Curran 2005). Sia stiramenti attivi che passivi, anche se minimi, determinano un'attivazione dei Fn generando il *riflesso miotatico o posturale*, ossia la contrazione riflessa del muscolo al suo stiramento. Tale risposta fisiologica è da interpretarsi come la capacità, da parte del gruppo muscolare, di difendersi da eventuali traumi da eccessiva elongazione muscolare, ma anche come risposta contro la forza di gravità, costituendo una raffinata e sensibile regolazione del movimento stesso. Gli OTG sono disposti in serie rispetto alle fibre muscolari e sono situati nella zona di passaggio muscolo-tendinea con un capo inserito sul tendine stesso e l'altro sulle fibre muscolari scheletriche: sono recettori di forza innervati da fibre sensitive che si attivano quando il muscolo scheletrico si contrae, generando un'elevata tensione sui tendini. La stimolazione di questi recettori genera il riflesso miotatico inverso la cui manifestazione è l'inibizione delle fibre contrattili (inibizione autogena). Se necessario, questi

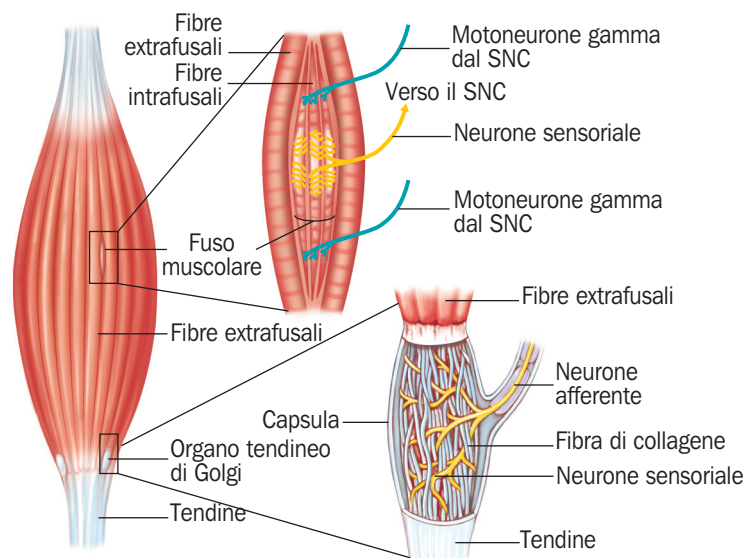


Figura 1 – Il ventre muscolare (a), un fuso muscolare (b) e un organo di Golgi (da Wilmore, Costill 2005, modificata).

recettori sono in grado di eccitare anche i motoneuroni del muscolo antagonista. Il riflesso a partenza dagli *Otg* è dunque opposto rispetto a quello generato dai *Fn*. Essendo la soglia di stimolazione dell'*Otg* molto più elevata della soglia di stimolazione dei *Fn*, fintanto che non vengono stimolati i recettori del Golgi prevale il riflesso eccitatorio che parte dai fusi neuromuscolari (McArdle, Katch, Katch 1998). Va sottolineato come sia i *Fn* sia i *Otg* siano sensibili al cambiamento di lunghezza dei gruppi muscolari in azione. I fusi neuro-muscolari inviano al *Snc*, tramite il midollo spinale, l'informazione che il muscolo si sta allungando. Successivamente, sempre tramite la stessa via di conduzione, è generata una contrazione riflessa che si oppone all'allungamento muscolare stesso. Gli organi tendinei del Golgi informano il *Snc* anche sul grado di tensione mio-tendinea raggiunto, inibendo la contrazione muscolare degli agonisti ed eccitando i muscoli antagonisti: oltre a questa co-modulazione istantanea, pare riconosciuto che la stimolazione intensa degli organi tendinei del Golgi, per almeno 6 s, permetta di ottenere una sovrapposizione dell'azione dei medesimi sui fusi neuromuscolari (Prentice 2002).

L'allenamento longitudinale, attraverso differenti tecniche di elongazione muscolare produce un incremento della flessibilità muscolo-tendinea, aumentando il grado articolare di movimento (Sady et al. 1982; Wydra 2001), che regredisce se non allenata (Issurin, Lustig 2004). Esiste una variazione circadiana della *flessibilità muscolo-tendinea (Fmt)* in funzione delle ore del giorno: ridotta il mattino, dalle 6.00 alle 9.00, aumenta tra le 9.00 e le 12.00, e si mantiene elevata fino in tarda serata

(Gollin et al. 2008). È riconoscibile un trend di variazione di *Fmt* durante una seduta di allenamento specifica di atleti di alto livello, esso avvalorata il riscaldamento come determinante per l'incremento della flessibilità, e mette in luce come in atleti praticanti sport con ampi *range* di movimento, alla fine della seduta di allenamento la flessibilità risulti superiore al suo valore prima del riscaldamento (Gollin et al. 2006). La *Fmt* risulta più allenabile nei giovani, riducendosi con l'invecchiamento biologico dei tessuti e con l'inattività fisica (Manno 1989). L'inserimento in acuto di esercizi di flessibilità muscolo-tendinea, somministrati prima della prestazione sportiva, possono peggiorare il rendimento dell'atleta in gara (Kokkonen et al. 1997, Wiemann, Klee 2000, Young, Elliot 2001). La capacità di elongazione mio-tendinea si modifica in funzione di trattamenti con ghiaccio (Brodowicz et al. 1996), dove con l'applicazione di quest'ultimo si evidenzerebbero miglioramenti della flessibilità muscolo-tendinea, a differenza dell'utilizzo di una fonte di calore (Burke et al. 2001). Pare che lo *stretching* non partecipi alla prevenzione degli infortuni (Herbert, Gabriel 2002).

Nonostante le innumerevoli notizie sulla flessibilità muscolo-tendinea, risulta poco indagata la quantificazione del numero di serie per il raggiungimento del massimo *range of motion (ROM)* e se questa indicazione di quantità del carico sia suscettibile di variazioni in condizioni di pre e post riscaldamento. A tal fine, essendo le tecniche di allungamento muscolare numerose, si è deciso di orientare l'attenzione sullo *stretching* statico (Aderson 1980). I vantaggi di tale metodica di allungamento sono

Caratteristiche degli atleti	Maschi	Femmine
Età	14 ± 3	15 ± 3
Peso	51 ± 14	59 ± 7
Altezza	160 ± 14	163 ± 7
Anni di allenamento tennistico	5 ± 2	5 ± 3
Età inizio pratica sportiva agonistica	9 ± 2	10 ± 2
Durata in ore di una seduta di allenamento	3	3
Allenamenti settimanali di preparazione atletica	4 ± 1	3 ± 1
Numero di allenamenti settimanali di tennis	4 ± 1	3
Numero di mesi nell'allenamento annuale	10 ± 1	9 ± 1
Numero di gare annuali	49 ± 23	30 ± 9

Tabella 1 – Caratteristiche degli atleti testati (media ± d ev. standard).

riconducibili al facile apprendimento dal punto di vista tecnico, al basso dispendio energetico in rapporto al tempo di applicazione dell'esercizio e alla capacità di inibire il riflesso da stiramento (mediato dai fusi neuromuscolari). Tale tecnica richiede di allungare lentamente il muscolo interessato raggiungendo la massima estensione, senza mai arrivare a percepire la soglia del dolore e senza utilizzare un movimento balistico evitando l'intervento dei fusi neuromuscolari, mantenendo una respirazione lenta e controllata. Ciò avviene in due fasi: nella prima, definita *tensione facile*, si raggiunge la posizione di allungamento muscolare percependo una tensione non fastidiosa, mantenuta da un minimo di 10 ad un massimo di 30 s. Individuando all'interno di questo spazio il calo di tensione muscolare mediato dagli organi tendinei del Golgi, il soggetto può gradualmente intensificare l'allungamento passando alla seconda fase, detta *tensione di sviluppo*. Essa è consecutiva alla precedente e, senza soluzione di continuità, richiede che il soggetto, lentamente, incrementi ancora l'allungamento, raggiungendo nuovamente una sensazione di tensione muscolare mantenuta da 10 ad un massimo di 30 s fino all'inibizione degli *Otg* percepita a seguito del rilassamento. Le controversie metodologiche di tale forma di *stretching* riguardano sia il tempo di mantenimento della posizione di allungamento sia il numero di serie da consigliare nelle esercitazioni.

Sui tempi di applicazione dello *stretching* statico si evidenziano pareri discordanti, dai 10 ai 30 s individuati dal suo ideatore (Anderson 1980), ai 6 s di Sady et al. (1981). Altri autori (Borms, Van Roy, Santens, Haentjens 1987) hanno confrontato 10, 20

e 30 s e non trovando variazioni significative tra le differenti modalità esecutive hanno concluso che 10 s siano sufficienti per l'effettuazione dell'esercizio di allungamento statico. Sempre con riferimento ai tempi di applicazione dello *stretching* statico altri studi hanno confrontato 15, 30 e 60 s, notando che i 30 s sono più efficaci rispetto a 15 s, ma che 60 s non sono significativi in confronto ai 30 s (Bandy, Irion 1994, Bandy, Irion, Briglier 1997).

Autori come Roberts e Wilson (1999) ipotizzano che 15 s sono preferibili ai 5 s sull'allungamento mio-tendineo attivo ma non su quello passivo.

Nel determinare se la durata dello *stretching* prima di una performance di forza ne possa provocare un calo furono utilizzati tempi di applicazione degli esercizi, di 15 e 30 s, concludendo, però, che entrambe le tempistiche sono da sconsigliare prima della *performance* (Brandenburg 2006).

Sul numero delle serie ottimali a cui far seguire l'applicazione dello *stretching* statico, la prassi corrente dell'allenamento evidenzia dati eterogenei e discordanti, tanto da lasciare alla libera scelta dell'allenatore a quale numero affidarsi. Tuttavia, si evidenziano in bibliografia alcune indicazioni: dalle tre alle quattro serie per esercizio (Sady et al. 1981; Arnheim Prentice 1993), alle cinque serie, secondo Lucas e Koslow (1985 in Wydra 2001), arrivando ad esecuzioni con una sola ripetizione della durata di circa 10 min (Wydra 1991, in Wydra 2001, Souchard 2003).

Lo scopo della ricerca è di individuare il numero delle serie utili al massimo allungamento muscolare senza percepire la sensazione di dolore. Un gruppo di atleti praticanti tennis agonistico è stato sotto-

posto al test "*sit and reach*" che comporta una flessione anteriore del busto dalla stazione seduta, eseguito in modo lento e progressivo per inibire il fuso neuromuscolare e codificato con uno specifico protocollo. Il test, proposto come vero e proprio esercizio è ripetuto ad intervalli regolari di 30 s. Il tempo massimo di allungamento statico raggiunto è stato mantenuto per circa 2±1 s.

Le misure ripetute in giorni diversi del test hanno indagato se la muscolatura estensoria del rachide mostri un andamento di elongazione muscolare individuabile in un numero di serie efficaci al massimo allungamento. Il campionamento delle variabili è stato effettuato, in prima istanza, senza la somministrazione di "*warm up*" e, 15 giorni dopo, in condizioni standardizzate di "*warm up*", al fine di stabilire un'eventuale variazione della flessibilità muscolo-tendinea.

Materiali e metodi

Il gruppo campione

Il gruppo campione è composto da atleti agonisti praticanti il tennis a livello regionale (tabella 1). Sono stati studiati 10 atleti (*Gm*) di età di 14 ± 3 anni (media±deviazione standard), peso di 51 ± 14 kg, altezza 160 ± 14 cm, 5±2 anni di allenamento e 5 atlete (*Gf*) di età 15 ± 3 anni, peso 59 ± 7 kg, altezza 163 ± 7 cm, 5 ± 3 anni di allenamento.

Nessun atleta al momento delle rilevazioni ha denunciato patologie di tipo mio-articolare, metaboliche o dermatologiche che abbiano potuto compromettere i gesti atletici richiesti. Le famiglie dei tennisti minorenni, hanno firmato un consenso informato. Durante le sessioni di test il gruppo campione ha mantenuto, all'interno dei microcicli settimanali, le normali abitudini di allenamento del periodo di preparazione specifico.

Il campionamento delle variabili

Le due sessioni di test sono state effettuate a distanza di 15 giorni dalle ore 14,30 alle ore 16,30. Nella prima sessione di test non è stata effettuata nessuna forma di riscaldamento, al fine di non turbare le misurazioni con aggiustamenti fisiologici e miotendinei indotti dalla meccanica dei movimenti e dall'incremento della temperatura corporea. Nella seconda sessione di test le misurazioni sono state precedute da un riscaldamento generale e specifico per i tennisti. Le misurazioni e i test sono stati eseguiti sempre dagli stessi quattro operatori. Il rilevamento dei dati è avvenuto contemporaneamente su quattro diffe-

renti atleti alla volta, assistiti da rispettivi tecnici muniti di un box misuratore per il *sit and reach*, un cronometro, un righello, una scheda cartacea di raccolta dati.

Le attrezzature utilizzate

Per le misure di flessibilità del busto si è costruito un box di legno alto 30 cm, largo 50 cm e profondo 30 cm. Sulla mezzeria del lato parallelo al pavimento è applicata un'asta di legno rigida con una scala centimetrata. Lo zero è stato fissato a 30 cm dallo spigolo, misura sufficiente ad evitare che durante la flessione del busto l'asta centimetrata tocchi contro la parete addominale. La misura massima effettuabile è stata fissata a 60 cm. Sul lato verticale di appoggio dei piedi del box è applicato un triangolo di legno sulla mezzeria, che con vertice rivolto verso il basso e base di cm 17, forma un angolo di 36°, detto angolo di Piok (Tribastone, Tribastone 2001). I lati del medesimo rappresentano il punto di appoggio mediale dei piedi, mentre la pianta aderisce al piano verticale del box. La misurazione del tempo di recupero tra le differenti prove del test è stata rilevata per mezzo di quattro cronometri della ditta Casio, capaci di campionare il decimo di secondo. La temperatura e l'umidità dell'ambiente sono state misurate tramite un termometro della ditta Bino.

Il protocollo del sit and reach test

Il soggetto indossa il normale abbigliamento tennistico (pantaloncini corti e *t-shirt*), che permette all'operatore il massimo controllo dell'articolazione del ginocchio ed è posizionato in stazione seduta a terra con i piedi scalzi in appoggio al box e le gambe in estensione. Il tecnico verifica per ogni prova il totale contatto del piede al parallelepipedo per evitare supinazioni e pronazioni della caviglia. Nella posizione di partenza del test, le mani sono unite e sovrapposte sopra il capo, con i gomiti in estensione sulla linea mediana del corpo. Il soggetto sceglie liberamente la mano da anteporre, che appoggia per prima sull'asta graduata, che è mantenuta costante nei test successivi, visto che la sovrapposizione di un'emi-parte rispetto all'altra può creare eventuali compensi e quindi falsare le misure rendendo il test non ripetibile. È chiesto al soggetto di flettere progressivamente il busto in avanti, senza slancio, fino al massimo allungamento raggiungibile senza dolore. Tale procedura, intervallata da 30 s di recupero, è ripetuta per un massimo di prove individuali, comunque non inferiori a dieci. Il test è interrotto quando le prove non migliorano per tre volte consecutive. Al raggiungimento della massima estensione di ogni prova



sono stati individuati i centimetri raggiunti. Al termine del test è stato inserito il tempo di recupero, al cui termine si è potuta ripetere una nuova prova. Il recupero dell'atleta è effettuato in posizione di rilassamento, con le mani in appoggio al pavimento e le gambe in estensione con i piedi a contatto del box.

Modalità del trattamento: il riscaldamento

Prima della seconda sessione di test è stato realizzato, a gruppi di quattro atleti alla volta, l'usuale riscaldamento generale e specifico di tipo tennistico, utilizzato dal Comitato Tecnico della FIT (Federazione italiana tennis) del Piemonte, sotto la supervisione del responsabile della preparazione fisica. Il passaggio alle valutazioni effettuate con il test *sit and reach* è avvenuto senza soluzione di continuità. Tale procedura ha evitato che qualcuno di loro dovesse attendere, raffreddandosi, alterando gli aggiustamenti fisiologici e neuromuscolari indotti dal riscaldamento stesso. Il riscaldamento proposto è composto da una sequenza di esercizi che il giocatore normalmente esegue nel campo da tennis, vestendo gli indumenti e calzando le scarpe che saranno utilizzate nel corso del successivo allenamento o partita di torneo. La durata complessiva del riscaldamento proposto è di 12 minuti e consta di due parti:

Riscaldamento generale

Per prima cosa sono effettuati tre giri di corsa lenta del campo da tennis in senso orario e successivamente tre giri in senso antiorario, rimanendo al di fuori delle linee di gioco. Dopo questa prima fase si passa alle seguenti andature:

- corsa calciata dietro.
- *Skip* alto con media frequenza di passo.
- Passo rimbalzato con la massima elevazione del baricentro.
- Passo laterale incrociato (carioca).
- Scatto avanti, *split step* e corsa all'indietro.

Ogni andatura è eseguita partendo dalla linea di fondo campo e giungendo fino a rete con l'effettuazione dello "*split step*" (un saltello e successivo piegamento sulle ginocchia e del busto avanti con le gambe divaricate e i piedi paralleli) in cui il tennista cerca di non elevare l'altezza del baricentro da terra e di non strisciare i piedi, si ritorna al punto di partenza con movimento all'indietro. Si conclude con 5 min di esercizi dinamici di seguito elencati:

- In piedi con gambe divaricate, torsioni del busto con braccia in fuori e leggero piegamento delle ginocchia coordinato con la torsione stessa.
- In piedi con braccia tese in alto, cinque circonduzioni complete del busto in senso orario e cinque in senso antiorario.
- In piedi, gambe divaricate e busto flesso avanti, torsioni del busto lungo il piano frontale e slancio in fuori le braccia tese.
- In piedi, gambe divaricate, un braccio teso in avanti e l'altro che ne impugna il gomito, tirandolo verso il petto ed effettua contemporaneamente: cinque torsioni verso destra, tirando il braccio sinistro e cinque torsioni verso sinistra, tirando il braccio destro.
- In piedi, con le gambe molto divaricate, si effettuano 10 piegate laterali, cambiando alternativamente il lato, mantenendo protesa in fuori la gamba che non è piegata.
- In piedi in equilibrio su una gamba, effettuare 10 circonduzioni della caviglia opposta con l'avampiede puntato a terra. Contemporaneamente con una mano sul dorso dell'altra che è flessa avanti si preme verso il basso. Si ripete l'esercizio con la parte opposta del corpo.

Riscaldamento specifico

si eseguono tre minuti di palleggio con l'esecuzione di tutti i colpi, sia a rimbalzo che al volo ma eseguiti piano, senza forzare sulla palla, e utilizzando solo la zona di campo vicino alla rete di gioco.

Analisi statistica

Il livello di significatività "*p*" è stato fissato a 0,05, i dati rilevati sono stati trattati con i test statistici non parametrici di Wilcoxon, Mann-Whitney e la Correlazione di Spearman.

Risultati

Per verificare se il genere determini una differente *Fmt*, si è analizzato, tramite il Mann-Whitney test, l'escursione dei ROM ottenuti durante il *sit and reach* nelle seguenti condizioni sperimentali.

Variatione tra il minimo e il massimo ROM a freddo: Gm vs Gf

L'analisi dei dati tramite il *Mann-Whitney* test evidenzia una differenza statisticamente non significativa (figura 2). Tuttavia, le donne sono più flessibili dei maschi (Kibler et al. 1989) e hanno una variazione media percentuale dal minimo al massimo ROM del 12% in meno rispetto agli uomini, quindi entrambi i sessi migliorano, ma le donne mostrano un'escursione minore poiché partono da valori iniziali migliori.

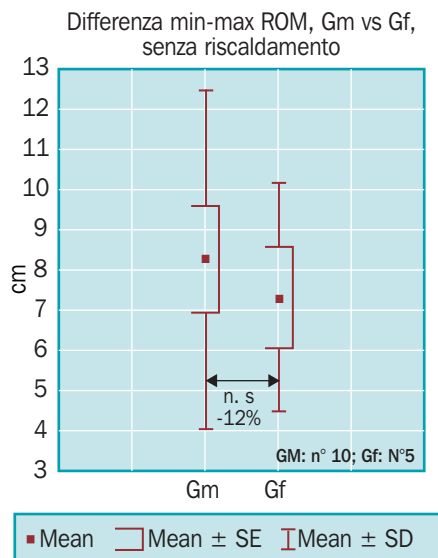


Figura 2 – Analisi grafica della variazione della *Fmt* a freddo nel gruppo maschile e nel gruppo femminile, $p = n.s.$ (Mann-Whitney).

Variatione tra il minimo ROM a freddo e il minimo ROM a caldo: Gm vs Gf

L'analisi dei dati tramite il *Mann-Whitney* test mette in luce una differenza statisticamente non significativa tra uomini e donne (figura 3). Il gruppo *Gf* ha una variazione media percentuale dal minimo ROM a freddo al minimo ROM a caldo dell'11% in meno rispetto agli uomini, dato che evidenzia come entrambi i sessi migliorino, ma il sesso femminile partendo da una *Fmt* più elevata subisca una minore variazione di ROM.

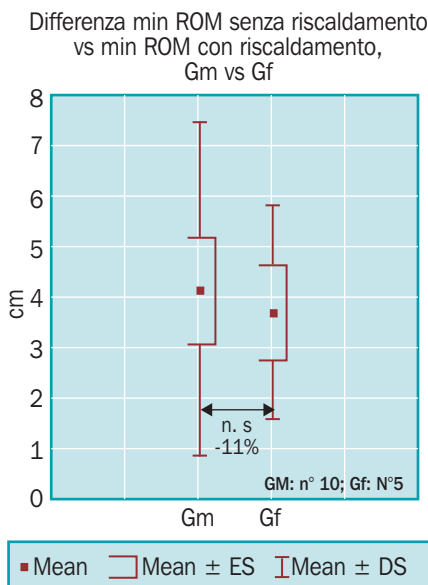


Figura 3 – Analisi grafica della variazione della *Fmt* nel confronto tra la differenza minimo ROM a freddo e a caldo nel Gm vs differenza minimo ROM a freddo e a caldo nel Gf, $p = n.s.$ (Mann-Whitney).

Variatione tra il minimo e il massimo ROM a caldo: Gm vs Gf

L'analisi dei dati tramite il *Mann-Whitney* test fa emergere una differenza statisticamente significativa ($p < 0,05$) tra *Gm* e *Gf* (figura 4), entrambi i gruppi migliorano, con una variazione media percentuale del 47% a favore del gruppo *Gf*.

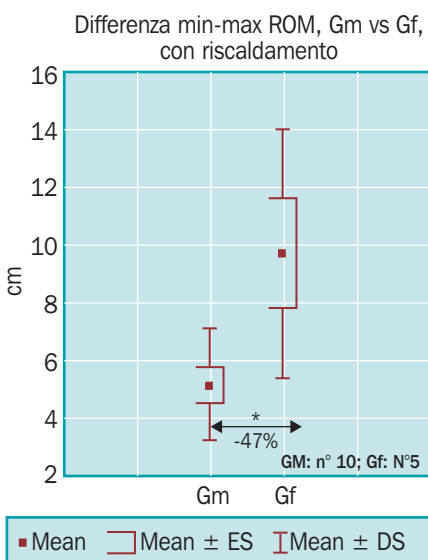


Figura 4 – Analisi grafica della variazione della *Fmt* nel confronto tra la differenza minimo-maximo ROM con riscaldamento nel gruppo maschile vs differenza minimo-maximo ROM con riscaldamento nel gruppo femminile, $p < 0,05 = *$ (Mann-Whitney).

Variatione tra il massimo ROM a freddo e il massimo ROM a caldo: Gm vs Gf

L'analisi dei dati tramite il *Mann-Whitney* test evidenzia una differenza statisticamente non significativa tra uomini e donne (figura 5) con una variazione media percentuale del 36% in più rispetto agli uomini.

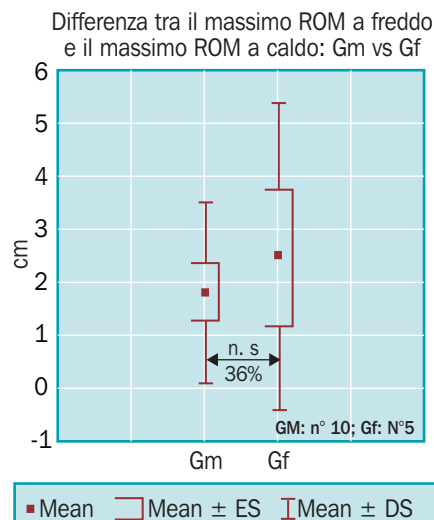


Figura 5 – Analisi grafica della differenza tra il massimo ROM a freddo e il massimo ROM a caldo: Gm vs Gf, $p = n.s.$ (Mann-Whitney).

Differenza tra il numero di serie senza e con riscaldamento per il raggiungimento del massimo ROM: Gm vs Gf

L'analisi dei dati tramite il *Mann-Whitney* test mostra una differenza statisticamente non significativa tra i due gruppi (figura 6).

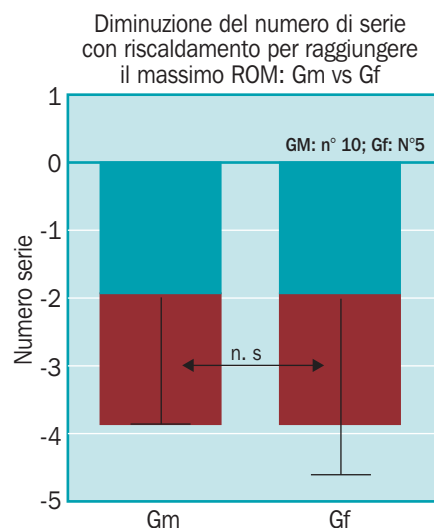


Figura 6 – Analisi grafica tra la differenza del numero di serie senza e con riscaldamento per il raggiungimento del massimo ROM: Gm vs Gf, $p = n.s.$ (Mann-Whitney).

Condizioni sperimentali	Gm vs Gf Mann-Whitney
1. Variazione tra il minimo e il massimo ROM a freddo	n.s.
2. Variazione tra il minimo ROM a freddo e il minimo ROM a caldo	n.s.
3. Variazione tra il minimo e il massimo ROM a caldo	p < 0,05
4. Variazione tra il massimo ROM a freddo e il massimo ROM a caldo	n.s.
5. Differenza tra il numero di serie senza e con riscaldamento per il raggiungimento del massimo ROM	n.s.

Tabella 2 – Significatività statistiche in differenti condizioni sperimentali.

I risultati ottenuti confrontando il gruppo *Gm* e il *Gf* sono riportati nella tabella 2. In relazione a tali risultati e alle non significative variazioni ottenute al punto 1, 2, 4, 5 con il test di *Mann-Whitney* tra il gruppo maschile e il gruppo femminile è stato possibile accoppiare i due gruppi. L'analisi statistica dei risultati di seguito riportati è stata effettuata utilizzando il test di *Wilcoxon* per l'analisi di variabili dipendenti.

Variazione della flessibilità muscolo-tendinea nel confronto minimo ROM vs massimo ROM senza riscaldamento

L'analisi dei dati tramite il test di *Wilcoxon*, ha evidenziato una variazione significativa della flessibilità muscolo-tendinea nel confronto minimo ROM vs massimo ROM senza riscaldamento (figura 7) con un p<0,001 e una differenza media percentuale del 21%.

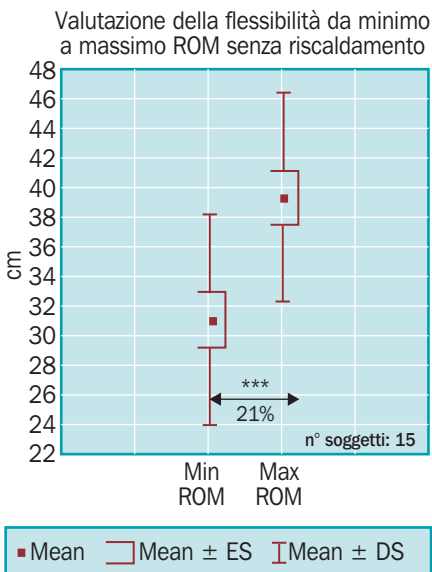


Figura 7 – Analisi grafica della variazione della Fmt nel confronto minimo ROM vs Max ROM senza riscaldamento. p<0,001 = * (Wilcoxon test).**

Variazione della flessibilità muscolo-tendinea nel confronto minimo ROM senza riscaldamento vs minimo ROM con riscaldamento

L'analisi dei dati tramite il test di *Wilcoxon*, ha evidenziato una variazione significativa della flessibilità muscolo-tendinea con un p < 0,001 e una differenza media percentuale del 13,7% in incremento positivo (figura 8).

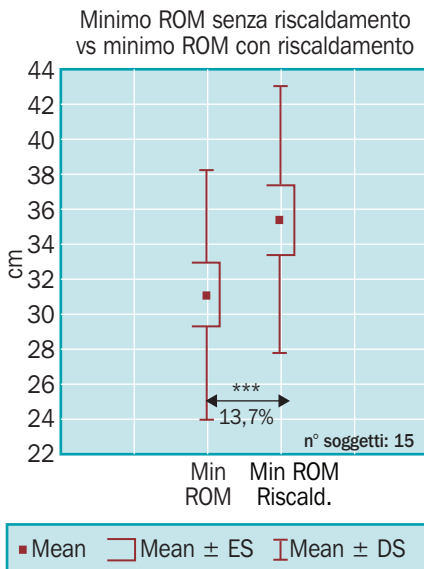


Figura 8 – Analisi grafica della variazione della Fmt nel confronto minimo ROM senza riscaldamento vs minimo ROM con riscaldamento. p < 0,001 = * (Wilcoxon test).**

Variazione della flessibilità muscolo-tendinea nel confronto minimo ROM vs massimo ROM con riscaldamento

L'analisi dei dati tramite il test di *Wilcoxon*, ha evidenziato una variazione significativa della flessibilità muscolo-tendinea con un p < 0,001 e una differenza media percentuale del 12% in incremento positivo (figura 9).

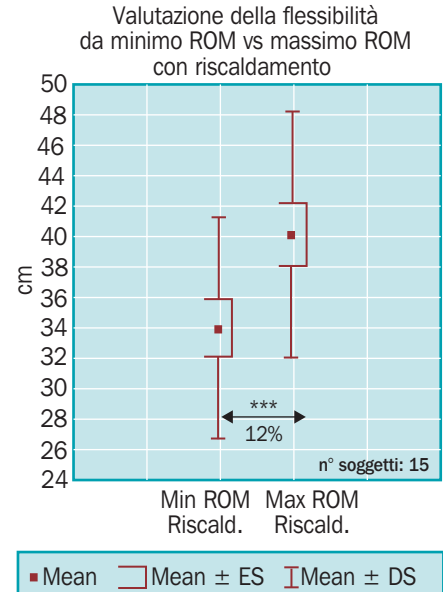


Figura 9 – Analisi grafica della variazione della Fmt nel confronto minimo ROM vs massimo ROM con riscaldamento. p < 0,001 = * (Wilcoxon test).**

Variazione della flessibilità muscolo-tendinea nel confronto massimo ROM senza riscaldamento vs massimo ROM con riscaldamento

L'analisi dei dati per mezzo del test di *Wilcoxon*, ha evidenziato una variazione non significativa della flessibilità muscolo-tendinea e una differenza media percentuale del 2,3% in incremento positivo (figura 10).

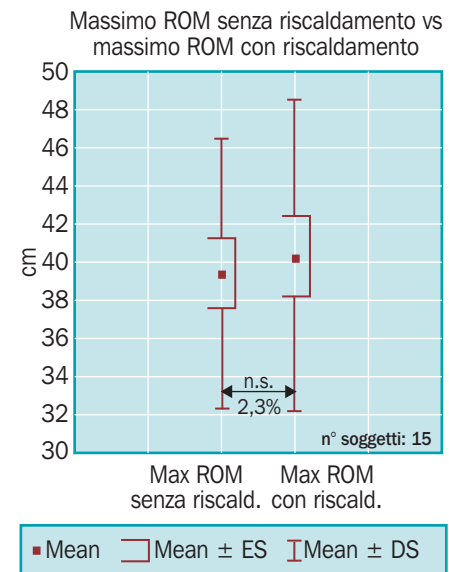


Figura 10 – Analisi grafica della variazione della Fmt nel confronto massimo ROM senza riscaldamento vs massimo ROM con riscaldamento. p < 0,05 = n.s. (Wilcoxon test).

Variatione del massimo numero di serie necessario al raggiungimento del massimo ROM senza riscaldamento vs il massimo numero di serie necessario al raggiungimento del massimo ROM con riscaldamento

I dati analizzati secondo il test di *Wilcoxon* hanno evidenziato una variazione non significativa della flessibilità muscolo-tendinea, una differenza media percentuale del -14,2 % in decremento (figura 11).

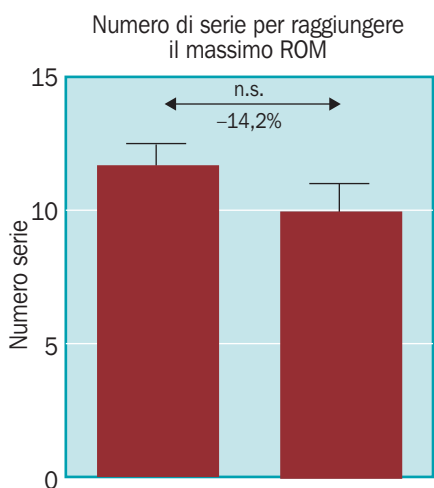


Figura 11 – Analisi grafica della variazione del massimo numero di serie necessarie al raggiungimento del massimo ROM senza riscaldamento vs il massimo numero di serie necessario al raggiungimento del massimo ROM con riscaldamento. $p < 0,05 = n.s.$ (Wilcoxon test).

Correlazione di Spearman

La correlazione di Spearman tra il numero delle serie di esercizio eseguite senza e con riscaldamento non risulta essere significativa.

Discussione dei risultati

L'analisi dei dati evidenzia come in questa tipologia di atleti, il protocollo proposto, durante il *sit and reach* test, partecipi in modo significativo al miglioramento della capacità di elongazione mio-tendinea nel confronto minimo ROM vs massimo ROM sia senza riscaldamento ($p < 0,001$) che con riscaldamento ($p < 0,001$). Tuttavia, va sottolineato come dopo la somministrazione del riscaldamento gli atleti hanno un aumento significativo del ROM basale. Cioè, il riscaldamento è in grado di aumentare la *Fmt* di base, determinando una condizione più vantaggiosa per l'effettuazione dei gesti atletici richiesti ipotizzando positive ricadute anche a livello preventivo.

Tali osservazioni concordano con altri studiosi (Joch, Eckert 2001) che hanno dimostrato che l'atleta, grazie al riscaldamento e quindi all'incremento della temperatura corporea riduce le viscosità dei muscoli con incremento della flessibilità muscolo-tendinea predisponendosi ad eseguire esercizi fisici in modo più sicuro riducendo il rischio di eventuali offese muscolo-tendinee e articolari (Weineck 2001). Al contrario, il riscaldamento non modifica i massimi ROM che sembrerebbero essere dipendenti dalla struttura muscolo-artico-

lare e tendinea dei soggetti esaminati. Parrebbe evidenziarsi un picco di estensibilità muscolo-tendinea, tipico di ogni individuo, raggiungibile in modo attivo grazie all'esercizio e reso disponibile per l'attività fisica in modo più veloce grazie al riscaldamento.

Esso non ha determinato una variazione statisticamente significativa tra il numero di serie, senza e con riscaldamento, per il raggiungimento del massimo ROM. A conferma di tale osservazione la correlazione di Spearman eseguita tra le serie di esercizio a freddo e a caldo non risultando essere significativa evidenzia come, la variabile riscaldamento, introduca risposte individuali diversificate. Tuttavia, la variazione media del numero di serie, che passerebbero da 12 senza riscaldamento a 10 con la somministrazione del riscaldamento, realizzate con mantenimento delle posizioni statiche per circa 2 ± 1 s intervallate da 30 s di recupero, sottolinea come le 3-5 serie citate in bibliografia (Sady et al. 1981; Arnheim, Prentice 1993; Lucas, Koslow 1985 in Wydra 2001) fino ad una serie mantenuta per parecchi minuti (Souchart 2003), risultino essere un numero molto diverso da quanto osservato in questa ricerca.

L'andamento individuale delle valutazioni effettuate sui vari atleti evidenzia un incremento dell'elongazione muscolo-tendinea progressivo. Tuttavia, la cinetica dei valori di *Fmt* non procede in modo regolare, evidenziando, sia in condizione di non riscaldamento, sia in condizione di riscaldamento (figura 12) valori momentaneamente in regressione seguiti da un

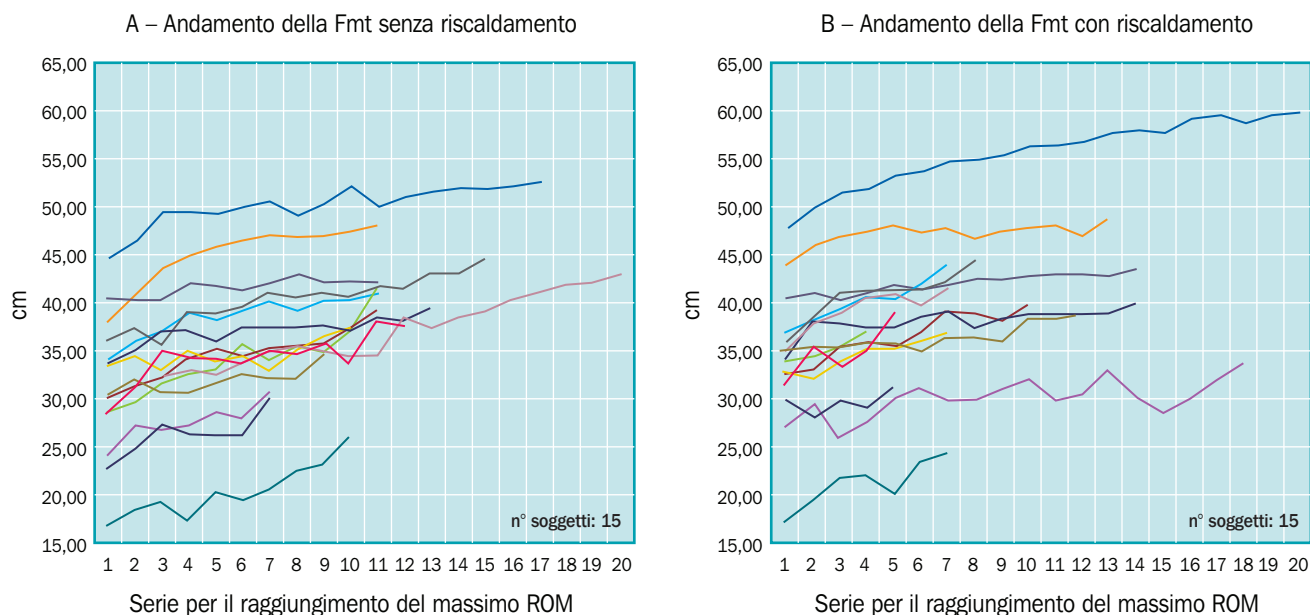


Figura 12 – Cinetica della *Fmt*, senza riscaldamento (parte A) e con riscaldamento (parte B).

successivo incremento. Il suddetto modo di procedere della capacità indagata, evidenzerebbe come i vari tessuti che la mediano (tendini, muscoli, connettivi), permettano un aumento non lineare dell'allungamento muscolare a volte apparentemente in diminuzione quasi a dimostrare una loro reazione di difesa che darebbe adito a pensare di avere raggiunto il massimo allungamento ottenibile, ma successivamente smentito da un suo miglioramento, il che avvalorava l'alto numero di serie da utilizzarsi per allenare questa qualità.

Conclusioni

Lo studio effettuato mette in luce come in un gruppo di atleti praticanti tennis agonistico, sia stato possibile, tramite un test di flessione anteriore del busto dalla stazione seduta (il *sit and reach* test) individuare il numero delle serie utili al raggiungimento della massima elongazione muscolo-tendinea. Prendendo spunto dalla tecnica di allungamento statico (Anderson 1980) si evidenzia come il protocollo del test può essere assimilato ad una tecnica di allungamento statico però ridotta nei suoi tempi di mantenimento della postura raggiunta, e intervallata in modo regolare da trenta s di recupero. Le misure ripetute del test, divenuto l'esercizio stesso per la ricerca del massimo allungamento individuale, hanno permesso di stabilire un numero di serie efficaci al suo raggiungimento che in condizioni di non "warm up", dal minimo ROM al massimo ROM ($p < 0,01$), e risultato di 12 serie. Le stesse misurazioni in condizioni standardizzate di "warm up", dal minimo ROM al massimo ROM ($p < 0,001$) hanno evidenziato un numero di 10 serie. Le misurazioni svolte a caldo nei confronti di quelle eseguite a freddo hanno permesso di comprendere come il campione oggetto di studio in condizioni di riscaldamento parte da una *Fmt* di base più elevata. Le varie interpretazioni metodologiche sull'allungamento muscolo-tendineo in condizione di pre e post riscaldamento, possono presentarsi come ipotesi di lavoro per ricerche future con il fine di approfondire le tematiche trattate, in particolare, sfruttando il tempo di mantenimento della posizione statica dell'esercizio di allungamento realizzato in questo studio e utilizzandolo come metro campione, si potrebbe definire in comparazione con le differenti tempistiche presenti in letteratura se esistano correlazioni con il numero delle serie per il raggiungimento del massimo ROM e se esso si modifichi in funzione di differenti tempi di allungamento.

Bibliografia

- Anderson B., *Stretching*, Bolinas, Cal., Shelter Publication, 1980 (traduzione italiana, *Stretching*, Ed. Mediterranee, Roma 1999, 10-12).
- Arnheim D. D., Prentice W. E., *Principles of athletic training*, Mosby Year Book, 1993, (traduzione italiana a cura di AAVV, *Principi di allenamento atletico*, Padova, Ed. Piccin, 2000, 45-47).
- Bandy W. D., Irion J. M., Briggler M., The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles, *Phys Ther.* 77, 1997, 10, 1090-1096.
- Bandy W. D., Irion J. M., The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles, *Phys. Ther.* 74, 1994, 9, 845-850.
- Borms J., Van Roy P., Santens J. P., Haentjens A., Optimal duration of static stretching exercises for improvement of coxo-femoral flexibility, *J. Sports Sci.*, 5, 1987, 1, 39-47.
- Brandenburg J. P., Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching, *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 46, 2006, 4, 526-354.
- Brodowicz G. R., Welsh R., Wallis J., Comparison of Stretching with Ice, Stretching with Heat, or Stretching Alone on Hamstring Flexibility, *J. Athl. Train.*, 31, 1996, 4, 324-327.
- Bulatova M. M., Platonov V. P., Ritmi circadiani ed attività d'allenamento e di gara, *SDS-Scuola dello sport*, 16, 1997, 39, 20-27.
- Burke D. G., Holt L. E., Rasmussen R., Vossen N. F., Pelham T. W., Effects of Hot or Cold Water Immersion and Modified Neuromuscular Facilitation Flexibility Exercise on Ha Length, *J. Athl. Train.*, 2001, 36, 1, 16-19.
- Fitz Gerald M. J. T., Folan Curran J., *Neuroanatomia*, Roma, Ed. Delfino, 2005, 73-78.
- Gollin M., Baseggio L., Luciano A., Ritmi circadiani e flessibilità muscolo-tendinea, *SDS-Scuola dello Sport*, 27, 2008, 78, 63-70.
- Gollin M., Luciano A., Colombero G., Dutto L., Simonetti L., La variazione della flessibilità durante la seduta di allenamento, *Sds-Scuola dello sport*, 2006, 69, 31-40.
- Herbert R. D., Gabriel M., Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review, *BMJ*, 325, 2002, 468-470.
- Issurin V., Lustig G., L'effetto residuo dell'allenamento, *Sds-Scuola dello Sport*, 2004, 60-61, 25-29.
- Joch W., Eckert S., Il riscaldamento ed i suoi effetti, *Sds-Scuola dello sport*, 20, 2001, 49-54.
- Kibler W. B., Chandler T. J., Uhl T., Maddux R. E., Musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination. Preventing injury and improving performance, *Am. J. Sports Med.*, 1989, 17, 4, 525-531.
- Kokkonen J., Nelson A. G., Cornwell A., Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69, 1997, 4, 411-415.
- Manno R., *Fondamenti dell'allenamento sportivo*, Bologna, ed. Zanichelli, 1989, 120-122.
- Martin D., Martin K., Lehentz K., *Manuale di teoria dell'allenamento*, Roma, Ed. Società Stampa Sportiva, 1997, 213.
- McArdle W. D., Katch F. I., Katch V. L., *Fisiologia applicata allo sport*, Milano, Ed. Ambrosiana, 1998, 360-364.
- Prentice W. E., *Tecniche di riabilitazione in medicina dello sport*, Torino, Ed. UTET, 2002, 83.
- Roberts J. M., Wilson K., Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity, *Br. J. Sports Med.*, 33, 1999, 4, 259-263.
- Sady S. P., Wortman M., Blanke D., Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation?, *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 63, 1982, 6, 261-263.
- Souchar Ph. E., *Lo stretching globale attivo*, Roma, Ed. Marrapese, 2003, 157.
- Weineck, *L'allenamento ottimale*, Perugia, Ed. Calzetti e Mariucci, 2001, 419-420, 547.
- Wiemann K., Klee A., Die Bedeutung von Dehnen und Stretching in der Aufwärmphase vor Hochleistungen, *Leistungssport*, 52, 2000, 4 (traduzione italiana a cura di Gulinelli M., *Stretching e prestazioni sportive di alto livello*, SDS-Scuola dello Sport, 19, 2000, 49, 9-15).
- Wydra G., Lo stretching ed i suoi metodi, *SDS-Scuola dello sport*, 20, 2001, 51, 39-48.
- Young W., Elliot S., Acute effect of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contraction on explosive force production and jumping performance, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 2001, 3, 273-279.
- Tribatone F., Tribatone P., *Educazione Motoria preventiva e compensativa*, Roma, Ed. Società Stampa Sportiva, 2001, 60.

Autore e responsabile della ricerca: Dott. Massimiliano Gollin, Docente presso la Scuola universitaria interfacoltà in Scienze motorie (Suism) dell'Università di Torino, docente presso la Scuola dello Sport di Roma, responsabile presso il Centro Ricerche Scienze motorie della Suism di Torino dell'Unità Allenamento e performance, Allenatore di IV Livello CONI.

E-mail: massimiliano.gollin@unito.it

Ringraziamenti: si ringrazia per la partecipazione allo studio gli atleti del Club Tennistico Monviso di Grugliasco, Torino.