



Coni



Scuola dello sport

Rivista di cultura sportiva

Pubblicazione Trimestrale tecnico scientifica

Anno XXIII - nuova serie - numero 62-63

Luglio-Dicembre 2004

Euro 5,90 (numero doppio: Euro 10,00)

Teoria dell'allenamento

**Il sistema moderno di ricerca
del talento nello sport**

Metodologia dell'allenamento

**Supercompensazione:
mito o realtà?**

Fisiologia dello sport

**Oppioidi endogeni e carico
fisico**

Managment

**Costruire una strategia
di comunicazione**

Alimentazione

Trigliceridi e acidi grassi

Calcio

**L'allenamento
della coordinazione
nel calcio giovanile**

sois



**CALZETTI
MARIUCCI**

e d i t o r i

IN CASO DI MANCATO RICEVIMENTO INVIARE AL COR DI ROMA ROMANINA PER LA RESTITUZIONE AL MITTENTE PREVIO PAGAMENTO € 5,50

Gilles Cometti, *Facoltà di scienze dello sport, UFR STAPS Digione,*
 Lucio Ongaro, *Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano,*

Giampietro Alberti, *Istituto per l'esercizio fisico, salute e attività sportiva, Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano*

Stretching e performance sportiva

Effetti fisiologici degli esercizi di stretching, loro restrizioni applicative e utilità, prima e dopo la performance sportiva (parte seconda)

Gli effetti degli esercizi di stretching possono essere elencati rispetto a tre diverse situazioni: prima della performance, per una "preparazione" più efficace per la gara; dopo la performance per un migliore "recupero"; come tecnica per migliorare la mobilità articolare e contribuire a migliorare quella qualità che alcuni chiamano "scioltezza". In questo lavoro, diviso in due parti, vengono illustrati, in ragione delle più recenti acquisizioni scientifiche, ruolo e utilità degli esercizi di stiramento muscolare. Nella prima parte di questo lavoro sono state trattate le basi e gli effetti fisiologici delle diverse tecniche di stretching; nella seconda parte vengono prese in considerazione le prime due situazioni: l'utilità degli esercizi di stretching prima delle prestazioni, per una preparazione più efficace alla gara, e dopo di essa per un migliore recupero che allo stato attuale, risultano anche i più controversi.

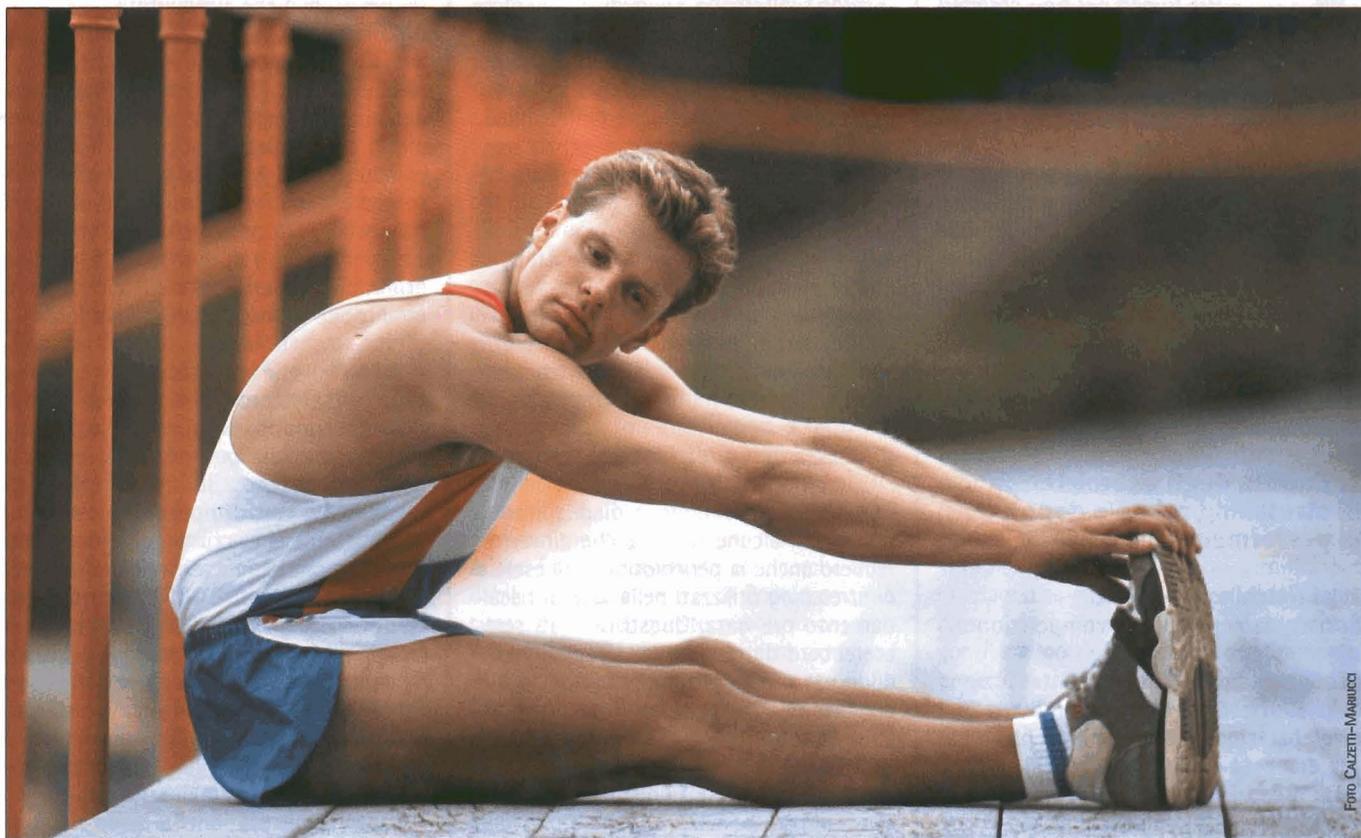


Foto: CALZETTI-MARELLO

Introduzione

L'utilizzo degli esercizi di *stretching* ha seguito il percorso tipico delle mode, ma la loro introduzione ha rappresentato un utile progresso per le diverse fasi della preparazione atletica.

Ormai da qualche decennio lo *stretching* è utilizzato da tutti e in modo indiscriminato da atleti praticanti differenti discipline, siano esse di potenza o di resistenza. Il suo impiego è ormai una prassi consolidata e costante in tutte le metodiche della preparazione fisica, senza particolari distinzioni, sia per le sedute di allenamento

che per le fasi di *training* immediatamente precedenti la competizione e in alcune discipline dell'atletica, come i salti e lanci, il suo utilizzo viene particolarmente raccomandato durante le pause tra le diverse prove della gara.

Ultimamente molte evidenze scientifiche sembrano fornire indicazioni di giustificato dubbio rispetto a ciò che è sostenuto dalle consuetudini di uso metodologico suggerite da allenatori e preparatori. Questo non significa che d'ora in avanti si debbano ripudiare in blocco gli esercizi di allungamento, ma è ragionevole che alcuni quesiti debbano trovare risposta. Eccone alcuni:

- Gli esercizi di *stretching* sono utili o recano danno alla "salute" dell'atleta?
- Vi sono differenti modalità di esecuzione degli esercizi di *stretching* per quanto riguarda l'intensità e la durata?
- Gli esercizi di *stretching* sono utili alla fase di riscaldamento?
- Gli esercizi di *stretching* sono utili o recano danno alla prestazione?
- L'aspetto applicativo è lo stesso per gli atleti di tutte le discipline (per esempio *sprinter* e maratoneti)?
- Si debbono utilizzare i medesimi esercizi sia per le diverse sedute di allenamento (seduta di potenziamento muscolare, seduta tecnica, seduta per lo sviluppo della resistenza...) che per la competizione?
- È meglio dedicare una intera seduta allo *stretching* e collocarla in un giorno differente da quelli per l'allenamento tecnico?
- Inoltre, i muscoli che non rivestono importanza primaria per la competizione (ad esempio quelli della parte superiore del corpo e del tronco per uno *sprinter*) possono essere "stirati" o anche per questi gruppi muscolari valgono le restrizioni applicative segnalate in questo lavoro per i muscoli locomotori degli arti inferiori?
- Infine, gli atleti che spesso mostrano episodi localizzati di "ipertonicità" con conseguenti danni muscolari, necessitano di un uso mirato degli esercizi di *stretching*?

In questa seconda parte si cercherà di rispondere ad alcune domande, mentre per altre sembra opportuno attendere ancora e favorire qualche ulteriore riflessione.

2. L'utilità degli esercizi di stretching prima e dopo la performance sportiva

2.1 Stretching ed esercizi di riscaldamento per la competizione

Quale beneficio comporta l'introduzione degli esercizi di stiramento durante la fase di preparazione (riscaldamento pre-gara) alla competizione? I sostenitori dell'utilità degli esercizi di allungamento affermano che lo *stretching* (allungamento muscolare preceduto o meno da contrazioni isometriche) consente:

- di innalzare la temperatura dei muscoli stirati;
- un miglioramento della *performance* che seguirà gli esercizi di allungamento;
- di prevenire infortuni muscolari.

Verranno di seguito esaminati questi tre differenti aspetti rispetto a quanto riportato in letteratura

2.1.1 L'effetto degli esercizi di stretching sull'aumento della temperatura muscolare

L'innalzamento della temperatura interna del muscolo dipende dal suo grado di vascolarizzazione; l'esercizio muscolare, attraverso un'alternanza di contrazioni e decontrazioni, permette al muscolo di svolgere un'azione di pompa che ha come conseguenza il miglioramento della circolazione sanguigna. Secondo Mastérovoi (1964) un'alternanza di contrazioni concentriche contro una media resistenza, costituirebbe il mezzo più adatto ad innalzare la temperatura del muscolo. Ma cosa accade durante un esercizio di stiramento muscolare? Alter (1996), autore di una rilevante pubblicazione *Science of flexibility*, ha dimostrato che gli stiramenti provocano nel muscolo delle tensioni elevate che comportano una interruzione dell'irrigazione sanguigna: esattamente il contrario dell'effetto "vascolarizzante" ricercato. Quando si alternano azioni di stiramento e contrazione, il passaggio del sangue avviene durante le fasi di rilasciamento e quindi la contrazione isometrica non sembra il miglior mezzo per stimolare l'effetto della pompa muscolare. Per questo scopo sembrerebbe più efficace utilizzare il protocollo di Mastérovoi.

Anche Wiemann, Klee (2000) hanno ribadito la scarsa efficacia degli esercizi di *stretching* per l'innalzamento della temperatura muscolare.

Quindi gli stiramenti muscolari non appaiono i mezzi i più adatti per realizzare un riscaldamento muscolare corretto.

2.1.2 Esercizi di stretching e performance

Attualmente abbiamo a disposizione i risultati di alcune ricerche che dimostrerebbero anche la pericolosità degli esercizi di *stretching* utilizzati nella fase di riscaldamento pre-gara. Questi risultati sembrerebbero dimostrare gli effetti negativi degli esercizi di stiramento rispetto alle prestazioni di velocità, di forza e soprattutto di salto.

- **Stretching e prestazione di velocità**
Wiemann e Klee (2000) hanno dimostrato che stiramenti passivi peggiorerebbero il livello di prestazione nelle sequenze di azioni di forza rapida: soggetti ancora in attività agonistica parteciparono ad una sperimentazione durante la quale dovevano eseguire una seduta di *stretching* di 15 minuti mirata ai muscoli flessori ed estensori dell'anca, alternata a degli sprint di 40 metri. I risultati peggiorarono di 0,14 secondi, mentre i tempi ottenuti dai soggetti del gruppo di controllo che avevano eseguito la corsa lenta tra uno sprint e

il successivo, non presentarono alcun aumento significativo (+0,03 secondi).

- **Stretching ed espressione di forza**
Uno studio di Fowles e coll. (2000), mirato ai muscoli flessori plantari, ha dimostrato che lo stiramento prolungato di un gruppo muscolare causa la diminuzione della sua attivazione (EMG) e della relativa forza contrattile. Questo calo di forza è ancora presente un'ora dopo la fine dello stiramento. La diminuzione dell'attivazione muscolare è presto recuperata (15 min), ma la forza contrattile, ancora dopo 60 min, rimane inferiore del 9%.

Kokkonen (1998) ha invece sperimentato l'effetto dell'introduzione di due protocolli di *stretching* nel riscaldamento in una prova massimale (1RM) per gli estensori e flessori del ginocchio. L'Autore, rispetto al gruppo di controllo (che non aveva utilizzato stiramenti) ha constatato un abbassamento significativo della forza prodotta, sia nel gruppo che aveva usato gli esercizi di stiramento passivo, sia in quello che aveva fatto uso degli stiramenti attivi.

Anche Nelson (2001) ha verificato una diminuzione della forza in seguito a stiramenti con molleggio. Il calo di forza era compreso tra il 7 e l'8%, sia per gli estensori che per i flessori. In base a questi risultati l'Autore concludeva che è da sconsigliare l'uso di esercizi di *stretching* prima di competizioni che richiedono la produzione di un elevato livello di forza.

- **Stretching e "forza resistente"**

In un'altra ricerca di Kokkonen e coll. (2001) si dimostra che un eccesso di stiramento muscolare può ridurre la capacità di forza resistente. Stiramenti effettuati prima di un test di ripetizioni massimali dei muscoli ischio-crurali, determinarono una riduzione significativa del numero dei movimenti successivi. Gli Autori dedussero che non è consigliabile introdurre degli esercizi di stiramento nella fase di riscaldamento per competizioni che richiedono un elevato impegno di "forza resistente" (canottaggio, canoa-kayak...).

- **Stretching e capacità di salto (capacità di elevazione)**

Henning, Podzielný (1994) valutarono gli effetti degli stiramenti durante la fase di riscaldamento per esercizi di salto e riscontrarono, rispetto al gruppo di controllo (che non aveva usato stiramenti), una perdita di performance del 4% nella capacità di elevazione, affiancato ad un peggioramento della forza esplosiva. Altre ricerche hanno poi confermato gli effetti negativi dell'introduzione degli esercizi di *stretching* nel riscaldamento per una gara di salto.

Knudson e coll. (2001) hanno riscontrato, in azioni di salto verticale, un leggero calo dei risultati in seguito a riscaldamento effettuato usando esercizi di stiramento. Church e coll. (2001) hanno sottoposto a verifica l'efficacia di diversi protocolli di riscaldamento: a) solo riscaldamento generale, b) riscaldamento e *stretching* statico, c) riscaldamento e stiramento con la metodica del PNF. Il gruppo che aveva praticato gli stiramenti con la tecnica PNF peggiorò in modo significativo le proprie prestazioni nel test di salto verticale. Nelle conclusioni dei loro lavori di ricerca gli Autori suggeriscono di non utilizzare tecniche di stiramento durante la fase di riscaldamento. Da ultimo, Cornwell e coll. (2002) hanno valutato gli effetti degli stiramenti passivi sulla performance nell'esercizio di *Squat Jump* (salto con partenza a 90° di flessione al ginocchio senza preventivo stiramento) e la performance nel *Counter Movement Jump* (salto con piegamento-estensione concatenati), riscontrando un significativo abbassamento della performance nel CMJ, senza peraltro verificare una diminuzione della rigidità muscolare o dell'attivazione elettrica (EMG).

• *Stretching* e performance

Shrier (2004) ha recentemente pubblicato una *review* su *stretching* e *performance* nella quale si afferma che l'uso degli esercizi di *stretching* durante la fase di riscaldamento influiscono negativamente sulla capacità di salto verticale (elevazione) e sulla forza. Invece, per quanto concerne la velocità di corsa i risultati citati sono contraddittori: alcuni studi non evidenziano alcun riscontro, altri risultano positivi e altri ancora si rivelano di significato opposto. L'Autore segnala, inoltre, che l'uso costante in allenamento degli esercizi di *stretching* sembrerebbe influire positivamente sul miglioramento della forza, della velocità e della capacità di elevazione. Tutto questo sembra quindi confermare quanto affermato: gli esercizi di allungamento rappresentano un lavoro muscolare che rivela degli effetti a lungo termine e quindi non sembrerebbero adatti alla fase che precede la competizione o alla fase immediatamente seguente quale attività utile al recupero.

2.1.3 Il ruolo degli esercizi di *stretching* nella prevenzione degli infortuni muscolari

Molti ritengono che l'uso degli esercizi di *stretching* nel riscaldamento sia fondamentale per prevenire gli incidenti muscolari. Ma le conclusioni di numerose ricerche contraddicono questa affermazione. Shrier (1999) in una *review* molto documentata (più di dieci articoli) ha constatato che lo *stretching* prima dell'esercizio

non riduce affatto il rischio di incidenti muscolari. D'altro canto, Pope e coll. (1998; 2000) hanno condotto due diversi studi utilizzando come soggetti delle reclute dell'esercito (1998; 2000). Nel primo studio (1998), mirato al muscolo tricipite surale, si è valutato per dodici settimane, su oltre 1500 soggetti (divisi in due gruppi: gruppo *stretching* e gruppo di controllo) l'effetto di esercizi di *stretching* introdotti nel riscaldamento.

Su un totale di duecentoquattordici incidenti di natura muscolo-tendinea riscontrati non fu evidenziata nessuna differenza significativa tra i due gruppi. Il secondo studio (2000), utilizzando lo stesso protocollo, ebbe come oggetto d'indagine sei gruppi muscolari dell'arto inferiore. Anche in questo caso non fu rilevato alcun effetto relativo legato all'uso di esercizi di stiramento muscolare.

Van Mechelen e coll. (1993) hanno studiato, per sedici settimane, su una popolazione di 320 podisti, gli effetti del riscaldamento con esercizi di allungamento e di un lavoro di defaticamento. Il gruppo di controllo che non aveva effettuato né riscaldamento, né gli stiramenti, né defaticamento subì meno incidenti muscolari (4,9 incidenti su 1000 ore di allenamento) rispetto al gruppo sperimentale (5,5 per 1000 ore di allenamento).

Lally (1994) ha dimostrato, su seicento soggetti maratoneti, che il numero di incidenti muscolari registrati risultava superiore (35% in più) nel gruppo degli atleti che aveva utilizzato gli esercizi di *stretching*.

Più recentemente, Thacker e coll. (2004) hanno valutato i riferimenti scientifici, disponibili in letteratura, allo scopo di esprimere un parere sull'efficacia dell'utilizzazione dello *stretching* quale mezzo di prevenzione degli infortuni muscolari: gli Autori hanno individuato sei ricerche affidabili, tra le quali le due di Pope e coll. già citate. Cinque di queste pubblicazioni non hanno dimostrato alcun effetto significativo dello *stretching* per la prevenzione degli infortuni. Una ricerca, tra le sei considerate, non consente di esprimere conclusioni per ragioni legate al protocollo.

Witvrouw e coll. (2004) pubblicano anch'essi una *review* sull'uso dello *stretching* come prevenzione di incidenti muscolari. Il titolo è eloquente: "*stretching* e prevenzione di incidenti muscolari, una relazione oscura". Gli Autori giungono alla conclusione che gli stiramenti hanno un loro effetto positivo sulla prevenzione di incidenti muscolari unicamente negli sport con prevalenti contrazioni muscolari di tipo eccentrico (azione che sollecita il SSC: *Stretch Shortening Cycle*) poiché diminuisce la viscosità e la rigidità dei tendini. Secondo noi il problema risiede nel fatto

che tutta la letteratura afferma che ciò avviene a scapito della performance. Peraltro, secondo gli Autori, per le attività sportive con scarsa sollecitazione muscolare pliometrica (*jogging*, ciclismo, nuoto) gli studi esaminati dimostrano che l'uso degli stiramenti non determinino alcun beneficio per la prevenzione di incidenti muscolari.

In conclusione, gli Autori esprimono il loro parere circa il fatto che le spiegazioni fisiologiche che dovrebbero giustificare l'efficacia dello *stretching* per la prevenzione degli infortuni non sono per nulla evidenti.

Qual è quindi la ragione per la quale gli esercizi di *stretching* non sarebbero adatti a prevenire gli infortuni muscolari?

• L'effetto antalgico degli esercizi di *stretching*:

è possibile trovare in letteratura il parere di alcuni Autori, e fra questi Shrier (1999), che parla del cosiddetto effetto "antalgico" degli esercizi di stiramento. In effetti la spiegazione più frequentemente formulata dai vari ricercatori che come Magnusson e coll. (1998) hanno studiato gli effetti dello *stretching*, fa riferimento all'aumento della cosiddetta "capacità di tollerare" lo stiramento muscolare. In altre parole la spiegazione risiede nel fatto che il soggetto che pratica lo *stretching* riesce a migliorare la sua mobilità articolare in quanto l'allenamento agli stiramenti lo abitua a sopportare meglio il disagio dovuto all'esercizio di stiramento ("*Stretch-tolerance*").

L'atleta quindi si "allunga" di più di ciò che è abituato a fare (i suoi recettori del dolore vengono in qualche modo inibiti) e così rischia di subire un incidente muscolare nel momento della sua attività specifica. Altri ricercatori (Taylor e coll. 1995; Henriksson e coll. 1984) che utilizzarono del caldo o del ghiaccio durante gli esercizi di stiramento, constatarono un significativo guadagno di mobilità durante gli allungamenti passivi. Le tecniche PNF (condotte con il metodo *Contract-Relax*: stiramento preceduto da una contrazione isometrica) sono risultate particolarmente efficaci per desensibilizzare i recettori propri del dolore e quindi non sarebbero da utilizzare nella fase di riscaldamento.

• I microtraumi causati dagli esercizi di *stretching*:

in uno studio di Wiemann e Klee (2000) si è dimostrato che gli stiramenti passivi sottopongono i muscoli interessati a tensioni talvolta equivalenti a tensioni muscolari massimali: le strutture elastiche passive del sarcomero (principalmente la titina), delle quali si tratterà più avanti, sono molto sollecitate e aumenta la possibilità che subiscano dei microtraumi, e si ritiene che ciò costituisca un rischio per la gara.

In un precedente studio, Wiemann e altri (1995) avevano sottoposto atlete praticanti ginnastica ritmica ad un allenamento eccentrico del muscolo retto femorale di entrambi gli arti. Durante la seduta di potenziamento, furono fatti eseguire degli esercizi di stiramento passivo su una sola gamba. Due giorni dopo l'allenamento, l'arto inferiore sottoposto agli stiramenti risultò significativamente più indolenzito dell'altro. Sembra quindi che lo stiramento passivo provochi una sollecitazione delle miofibrille simile a quella provocata dagli esercizi di forza, e determini eventi micro-traumatici aggiuntivi all'interno della fibra muscolare.

Sembrerebbe questa la causa dell'aumento degli indolenzimenti muscolari (Evans, Cannon 1987; Friden, Lieber 1992).

• **La coordinazione agonista-antagonista:** il fatto di cercare di allungare la muscolatura in modo marcato e di sollecitare passivamente certi gruppi muscolari, mette in gioco l'efficacia della coordinazione agonista-antagonista. I muscoli ischio-crurali troppo allungati non risulteranno più così pronti all'azione di blocco violento della coscia durante la corsa. Alcuni Autori infatti attribuiscono agli esercizi di stiramento un effetto di disturbo alla coordinazione ottimale di gesti specifici.

• **Il fenomeno del "Creeping":** alcuni Autori spiegano l'effetto negativo dello *stretching* sulla performance: questo fenomeno è stato chiamato "*creeping*". Wydra (1997) ha descritto nel modo seguente questo cosiddetto fenomeno del *creeping*: durante un esercizio di stiramento ampio e prolungato il tendine s'allunga; ciò comporta una riorganizzazione delle fibrille di collagene che si allineano, mentre normalmente hanno un orientamento obliquo. Si spiegherebbe così il guadagno in allungamento, che tuttavia si accompagna ad una minore capacità del tendine di immagazzinare energia elastica (Ullrich, Gollhofer 1994; Marschall 1999). Questo fenomeno è reversibile, ma con una latenza marcata, quindi non è consigliabile innescare tale meccanismo durante la fase di riscaldamento nelle discipline sportive di potenza che richiedono velocità e capacità di elevazione.

2.1.4 Alcune considerazioni applicative degli esercizi di stretching per la fase riscaldamento

Alla luce degli studi precedentemente citati, si è costretti a constatare che il ricorso alle tecniche che utilizzano gli stiramenti muscolari non è indicata durante l'attività di riscaldamento, soprattutto per gli sport di potenza.

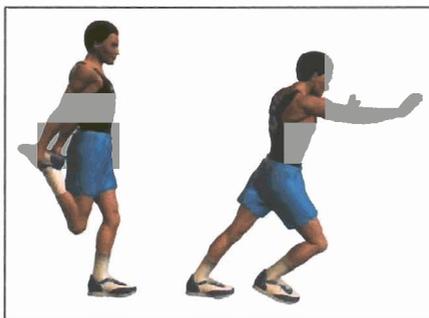


Figura 1 – Gli esercizi di stiramento da non utilizzare nella fase di riscaldamento (per gli sport che richiedono capacità di sprint e di elevazione).

Altre discipline sportive che invece necessitano di movimenti caratterizzati da ampiezze estreme del movimento (ginnastica artistica, pattinaggio artistico...) sfuggono a questa regola: in questi casi bisogna utilizzare queste tecniche per permettere all'atleta di raggiungere senza rischi ampiezze di movimento consone al modello prestativo della sua disciplina.

Aspetti applicativi:

- dissociare gli estensori e i flessori: nel caso dell'arto inferiore è importante non trattare il quadricipite e il tricipite della sura come gli ischio-crurali;
- gli estensori non devono essere stirati. In caso contrario verrebbe a diminuire la loro capacità di forza nell'azione di salto e di sprint. Si sconsiglia pertanto l'uso degli esercizi illustrati nella figura 1;
- i muscoli ischio-crurali potranno invece essere allungati in modo blando utilizzando una o due ripetizioni;
- le tecniche dette PNF (*Contract-Relax*, e *Contract-Relax-Agonist-Contraction*) non vanno utilizzate nella maniera più assoluta nella fase di riscaldamento;
- gli esercizi di vascolarizzazione (contrazioni dinamiche - e non isometriche - contro resistenza) basati sull'alternanza contrazione-rilasciamento per favorire l'effetto "pompa" del muscolo, devono obbligatoriamente essere affiancati a movimenti blandi di *stretching*;
- l'individualizzazione (personalizzazione dell'esercizio) è la chiave di volta indicata dagli Autori (Shrier 1999): per la maggior parte dei soggetti è sufficiente un solo stiramento per muscolo, altri invece necessitano di più tempo;
- l'alternanza della contrazione muscolare dell'agonista e dell'antagonista, spesso, è sufficiente per stirare in modo naturale i muscoli interessati;
- semplici movimenti come esercizi di conduzione del cingolo scapolo omerale con clavette, ed esercizi di mobilizzazio-

ne del cingolo pelvico risultano spesso più appropriati per preparare le articolazioni ai movimenti successivi effettuati con ampiezze articolari marcate.

Si può concludere questa parte dicendo che gli esercizi di allungamento sono da considerare controindicati nella fase di preparazione alla competizione con l'eccezione delle discipline che utilizzano delle ampiezze articolari estreme.

2.2 Stretching e recupero

È opinione corrente che gli esercizi di *stretching* siano necessari ed indispensabili per ottimizzare il recupero dopo una competizione o un allenamento intenso. Le ricerche più recenti però non confermano questa convinzione diffusa. Per inquadrare meglio l'argomento è necessario definire e codificare i parametri che intervengono sulla rigenerazione e sul recupero dopo lo sforzo.

Nella fase del recupero, rispetto agli esercizi di stiramento, si possono evidenziare tre aspetti:

- un aumento della circolazione sanguigna nei muscoli stirati che faciliterebbe l'eliminazione di eventuali cataboliti;
- la prevenzione e/o la diminuzione degli indolenzimenti muscolari;
- un'azione "muscolare" sulle qualità viscoelastiche dei muscoli (diminuzione della rigidità o di eventuali tensioni così come un aumento del rilasciamento).

2.2.1 Stretching e vascolarizzazione

Secondo Freiwald e coll. (1999) gli stiramenti di tipo statico, comprimendo i capillari, ostacolano l'afflusso di sangue e ciò comporta una diminuzione della rigenerazione proprio nei muscoli che più necessitano di recupero. Schober e coll. (1990) hanno valutato l'efficacia di tre diversi metodi di *stretching* rispetto al recupero del muscolo quadricipite, constatando che gli stiramenti statici prolungati e la tecnica degli stiramenti effettuati dopo contrazione isometrica non favoriscono il ricupero e inoltre gli stiramenti statici hanno anche un effetto negativo. Solamente gli stiramenti a carattere "dinamico" consentono di migliorare il recupero. Rispetto a quanto affermato dagli Autori si potrebbe aggiungere che l'utilizzo di contrazioni contro resistenza con una buona ampiezza articolare migliorano l'afflusso del sangue (come capita con il cosiddetto "riscaldamento alla russa" suggerito da Masterovoi nel 1964), in maniera ancor più efficace.

Dorado e coll (2004) hanno valutato il recupero rispetto a quattro lavori muscolari condotti ad alta intensità fino all'esaurimento con pause di 5 minuti. Sono stati comparate tre modalità di recupero durante la pausa di 5 minuti: riposo, *stretching*, recupero attivo al 20% di $\dot{V}O_2\max$. Solamente il gruppo con un ricupero attivo ha migliorato le proprie performance durante i differenti lavori muscolari. Per le tipologie di lavoro valutate, la pratica di esercizi di stiramento durante il recupero non è risultata più efficace del riposo.

In conclusione, gli stiramenti non costituiscono certamente il miglior modo per facilitare il drenaggio del sangue.

2.2.2 *Stretching e prevenzione degli indolenzimenti muscolari*

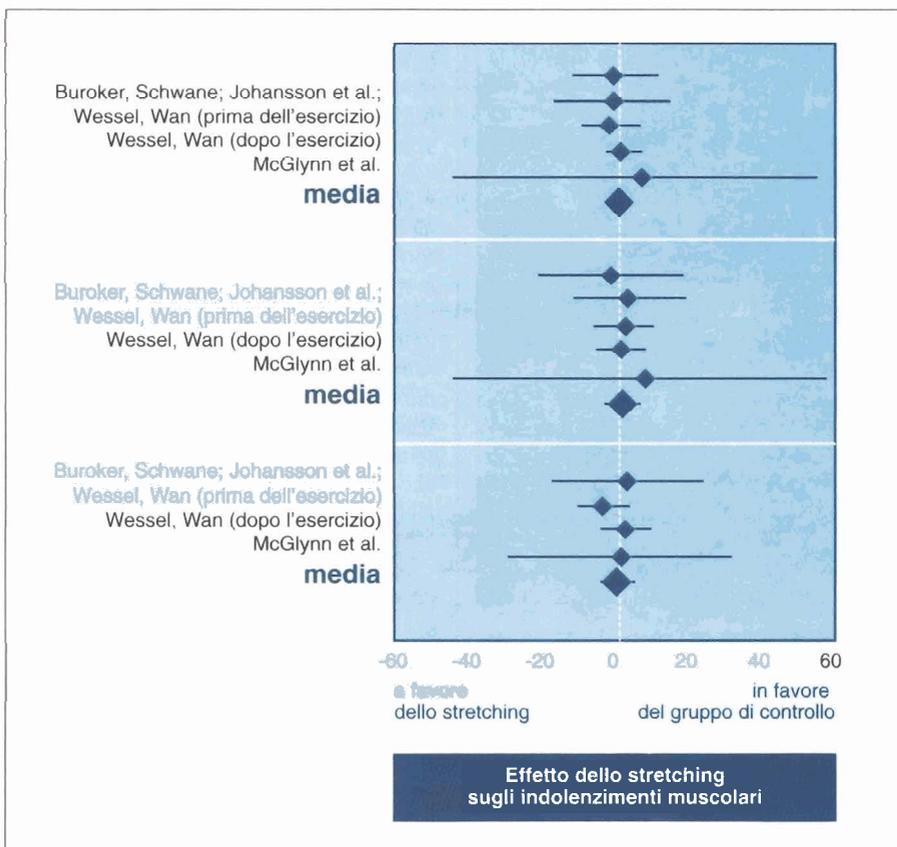
È noto a tutti che il lavoro eccentrico provoca degli indolenzimenti marcati, ed è per questo che gli studi condotti sui dolori muscolari utilizzano questa forma di lavoro. Alcuni Autori hanno verificato gli effetti dell'introduzione dello *stretching* prima dello sforzo, altri hanno utilizzato gli stiramenti dopo le prove ed altri ancora hanno utilizzato gli stiramenti durante l'allenamento.

• *Stretching eseguito prima dello sforzo*

Johansson e collaboratori (1999) studiarono, rispetto all'insorgenza di indolenzimenti muscolari, l'effetto di quattro movimenti di stiramento di 20 secondi eseguiti sugli ischio-crurali prima di un allenamento eccentrico a carico di una sola gamba. Non fu constatata alcuna differenza tra la gamba sottoposta a stiramento durante il riscaldamento e la controlaterale non stirata. Wessel, Wan (1994) in una ricerca precedente constatarono ugualmente l'inefficacia degli stiramenti effettuati prima dello sforzo.

Stretching eseguito dopo lo sforzo

Buroker, Schwane (1989), dopo una seduta di allenamento con un esercizio muscolare eccentrico del quadricipite e del tricipite surale di 30 minuti, utilizzarono con un gruppo di atleti degli stiramenti statici. Non fu constatata alcuna attenuazione dei dolori nei tre giorni seguenti la seduta di allenamento rispetto agli altri gruppi. La seduta di allenamento provocò un aumento del CPK (*CreatinPhosfoKinase*) e una diminuzione della forza della coscia indolenzita. L'utilizzo dello *stretching* non modificò alcun parametro. Gli Autori arrivarono alla conclusione che lo *stretching* non risulta efficace per prevenire gli indolenzimenti. Wessel, Wan (1994) hanno studiato anch'essi l'effetto dello *stretching* eseguito dopo lo sforzo senza trovare alcunché di significativo.



• *Stretching eseguito durante lo sforzo*

Abbiamo già riferito che Wiemann e altri (1995) utilizzarono, durante le sedute di potenziamento muscolare, alcuni esercizi di stiramento passivo a carico di una sola gamba. L'arto stirato risultò essere più indolenzito dell'altro. Lo stiramento passivo aggiunge quindi altri microtraumi a quelli legati allo sforzo eccentrico (Evans, Cannon 1987; Friden, Lieber 1992).

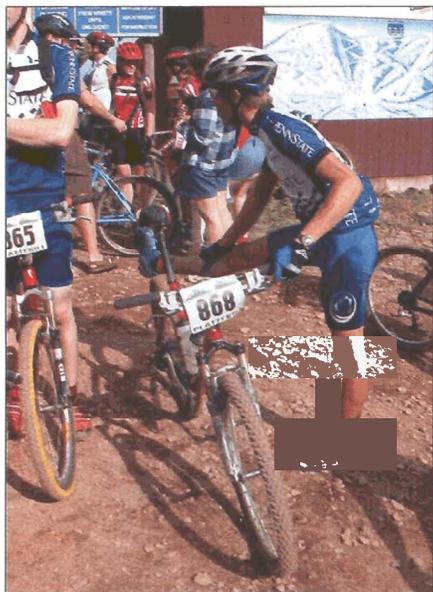
In conclusione: Herbert, Gabriel (2002) partendo dagli studi precedentemente citati hanno realizzato una "review" molto approfondita sull'argomento "indolenzimenti e stiramenti". La sintesi delle conclusioni dei loro studi è riportata nella figura 2.

2.2.3 *Stretching e parametri muscolari: effetti negativi degli stiramenti sul recupero*

Wiemann e Klee (2000) hanno riscontrato che gli esercizi di stiramento comportano delle tensioni muscolari elevate e questo si

verifica ad escursioni articolari non abituali per il soggetto; ciò comporta dei microtraumi a livello della struttura intima del muscolo, in particolare a carico della tina. Se si effettuano degli esercizi di *stretching* al termine di una partita, durante la quale i muscoli sono stati sottoposti a sforzi intensi quindi generatori di microlesioni, si rischia di aggiungere indolenzimento a indolenzimento. Non si può quindi consigliare la pratica dello *stretching* quale tecnica di recupero dopo la competizione, soprattutto se il match successivo risultasse programmato entro due giorni dal precedente.

Gli esercizi di allungamento alla fine del match possono al massimo essere giustificati come "lavoro di scioltezza", accettando i disagi muscolari a breve termine, ma confidando nei miglioramenti a medio termine. Nel contesto dell'allenamento gli esercizi di stiramento sarebbero quindi da inserire alla fine della seduta, quale mezzo per il miglioramento della mobilità articolare, e non come metodo adatto a favorire la capacità di recupero.



Se gli effetti degli stiramenti sulla capacità di recupero sembrano sconsigliarne l'uso, si possono, come appena descritto, ricercare esiti positivi legati agli stiramenti sia a livello muscolare e neuromuscolare. Secondo Guissard (2000), durante la fase di recupero: "gli stiramenti passivi sarebbero da raccomandare poiché restituirebbero estensibilità a muscoli e tendini nonché mobilità alle articolazioni":

• **effetti a livello muscolare:**

l'attività fisica aumenta la rigidità passiva del muscolo. Hagbarth e collaboratori (1985) hanno indagato le variazioni della rigidità dei muscoli flessori delle dita. Dopo un'azione muscolare concentrica la rigidità ha tendenza ad aumentare, mentre con un'azione eccentrica essa diminuisce. Lachie, Robson (1988) studiarono, agendo sul metacarpo, la rigidità dei muscoli estensori nell'avambraccio in situazione di rilasciamento. Se prima di ogni misura della rigidità (realizzata a 0, 30, 60 e 180 secondi) si effettuano delle azioni eccentriche ripetute o delle oscillazioni passive, la rigidità diminuisce nel tempo. Al contrario, le contrazioni ripetute, sia concentriche sia isometriche aumentano la rigidità dei muscoli interessati. Questo è stato confermato da Klinge e coll. (1996) che studiarono sugli ischio-crurali gli effetti di un allenamento di forza con modalità isometrica. L'allenamento alla forza aumentava la rigidità muscolare e non modificava l'aspetto viscoelastico.

Una competizione intensa (per esempio un match di sport di squadra) comporta un aumento della rigidità muscolare. Magnusson (1998) ha dimostrato che già quattro o cinque stiramenti determinano una diminuzione della rigidità muscolare nel corso di una seduta di allenamento.

Si può quindi pensare che, dopo una competizione, esercizi di stiramento di modesta ampiezza possano favorire una diminuzione della rigidità muscolare e il rilasciamento del muscolo.

• **Effetti a livello neuromuscolare:**

gli studi condotti da Guissard e collaboratori (1988) hanno dimostrato che gli stiramenti del muscolo soleo favoriscono il rilasciamento muscolare, a causa di una diminuzione dell'attivazione dei motoneuroni. Tuttavia le tecniche più efficaci per diminuire l'eccitabilità muscolare sono le tecniche cosiddette CR (contrazione-rilasciamento) e AC (contrazione del muscolo agonista). Esempio: durante un esercizio di allungamento dei muscoli ischio-crurali, eseguito flettendo il busto sulle cosce, si esegue, contemporaneamente alla flessione, una contrazione dei quadricipiti. Alcuni Autori chiamano questa azione "co-contrazione dei muscoli antagonisti" perché eseguita con gli antagonisti dei muscoli che si stanno stirando. Le tecniche appena descritte, dato che comportano una sollecitazione eccentrica del muscolo stirato (Hutton 1994), presentano effettivamente degli inconvenienti per il recupero muscolare immediato.

• **Effetti antalgici:**

gli atleti sono soliti effettuare esercizi di stretching dopo la competizione perché avvertono una sensazione soggettiva di diminuzione degli indolenzimenti. Come si spiega questo fatto? A questo proposito le argomentazioni suggerite da Shier (1999) sull'effetto antalgico dello stretching risultano molto interessanti: gli stiramenti, desensibilizzando i recettori del dolore, danno agli atleti una sensazione di sollievo.

In conclusione: lo stretching produce degli effetti sul rilasciamento muscolare (diminuzione della rigidità muscolare e diminuzione dell'attivazione dei motoneuroni). Bisogna tuttavia mettere in relazione questi aspetti positivi con i rischi precedentemente descritti. Per alcune discipline sportive l'utilizzo degli esercizi di stretching può trovare la sua ragion d'essere.

2.3 Conseguenze pratiche (suggerimenti applicativi)

Gli esercizi di allungamento muscolare possono essere effettuati dopo la competizione o durante l'allenamento (il loro uso in allenamento o dopo la gara rappresenta in ogni caso una soluzione migliore rispetto a quella di impiegarli prima della competizione). Tuttavia le ragioni che giustificano l'uso dello stretching dopo la competizione, perché in tal modo migliorerebbe il recupero, non è validata dai dati scientifici a disposizione. È, quindi, sconsigliato insegnare gli stiramenti cosiddetti da "recupero" alla fine di una gara o un match, soprattutto se è prevista un'altra gara uno o due giorni dopo, come capita sovente durante i Campionati internazionali, per esempio di pallacanestro, pallamano, pallavolo... Questo perché si aggiungerebbero eventi microtraumatici ai "traumatismi" muscolari normalmente generati dalla competizione stessa. Peraltro è possibile collocare una seduta di stiramenti alla fine di un allenamento con lo scopo di "lavorare sulla scioltrezza", ma in questo caso si tratterebbe di una sequenza di lavoro (allenamento) e non di recupero (post-allenamento). Per favorire il recupero, invece, noi suggeriamo una modalità di lavoro molto simile

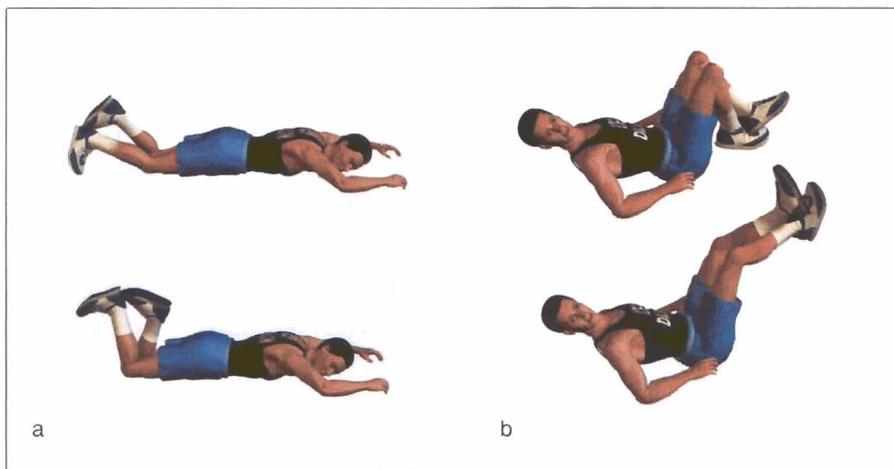


Figura 3 – Esempi di esercizi per favorire il recupero di quadricipiti e ischio-crurali: a) ischio-cruale: flessione di una gamba mentre il piede dell'altra frena leggermente il movimento, opponendo una modesta resistenza; b) quadricipite: estensione di una gamba mentre il movimento è leggermente frenato dal peso dell'altra.

al cosiddetto "riscaldamento russo". Questa forma di lavoro consiste nell'effettuare delle serie di azioni concatenate "contrazione-rilasciamento" dei diversi gruppi muscolari che sono stati sollecitati durante la competizione. Sono consigliate le posizioni a gambe sollevate per facilitare il ritorno venoso. Le serie saranno composte da 10 a 15 ripetizioni con resistenze blande (qualche volta solamente il peso dell'arto mobilizzato), con velocità di esecuzione lenta, onde evitare i movimenti di tipo balistico, e sarà mantenuta una minima tensione nel muscolo durante tutta la contrazione; il rilasciamento invece dovrà essere ben marcato per facilitare la circolazione. Nella figura 3 sono illustrati due esercizi

per muscoli quadricipiti e ischiocrurali. Anche l'uso dell'elettrostimolazione, se si utilizzano i programmi specifici per il "recupero", può costituire un mezzo interessante per migliorare la circolazione. La corsa lenta è invece da sconsigliare poiché le sollecitazioni muscolari che il gesto del correre impone ai quadricipiti, tricipiti e ischio-crurali risulta di debole ampiezza per favorire quell'effetto "pompa" dei muscoli che potrebbe migliorare il drenaggio del sangue. Secondo Masterovoi (1964), le contrazioni dei quadricipiti e dei tricipiti sono pressoché isometriche e l'attività degli ischio-crurali quasi nulla. Masterovoi, infatti, aveva modificato il movimento della corsa lenta e studiato

un'altra modalità di corsa, da lui definita sperimentale, con delle azioni muscolari più specifiche e adatte a sollecitare i principali gruppi muscolari (flessione accentuata del ginocchio per sollecitare quadricipiti e ischiocrurali e rullata attiva tallone-pianta per il tricipite surale). Questo tipo di corsa si può anche eseguire sul posto.

Indirizzo degli Autori: G. Cometti, UFR STAPS Digione, BP 27877, 21078, Digione Cedex (Francia); L. Ongaro, G. Alberti, Istituto di Esercizio fisico, salute e attività sportiva, Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano, Via Kramer 4/A, 20129, Milano).

Bibliografia generale

Alter M. J., Science of flexibility, Champaign, Ill., Human Kinetics, 1996.
 Anderson B., Stretching, Waldeck-Dehringhausen, 1988.
 Barash I. A., Peters D., Friden J., Lutz G. J., Lieber R. L., Desmin cytoskeletal modifications after a bout of eccentric exercise in the rat, *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 2002, 283, 4, R958-963.
 Billeter R., Hoppeler H., Basis of muscle contraction, *Schweiz. Z. Med. Traumatol.*, 1994, 2, 6-20 (traduzione italiana a cura di M. Gulinelli, Le basi della contrazione muscolare, SDS-Scuola dello sport, XV, 1996, 34, 2-14).
 Billeter R., Hoppeler H., Muscular basis of strength, in: Komi P. V. (a cura di), *Kraft und Schnellkraft im Sport*, Colonia, 1994, 39-63.
 Buroker K.C., Schwane J. A., Does post exercise static stretching alleviate delayed muscle soreness?, *Physician and Sport Med.*, 17, 1989, 6, 65-83.
 Butler D. L., Grood E. S., Noyes F. R., Zernicke R. F., Biomechanics of ligaments and tendons, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 1978, 6, 125-181.
 Church J. B., Wiggins M. S., Moode F. M., Crist R., Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance, *Journal Strength Conditioning Research*, 15, 2001, 3, 332-336.
 Condon S. M., Hutton R.S., Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures, *Phys. Ther.*, 67, 1987, 1, 24-30.
 Cornwell A., Nelson A. G., Sidaway B., Acute effect of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 86, 2002, 428-434.
 Dorado C., Sanchis-Moysi J., Celbert J. A., Effects of recovery mode of performance, O₂ uptake, and O₂ deficit during high-intensity intermittent exercise, *Can. J. Appl. Physiol.*, 29, 2004, 3, 227-244.
 Evans W. J., Cannon J. G., The metabolic effect of exercise-induced muscle damage, *Exercise and Sport Science Reviews*, 1987, 99-125.
 Fabbriozio E. F., Pons A., Robert G., Hugon A., Bonet-Kerrache D., Mornet D., The dystrophin superfamily:

variability and complexity, *J. Muscl. Res. Cel. Motil.*, 15, 1994, 595-606.
 Fowles J.R., Sale D.G., MacDougall, J.D., Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors, *Journal of Applied Physiology*, 89, 2000, 1179-1188.
 Freiwald J., Engelhardt M., Konrad P., Jäger M., Gnewuch A., Dehnen, Volume 37, Issue 1, *Manuelle Medizin*, Springer-Verlag, 1999, 3-10.
 Freiwald J. M., Engelhardt M., Beweglichkeit und Dehnung in Sport und Therapie, *Lesenswerte Literatur*, Teil 3., *Physikalische Therapie*, 18, 1997, 1, 16-18.
 Freiwald J., Stretching - Möglichkeiten und Grenzen, *Therapeutische Umschau*, 55, 1998, 4, 267-272.
 Friden J., Lieber R. L., Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components, *Acta Physiol. Scand.*, 171, 2001, 3, 321-326.
 Friden J., Lieber R. L., Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, 1992, 5, 521-530.
 Goldspink G., Tabary C., Tabary J. C., Tardieu C., Tardieu G., Effect of denervation on the adaptation of sarcomere number and muscle extensibility to the functional length of the muscle, *J. Physiol.*, 236, 1974, 3, 733-742.
 Gregory J. E., Proske U., The response of muscle spindles in kitten to stretch and vibration, *Experimental Brain Research*, 73, 1988, 606-614.
 Guissard N., Duchateau J., Hainaut K., Muscle stretching and motoneuron excitability, *Europ. J. of Applied Physiology*, 58, 1988, 47-52.
 Guissard N., Méthodes d'étirement musculaire: bases scientifiques et aspects pratiques, in: *La planification de la préparation physique*, Éditions UFRSTAPS, Digione, 2000.
 Guissard N., Rôle de l'étirement lors de la préparation du muscle à l'effort, in: *La planification de la préparation physique*, Éditions UFRSTAPS, Digione, 2000.
 Guissard N., Duchateau J., Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles, *Muscle Nerve*, 2004, 29, 2, 248-255.

Güllich A., Schnellkraftleistungen im unmittelbaren Anschluß an submaximale Kräfteinsätze, *Frankfurt/M*, 1996.
 Güllich A., Schmidbleicher D., *Methodik des Krafttrainings*, in: Sievers A., *Muskelkrafttraining*, vol.1., Kiel, 2000, 17-71.
 Henning E., Podzielný S., Die Auswirkung von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 45, 1994, 253-260.
 Henriksson A. S., Fredriksson K., Persson I. et al., The effect of heat and stretching on the range of hip motion, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1984, 110-115.
 Herbert R. D., Gabriel M., Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review, *British Medical Journal*, 31, 2002, 325, 7362-7368.
 Herring S. W., Grimm A. F., Grimm B. R., Regulation of sarcomere number in skeletal muscle: a comparison of hypothesis, *Muscle and Nerve*, 7, 1984, 161-173.
 Horowitz R., Podolsky R., The positional stability of thick filaments in activated skeletal muscle depends on sarcomere length: evidence for the role of titin filaments, *Journal of Cell Biology*, 105, 1987, 2217-2223.
 Huijij P. A., Mechanische Muskelmodelle, in: Komi P. V. (a cura di), *Kraft und Schnellkraft im Sport*, Colonia, 1994 a, 135-154.
 Huijij P. A., Das elastische Potential des Muskels, in: Komi P. V. (a cura di), *Kraft und Schnellkraft im Sport*, Colonia, 1994 b, 155-172.
 Huijij P. A., Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb, *J. Biomech.*, 32, 1999, 4, 329-345.
 Hutton R. S., Neuromuskuläre Grundlagen des Stretching, in: Komi P. V. (a cura di), *Kraft und Schnellkraft im Sport*, Colonia, 1994, 41-50.
 Kastelic J., Galeski A., Baer E., The multicomposite structure of tendon, *Connect Tissue Res.*, 6, 1978, 1, 11-23.
 Klee A., Jöllenbeck T., Wiemann K., Biomechanical response to repeated stretches in human M. rectus

- femoris, in: Parisi P., Pigozzi F., Prinzi G. (a cura di), Proceedings of fourth Annual Congress of the European College of Sport Science, Roma, 1999, 495.
- Knebel K-P., *Funktionsgymnastik*, Reinbeck, 1985.
- Knudson D., Bennett K., Corn R., Leick D., Smith C., Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump, *Journal Strength Conditioning Research*, 15, 2001, 1, 98-101.
- Kokkonen J., Nelson A. G., Cornwell A., Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69, 1998, 4, 411-415.
- Kokkonen J., Nelson A. G., Tarawhiti T., Buckingham P., Glickman-Weiss E., Stretching combined with weight training improves strength more than weight training alone, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 2000, 5, Supplement abstract 649.
- Kokkonen J., Nelson A. G., Arnall D. A., Acute stretching inhibits strength endurance performance, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 2001, 5, Supplement abstract 53.
- Krstic R. V., *Die Gewebe des Menschen und der Säugetiere*, Berlino, 1978.
- Kubo K., Kanehisa H., Fukunaga T., Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo, *J. Appl. Physiol.*, 92, 2002, 595-601.
- Labeit S., Kolmerer B., Linke W. A., The giant protein titin: emergin roles in physiology and pathology, *Circ. Res.*, 80, 1997, 290-294.
- Lally D. A., Stretching and injury in distance runners, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1994, 5, Supplement abstract 473.
- Lieber R. L., Shah S., Friden J., Cytoskeletal disruption after eccentric contraction-induced muscle injury, *Clin. Orthop.*, 2002, 403, Suppl. S90-99.
- Lieber R. L., Thornell L. E., Friden J., Muscle cytoskeletal disruption occurs within the first 15 min of cyclic eccentric contraction, *J. Appl. Physiol.*, 80, 1996, 1, 278-284.
- Magid A., Law D.J., Myofibrils bear most of the resting tension in frog skeletal muscle, *Science*, 220, 1985, 12, 1280-1282.
- Magnusson S. P., Aargaard P., Simonsen E. B., Bojsen-Moller F., A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle, *Int. J. Sports Med.*, 19, 1998, 310-316.
- Magnusson S. P., Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers, A review, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 1998, 8, 2, 65-77.
- Masterovoi L., La mise en train : son action contre les accidents musculaires, Document INS N°560 (traduzione di Spivak M. da Liogkaya Atletika, 1964, 9).
- Michna H., Morphometric analysis of loading-induced changes in collagen-fibril populations in young tendons, *Cell Tissue Res.*, 236, 1984, 2, 465-470.
- Patel T.J., Lieber R. L., Force transmission in skeletal muscle: from actomyosin to external tendons, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 25, 1997, 321-363.
- Pope R., Herbert R., Kirwan J., Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in Army recruits, *Aust. J. Physiother.*, 44, 1998, 3, 165-172.
- Pope R. P., Herbert R. D., Kirwan J. D., Graham B. J., A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 2000, 2, 271-277.
- Proske U., Morgan D. L., Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle?, *J. Muscle Res. Cell. Motil.*, 20, 1999, 5-6, 433-442.
- Schober H., Kraif W., Wittekop G., Schmidt H., Beitrag zum Einfluß verschiedener Dehnungsformen auf das muskuläre Spannungsverhalten des M. quadriceps femoris, *Medizin und Sport*, 30, 1990, 3, 88-91.
- Shrier I., Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury : a critical review of the clinical and basic science literature, *Clin. J. Sport Med.*, 9, 1999, 4, 221-227.
- Shriver J., Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature, *Clin. J. Sport Med.*, 14, 2004.
- Shrier I., Gossal K., Myths and truths of stretching, *Physician and Sportsmedicine*, 28, 2000, 8.
- Smith L. L., Brunetz M. H., Chenier T. C., Mc Cammon M. R., Houmar J. A., Franklin M. E., Israel R.G., The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64, 1993, 1, 103-107.
- Söveborn S. A., *Das Buch vom Stretching. Beweglichkeitstraining durch Dehnen und Strecken*, Monaco, 1983.
- Taylor B. F., Waring C. A., Brashear T. A., The effects of therapeutic application of heat or cold followed by static stretch on hamstring muscle length, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 21, 1995, 5, 283-286.
- Taylor D. C., Dalton J. D. Jr, Seaber A. V. et al., Viscoelastic properties of muscle-tendon units: the biomechanical effects of stretching, *Am. J. Sports Med.*, 18, 1990, 3, 300-309.
- Thacker S. B., Gilchrist J., Stroup D. F., Kimsey C. D., The impact of stretching on sports injury risk: A systematic review of the literature, *Med. and Science in Sports and Exercise*, 36, 2004, 3, 371-378.
- Tidball J. G., Force transmission across muscle cell membranes, *J. Biomechanics*, 24, 1991, 1, 43-52.
- Tidow G., *Flexibilitätsübungen für Hürdensprinter, Leichtathletiktraining*, 1997, 4, 3-11.
- Tipton C. M., Matthes R. D., Maynard J. A., Carey R. A., The influence of physical activity on ligaments and tendons, *Med. Sci. Sports.*, 7, 1975, 3, 165-175.
- Tipton C. M., Vailas A. C., Matthes R. D., Experimental studies on the influences of physical activity on ligaments, tendons and joints: a brief review, *Acta Med. Scand. Suppl.*, 1986, 711, 157-168.
- Ullrich K., Gollhofer A., Physiologische Aspekte und Effektivität unterschiedlicher Dehnmethoden, *Sportmedizin*, 45, 1994, 336-345.
- Vigoraux J. O., The muscle Z-band: lessons in stress management, *J. Musc. Res. Cell. Motil.*, 15, 1994, 237-255.
- Viidik A. Functional properties of collagenous tissues, *Int. Rev. Connect. Tissue Res.*, 6, 1973, 127-215.
- Walker S. M., Schrodt G. R., I-segment lengths and thin filament periods in skeletal muscle fibres of the rhesus monkey and the human, *Anatomical record*, 178, 1973, 68-82.
- Wang K., Mc Carter R., Wright J., Beverly J., Mitchell R. R., Viscoelasticity of the sarcomere matrix of skeletal muscle - the titin-myosin composit fila-
- ment is a dual stage molecular spring, *Biophys. J.*, 64, 1993, 1161-1177.
- Wang K., Titin/connectin and nebulin: giant protein rulers of muscle structure and function, *Adv. Biophys.*, 33, 1996, 123-134.
- Wessel J., Wan A., Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 4, 1994, 2, 83-87.
- Whitehead N. P., Gregory J. E., Morgan D. L., Proske U., Passive mechanical properties of the medial gastrocnemius muscle of the cat, *J. Physiol.*, 536, 2001, 893-903.
- Wiemann K., Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining, *Sportwissenschaft*, 21, 1991a, 3, 295-306.
- Wiemann K., Beeinflussung muskulärer Parameter durch unterschiedliches Dehnverfahren, in: Hoster M., Nepper H. -U. (a cura di), *Dehnen und Mobilisieren*, Waldenburg, 1994b, 40-71.
- Wiemann K., Hahn K., Influence of strength, stretching and circulatory exercises on flexibility parameter of the human hamstrings, *Int. J. Sports Med.*, 18, 1997, 340-346.
- Wiemann K., Kamphöfner M., Verhindert statisches Dehnen das Auftreten von Muskelkater nach exzentrisches Training?, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 46, 1995, 411-421.
- Wiemann K., Klee A., Die Bedeutung von Dehnen und Stretching in der Aufwärmphase vor Höchstleistungen, *Leistungssport*, 4, 2000, 5-9 (traduzione italiana a cura di M. Gulinelli, *Stretching e prestazioni sportive di alto livello*, Sds-Scuola dello sport, 19, 2000, 49, 9-15).
- Wiemann K., Klee A., Stratmann M., Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhe-spannung und die Behandlung muskuläre Dysbalancen, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 44, 1998, 4, 111-118.
- Wiemann K., Muskeldehnung und stretching, in: Zichner L., Engelhard M., Freiwald J., (a cura di), *Die Muskulatur - Sensibles, integratives und meßbares Organ*, *Rheumatologie - Orthopädie*, v. 3, Wehr, 1994a, 211-230.
- Wiemann K., Präzisierung des Lombardschen Paradoxons in der Funktion des ischiocruralen Muskeln beim Sprint, *Sportwissenschaft*, 21, 1994b, 4, 413-428.
- Williams P. E., Goldspink G., Longitudinal growth of striated muscle fibres, *J. Cell. Sci.*, 1971, 9, 751-767.
- Willy R.W., Kyle B. A., Moore S.A., Chleboun G. S., Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint range of motion, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 31, 2001, 3, 138-144.
- Wirvrong E., Mahlen N., Danneels L., Mc Nair P., Stretching and injury prevention: an obscure relationship, *Sports Med.*, 34, 2004, 7, 443-449.
- Wydra G., Bös K., Karisch G., Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 42, 1991, 9, 386-400.
- Wydra G., Glück S., Dynamisches Dehnen in der Sporttherapie? in: *Gesundheitssport und Sporttherapie*, 2000.
- Wydra G., Stretching - ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung, *Sportwissenschaft*, 27, 1997, 4, 409-427 (traduzione italiana a cura di M. Gulinelli, *Lo stretching e i suoi metodi*, Sds-Scuola dello sport, XX, 2001, 51, 39-49).