

EFFETTO DELL'ALLENAMENTO DI FORZA A BASSA VELOCITÀ IN ESERCIZI SPORT SPECIFICI

A. ROSSI, D. FORMENTI, M. CHIRICO, F.M. IAIA, G. ALBERTI

Dipartimento di Scienze Biomediche per la Salute, Università degli Studi di Milano, Italia

RIASSUNTO

Lo scopo di questo lavoro è valutare l'effetto di un allenamento di forza effettuato con la metodologia delle serie lente a scalare (SSS; 5s fase concentrica e 5s fase eccentrica senza pausa tra le serie scalando il peso del 20% per due volte quando si raggiunge l'esaurimento) in esercizi sport specifici. Abbiamo reclutato 22 atleti di Wing Chun che sono stati divisi in due gruppi: 11 nel gruppo sperimentale (GS) che ha seguito l'allenamento SSS e 11 nel gruppo di controllo (GC) che ha effettuato un allenamento ad alta intensità. Prima e dopo il periodo di allenamento, ai due gruppi sono stati testati il massimale (1RM), il peak power (PP) alla panca piana, il massimo numero di piegamenti sugli arti superiori in 5s (PU5) e 15s (PU15), e il numero massimo di pugni in 5s (P5) e 15s (P15). Dopo le 4 settimane di allenamento, il GS ha migliorato PP ($p = 0.004$; ES = 0.64), 1RM ($p < 0.001$; ES = 0.55), PU5 ($p = 0.008$; ES = 0.58) e PU15 ($p < 0.004$; ES = 0.45) mentre il GC non è migliorato in nessuno di questi test. Il risultato più interessante sembra essere che la metodologia delle serie lente a scalare non ha comportato peggioramenti sulla velocità di movimento sport specifico.

Parole chiave: Forza a bassa velocità · Serie lente · Esaurimento · Panca piana · Movimenti dinamici · Pugni

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of slow strip set (SSS) resistance training on dynamic sport specific movements. 22 martial artists were randomly divided into two groups: the experimental group (EG) performed 4 weeks of SSS resistance training and the control group (CG) performed the usual resistance training of Wing Chun martial artists. The SSS consisted on exercising at the bench press with slow movement (5s for eccentric and 5s for concentric phase), relatively low load (50% 1RM), and two overload strips of 20% and until exhaustion. Before and after the intervention, subjects were tested on one maximal repetition (1RM) and peak power (PP) during bench press, maximum push-up repetitions in 5 (PU5) and 15 seconds (PU15) and maximum punch repetitions in 5 (P5) and 15 seconds (P15). The EG improved PP ($p = 0.004$; ES = 0.64), 1RM ($p < 0.001$; ES = 0.55), PU5 ($p = 0.008$; ES = 0.58) and PU15 ($p < 0.004$; ES = 0.45) while the CG parameters did not improve from pre to post training period. However, P5 and P15 did not change from pre to post training in both groups. The main effect of this training seems to be that the dynamic sport specific movement (P5 and P15) does not get worse.

Key words: Slow movement · Exhaustion · Bench press · Dynamic movement · Punch

INTRODUZIONE

L'allenamento di forza è stato ampiamente studiato e in letteratura è possibile trovare diversi lavori sperimentali con l'obiettivo di individuare metodologie utili a migliorare la forza muscolare con e senza incremento della massa muscolare, come per esempio l'allenamento di forza ad alta intensità¹. Infatti, per ottenere i massimi benefici da un allenamento di forza, l'American College of Sports Medicine suggerisce di sollevare un carico non

inferiore al 70% di una ripetizione massimale (1RM)^{2,3}. È stato però dimostrato che esercizi di forza con bassi carichi di lavoro (20% di 1RM) in condizione di restrizione di flusso ematico ottenuto tramite appositi manicotti (Kaatsu Training) hanno portato a miglioramenti dell'ipertrofia e della forza muscolare simili, se non addirittura maggiori, a quelli ottenuti con esercizi ad alta intensità (HI-RT)^{4,5}. La metodologia del Kaatsu Training sfrutta l'effetto dell'ischemia indotta dal manicotto applicato a monte del ventre muscolare durante

l'esecuzione di esercizi di forza. L'ischemia induce una riduzione dell'afflusso di sangue ossigenato ai tessuti muscolari, causando una diminuzione della concentrazione di ossigeno e glucosio utili per il metabolismo cellulare^{1,6}. In questo modo il muscolo è costretto ad adattarsi reclutando, in forma precoce, un maggior numero di unità motorie di diverso tipo. Per esempio, quando c'è carenza di ossigeno e glucosio nel muscolo durante un esercizio lento con bassi carichi di lavoro, le fibre lente di *tipo I* e quelle veloci di *tipo IIa* non sono più in grado di mantenere la contrazione muscolare e di conseguenza vengono reclutate precocemente le fibre muscolari a contrazione veloce di *tipo IIx* (Fast-twitch fibers; FF)^{7,8}. Quindi, quando si effettua un allenamento con la metodologia Kaatsu Training con un carico relativamente basso, si stimolano fibre muscolari che utilizzano un metabolismo prevalentemente glicolitico per sostenere un esercizio di forza e che, senza la condizione di ischemia, non verrebbero reclutate se non alla fine delle ripetizioni eseguite^{7,8}. Un aspetto problematico di questa metodologia è l'utilizzo dei manicotti usati per occludere i vasi sanguigni e indurre lo stato di ischemia. È stato infatti dimostrato come questo strumento possa ridurre la compliance atriale e indurre una plasìa nervosa⁹⁻¹¹.

La LST (low intensity resistance training with slow movement and tonic force generation) è un'altra metodologia di allenamento che sfrutta lo stato di ischemia per ottenere miglioramenti sull'ipertrofia e sulla forza muscolare, senza però usare dei lacci occlusivi e quindi senza i rischi correlati¹². Questa consiste nell'eseguire esercizi di forza con carichi relativamente bassi (circa 50% di 1RM) e con bassa velocità di esecuzione. Con questa metodologia, l'azione lenta permette di mantenere una contrazione continua durante l'esecuzione di tutta la serie di ripetizioni e poiché la pressione indotta nel muscolo è superiore alla pressione sistolica, si provoca in questo modo una riduzione di flusso ematico e uno stato di ischemia. È stato anche dimostrato come la bassa intensità (circa 40-50% di 1RM) associata a movimenti lenti (3s fase concentrica e 3s fase eccentrica) è una combinazione che permette di ridurre e bloccare il flusso ematico nel muscolo^{13,14}.

È stato inoltre dimostrato che queste tre metodologie di allenamento della forza (HI-RT, Kaatsu Training e LST) producono miglioramenti simili sull'ipertrofia e la forza muscolare⁹⁻¹¹. Tuttavia, un esercizio con movimenti lenti (LST) permette di ridurre il rischio di infortuni rispetto a un esercizio

eseguito a velocità più elevate come avviene per Kaatsu Training e HI-RT. Questo è dato dal fatto che eseguire movimenti lenti richiede un miglior controllo del movimento con una conseguente riduzione delle forze applicate sulle articolazioni coinvolte nell'esercizio^{9,15,16}.

Data la caratteristica "lenta" della LST, questa metodologia potrebbe apparire inefficace per migliorare i movimenti dinamici sport specifici. Infatti, a differenza delle altre due (Kaatsu Training e HI-RT) che utilizzano velocità di esecuzione più simili a quelle sport specifiche, i carichi non vengono spostati con la massima velocità⁹. Un nuovo metodo di allenamento della forza a bassa velocità presentata da Alberti et al. nel libro "L'allenamento della forza a bassa velocità: il metodo della serie lenta a scalare"^{15,17} si prefigge lo scopo di trovare una soluzione efficace riguardo al problema del trasferimento della forza ottenuta con un esercizio lento al movimento sport specifico.

La metodologia della serie lenta a scalare (slow strip set resistance training: SSS) è caratterizzata da tre serie di uno stesso esercizio, ognuna delle quali con numero di ripetizioni all'esaurimento, con esecuzione lenta (blood flow restriction resistance training – BFRRT – 5s fase concentrica e 5s fase eccentrica), senza pausa tra le serie, "scalando" il peso ogni volta che si raggiunge lo stato di esaurimento e incapacità di proseguire nelle ripetizioni con un dato carico. Il carico della prima serie è pari al 50% di 1RM, scalato del 20% di 1RM nella seconda serie e di un ulteriore 20% di 1RM nella terza. In questo modo si raggiunge il completo esaurimento muscolare, permettendo quindi di reclutare anche le unità motorie di tipo rapido^{7,17}.

Lo scopo di questo lavoro è studiare l'effetto di 4 settimane di allenamento con la metodologia SSS confrontato con un allenamento HI-RT alla panca piana (bench press) in atleti di Wing Chun. Nello specifico, abbiamo valutato i miglioramenti su forza, potenza e velocità di movimento sport specifico.

MATERIALE E METODI

Soggetti

Ventidue atleti amatori praticanti lo Wing Chun (31.82 ± 11.17 anni; 23.64 ± 2.14 kg/m²) sono stati reclutati per questo studio. Sono stati suddivisi in due gruppi, sperimentale (GS) e di controllo

(GC), composti da 11 atleti ciascuno in modo che avessero caratteristiche antropometriche simili (tabella 1). Tutti i soggetti avevano già una buona familiarizzazione con gli esercizi di potenziamento muscolare con uso di sovraccarichi. Non avevano nessun tipo di problema cardiovascolare, polmonare, e osteoarticolare. Tutti i partecipanti hanno firmato un consenso informato prima di iniziare lo studio. Questo studio è stato approvato dal comitato etico dell'Università degli Studi di Milano.

Sperimentazione

I soggetti sono stati testati prima e dopo il periodo di allenamento al: a) massimale alla panca piana (1RM); b), massima velocità (VM) e relativo picco di potenza (PP) durante l'esecuzione di una ripetizione alla panca piana con diversi sovraccarichi (10, 20, 24, 30, 34, 40, 44 e 50 kg) – questi parametri sono stati misurati tramite software Kinovea¹⁸; Tejero-González, Del Campo-Vecino, Bavaresco, *The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps*, J Strength Cond Res 28(2); c) numero massimo di piegamenti sugli arti superiori (movimento non sport specifico) effettuati in 5 e 15 secondi (PU5 e PU15); d) numero massimo di pugni (movimento sport specifico) eseguiti in 5 e 15 secondi (P5 e P15). I soggetti sono stati istruiti a non assumere antinfiammatori e alcol nelle 48 ore precedenti al test e di non fumare e assumere caffeina nelle 3 ore precedenti le misurazioni, in modo da non influenzare i risultati dei test.

Durante il periodo di allenamento di 4 settimane, i soggetti hanno effettuato un programma di allenamento che era composto da 3 sessioni a settimana più una competizione reale o simulata una volta alla settimana. In ciascuna sessione di allenamento settimanale, il gruppo di controllo (CG) ha seguito un programma di allenamento di

forza tradizionale alla panca piana (allenamento di forza ad alta intensità (HI-RT): 4 serie da 10 ripetizioni al 75% di 1RM, con recupero tra le serie di 3 min); il gruppo sperimentale (GS) ha invece eseguito un allenamento di forza con la metodologia delle serie lente a scalare (SSS) alla panca piana. Ciascuna singola serie dell'allenamento con la metodologia SSS era composta da tre serie, ognuna con numero di ripetizioni fino all'esaurimento, con esecuzione lenta (blood flow restriction resistance training – BFRRT – 5s fase concentrica e 5s fase eccentrica), senza pausa tra le serie, “scalando” il peso ogni volta che si raggiunge lo stato di incapacità di proseguire nelle ripetizioni con un dato carico. Il carico della prima serie era pari al 50% di 1RM, scalato del 20% di 1RM nella seconda serie e di un ulteriore 20% di 1RM nella terza. Come mostrato in figura 1, i soggetti hanno aumentato il numero di serie SSS per sessione di allenamento da 1 a 4 (il recupero tra le serie SSS era di 3 min). La figura 2 mostra il disegno dello studio.

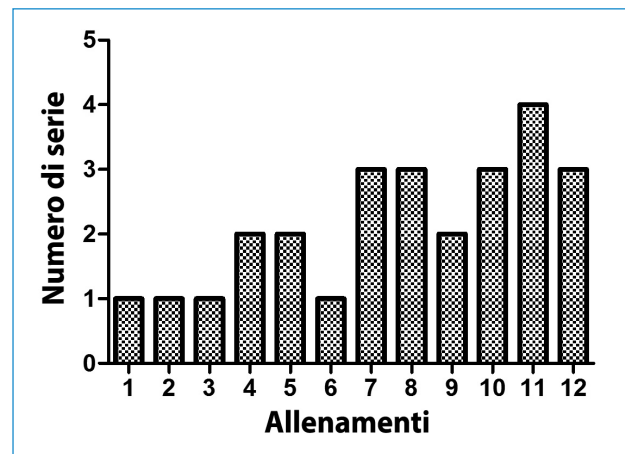


Fig. 1 - Numero di serie effettuate durante ogni seduta di allenamento con la metodologia delle serie lente a scalare (slow strip set resistance training – SSS).

Tab. 1 - Caratteristiche antropometriche dei due gruppi studiati.

Soggetti	Età (anni)	Altezza (cm)	Peso (Kg)	BMI (Kg/m ²)
GC (n=11)	33.64 ± 13.44	177.18 ± 3.60	74 ± 10.84	23.49 ± 2.76
GS (n=11)	30 ± 8.61	173 ± 5.50	71.27 ± 6.34	23.79 ± 1.39



Fig. 2 - Disegno del protocollo sperimentale. 1RM: massimale alla panca piana; VM e PP: massima velocità e relativo picco di potenza durante l'esecuzione di una ripetizione alla panca piana con diversi sovraccarichi (10, 20, 24, 30, 34, 40, 44 e 50 kg); PU5 e PU15: numero massimo di piegamenti sugli arti superiori (movimento non sport specifico) in 5 e 15 secondi; P5 e P15: numero massimo di pugni (movimento sport specifico) eseguiti in 5 e 15 secondi.

Analisi statistica

L'assunzione di normalità della distribuzione dei dati è stata valutata per ogni variabile (1RM, PP, PU5, PU15, P5, and P15) tramite il Shapiro-Wilks' Normality test.

La differenza tra il GC e GS in ogni variabile prima del periodo di allenamento è stata valutata tramite un Unpaired t-test o un Mann-Whitney tests in accordo con l'assunzione di normalità. Per valutare la differenza tra pre e post periodo di allenamento in ogni gruppo è stato eseguito un paired t-tests o un Wilcoxon tests in accordo con l'assunzione di normalità. La grandezza del cambiamento è stata valutata usando l'effect size calcolato come $[(\text{media post test} - \text{media pre test}) / \text{deviazione standard pre test}]$ e la percentuale di cambiamento¹⁹.

La VM ottenuta per ogni sovraccarico (10, 20, 24, 30, 34, 40, 44 e 50 kg) eseguito alla panca piana è stata standardizzata per la percentuale di 1RM ($VM / \%1RM$) per ridurre la variabilità intra soggetto. È stata eseguita l'analisi della varianza a due vie covariata per l'altezza del sollevamento (two-way ANCOVA RM on one factor) per determinare l'interazione tra pre e post periodo di allenamento nei due gruppi nelle varie velocità di esecuzione del sollevamento a diversi sovraccarichi. La covariata è stata effettuata per ridurre anche in questo caso la variabilità intra soggetto. L'analisi statistica è stata effettuata con il software IBM® SPSS® Statistics (versione 20.0, Chicago, IL, USA). Valori di p-value minori di 0.05 sono stati considerati statisticamente significativi.

RISULTATI

Nessuna differenza statisticamente significativa è stata trovata tra GC e GS prima del periodo di allenamento in nessuna variabile indipendente. Nel GC non è stata individuata nessuna differenza statisticamente significativa tra pre e post periodo di allenamento. Per contro, i soggetti del GS sono migliorati dell'11% in 1RM ($p < 0.001$; ES = 0.55, moderato), del 12% in PP ($p = 0.004$; ES = 0.64, moderato), del 34% in PU5 ($p = 0.008$; ES = 0.58, moderato) e del 31% in PU15 ($p < 0.004$; ES = 0.45, moderato). Per quanto riguarda P5 e P15, non è stata individuata nessuna differenza. I risultati sono mostrati in Tabella 2. Il two-way ANCOVA non ha mostrato un'interazione statisticamente significativa in nessuno dei due gruppi tra pre e post periodo di allenamento in VM durante l'esecuzione di sollevamento con diversi sovraccarichi alla panca piana. I risultati sono mostrati nelle tabelle 3a e 3b, e nelle figure 3a e 3b.

DISCUSSIONE

Questo studio ha dimostrato che l'allenamento di forza con la metodologia delle serie lente a scalare non ha comportato peggioramenti sulla velocità di esecuzione dei movimenti sport specifici (P5 e P15, vedi tabella 2). Inoltre, né il gruppo sperimentale, che si è allenato con la metodologia delle serie lente a scalare, né il gruppo di controllo, hanno subito un peggioramento nella velocità di movimento durante l'esecuzione di sollevamento con diversi sovraccarichi alla panca piana (VM, vedi tabelle 3a e 3b, e figure 3a e 3b). Sollevare carichi con bassa velocità è un movimento molto particolare che si distingue dai movimenti naturali associati alle attività sportive, dove invece viene spesso richiesto di effettuare movimenti alla massima velocità. Infatti, era stato ipotizzato che effettuare un allenamento di forza con bassa velocità di esecuzione potesse influire negativamente sul movimento sport dinamico⁹. Alcuni ricercatori hanno studiato l'effetto di un periodo di allenamento della forza degli arti inferiori con esercizi di squat effettuati con LST (bassa intensità: 60% 1RM, 3s fase eccentrica e 3s fase concentrica) sull'attività elettromiografica

Tab. 2 - Risultati ottenuti dai due gruppi nei test effettuati pre e post periodo di allenamento. I risultati mostrati sono media, deviazione standard (SD) e coefficiente di variazione (CV).

	PP (W)	PU5 (n)	PU15 (n)	1RM (kg)	P5 (n)	P15 (n)	PP (W)	PU5 (n)	PU15 (n)	1RM (kg)	P5 (n)	P15 (n)
	GC Pre						GC Post					
Media	322	3,5	11	51	37	96	317	3,9	11	51	38	95
SD	45	1.5	4.3	6	4.1	14	45	1.4	4.5	5.8	5.7	13
CV	14.10%	42.52%	40.82%	11.92%	10.94%	14.41%	14.31%	36.99%	39.69%	11.51%	15.07%	13.13%
	GS Pre						GS Post					
Media	299	3.7	11	54	40	100	336*	5,0*	14*	59*	41	105
SD	59	2.5	7.6	9.5	6.4	14	57	2	5.8	8.6	4.6	14
CV	19.62%	67.97%	70.13%	17.70%	16.25%	13.89%	16.93%	40.00%	40.97%	14.55%	11.05%	13.33%

Differenza statistica rispetto al pre: * p<0.05.

Tab. 3a - Velocità standardizzata (VM / %1RM) ottenuta per ogni sovraccarico sollevato alla panca piana nel CG.

Sovraccarichi (kg)	Pre (m*s ⁻¹ *kg ⁻¹)	Post (m*s ⁻¹ *kg ⁻¹)	ES
10	0.164 ± 0.021	0.168 ± 0.025	0.20
20	0.067 ± 0.008	0.067 ± 0.007	-0.01
24	0.051 ± 0.008	0.051 ± 0.006	-0.05
30	0.035 ± 0.006	0.034 ± 0.005	-0.08
34	0.027 ± 0.003	0.028 ± 0.003	0.14
40	0.019 ± 0.001	0.020 ± 0.003	0.66

Tab. 3b - Velocità standardizzata (VM / %1RM) ottenuta per ogni sovraccarico sollevato alla panca piana nel GS.

Sovraccarichi (kg)	Pre (m*s ⁻¹ *kg ⁻¹)	Post (m*s ⁻¹ *kg ⁻¹)	ES
10	0.155 ± 0.021	0.171 ± 0.013	-0.79
20	0.062 ± 0.011	0.071 ± 0.011	-0.82
24	0.044 ± 0.006	0.050 ± 0.006	-0.94
30	0.031 ± 0.005	0.035 ± 0.004	-0.81
34	0.026 ± 0.003	0.028 ± 0.005	-0.45
40	0.019 ± 0.004	0.020 ± 0.005	-0.27

del muscolo quadricipite durante la pedalata⁹. È stato dimostrato che, rispetto ad un allenamento della forza tradizionale (alta intensità: 85% di 1RM, 1s fase eccentrica e 1s fase concentrica), il gruppo che si è allenato con LST ha avuto una diminuzione dell'attività elettromiografica durante la pedalata⁹. Questo risultato ha evidenziato come la metodologia LST (e quindi movimenti lenti – 3s fase eccentrica e 3s fase concentrica, con bassa intensità) potesse influire negativamente sulla velocità di esecuzione dei movimenti sport specifici, rispetto ad una metodologia di allenamento

della forza effettuato con una velocità maggiore (1s fase concentrica e 1s fase eccentrica, alta intensità), e improntato a migliorare velocità di movimento e potenza⁹.

Data la lenta velocità di movimento che la caratterizza (5s fase eccentrica e 5s fase concentrica), la metodologia delle serie lente a scalare potrebbe, a prima vista, sembrare inappropriata per allenare la forza in discipline dove si richiede la massima velocità di movimento (movimenti dinamici sport specifici). Tuttavia, rispetto a LST dove l'intensità era fissata su 8 RM (e di conseguenza il

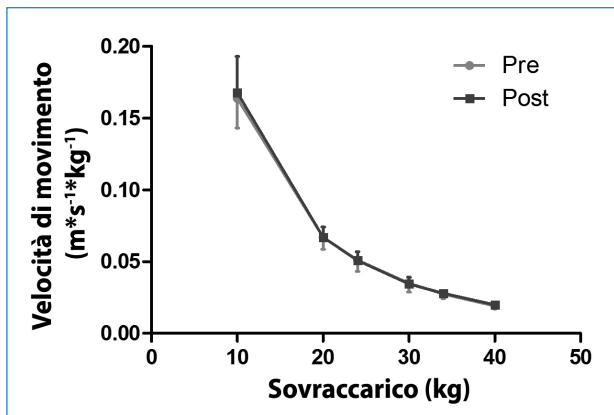


Fig. 3a - VM standardizzato (covariata altezza sollevamento = 49.58 cm) ottenuto dal GC pre e post periodo di allenamento.

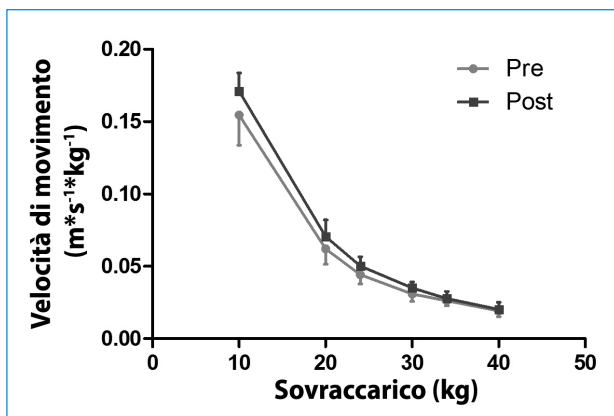


Fig. 3b - VM standardizzato (covariata altezza sollevamento = 44.90 cm) ottenuto dal GS pre e post periodo di allenamento

carico corrispondeva a ~50% di 1RM)¹², la metodologia delle serie lente a scalare è caratterizzata da: *a*) esecuzione del lento movimento (5s fase concentrica e 5s fase eccentrica); *b*) tre serie con numero di ripetizioni all'esaurimento, senza pause tra le serie con un carico pari al 50% di 1RM nella prima serie, e successivo stripping del 20% di 1RM.

È importante sottolineare che, in seguito ad un periodo di allenamento con la metodologia SSS, il gruppo sperimentale ha portato a miglioramenti maggiori sui test di forza e potenza (1RM, PU5 e PU15) rispetto al gruppo di controllo che si è allenato con HI-RT. Questo può essere spiegato

grazie alla proprietà "lenta" della metodologia SSS. È stato dimostrato come la metodologia LST, grazie proprio alla caratteristica "lenta", causa una condizione di ipossia intramuscolare simile a quella ottenuta con il Kaatsu Training²⁰. Proprio la carenza di ossigeno nel muscolo induce il reclutamento di ulteriori unità motorie durante l'esercizio e gioca un ruolo importante per l'ipertrofia^{21,22}. Inoltre, è stato dimostrato che fare un allenamento con basso carico e con velocità di esecuzione lenta ha effetti positivi sulla sintesi di mitocondri, proteine sarcoplasmatiche, e miofibrille²³, e anche la coordinazione intra e inter muscolare⁸. Possiamo quindi affermare che un allenamento effettuato con movimenti lenti può portare a effetti positivi nell'esecuzione di esercizi di forza.

Infine, il fatto che il gruppo sperimentale non sia peggiorato tra pre e post periodo di allenamento nell'effettuare movimenti sport specifici (P5 e P15), nonostante si sia allenato con velocità di movimento lente, ci fa ipotizzare che proprio la combinazione tra velocità di esecuzione lenta e completo esaurimento raggiunto grazie allo stripping, possa aver agito positivamente sulla forza massimale, senza tuttavia agire negativamente sui movimenti dinamici sport specifici.

CONCLUSIONI

In questo studio abbiamo ottenuto risultati molto interessanti per quanto riguarda lo sviluppo di forza, potenza e velocità di movimento tramite esercizi di forza effettuati con il metodo delle serie lente a scalare. Ci permettiamo quindi di suggerire agli allenatori di usare questa metodologia per migliorare la forza e la potenza muscolare sfruttando tutti i benefici che si ottengono dal lavorare in uno stato di ischemia muscolare senza però influenzare negativamente l'esecuzione di movimenti sport specifici.

Alla luce di questi risultati incoraggianti, ci sentiamo di auspicare che lavori futuri possano confermare che questa metodologia, oltre a ad avere effetti positivi sulla forza muscolare, produca anche miglioramenti sulla velocità di esecuzione del movimento sport specifico.

BIBLIOGRAFIA

- Hughes L., Paton B., Rosenblatt B., Gissane C., Patterson S.D., *Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis*, Br J Sports Med 2017; 51: 1003-11. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>.
- Anderson T., Kearney J.T., *Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance*, Res Q Exerc Sport 1982; 53: 1-7.
- Medicine AC of S, *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
- Abe T., Kearns C.F., Sato Y., *Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training*, J Appl Physiol 2006; 100: 1460-6. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2005>.
- Wj K, K A, E C, Ga D, C D, Ms F, et al., *American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults*. Med Sci Sports Exerc 2002; 34: 364-80.
- Ganesan G., Cotter J.A., Reuland W., Cerussi A.E., Tromberg B.J., Galassetti P., *Effect of blood flow restriction on tissue oxygenation during knee extension*, Med Sci Sports Exerc 2015; 47: 185-93. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000393>.
- Sundberg C.J., *Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle*, Acta Physiol Scand Suppl 1994; 615: 1-50.
- Bompa T, Buzzichelli C.A., *Periodization Training for Sports*, 3rd ed. 2015.
- Tanimoto M., Arakawa H., Sanada K., Miyachi M., Ishii N., *Changes in muscle activation and force generation patterns during cycling movements because of low-intensity squat training with slow movement and tonic force generation*, J Strength Cond Res 2009; 23: 2367-76. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8d246>.
- Tanimoto M., Kawano H., Gando Y., Sanada K., Yamamoto K., Ishii N., et al., *Low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation increases basal limb blood flow*, Clin Physiol Funct Imaging 2009; 29: 128-35. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2008.00847.x>.
- Tanimoto M., Sanada K., Yamamoto K., Kawano H., Gando Y., Tabata I., et al., *Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men*. J Strength Cond Res 2008; 22: 1926-38. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f2b0>.
- Tanimoto M., Ishii N., *Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men*, J Appl Physiol 2006; 100: 1150-7. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00741.2005>.
- Bonde-Petersen F., Mork A.L., Nielsen E., *Local muscle blood flow and sustained contractions of human arm and back muscles*, Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1975; 34: 43-50.
- Sjøgaard G., Jensen B.R., Hargens A.R., Søgaard K., *Intramuscular pressure and EMG relate during static contractions but dissociate with movement and fatigue*, J Appl Physiol 2004; 96: 1522-1529; discussion. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00687.2003>.
- Alberti G., Cavaggioni L., Silvaggi N., Caumo A., Garufi M., *Resistance training with blood flow restriction using the modulation of the muscle's contraction velocity*, Strength and Conditioning Journal 2013; 35: 42-7. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182824e8e>.
- Voigt M., Klausen K., *Changes in muscle strength and speed of an unloaded movement after various training programmes*, Europ J Appl Physiol 1990; 60: 370-6. <https://doi.org/10.1007/BF00713501>.
- Alberti G., Garufi M., Silvaggi N., *L'allenamento della forza a bassa velocità: il metodo della serie lenta a scalare*, 2012.
- Balsalobre-Fernández C., Tejero-González C.M., Del Campo-Vecino J., Bavaresco N., *The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps*, J Strength Cond Res 2014; 28: 528-33. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e>.
- Vincent W.J., Weir J.P., *Statistics in kinesiology*, Champaign, IL: Human Kinetics; 2012.
- Tanimoto M., Madarama H., Ishii N., *Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between 'KAATSU' and other types of regimen*, International Journal of KAATSU Training Research 2005; 1: 51-56.
- Takarada Y., Takazawa H., Sato Y., Takebayashi S., Tanaka Y., Ishii N., *Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans*, J Appl Physiol 2000; 88: 2097-106.
- Nishimura A., Sugita M., Kato K., Fukuda A., Sudo A., Uchida A., *Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training*, Int J Sports Physiol Perform 2010; 5: 497-508.
- Burd N.A., Andrews R.J., West D.W.D., Little J.P., Cochran A.J.R., Hector A.J., et al., *Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men*, J Physiol (Lond) 2012; 590: 351-62. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.221200>.

CORRISPONDENZA:

Alessio Rossi
Dipartimento di Scienze Biomediche per la Salute
Università degli Studi di Milano
Via G. Colombo 71, 20133 Milano
Tel.: +39 3472339050
Fax: +39 0250314674
email: alessio.rossi@unimi.it