Klaus Wiemann, Andreas Klee, *Università di Wuppertal*

Stretching e prestazioni sportive di alto livello

L'importanza degli esercizi di allungamento e dello stretching nella fase di riscaldamento prima di prestazioni sportive di alto livello

Sulla base di un esempio tratto dalla pratica, ci si chiede se nella fase di riscaldamento precedente una gara gli esercizi intensivi di stretching svolgano realmente una funzione di prevenzione degli infortuni. In effetti, risultati recenti sulla struttura delle fibre muscolari, come anche quelli di recenti ricerche sull'effetto degli allungamenti statici sulla forza rapida mostrano che, contrariamente alle opinioni correnti, esercizi di allungamento statici intensivi rappresentano una grande sollecitazione per le strutture elastiche delle fibre muscolari e possono essere causa di infortuni muscolari.

Da sempre gli esercizi di allungamento, per lo più ritmici, hanno rappresentato una componente di ogni fase di riscaldamento che precede un'unità di allenamento od una competizione. Ma solo da quando si è cominciato a parlare di *stretching* - propagandato da Andersen (1982), Sölveborn (1983), Knebel (1985), ecc. - soprattutto gli esercizi statici di allungamento (cioè proprio lo *stretching*) rappresentano una componente notevole di ogni fase di riscaldamento. In essi vengono sottoposti ad un'azione intensa di allungamento o la muscolatura in generale od alcuni muscoli, che saranno particolarmente sollecitati nell'esecuzione della futura prestazione di gara - anche quando essa non richiede all'atleta una straordinaria capacità di allungamento. Tale pratica è stata utilizzata, e viene tuttora utilizzata, prevalentemente per preparare il muscolo alle tensioni meccaniche di trazione alle quali verrà sottoposto nel successivo allenamento o nella gara e/o prevenire e ridurre al minimo il rischio di lesioni muscolari. Questo modo di procedere si basa su questo ragionamento: gli esercizi di allungamento - lo si sa per esperienza - migliorano la mobilità articolare, la flessibilità, la capacità di allugamento, e ciò va chiaramente attribuito ad un incremento dell'elasticità e della cedevolezza del tessuto connettivo e muscolare o ad una riduzione

della tensione passiva, dell'unità muscolo-tendinea *(stiffness)*. Poichè ci si aspetta che un muscolo elastico, cedevole, poco teso sia meno predisposto a lesioni, si pensa che con gli esercizi di allungamento durante la fase di riscaldamento si possa riuscire a collegare e raggiungere due obiettivi: un miglioramento della capacità di prestazione, grazie ad un aumento della flessibilità, ed una riduzione del rischio di infortuni. In questo lavoro ci proponiamo di chiarire se questa conclusione sia plausibile.

1. Introduzione

Talvolta, si tenta di sostenere la necessità di eseguire esercizi di stiramento per prepararsi a successive prestazioni muscolari ricorrendo all'esempio dell'allungamento e stiramento spontaneo degli animali (cani, gatti) (ad esempio, Tidow 1997). Però si deve osservare che i cani ed i gatti non si stirano *prima* di uno sforzo, ma dopo una lunga fase nella quale sono stati immobili. Inoltre non vengono allungati quei muscoli che verranno impegnati nell'azione prevista - ad esempio i muscoli estensori dell'anca perché gli animali vogliono eseguire uno scatto. Vengono invece stirati quei muscoli che durante la precedente fase di riposo - di regola con il corpo raggomitolato nella posizione che gli animali assumono per dormire - erano stati per lungo tempo immobili e *rilassati*, cioè i muscoli flessori del tronco, i muscoli retrattori delle zampe anteriori e flessori dell'anca. Si tratta cioè di muscoli che coincidono solo parzialmente con quelli sollecitati da uno scatto.

Di regola, l'animale stira questi muscoli prima allungando molto in avanti le zampe anteriori e contemporaneamente spingendo verso il basso il petto, con le zampe posteriori in posizione verticale, per poi portare alla fine il petto in avanti sollevando le spalle, mentre le zampe posteriori vengono allungate all'indietro, abbassando verso il suolo l'addome. Inoltre cani e gatti non eseguono programmi di stiramento con più *serie* e più ripetizioni, ma, di regola, si stirano solo *una volta* in avanti, ed *una volta* all'indietro, e se necessario due volte, molto tranquillamente per circa 1-2 secondi per ogni parte del corpo. Per cui questi stiramenti ricordano molto quegli esercizi "umani" che vengono definiti "*stretching* con contrazione degli antagonisti". Nel caso degli animali, fino a che punto si possa parlare di una prevenzione degli infortuni, nel senso citato precedentemente, resta un problema aperto, in quanto nella maggior parte dei casi alla fine non troviamo nessuna "prestazione di alto livello".

Negli ultimi anni, nella biologia e nella teoria dell'allenamento sono stati acquisiti dati che mettono fortemente in discussione l'ipotesi del rapporto causale tra stiramento e profilassi degli infortuni. Tali dati da un lato provengono da ricerche empiriche sull'azione degli esercizi di allungamento sulla *stiffness* muscolare, e dall'altro da nozioni sulla struttura fine delle fibre muscolari e su una migliore comprensione sull'origine della tensione muscolare passiva e sulla trasmissione longitudinale delle tensioni passive attraverso il muscolo. Però, prima di trattare questo tema più dettagliatamente, come ulteriore introduzione a questa tematica, verrà abbozzato uno tipico scenario (puramente fittizio) di una modalità di comportamento che si può osservare più volte in allenamento ed in gara, che può servire a chiarire quali sono i rapporti fisiologici ed empirici interessati:

un atleta - in questo caso si tratta di un saltatore in lungo - si trova nella fase di riscaldamento pregara. Poiché si tratta di una gara per lui molto importante (ad esempio, perché deve raggiungere un limite di qualificazione), l'atleta vuole eseguire un riscaldamento particolarmente accurato e dedica abbastanza tempo all'allungamento della muscolatura della coscia, che esegue particolarmente a lungo, ed intensivamente allo scopo di prevenire infortuni. Dopo avere eseguito con un impiego dosato di forza alcuni esercizi di imitazione del salto l'atleta avverte, nella parte anteriore della coscia, (sinistra, se la gamba di stacco è la destra), una sensazione particolare di tensione o un leggero dolore sordo, che attribuisce ad una contrattura muscolare. Nel timore di non

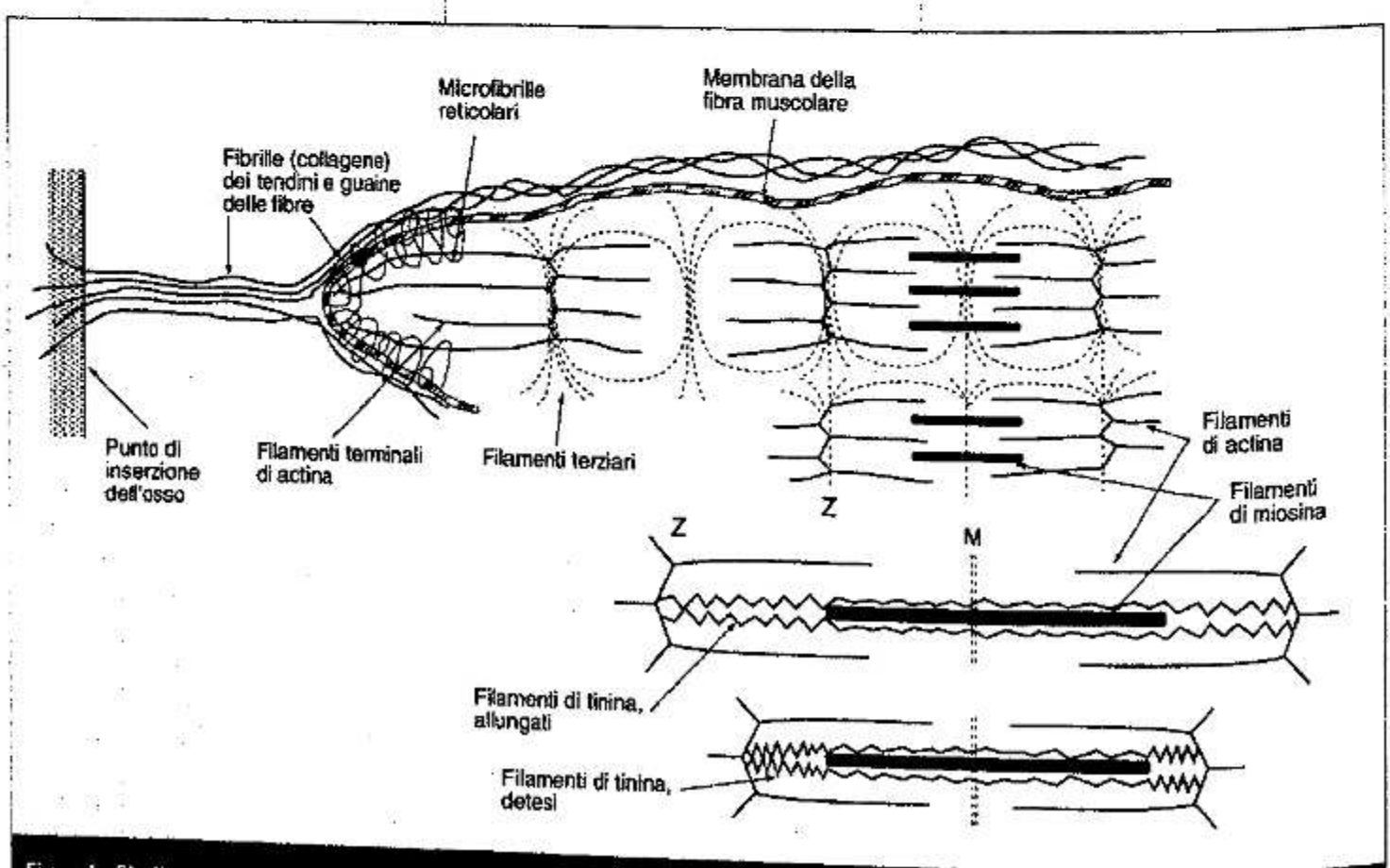

Figura 1 - Struttura dei filamenti della fibra muscolare. Rappresentazione semischematica (M = linea M; Z = dischi Z).

avere allungato abbastanza intensamente la muscolatura e ripensando agli ammonimenti del suo allenatore, ed alle raccomandazioni del suo fisoterapista, su come eliminare contratture muscolari, l'atleta esegue alcuni altri esercizi intensivi di allungamento dei muscoli della parte anteriore della coscia (soprattutto del m. retto femorale), per eseguire il suo primo salto con una buona disposizione d'animo ed ancora migliore coscienza dei suoi mezzi. Però fallisce completamente il salto, perché nel momento dell'appoggio del suo arto di stacco (il destro) sull'asse di battuta (cioè all'inizio del movimento in avanti-alto dell'arto di slancio) nella coscia sinistra si produce un dolore improvviso, lancinante, per cui interrompe immediatamente il salto, e quindi la gara.
Per riuscire a spiegare cosa possa essere accaduto, occorre parlare delle più recenti nozioni sulla struttura delle fibre muscolari. Per concludere occorre poi discutere dati di alcuni esperimenti sull'allungamento, ai quali deve essere attribuita una particolare importanza, proprio alla luce di queste nuove conoscenze.

2. La struttura fibrillare del muscolo

Le strutture che sono responsabili dell'elasticità del muscolo a riposo sono rappresentate da tipi diversi di *fibrille* che sono disposte in modi diversi all'esterno ed all'interno delle fibre muscolari (figura 1). All'esterno della fibra si possono trovare fibrille di collagene, che formano sia le guaine a tessuto reticolare delle fibre muscolari e dei fasci di fibre, come anche i tendini. All'interno delle fibre meritano attenzione i ben noti filamenti di actina e di miosina, che sono riuniti nei cosidetti sarcomeri che collegati in serie, grazie alla formazione di ponti trasversali, sono preposti alla produzione della forza durante la contrazione. Tra le fibrille dei tendini (all'esterno delle fibre) ed i filamenti di actina che si trovano alla fine delle miofibrille (terminali, all'interno delle fibre) viene stabilito un collegamento attraverso una speciale proteina membranea, l'*integrina* - cioè attraverso proteine simili a filamenti, che formano una struttura di tipo reticolare e che quindi vengono anche dette *microfibrille reticolari* (Kristic 1978). Di esse le più note sono la *fibronectina* all'esterno delle fibre muscolari, ed al loro interno la *distrofina* (figura 2). Per finire occorre ancora ricordare che filamenti terziari (tra gli altri, la *desmina*), tesi trasversalmente rispetto alla direzione delle fibre, collegano tra loro le miofibrille all'altezza dei dischi Z.
Ora, fin dalla fine degli anni '70 all'interno

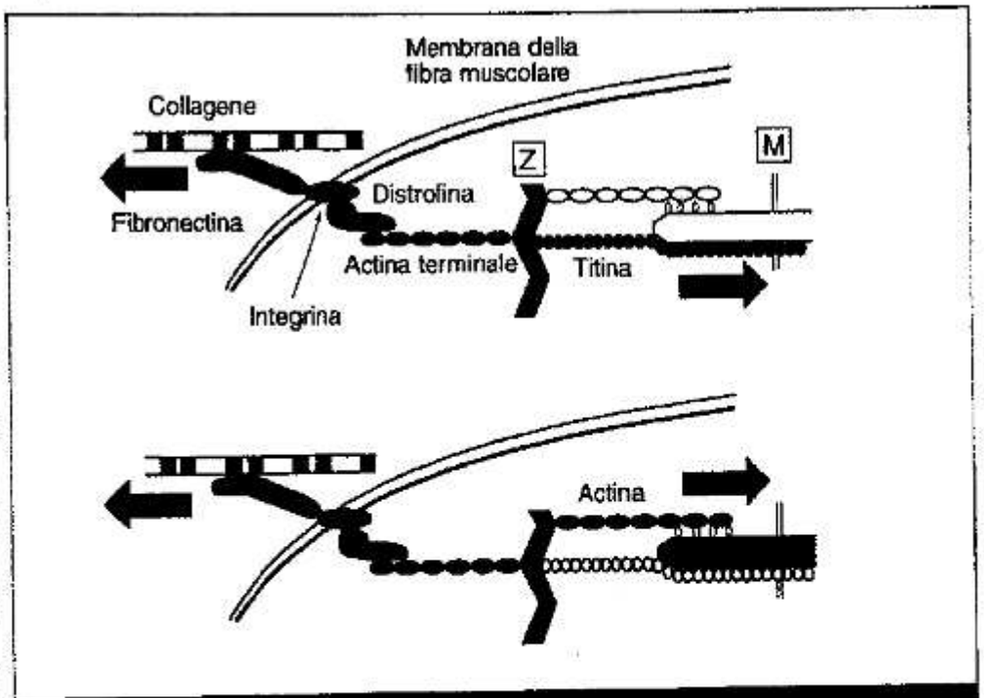

Figura 2 - Rappresentazione schematica della trasmissione longitudinale della tensione (freccie spesse in nero e relativi elementi scuri) attraverso la fibra muscolare (in alto: fibra muscolare passiva; in basso: fibra muscolare attiva) (modificata da Fabrizio et al. 1994; Tidball 1991 e Vigoreaux 1994). Legenda: Z = dischi Z; M = linea M.

delle fibre muscolari sono stati scoperti altri filamenti, dei quali quelli di *titina* (una volta chiamati anche filamenti di connettina) sono particolarmente importanti per il tema che stiamo trattando. La loro percentuale rispetto all'intera massa delle miofibrille ammonta a circa il 10% (Labeit et al. 1997). Essi si trovano all'interno del sarcomero, si estendono in direzione longitudinale rispetto ad esso (circa sei frammenti per filamento di miosina, Wang 1996) negli spazi vuoti tra i filamenti di actina e di miosina, dai dischi Z fino alle linee M e si attaccano alle terminazioni libere dei filamenti di miosina (da figura 1 a figura 3). Tra il disco Z e la terminazione libera dei filamenti di miosina essi posseggono un tratto estremamente elastico, la regione PEVK (figura 3; Wang et al. 1993, Labeit et al. 1997). Chiaramente i filamenti di titina hanno il compito di riportare il sarcomero alla sua posizione iniziale dopo un allungamento. Ma, questo processo va trattato in modo più puntuale:
nell'organismo vivente i sarcomeri possono essere in uno stato accorciato od allungato nel quale i filamenti di actina e di miosina si sovrappongono in maggiore o minore misura. La grandezza della forza che può produrre il muscolo in uno sforzo massimale dipende dal loro grado di sovrappposizione. Se la sovrapposizione è ottimale (nel muscolo umano ad una lunghezza del sarcomero tra 2,47 e 2,81 mm, che corrisponde ad un grado di allungamento dal 96,6 fino al 106,4 %, Walker et al. 1973), il muscolo raggiunge il suo massimo di forza, in quanto è possibile la formazione della massima quantità di ponti trasversali (figura 3). Nell'organismo vivente, questo grado di allungamento generalmente si presenta quando l'articolazione passa per quei gradi angolari nell'ambito dei quali normalmente il muscolo produce il suo lavoro (Herring et al. 1984). Se il muscolo viene allungato oltre la zona ottimale, i filamenti di actina e di miosina si sovvrappongono sempre meno (figura 3), per cui la forza prodotta (cioè il numero dei possibili ponti trasversali) diminuisce continuamente. Ad una lunghezza del sarcomero di 4,24 mm (grado di allungamento = 160,6 %) si raggiungerebbe il limite della sovrapposizione dei filamenti (figura 3), oltre il quale il muscolo non può più generare forza. Comunque si deve ammettere che questo valore limite viene raggiunto solo in esperimenti con muscoli in vitro, ma non nell'organismo vivente (Gregory, Proske 1988). In ricerche sui rapporti tra forza e lunghezza dei muscoli ischiocrurali, svolte sulla base di un modello di Wiemann (1991), anche in ginnasti di alto livello, estremamente allenati, difficilmente è stato superato un grado di allungamento del 140% (Wiemann et al. 1996). Per ragioni di completezza deve essere ricordato che la forza del muscolo diminuisce anche in stato di rilassamento (grado di allungamento < del 93,6%), ma non è rilevante ai fini del nostro tema.
Ora, affinché l'antagonista forzatamente allungato dopo la contrazione di un agonista, possa riassumere immediatamente lo stato ottimale di sovrapposizione dei filamenti, i sarcomeri allungati debbono esse-

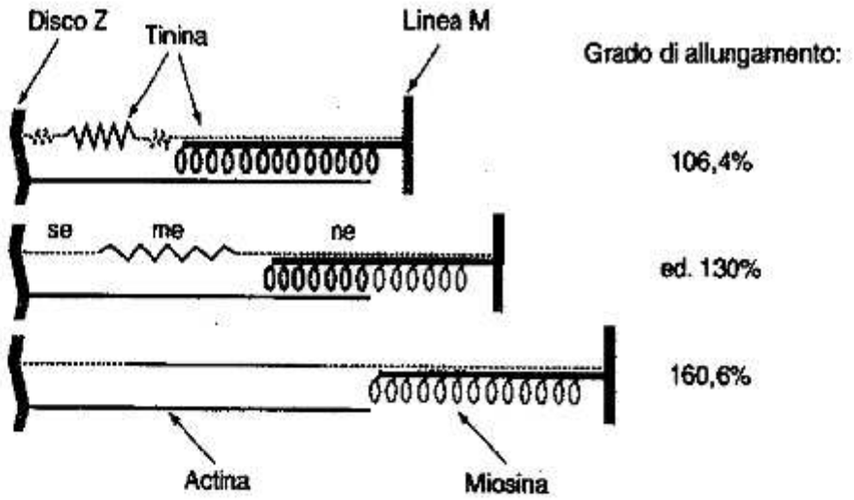

Figura 3 - Grado di allungamento e di sovrapposizione dei filamenti nella meta di un sarcomero (schematizzato). Legenda: se, me, ne = regione scarsamente elastica, regione molto elastica (PEVK) e regione non elastica (connessa alla miosina) dei filamenti di titina.

re *detesi* - in forma passiva - per cui i filamenti di miosina si avvicinano ai dischi Z. Chiaramente questo è il compito essenziale dei filamenti di titina, che grazie alla loro elevata elasticità trascinano la terminazione libera dei filamenti di miosina in direzione del disco Z.

Quindi se un muscolo passivo viene allungato, la tensione provocata dalla trazione che che agisce su di esso, per contrazione del muscolo antagonista o per una forza passiva d'allungamento durante lo *stretching*, viene trasmessa, per mezzo delle fibrille del tendine d'inserzione sull'osso e delle miofibrille reticolari, e attraverso la membrana del muscolo fino alle miofibrille - in primo luogo ai filamenti terminali di actina (figura 1 e 2) e successivamente inoltrata di sarcomero in sarcomero, attraverso i dischi Z ed i filamenti di titina, in direzione longitudinale all'intera fibra muscolare, finché alla fine della fibra stessa viene trasmessa, a ritroso, al punto d'origine del tendine. In tale modo il muscolo stesso - così come anche ogni singolo sarcomero - viene allungato fino al punto in cui, notoriamente, non cambia la lunghezza dei filamenti di actina e di miosina, ma cambia quella dei segmenti liberi di titina (figura 3), che aumentando l'allungamento sviluppano una tensione da allungamento progressivamente crescente (cfr. la curva tensione allungamento a riposo nella figura 4).

Invece in un muscolo attivo la forza che viene generata nei sarcomeri, grazie alla formazione dei ponti trasversali, viene trasmessa dapprima ai dischi Z e, di qui, attraverso i filamenti terminali di actina, attraverso la membrane, le microfibrille reticolari e le fibrille tendinee fino ai punti d'inserzione sull'osso (figura 2). I sarcomeri - e quindi anche le fibre muscolari e l'intero muscolo - si accorciano, ed i filamenti di tittina vengono *detesi*.

Se si confrontano i due processi, allungamento e contrazione, si può affermare che in ambedue i casi, le strutture collegate in serie (fibrille tendinee, fibrille reticolari, filamenti terminali di actina e dischi Z) sono sottoposti, in maniera simile, ad un carico di trazione in direzione longitudinale del muscolo. Poiché alcune di queste strutture collegate in serie hanno proprietà visco-elastiche, vengono anche dette *elementi elastici in serie* (EES). Fino a che punto nelle contrazioni o negli allungamenti cedono alle tensione da trazione, per il momento non ha importanza. Per il nostro tema appare importante quanto segue (cfr. Wiemann 1994a): la quantità di tensione passiva che gli elementi elastici in serie debbono subire durante un allungamento estremo non è affatto minore della quantità di tensione attiva durante contrazioni isometriche massime volontarie, ed in alcuni casi può addirittura superarla di molto (figura 4).

Ne consegue che, nel processo di allenamento, i carichi di trazione, sia durante l'allungamento che durante la contrazione, dovrebbero avere effetti uguali o simili. Ecco alcuni dati sperimentali in merito!

3. L'effetto dell'allenamento di allungamento sulle qualità passive ed attive del muscolo

Quando si discutono gli effetti dell'allungamento occorre assolutamente distinguere tra programmi di allungamento di breve o lunga durata.

Un *programma di allungamenti di breve durata* è rappresentato da un allenamento che dura da 10 a 20 min con da 3 a 5 serie di 3-10 ripetizioni, come quello che viene svolto, di regola, nella fase iniziale o finale di una unità di allenamento o nella fase di riscaldamento che precede una gara. Invece un *programma di lunga durata* comprende una serie di programmi di breve durata che vengono realizzati, più volte nella settimana, per un periodo da più settimane a mesi.

Da questa distinzione è evidente che, in questo lavoro, ci interessano soprattutto i programmi di breve durata. Inoltre, in quanto segue verrà fatta una differenziazione tra *allungamento intensivo (stretching)*, cioè un allungamento fino ai limiti di tolleranza della tensione da stiramento, ed *allungamento leggero*, submassimale. Tra gli effetti che ci si attendono da un allungamento è indiscusso che vi sia l'aumento dell'escursione articolare. Con l'allungamento di breve durata possono essere ottenuti tassi di incremento dell'8% ed oltre (Wydra 1991, Wiemann 1994b). Ciò è stato provato da molti studi singoli che Wydra (1997) ha riassunto in un articolo di rassegna. In questi studi, malgrado numerose affermazioni (in senso opposto) l'efficacia dell'allungamento ritmico convenzionale (cioè con azioni di molleggio e di slancio) non si distingue da quella prodotta dallo stretching (Wiemann et al. 1997) od in alcuni casi è addirittura supe-

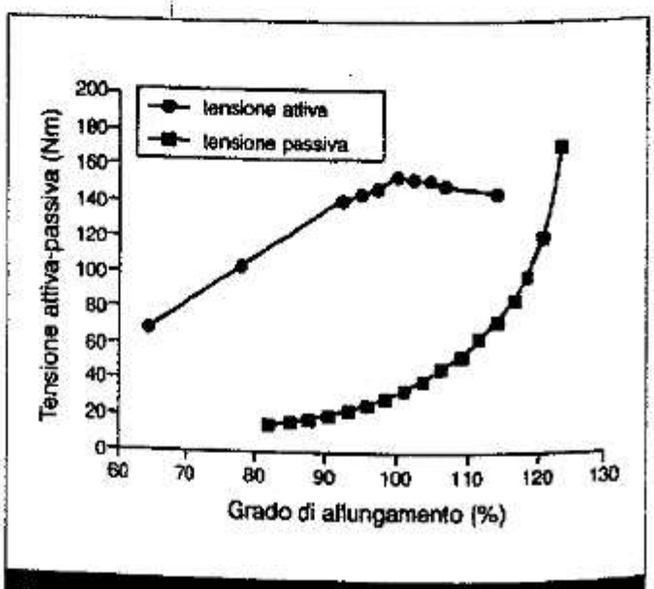

Figura 4 - Curva tensione - allungamento a riposo (t. pass.) e curva forza - lunghezza (t. att.) del muscolo ischiocrurale (valore medio; n = 22; da Wiemann (1991a) modificato).

riore (Wydra et al. 1991). Qui è importante che il guadagno in escursione del movimento si presenta soprattutto nelle prime tre-cinque ripetizioni (Wiemann 1994a; Wydra et al. 2000), mentre in quelle successive aumenta in modo solo insignificante.

L'aumento dell'escursione articolare, dovuta all'allungamento, finora è stata spiegata con il fatto che, durante il programma di allungamento, la resistenza passiva all'allungamento del muscolo diminuirebbe. Si credeva di poterlo desumere dalla diminuzione della sensazione di tensione o della sensazione di dolore da stiramento nel muscolo allungato durante le ripetizioni. Però, in esperimenti di allungamento non si è riusciti ad ottenere qualcosa di simile. Invece nella posizione finale raggiunta la tensione da allungamento che veniva tollerata dal muscolo (o dalla persona che eseguiva l'allungamento) aumentava nella stessa misura dell'escursione articolare (Wiemann 1991a, 1994b; Wiemann et al. 1997; Magnusson et al. 1998). Per il problema che stiamo discutendo ciò vuole dire che:

durante un programma di allungamento di breve durata, l'escursione articolare aumenta in quanto, di ripetizione in ripetizione, viene tollerata una tensione da allungamento massimale più elevata.

Quindi i corrispondenti adattamenti (a breve termine) che stanno alla base di questo fatto sembra che si svolgano a livello neuronale, anche se, attualmente, deve restare ancora aperto il problema se siano interessati in primo luogo i recettori del dolore e/o i centri di relé spinali, o le regioni centrali di elaborazione delle informazioni o di formazione della percezione.

Per completezza va aggiunto che, nell'allungamento di breve durata, a livello submassimale certamente la tensione passiva a riposo diminuisce, ma ciò avviene prevalentemente solo nelle prime tre-cinque ripetizioni (Wiemann 1994a; Klee et al. 1999). Però ciò è di scarso interesse per la nostra trattazione.

Dunque si può affermare che l'allungamento sistematico, fino ai limiti dell'escursione articolare (o fino ai limiti di tolleranza della tensione), rappresenta un carico di tensione non trascurabile per le strutture passive del muscolo.

Secondo ricerche di Smith et al. (1993) questo carico è talmente elevato che con il solo allungamento già si può generare un dolore muscolare - più nell'allungamento statico che in quello dinamico. Wiemann et al. (1995) hanno fatto eseguire ad atlete praticanti ginnastica ritmica un allenamento eccentrico del m. retto femorale di ambedue gli arti inferiori. Durante le serie di allenamento della forza furono fatti eseguire esercizi di allungamento statico dell'arto inferiore di un solo emicorpo. Due giorni dopo l'allenamento, nell'arto interessato da tali esercizi, il dolore muscolare era significativamente più elevato che nell'altro: un ulteriore indizio della sollecitazione delle strutture passive del muscolo dovuta all'allungamento. Per cui sembra che l'allungamento statico solleciti le miofibrille allo stesso modo dell'allenamento della forza, e favorisca quei microtraumi, all'interno delle fibre muscolari, ai quali viene attribuita la produzione del dolore muscolare (Evens, Cannon 1987; Friden, Lieber 1992).

Oltre a questi effetti, in molti studi si è visto che l'allungamento passivo influisce negativamente sulle successive prestazioni di forza rapida: atleti in attività partecipanti ad un esperimento nel quale eseguivano un programma di *stretching* di 15 min per i flessori e gli estensori dell'anca alternato a sprint di 40 m, peggioravano di circa 0,14 s, mentre nel gruppo di controllo che invece dello *stretching* nei 15 min tra gli sprint aveva praticato corsa lenta non si riusciva a rilevare una diminuzione significativa del tempo di corsa (+ 0,03 sec) (Wiemann, Klee 1992). In una ricerca simile un programma di allungamento di breve durata provocava una riduzione del 4% in una successiva prestazione di salto rispetto al gruppo di controllo (Henning et al. 1994), mentre Güllich (1996) e Güllich,

Schmidtbleicher (2000) attribuiscono ad una diminuzione della capacità di attivazione neuronale un riduzione della prestazione nel *Drop Jump* ottenuta sperimentalmente dopo un programma di allungamento statico, che perdurava per ancora 30 min dopo gli allungamenti.

4. Conclusioni operative per la valutazione dell'allungamento durante la fase di riscaldamento

Già da solo l'elevato carico di tensione dei muscoli, prodotto da un allungamento statico intensivo, può rappresentare il motivo per utilizzare solo con estrema cautela un allungamento statico - di livello submassimale - durante la fase di riscaldamento. Un programma intensivo di allungamenti nella fase di riscaldamento può essere ammesso solo in quegli sport, od in quelle discipline sportive, nelle quali, per ottenere prestazioni elevate occorre una capacità di allungamento superiore alla media (corse ad ostacoli, ginnastica artistica, ecc.). Però si deve sempre riflettere sul fatto che un allungamento statico intensivo ha come conseguenza minori prestazioni di forza rapida, e questa influenza negativa permane per un certo periodo di tempo dopo l'allungamento, che è relativamente lungo rispetto alla funzione della fase di riscaldamento. Per questa ragione, soprattutto gli allungamenti statici sembrano essere un mezzo inadatto alla prevenzione degli infortuni, in quanto, oltre al carico di tensione, allungamento statico significa sempre anche interruzione dell'irrorazione sanguigna della muscolatura (Alter 1996) ed è dunque improduttivo rispetto agli obiettivi del riscaldamento, uno dei quali è il miglioramento dell'elasticità dei tessuti dovuta all'aumento della temperatura.

Qui va sottolineata ancora una volta la particolarità dell'effetto di programmi di allungamento di breve durata ed essere contrapposta ai corrispondenti effetti nell'allenamento della forza: nell'allenamento della forza durante un programma a breve termine vengono progressivamente esaurite le risorse metaboliche. Ne consegue che la massima forza contrattile possibile diminuisce di ripetizione in ripetizione. Quindi, mentre le tensioni che gli elementi passivi del muscolo debbono tollerare durante un'unità di allenamento della forza alla fine dell'allenamento continuano a diminuire, invece aumentano sempre più durante un programma di allungamento a breve termine, in quanto in esso il muscolo od il soggetto, di ripetizione in ripetizione, si abituano al dolore da allungamento, per cui raggiungono gradi di allungamento sempre maggiori, e quindi possono essere tollerate tensioni da allungamento sempre più elevate. Talvolta ciò può far si che l'atleta, senza accorgersene, raggiunga od addirittura superi i limiti della capacità di carico delle strutture passive del muscolo.

Quale delle strutture passive collegate in serie (dischi Z, zona di transizione muscolo-tendinea con i filamenti reticolari, ecc.) rappresenti l'anello più debole della catena e raggiunga per primo i limiti del carico rimane un problema aperto. Poiché gli adattamenti nell'allungamento a breve termine si svolgono chiaramente a livello del sistema nervoso centrale o periferico, si potrebbe anche pensare che il sopraggiungere di un ulteriore stress inabituale psichico rafforzi ulteriormente l'effetto di assuefazione al dolore (come potrebbe essere il caso dell'atleta che abbiamo esposto all'inizio). Con gli esercizi di allungamento (statico) nella fase di riscaldamento potrebbe avere superato i limiti del carico della strutture passive ed avere provocato microtraumi nel muscolo. Si potrebbe anche pensare che le tensioni da allungamento fossero certo inferiori alla soglia, ma che abbiano rafforzato lesioni pre-esistenti, non avvertite precedentemente. Comunque il muscolo non era più in grado di eseguire esercizi di imitazione del salto, e aveva segnalato solo l'esistenza di iniziali microtraumi dovuti alla tensione. Gli esercizi di allungamento eseguiti successivamente, volutamente diretti ad eliminare supposte contratture muscolari, con le elevate tensioni di allungamento da essi prodotte potrebbero avere danneggiato il muscolo (m. retto femorale) fino a metterlo in condizione di non potere più resistere al primo salto di gara: nel momento del salto, in cui l'atleta poggia l'arto di stacco sull'asse di battuta, il muscolo retto femorale dell'arto di slancio si trova in uno stato di forte allungamento, che è collegata, necessariamente, ad un'elevata tensione passiva. Poiché in questa fase il retto femorale (insieme ad altri flessori della coscia sul bacino) deve iniziare l'impegno dell'arto di slancio con una contrazione esplosiva, alla tensione passiva si aggiunge anche quella attiva, e ciò può essere considerato l'elemento scatenante della lesione in questo nostro esempio fittizio.

Se ne deve concludere che - non solo in questo esempio, ma in generale - l'allungamento statico intensivo nella fase di riscaldamento produce proprio l'effetto contrario a quello che normalmente si spera di ottenere con esso: invece di un incremento della prestazione e di una diminuzione del rischio di infortuni, subentra un peggioramento della prestazione ed un aumento del rischio di infortuni.

Ed allora ritorniamo all'inizio: per quale ragione si "stirano" i nostri coinquilini a quattro zampe? È chiaro, ed ovvio, non per prevenire infortuni muscolari immediatamente prima di una prestazione di alto livello, ma, invece, per eliminare la sensazione di disagio dopo una lunga fase di riposo, forse per rimuovere una sensazione di "tensione" o di "rigidità" provocata dalla posizione raggomitolata nella quale hanno dormito. Probabilmente per questo è difficile vedere dei cavalli che si "stirano", in quanto dormono prevalentemente in piedi, ed i muscoli delle loro zampe si trovano sempre in uno stato di allungamento medio. Se comunque, per il cane, stirarsi dopo una fase di riposo dovesse avere un effetto di allungamento, che portasse ad un miglioramento della prestazione, potrebbe essere quando alla fine riappare il gatto, dopo essere scomparso a lungo. Ma in questo istante non deve più perdere tempo per stirarsi ancora una volta per prevenire infortuni, ma scattare come un fulmine al suo inseguimento!

Riepilogo

In molti sport esercizi regolari intensivi di allungamento - integrati nei programmi di allenamento a lungo termine - servono allo sviluppo delle prestazioni specifiche grazie all'aumento dell'escursione delle articolazioni (cioè della mobilità articolare, ndt). Si può addirittura supporre che programmi di allungamento a lungo termine, grazie a processi di accrescimento di lunga durata, portino ad un rafforzamento della strutture fibrillari del muscolo e quindi ad una protezione da lesioni muscolari dovute all'allungamento.

Nei programmi di riscaldamento immediatamente precedenti massime sollecitazioni muscolari, gli esercizi di allungamento statico - se applicati - vanno applicati con estrema cautela e limitandosi ad un allungamento submassimale. Ed allora già cinque esercizi leggeri dinamici o statici di allungamento sono sufficienti ad assicurare effetti positivi - aumento della flessibilità generale e diminuzione della tensione muscolare passiva di livello submassimale.

Dunque per quanto riguarda gli esercizi intensivi di allungamento si dovrebbe esigere ciò che vale sempre per l'allenamento della forza: i carichi massimi non vanno eseguiti nella fase di riscaldamento che precede la gara, ma in unità speciali di allenamento. Vi sono sport e discipline sportive, quali ad esempio la ginnastica artistica, la ginnastica ritmica sportiva, le corse ad ostacoli dell'atletica leggera, nei quali esistono altre priorità poiché in essi, la particolare capacità di prestazione è costituita in modo decisivo anche da una

speciale flessibilità. Comunque, fondamentalmente, anche per essi vale quanto abbiamo esposto sugli effetti degli esercizi di allungamento durante la fase di riscaldamento.

Traduzione di M. Gulinelli, C. Pesce da Leistungssport, 4, 2000, 5-9. Titolo originale: Die Bedeutung von Dehnen und Stretching in der Aufwärmphase vor Höchstleistungen.

Gli autori: Prof. dott. K. Wiemann, titolare della cattedra di scienza dello sport con argomento principale teoria del movimento presso la Bergischen Universität-Gesamthochschule di Wuppertal; dott. Andreas Klee, insegnante di educazione fisica e germanistica.

Indirizzo degli autori: Dott. Klaus Wiemann, Berghische Universität - Gesamthochschule Wuppertal, Fachbereich 3, Fuhlrottstr. 10, 42097, Wuppertal

Bibliografia

Alter M. J., Science of flexibility, Champaign, 1996.
Anderson B., Stretching, Waldeck-Dehringhausen, 1988.
Evans W. J., Cannon J. G., The metabolic effect of exercise-induced muscle damage, Exercise and Sport Science Rewiews, 1987, 99-125.
Fabbrizio E. F., Pons A., Robert G., Hugon A., Bonet-Kerrache D., Mornet D., The dystrophin superfamily: variability and complexity, J. Muscl. Res. Cell. Motil., 15, 1994, 595-606.
Friden J., Lieber R. L., Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury, Med. Sci. Sports. Exerc., 24, 1992, 5, 521-530.
Gregory J. E., Proske U., The response of muscle spindles in kitten to stretch and vibration, Experimental Brain Research, 73, 1988, 606-614.
Güllich A., Schnellkraftleistungen im unmittelbaren Anschluß an submaximale Krafteinsätze, Frankfurt/M, 1996.
Güllich A., Schmidtbleicher D., Methodik des Krafttrainings, in: Sievers A. (a cura di), Muskelkrafttraining, V. 1., Kiel, 2000, 17-71.
Hennig E., Podzielny S., Die Auswirkung von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 45, 1994, 253-260.
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.
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., Funktiongymnastik, Reinbeck, 1985.
Krstic R. V., Die Gewebe des Menschen und der Säugetiere, Berlino, 1978.
Labeit S., Kolmerer B., Linke W. A., The giant protein titin: emergin roles in physiology and pathology, Circ. Res., 80, 1997, 290-294.
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, 1988, 310-316.
Smith L. L., Brunetz M. H., Chenier T. C., Mc Cammon, M. R., Houmard 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.
Sölveborn S. A., Das Buch vom Stretching. Beweglichkeitstraining durch Dehnen und Strecken, Monaco di Baviera, 1983.
Tidball J. G., Force trasmission across muscle cell membranes, J. Biomechanics, 24, 1991, 1, 43-52.
Tidow G., Flexibilitätsübungen für Hürdensprinter, Leichtathletiktraining, 1997, 4, 3-11.
Vigoraux J. O., The muscle Z-band: lessons in stress management, J. Musc. Res. Cell. Motil, 15, 1994, 237-255.
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 composite filaments is a dual stage molekular spring, Biophys. J., 64, 1993, 1161-1177.
Wang K., Titin/connectin and nebulin: giant protein rulers of muscle structure and funktion, Adv. Biophys., 33, 1996, 123-134.
Wiemann K., Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining, Sportwissenschaft, 21, 1991a, 3, 295-306.
Wiemann K., Präzisierung des Lombardschen Paradoxons in der Funktion der ischioscruralen Muskeln beim Sprint, Sportwissenschaft, 21, 1991b, 4, 413-428.
Wiemann K., Muskeldehnung und Stretching, in: Zichner L., Engelhardt M., Freiwald J., Die Muskulatur - Sensibles, integratives und meßbares Organ, Rheumatologie - Orthopädie, v. 3., Wehr, 1994a, 211-230.
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 strenght, stretching and circulatory exercises on flexibility parameters of the human hamstrings, Int. J. Sports Med., 18, 1997, 340-346.
Wiemann K., Kamphövner M., Verhindert statisches Dehnen das Auftreten von Muskelkater nach exentrischem Training?, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 46, 1995, 411-421.
Wiemann K., Klee A., Muskeldehnung zur Leistungsverbesserung im Sprint, Rapporto di ricerca non pubblicato, Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Colonia, 1992.
Wiemann K., Klee A., Stratmann M., Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhespannung und die Behandlung muskuläre Dysbalancen, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 44, 1998, 4, 111-118.
Wydra G., Bös K., Karisch G., Zur Effektivität verschiedener Dehtechniken, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 42, 1991, 9, 386-400.
Wydra G., Stretching - ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung, Sportwissenschaft, 27, 1997, 4, 409-427.
Wydra G., Glück S., Dynamisches Dehnen in der Sporttherapie?, Gesundheitssport und Sporttherapie 2000 (in corso di stampa).