



Massimiliano Gollin, Luca Beratto, Luca Baseggio, Alessandro Luciano



Forza, estensibilità muscolo-tendinea e stretching statico



MASSIMILIANO GOLLIN

Responsabile dell'Unità Operativa Allenamento e Performance del Centro Ricerche Scienze Motorie, SUISM, Università degli studi di Torino.



LUCA BERATTO

è cultore della materia "Strategie e metodologie dell'apprendimento motorio" presso la SUISM di Torino.



LUCA BASEGGIO

è cultore nella materia "Metodi per la Prestazione Sportiva" presso la SUISM di Torino.



ALESSANDRO LUCIANO

è responsabile dello staff tecnico del Centro di Medicina Preventiva e dello Sport della SUISM di Torino.

Introduzione

La mobilità dell'apparato locomotore e l'attività di elongazione muscolo-tendinea sono considerati fattori fondamentali per l'ottenimento di prestazioni sportive di eccellenza e per il mantenimento di un buono stato di salute muscolo-articolare (Alter 2004).

Le metodiche di allungamento muscolare sono molteplici, ma lo stretching statico risulta il più utilizzato soprattutto nelle fasi di riscaldamento e defaticamento dell'unità di allenamento (Rubini et al. 2007). È ormai noto che l'attività di stretching aumenta la flessibilità muscolo-tendinea (Worrel, Smith 1994), non abbia effetti significativi come azione preventiva durante l'attività sportiva (Pope et al. 1998, Pope et al. al 2000) e non possa sostituire né il riscaldamento generale né quello specifico (Van Mechelen 1993).

Molti autori hanno studiato la relazione tra la somministrazione in acuto di esercizi di stretching statico (SS) e la capacità di espressione della forza, ma i risultati appaiono controversi. Kokkonen et al. (1997) evidenziano che la somministrazione di esercizi di SS prima di una prestazione di forza può peggiorare il rendimento dell'atleta in gara. Brandenburg (2006) sottolinea come gli esercizi di SS della durata sia di 15 sia di 30 secondi diminuiscano l'espressione della forza, Ogura et al. (2007) hanno riscontrato come la forza peggiori dopo 60 secondi di somministrazione dell'attività di allungamento. Alcuni ricercatori hanno verificato come lo SS abbia effetto negativo sulle prestazioni di salto verticale con contromovimento (Vetter 2007, Behm, Kibele 2007), mentre altri non osservano questo effetto (Power et al. 2004, Unick et al. 2005). Young et al. (2006) non verificano va-

riazioni della forza massimale ed esplosiva dopo differenti *warm-up* contenenti SS. Gli effetti dello SS ripetuti nel tempo sono scarsamente indagati. Kokkonen et al. (2007) hanno studiato per un periodo di 10 settimane gli effetti della somministrazione di esercizi di SS sugli arti inferiori della durata di 15 secondi, effettuata 3 volte alla settimana per un tempo di 40 minuti. Sono stati individuati incrementi significativi della flessibilità muscolo-tendinea, della potenza (20 m di sprint, salto in lungo da fermo, squat jump), della forza massimale (1RM) e resistente (60% 1RM) dei muscoli sia flessori che estensori del ginocchio. Worrel et al. (1994) hanno studiato la somministrazione della tecnica di allungamento PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation) e dello SS, per la durata di 3 settimane, non verificando incrementi significativi della flessibilità muscolo-tendinea, ma aumenti del picco di forza misurati per mezzo dell'isocinetica in entrambe le tecniche. Nonostante i numerosi studi atti a valutare il rapporto tra l'espressione della forza e SS, non sembrerebbero noti gli effetti a lungo termine di un programma di allenamento della forza sub-massimale in differenti gruppi muscolari.

Lo scopo di questa ricerca è stato verificare se l'introduzione di stretching statico (SS) della durata di 15 secondi tra le serie degli esercizi di potenziamento muscolare, in un programma longitudinale per lo sviluppo della forza della durata di otto settimane, possa modificare la forza sub-massimale del tratto superiore e inferiore del corpo, la forza esplosivo-elastica degli arti inferiori, la flessibilità muscolo-tendinea (FMT) dell'articolazione scapolo-omerale e della muscolatura estensoria del rachide e della loggia fasciale posteriore dell'arto inferiore.

Materiali e metodi

Il gruppo campione

Sono stati studiati 19 atleti maschi praticanti potenziamento muscolare, suddivisi in due gruppi. Il gruppo sperimentale (GS), composto da 9 soggetti (32 ± 7 , media \pm deviazione standard, anni, 75 ± 8 kg, 173 ± 6 cm), ha effettuato lo stretching tra le serie; il gruppo di controllo (GC), composto da 10 soggetti (33 ± 5 anni, 75 ± 8 kg, 177 ± 8 cm) non ha effettuato lo stretching. Tutti i soggetti praticavano allenamento da almeno 5 anni; lo scopo dello studio è stato loro preventivamente descritto ed essi hanno firmato un consenso informato. Nessuno di loro al momento dei test ha dichiarato patologie di tipo artro-osteo-muscolare, dermatologiche o metaboliche che giustificassero l'esclusione dall'esperimento.

Sono state effettuate due sessioni di test, prima e dopo due mesi di allenamento. Gli esercizi per la misurazione della forza muscolare non hanno richiesto addestramento, essendo normalmente utilizzati dagli atleti. Al contrario, gli esercizi di flessibilità muscolo-tendinea e di salto verticale (CMJ) hanno richiesto un mese di addestramento tecnico al fine di escludere l'effetto apprendimento e realizzare al meglio il protocollo sperimentale.

Poiché la valutazione della flessibilità può costituire un esercizio di SS, i test di FMT sono stati randomizzati tra la prima e la seconda valutazione e realizzati sempre prima dei test di salto al fine di evitare possibili riduzioni della performance (Kokkonen et al. 1997, Ogura 2007, Vetter 2007). I test di forza sub-massimale sono stati suddivisi in due giornate (Tabella 1), mentre la terza ha visto l'effettuazione dei test di flessibilità e di salto.

Primo giorno			
Esercizi	Bench press	Lat machine	Curl bilanciere
Muscoli	Pettorali	Dorsali	Bicipiti
Secondo giorno			
Esercizi	Overhead press	Push down	Squat
Muscoli	Spalle	Tricipiti	Quadricipiti

Tabella n°1 - Esercizi e gruppi muscolari studiati.

Strumentazione

Test di forza sub-massimale dinamica: per l'effettuazione dei test sono state utilizzate macchine isotoniche, panche e bilancieri della ditta Technogym (Italia). Gli esercizi e i gruppi muscolari interessati sono riportati nella Tabella 1. Indipendentemente dall'esercizio utilizzato, il test richiede la ricerca del massimo peso sollevabile con 5 ripetizioni (5RM). Il protocollo per l'effettuazione del test è stato il seguente: dieci minuti di riscaldamento cardiovascolare al 70% della frequenza cardiaca massima teorica (220-età). Per gli esercizi eseguiti con gli arti superiori si effettuano 3 serie da 20 ripetizioni di circonduzioni delle spalle, per gli arti inferiori si effettuano 3 serie da 20 ripetizioni di circonduzioni della coscia. Il carico massimo teorico di ogni atleta (1RM = 100%) viene calcolato rispetto alla migliore performance effettuata sulle 5RM nelle ultime 2 settimane che è considerata

pari all'85% del massimale secondo Poliquin (1997).

In seguito, è stato possibile eseguire le seguenti serie di lavoro: 20 ripetizioni con il 15% di 1RM, recupero 1 minuto; 10 ripetizioni con il 25% di 1RM, recupero 1 minuto; 6 ripetizioni con il 50% di 1RM, recupero 2 minuti; 6 ripetizioni con il 65% di 1RM, recupero 2 minuti; 5 ripetizioni con il 75% di 1RM, recupero 3 minuti; 5 ripetizioni con l'85% di 1RM, recupero 3 minuti. Un'eventuale seconda serie da 5RM è stata richiesta se non raggiunto l'obiettivo con la prima. Sono state ritenute valide solo le ripetizioni portate a termine.

La prestazione di forza sub-massimale realizzata da ogni atleta è stata ottenuta moltiplicando le 5RM effettuate per i relativi kg sollevati.

Nella seconda valutazione, è stato utilizzato il carico misurato nella prima sessione di test richiedendo agli atleti il massimo numero di ripetizioni eseguibili. Non è stato effettuato nessun esercizio di SS durante i test.

Il test dello Squat jump con contromovimento (CMJ):

questo test è reso possibile tramite la strumentazione della ditta Microgate (Italy) denominata Opto Jump. Utilizzando un interruttore a infrarossi posto a terra è possibile misurare la forza esplosivo-elastica degli arti inferiori calcolando il tempo di volo espresso in millisecondi (ms), durante un salto verticale con pre-caricamento elastico (CMJ). Sono state eseguite tre prove e utilizzato il miglior salto al fine dei calcoli statistici. Non è stato eseguito nessun esercizio di SS durante i test.

Sit and reach test:

per le misure della flessibilità muscolo-tendinea del busto si è costruito un box di legno alto 30 cm, largo 50 cm e profondo 50 cm. Sulla mezzeria del lato parallelo al pavimento è applicato un binario metallico nel quale scorre una barra collegata al cavo dell'encoder (Globus, Italia) posizionato e fissato nella parte opposta all'appoggio dei piedi. Un sistema a doppia carrucola posto al di sopra dell'encoder consente lo scorrimento del cavo in senso orizzontale (Figura 1). Sulla mezzeria del lato verticale di appoggio dei piedi al box è applicato un triangolo di legno, con vertice rivolto verso il basso e la base di cm 17, che forma un angolo di 36° (angolo di Piok). I lati del medesimo rappresentano il punto di appoggio mediale dei piedi, mentre la pianta aderisce al piano verticale del box. Per l'effettuazione del test il soggetto impugna la barra con le mani unite e la spinge in avanti alla massima distanza possibile durante il movimento di flessione del tronco (Figura 2). L'encoder registra la posizione della barra con una precisione di 0,1 mm, una frequenza di campionamento di 1000 Hz e una risoluzione da 1 a 1024 impulsi giro. La misura arrotondata in millimetri della flessibilità muscolo-tendinea è ricavata tramite il software Tesys (Globus, Italia).

Shoulder test: il soggetto è posizionato in decubito prono su un lettino rigido di larghezza di 70 cm e lunghezza di 195 cm. Il capo è in appoggio frontale sul lettino e con l'apice in appoggio su un fermo perpendicolare all'angolo del lato corto. La barra, appositamente resa accessibile da due montanti, all'altezza di 70 cm da terra, con distanza

FORZA, ESTENSIBILITÀ MUSCOLO-TENDINEA E STRETCHING STATICO

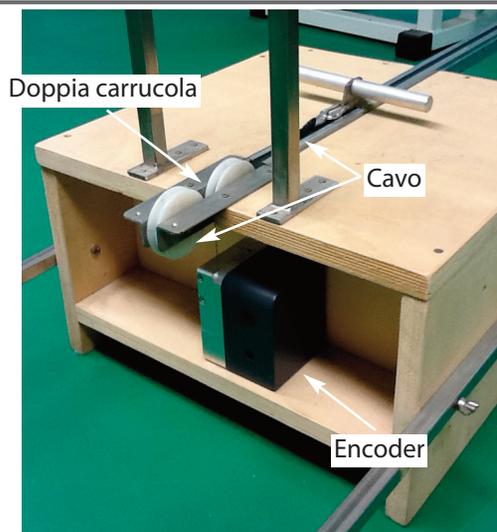


Figura n°1 - Sit and reach box: posizionamento dell'encoder nella parte posteriore del box e sistema a doppia carrucola per lo scorrimento del cavo.



Figura n°3 - Shoulder test: il soggetto solleva la barra, collegata all'encoder, verso l'alto sino al raggiungimento del massimo ROM dell'articolazione della spalla. L'encoder misura in millimetri la flessibilità muscolo-tendinea del cingolo scapolo-omeroale raggiunta.



Figura n°2 - Sit and reach test: il soggetto con i piedi in appoggio al paralelepipedo afferra la barra con le mani unite e la spinge in avanti alla massima distanza raggiungibile. L'encoder misura in millimetri la flessibilità muscolo-tendinea del rachide raggiunta.

fissa tra le mani di 50 cm, è collegata al cavo dell'encoder in modo da permettere lo scorrimento del cavo in senso verticale. Per l'effettuazione del test è stato richiesto al soggetto di eseguire un arco di circonferenza verso l'alto ad arti superiori in estensione e polsi bloccati opportunamente da due stecche di legno tenute stabili da due fasce in Velcro (R), raggiungendo il massimo ROM (*range of motion*) possibile. Tramite l'encoder collegato all'impugnatura è stata misurata la massima distanza in millimetri raggiunta dalla barra dal punto di partenza.

PROGRAMMA DI ALLENAMENTO

N°	Esercizi	Serie e rip.	Rec	Muscoli
Parte A				
Pettorali/Dorsali/Bicipiti/Addome				
Riscaldamento: 10 minuti di Bike				
1*	Panca Piana Bilanciere	1x15/10-10/6/6	2	Pettorali
2	Croci manubri 30°	3x8	2	Pettorali
3*	Lat machine avanti	1x15/10-10/6/6	2	Dorsali
4	Pulley orizzontale	3x8	2	Dorsali
5*	Curl bilanciere	1x15/10-10/6/6	2	Bicipiti
6*	Crunches	4x20	1	Addominali
7	Leg rais	4x20	1	Addominali
Parte B				
Quadricipiti/Deltoidi/Tricipiti/Lombari				
Riscaldamento: 10 minuti di Bike				
1*	Squat	1x15/10-10/6/6	2	Quadricipiti
2	Leg curl	3x8	2	Bicipiti femorali
3	Calf stazione eretta	4x20	2	Polpacci
4*	Lento avanti alla macchina	1x15/10-10/6/6	2	Spalle
5	Tirate al mento	3x8	2	Trapezi
6*	Tricipiti alla poliercolina	1x15/10-10/6/6	2	Tricipiti
7	Iperextension	3x20	1	Lombari

* Esercizi utilizzati per i test

Tabella n°2 - Programma di allenamento.

Il protocollo di
esercizi proposto

Tutti gli atleti si sono allenati utilizzando una scheda di allenamento divisa in due parti, A e B (Tabella 2). Il gruppo GS ha effettuato per ogni serie di esercizi di sollevamento pesi, contrassegnati con l'asterisco (Tabella 2) una serie di SS della durata di 15 secondi portata ad un'intensità tale da creare disagio, definita *discomfort point* (Behm, Kibele 2007), ma senza mai provocare la sensazione di dolore.

	Allenamento giornaliero		
	Lunedì	Mercoledì	Venerdì
1 settimana	A	B	A
2 settimana	B	A	B
3 settimana	A	B	A
4 settimana	B	A	B
5 settimana	A	B	A
6 settimana	B	A	B
7 settimana	A	B	A
8 settimana	B	A	B

Tabella n°3 - Pianificazione dell'allenamento.

Analisi statistica

Per la verifica dell'ipotesi è stata utilizzata la statistica non parametrica.

Il test di Mann-Whitney è stato utilizzato per analizzare i dati tra GS e GC all'inizio e alla fine della ricerca. Il test di Wilcoxon ha permesso di verificare le variazioni statisticamente significative dei valori di forza e flessibilità tra la prima e la seconda sessione di test. Le differenze percentuali sono state calcolate con la seguente formula: $((VF-VI)/VI)*100$, dove VF è il valore finale e VI è il valore iniziale. Il livello di significatività P è stato fissato a 0,05.

Risultati

Al termine delle otto settimane di allenamento, tutti i valori di forza sono risultati maggiori che all'inizio. In GS si è evidenziata la seguente situazione: panca piana bilanciata ($P<0,05$; +41%); Lat machine avanti ($P<0,01$; +67%); Curl con bilan-

ciere ($P<0,05$; +80%); Lento avanti ($P<0,05$; +61%); Estensioni alla poliercolina ($P<0,01$; +86%); Squat ($P<0,05$; +122%); tempo di volo del CMJ ($P<0,05$; +2%). Infine, per quanto riguarda i test di flessibilità, i risultati sono stati: Sit and reach test ($P<0,01$; +9%); Test di flessibilità per le spalle ($P<0,05$; +18%).

Nel GC i dati rilevati sono stati: panca piana bilanciata ($P<0,01$; +64%); Lat machine avanti ($P<0,01$; +76%); Curl con bilanciere ($P<0,01$; +92%); Lento avanti ($P<0,01$; +65%); Push down ($P<0,01$; +94%); Squat ($P<0,01$; +126%); tempo di volo del CMJ ($P<0,05$; +2%); Sit and reach test ($P<0,01$; +8%); Test di flessibilità per le spalle (n.s.; 5%).

Discussione

La forza e la flessibilità sono di importanza fondamentale in numerosi sport. L'allenamento di entrambe queste qualità è consigliato per raggiungere buone prestazioni sportive, per aumentare i livelli di fitness e per ottenere un migliore recupero della fatica. Tuttavia, una serie di studi ha affermato che le prestazioni di forza possono diminuire quando precedute da esercizi di SS somministrati in acuto (Kokkonen et al. 1997, Brandenburg 2006, Ogura 2007, Vetter 2007, Behm, Kibele 2007) o aumentare se la routine di esercizi di SS è somministrata per un lungo periodo di tempo (Worrel 1994, Kokkonen et al. 2007). Lo scopo di questo studio era di osservare i cambiamenti della forza e della flessibilità nel corso di otto settimane di allenamento in un gruppo di atleti praticanti allenamento con sovraccarichi. L'analisi dei risultati mette in luce come la somministrazione cronica di esercizi di SS tra le serie per l'allenamento della forza sub-massimale, della durata di otto settimane, non abbia diminuito l'espressione della forza.



FORZA, ESTENSIBILITÀ MUSCOLO-TENDINEA E STRETCHING STATICO

Infatti, sia GS che GC migliorano significativamente in tutti gli esercizi proposti. Anche il CMJ migliora significativamente sottolineando che la forza esplosivo-elastica, come la forza sub-massimale, non sono alterate dalla somministrazione dello SS cronico, come si verificherebbe in acuto (Brandenburg 2006, Vetter 2007). La FMT del busto ($P < 0,01$) e delle spalle migliora significativamente in GS, in accordo con Kokkonen et al. (2007), mentre in GC, che non ha effettuato esercizi di stretching, solo la flessibilità del busto subisce una variazione significativa, ma non si modifica la FMT della spalla, mediata dall'articolazione scapolo-omerale, fondamentale per il potenziamento dei muscoli del tronco. Questo risultato potrebbe essere dovuto alla minore capacità in elongazione dei seguenti gruppi muscolari in GC: pettorali, dorsali, deltoidi, bicipite, tricipite e quindi a tutta la muscolatura che in modo diretto o indiretto non è stata sollecitata da esercizi di SS, ma esplica la sua funzione per mezzo dell'articolazione scapolo omerale. Infatti, non vi è stata una regressione della flessibilità muscolo-tendinea a conferma del fatto che la mobilità articolare utilizzata per la realizzazione degli esercizi di potenziamento muscolare è sufficiente a mantenerne lo stato di efficienza muscolo-tendinea nei movimenti e negli esercizi richiesti. Tuttavia, potrebbe essere non sufficiente in quegli sport, dove le differenti situazioni di allenamento e gara richiedono movimenti di overstretching, come ad esempio nel gioco del calcio. In ultima analisi, possiamo ipotizzare che nella prima fase di avviamento all'attività sportiva i programmi di preparazione fisica dovrebbero prevedere in soggetti neofiti, oppure dopo un trauma muscolo-articolare (Prentice 2004) o dopo un lungo periodo di inattività, un orientamento agli

esercizi di SS per un periodo di tempo variabile da quattro (Schnabel, Harre, Borde 1998) a dieci settimane (Kokkonen et al. 2007). Solo dopo questa prima fase di adattamento della struttura muscolo-articolare dovrebbe essere intrapreso un programma di allenamento maggiormente orientato allo sviluppo della forza dinamica con i sovraccarichi, utilizzando lo stretching tra le serie di esercizio, non essendo quest'ultimo causa di peggioramento della forza se utilizzato in modo longitudinale e garanzia di mantenimento della flessibilità muscolo-tendinea.

Conclusioni

La ripetizione per otto settimane di esercizi di SS della durata di 15 secondi tra le serie di esercizi allenanti non determina diminuzioni della forza sub-massimale ed esplosivo-elastica in nessuno dei gruppi muscolari indagati. Benché la biomeccanica degli esercizi di potenziamento muscolare sia sufficiente a mantenerne lo stato di estensibilità muscolo-tendinea utile ai range di movimento considerati, si ipotizza che un qualsiasi programma di allenamento, dopo un insulto traumatico o un periodo di inattività, dovrebbe essere prevalentemente orientato alla mobilità dell'apparato locomotore ed all'estensibilità muscolo-tendinea, considerando che lo SS da solo è in grado di aumentare la forza e di incrementare il ROM (Kokkonen et al. 2007). Solo successivamente dovrebbe essere intrapreso un programma di potenziamento muscolare, utilizzando gli esercizi di SS tra le serie, ma nei piani e nei range di movimento non specificatamente attivati dagli esercizi usati per l'allenamento della forza muscolare stessa.

Bibliografia

- Alter JA, Scienze of flexibility, Human Kinetics, 2004; 126; 157-174
- Behm DG, Kibele A, Effects of differing intensities of static stretching on jump performance, Eur J Appl Physiol. 2007; 101(5):587-594
- Brandenburg JP, Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching, J Sports Med Phys Fitness. 2006; 46(4):526-34
- Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C, Winchester JB., Chronic static stretching improves exercise performance, Med Sci Sports Exerc. 2007;39(10):1825-31
- Kokkonen J, Nelson AG, Cornwell A, Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance, Research Quarterly for Exercise and Sport, 69, 1997, 4, 411-415
- Ogura Y, Miyahara Y, Naito H, Katamoto S, Aoki J, Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. J Strength Cond Res. 2007; 21(3):788-92
- Poliquin C, The Poliquin Principle, Published by Dayton Writers Group, 1997: 8-9
- 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. 1998;44:165-172
- Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, Graham BJ, A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. Med Sci Sports Exerc. 2000;32:271-277
- Power K, Behm D, Cahill F, et al, An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. Med Sci Sports Exerc 2004; 36 (8): 1389-96
- Prentice W, Tecniche di riabilitazione in medicina dello sport, Ed.UTET, 2004: 77-89
- Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. Sports Med. 2007;37:213-224.
- Schnabel G, Harre D, Borde A, Scienza dell'allenamento, Ed. Arcadia, Modena 1998: 279
- Unick J, Kieffer HS, Cheesman W, Feeney A, The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. J Strength Cond Res. 2005;19(1):206-12
- Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC, Vroom WJ, De Jongh HR, Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. Am J Sports Med 1993; 21, (5): 711-719
- Vetter RE, Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. J Strength Cond Res. 2007; 21(3):819-23
- Worrel TW, Smith TL, Winegarder J, Effect of hamstring stretching on muscle performance, J. Ortop. Sport Phys. Ther. 1994, 20: 154 - 159
- Young W, Elias G, Power J, Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. J Sports Med Phys Fitness. 2006; 46(3):403-11