

Allenamento per lo sviluppo della forza esplosivo-reattivo-balistica nella pallavolo: applicazione ed analisi

Marta Del Sal¹, Marco Bruno Luigi Rocchi², Guido Re³

¹ Istituto di Ricerca sull'Attività Motoria, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Urbino, Italy

² Istituto di Biomatematica, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Urbino, Italy

³ Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Urbino, Italy

m.delsal@uniurb.it

ABSTRACT

Obiettivo: l'obiettivo di questo studio era indagare sugli effetti determinati da due differenti tipologie di allenamento: una condizionata da uno stimolo esterno (palla in movimento) che incide sulla velocità di realizzazione del gesto, l'altra che ricalca i principi dell'allenamento pliometrico (senza particolari stimoli esterni).

Metodi: è stato esaminato un gruppo di 11 pallavoliste (età 18.3 ± 0.8, altezza 168.9 ± 7.5, peso 60 ± 8.6) per valutare la forza esplosiva dei muscoli estensori degli arti inferiori e la loro componente elastica, tramite test di salto quali SJ, CMJ, CMJas e un test per la determinazione della stiffness muscolare, RJ. Il campione in seguito è stato suddiviso con una allocazione alternata in 2 gruppi in base alla performance di salto. Un gruppo eseguiva l'allenamento che prevedeva una serie di salti drop jump (18 salti 2 volte la settimana per 5 settimane) con uno stimolo visivo (palla) (G1) e l'altro eseguiva lo stesso numero di salti ma senza stimolo (G2 o di controllo).

Risultati: i risultati rivelano, nel confronto dei valori pre e post test del G1 del test Squat Jump differenze significative nell'altezza del salto verticale dello SJ (pre 30.17 ± 2.95, post 31.37 ± 3.04, p < 0.05) nella percentuale di elasticità muscolare (pre 6.37 ± 1.79, post 4.25 ± 2.64, p < 0.01), e nella percentuale di fibre veloci (pre 46.83 ± 9.15, post 49.33 ± 9.07, p < 0.05). Anche nel test CMJas c'è stato un incremento dell'altezza del salto (+2.35%) in seguito all'allenamento ma quest'incremento non è risultato statisticamente significativo. Per ciò che riguarda il G2, si sono verificati miglioramenti della performance dei salti, ma privi di significatività statistica.

Conclusioni: nel complesso possiamo sostenere che questo tipo di allenamento ha portato miglioramenti della forza esplosiva nel G1, manifestato soprattutto nel miglioramento dell'altezza dello SJ (p < 0.05) che è espressione della capacità di forza esplosiva e reclutamento "istantaneo" delle fibre muscolari, determinando anche una stiffness muscolare maggiore.

Possiamo sostenere dunque che, sollecitando i soggetti (G1) con stimoli propri della disciplina praticata, si ottiene come risultato un sensibile miglioramento della capacità di salto in tempi brevi.

Del Sal M, Rocchi MBL, Re G

Training of explosive, reactive and balystic strenght in volleyball

Ital J Sport Sci 2005; 12: 129-136

Aim: The objective of this study was to determine the effects of two different types of training: one involving an external stimulus (a ball in motion) that influences the speed at which the gesture is performed, the other following the principals of plyometrics (without any particular external stimuli).

Methods: A study group of 11 female volleyball players (age 18.3 ± 0.8, height 168.9 ± 7.5 cm, weight 60 ± 8.6 kg) was examined to determine explosive force of the extensor muscles of the lower limbs and their elasticity, using tests designed to evaluate jumping (e.g. SJ, CMJ, CMJ) and to determine muscle stiffness (RJ). The sample group was then allocated into two groups on the basis of their performance in the jumping tests. The first group (G1) underwent training sessions involving a series of drop jumps (18 jumps per session, twice a week, for 5 weeks) using a visual stimulus (a ball), while the second group (G2 -control) performed the same number of jumps but without the visual stimulus.

Results: The results obtained revealed significant differences in the pre- and post-test values obtained for the athletes in G1 in the Squat Jump test as well as in the height obtained in the height vertical jump (SJ) (pre 30.17 ± 2.95 cm, post 31.37 ± 3.04 cm, p < 0.05), in the percent value for muscle elasticity (pre 6.37 ± 1.79, post 4.25 ± 2.64, p < 0.01), and in the percentage of fast twitch (pre 46.83 ± 9.15, post 49.33 ± 9.07, p < 0.05). The CMJas values also revealed an increase in jump height (+2.35%) following the training sessions, but this improvement did not result statistically significant. As regards G2, the improvements in performance achieved were not statistically significant.

Conclusions: Overall, it was observed that the training sessions undergone by G1 yielded significant improvements in power force, as seen above all in the greater height reached in the SJ (p < 0.05) which is an expression of the power force and instantaneous recruitment of muscle fibres, giving a greater muscle stiffness. Thus, we can say that, by stimulating the athletes in G1 with appropriate stimuli on the basis of the sport for which they are in training, a noteworthy improvement in jumping ability was obtained, in a short time.

KEYWORDS: volleyball, power training, drop jump, Reflex Stretch, Elasticity

INTRODUZIONE

L'incremento dei ritmi di gioco ha sollecitato sempre più un'attenzione particolare nell'impiego di metodiche e mezzi d'allenamento indirizzati al migliorare la capacità di forza.

Tra i tipi di forza fondamentali per un pallavolista, quella rapida è sicuramente una capacità che deve essere presa in considerazione con particolare attenzione durante la programmazione della preparazione atletica. La capacità di utilizzare e modulare la forza è importante non solo per le funzioni di sostegno e supporto nelle varie espressioni di questo gioco sportivo di situazione ma anche perché, se correttamente allenata, è direttamente responsabile del miglioramento della velocità.

Nel caso dei salti si parla spesso di forza esplosiva che a sua volta può essere classificata in forza esplosivo-balistica ed esplosivo-reattivo-balistica (tipo pliometria). In entrambe le situazioni la fase contrattile è preceduta da un prestiramento muscolare che favorisce un accumulo di energia elastica ma nella seconda modalità, essendo la fase piegamento-estensione più rapida, si ottiene una maggiore attivazione di unità motorie. Secondo il modello meccanico muscolare di Hill (1) (fig.1) il muscolo umano possiede notevoli proprietà elastiche, nell'analisi del comportamento muscolare, il ruolo di stoccaggio e restituzione dell'energia elastica, durante il movimento che comporti una fase d'allungamento muscolare immediatamente seguita dalla fase di accorciamento, è da attribuirsi all'elemento elastico in serie (SEC), che da un punto di vista anatomico, vede la sua parte passiva identificabile essenzialmente nel tendine (che stocca il 72% dell'energia elastica totale) e la sua parte attiva principalmente nella porzione S2 della testa miosinica (che immagazzina il restante 28% dell'energia elastica). La componente elastica parallela (CEP) costituita dal sarcolemma svolge essenzialmente una funzione di protezione contro possibili allungamenti non fisiologici (2).

Il ruolo di "generatore di forza" è invece attribuibile alla componente contrattile (CC) identificabile anatomicamente a livello dei ponti acto-miosinici (3) (4). Secondo Cavagna (5) dato che i ponti possono essere considerati in serie, ma anche in parallelo alla matrice contrattile, il termine "in serie" deve essere sostituito dalla dizione di "elementi elastici non smorzati", cosiddetti in quanto capaci di accorciarsi molto rapidamente senza essere ostacolati da rilevanti forze viscosi, in opposizione agli elementi "smorzati" che sono rappresentati dalla componente contrattile stessa.

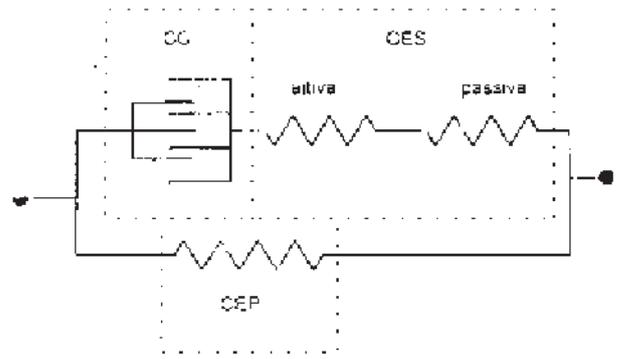


Fig.1. Schema di Hill (modificato da Shorten 1987)

Quasi tutti i movimenti umani sono caratterizzati da un'attivazione muscolare che comporta una fase di contrazione muscolare di tipo eccentrico, immediatamente seguita da una fase concentrica (6). Questo tipo di attivazione viene chiamato ciclo di stiramento-accorciamento, "stretch-shortening cycle" (SSC) (7) (8).

È stato osservato, in molti studi, che un contro movimento e/o un prestiramento migliorano le prestazioni, specialmente nei movimenti sufficientemente veloci (9,10). Per esempio in un salto verticale massimale è possibile realizzare un'altezza maggiore di salto con un contro movimento, a partire da una posizione eretta (counter movement jump CMJ), rispetto a quella senza contro movimento, a partire da una posizione accosciata (squat jump, SJ) (9,11).

Alcuni autori attribuiscono questo aumento di forza al fatto che la fase eccentrica sembra provocare un incremento della rigidità (stiffness), Kubo (12) suggerisce che la stiffness delle strutture tendinee ha un effetto favorevole sul SSC dovuto ad un adeguato stoccaggio e restituzione dell'energia elastica. Negli esperimenti condotti sull'uomo parte di questo potenziamento di prestazione, ottenibile attraverso il prestiramento, sarebbe attribuibile a vari fattori: il tempo utilizzato per sviluppo della forza (13); lo stoccaggio e riutilizzo dell'energia elastica (9); il potenziamento della struttura contrattile (14) (15); il contributo dei riflessi da stiramento (16-18); la durata della fase d'inversione del movimento (Coupling time) (19-21). Nel corso di movimenti balistici, tipici di alcune prestazioni sportive, la produzione di un elevato impulso di forza, può avvenire solamente a patto che la velocità di contrazione muscolare sia elevata (22). Per il salto verticale con contromovimento (CMJ) alcuni autori (23) hanno riscontrato che, al termine della fase eccentrica ed all'inizio di quella concentrica, l'energia elastica viene accumulata nella struttura del

tendine (muscolo gastrocnemio mediale) per venire poi restituita nella parte finale del salto prima dello stacco. Inoltre gli stessi autori non hanno rilevato alcun allungamento delle fibre muscolari del gastrocnemio nel corso del ciclo della contrazione muscolare.

Il giusto grado di stiffness (rigidità) muscolare rappresenta un punto fondamentale per l'ottimizzazione del salto, infatti, se i muscoli hanno una stiffness elevata tendono a deformarsi poco e necessitano di una grande quantità di forza, in altre parole e incamerano poca energia elastica restituendola in tempi molto brevi. Nel caso invece di muscoli troppo estensibili questi si deformano moltissimo, ma per ritornare alla posizione di partenza impiegano molto tempo, termodisperdendo tutta l'energia che hanno incamerato.

Il muscolo elastico ideale si deforma sufficientemente ed è abbastanza rigido da tornare in tempi brevi alla condizione di partenza.

La recente letteratura sottolinea anche che i profili elastici delle strutture umane del tendine sono modificabili con l'esecuzione di normali allenamenti, come già osservato negli esperimenti sugli animali.

Secondo Fukashiro e coll. (24) gli sprinter/saltatori di colore sarebbero in possesso di una maggiore stiffness muscolo-tendinea rispetto ai loro colleghi bianchi. Questo determinerebbe la possibilità di effettuare tempi di contatto e di stacco ridotti e con maggiore espressione di forza. Kubo e coll. (25) hanno studiato l'effetto dell'allenamento isometrico per 12 settimane in un gruppo di soggetti, i risultati ottenuti sulla funzionalità tendinea sono stati: aumento della stiffness e riduzione dei tempi di trasmissione meccanica, risultati sicuramente utili nello sviluppo della potenza. Lo stesso autore ha inoltre osservato che le strutture tendinee del muscolo vasto laterale in corridori di lunghe distanze erano meno rigide.

In conclusione si può sostenere che per qualsiasi attività di salto la fase ammortizzazione del movimento, denominato anche "fase di assorbimento degli urti", è importante in quanto durante questa ci si appronta ad eseguire un nuovo movimento, anche cambiando direzione. Se il processo di ammortizzazione, dura troppo a lungo, si perde parte della potenza. Più breve sarà questa fase, maggiore sarà la contrazione concentrica del muscolo, a patto che il muscolo sia stato allungato durante la contrazione eccentrica.

L'obiettivo di questo studio era indagare sugli effetti determinati da due differenti tipologie di allenamento: una condizionata da uno stimolo esterno (palla in movimento) che incide sulla velocità di realizzazione del gesto, l'altra che ricalca i principi

dell'allenamento pliometrico (senza particolari stimoli esterni).

MATERIALI E METODI

Soggetti

11 pallavoliste (età 18.3 ± 0.8 , altezza 168.9 ± 7.5 , peso 60 ± 8.6) hanno partecipato volontariamente allo studio. Al momento della raccolta dei dati tutti i soggetti praticavano regolarmente un'attività sportiva che consisteva in 3 allenamenti (tecnici) la settimana ed avevano appena concluso il periodo agonistico.

Tutti i soggetti sono stati informati sul protocollo sperimentale e sull'obiettivo dello studio ed avevano preso familiarità con le procedure utilizzate.

Protocollo sperimentale

Il campione è stato suddiviso con una allocazione alternata in 2 gruppi in base alla performance di salto. Un gruppo eseguiva l'allenamento con la palla (G1) e l'altro senza (G2 o di controllo).

- Scelta dell'altezza di caduta

È stato effettuato il test Drop Jump (salto in basso con rimbalzo) a varie altezze di caduta per verificare quella ottimale. Non essendoci differenze significative nei 2 gruppi sia a 20 cm sia a 30 cm ("test t" per campioni indipendenti) si è ritenuto opportuno scegliere l'altezza di caduta di 25 cm in quanto era nelle intenzioni utilizzare uno stimolo minimo allenante superiore al peso corporeo che normalmente si utilizza in un salto tecnico. Questa scelta trova riscontro anche nella ricerca effettuata da Matavulj (26) il quale ha verificato che l'altezza di caduta nell'allenamento di giovani giocatori di pallacanestro non ha mostrato differenze negli effetti allenanti.

- Allenamento

L'allenamento del gruppo 1 (G1) prevedeva serie di salti con caduta e successivo rimbalzo e attacco del pallone lanciato verticalmente dall'operatore in modo tale da facilitare la massima velocità d'esecuzione da parte del soggetto. (fig.2)

Caratteristiche dell'alzata: il pallone veniva lanciato a due mani da sotto, in verticale a circa 60-70 cm. sopra la rete; doveva essere alzato durante la fase di caduta dell'atleta per far trovare questi nella fase ascendente del salto quando il pallone iniziava quella discendente.

Il pallone stimolava il giocatore a velocizzare lo stacco mantenendo la massima espressione di elevazione per poter concludere positivamente l'azione di attacco.

L'operatore si era precedentemente allenato nel lancio della palla in modo da acquisire una certa

esperienza concretizzata in precisione e regolarità ed è stato lo stesso operatore per tutto lo studio.

- G1 (n° 6 atlete): eseguivano 3 allenamenti tecnici la settimana, nel primo e nel terzo venivano inserite le serie di salti. Le prime 3 sedute comprendevano 3 serie da 5 salti con attacco del pallone, in seguito le ripetizioni sono state portate a 6 sempre per 3 serie a seduta.
- G2 (n° 5 atlete): allenamento con lo stesso numero di salti nelle stesse condizioni (di fronte alla rete) ma senza palla.

Riassumendo, i due gruppi hanno eseguito in media circa 36 salti la settimana per 5 settimane.

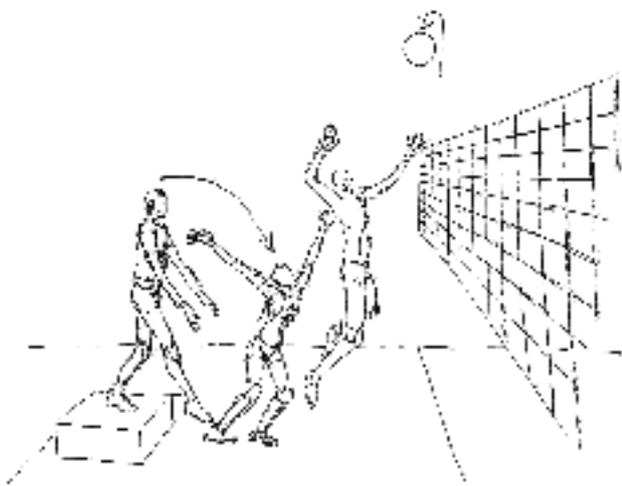


Fig. 2. Esercizio-gruppo 1

Procedure di valutazione

- *Analisi della altezza di caduta ottimale per ogni singolo atleta tramite drop Jump: 20-30 cm su una pedana a conduttanza (Ergojump©-Bosco system).* Ogni atleta, dopo un'adeguata fase di riscaldamento, ha eseguito, su pedana a conduttanza (Ergojump©-Bosco system), la seguente batteria di test:
 - *Jump Test: SJ (Squat Jump) e CMJ (Counter Movement Jump) secondo la tecnica classica (27) (28) (Bosco, 1992, SSS) braccia ai fianchi ginocchia 90° e il CMJ con le mani e busto liberi (CMJas.),*
 - *Rebound jump 5" con ginocchia bloccate: (Test di Bosco-Vittori).* Il test prevede la misurazione dei tempi di contatto e dei tempi di volo di un soggetto che compie una serie di salti consecutivi (5-8) sulla pedana Ergojump©, in veloce successione, cercando di piegare le ginocchia il meno possibile; in questo esercizio l'atleta poteva aiutarsi con le braccia per migliorare la propria elevazione.

Sono state fatte analisi delle condizioni di partenza (baseline) e le stesse valutazioni sono state ripetute a distanza di 48 ore dall'ultima seduta di allenamento (post-test).

Variabili misurate

Jump Test:

hcg SJ (cm) =	altezza del salto senza contromovimento (SJ)
hcg. CMJ (cm) =	altezza del salto con contromovimento (CMJ)
hcg. CMJas (cm) =	altezza del salto con contromovimento e l'aiuto delle braccia (CMJas)
% Elastic =	percentuale elastica muscolare ottenuta dalla formula $[(CMJ-SJ) \cdot SJ^{-1}] \cdot 100$.
%FT =	percentuale di fibre veloci (copyright c. bosco 1991) rilevata dal programma computerizzato presente nel MuscleLab utilizzando l'entità dei salti SJ e CMJ.

Rebound test:

Avg. hcg (cm) =	altezza media dei salti
Avg. P =	Average Power (W/kg), potenza media
TC =	tempi di contatto
TF =	tempo di volo
Stiffness (N/m) =	rigidità muscolare
P.P. =	Peak Power (W/kg) picco di potenza

Statistica

Per tutte le variabili considerate sono stati calcolati gli indici statistici ordinari, media e deviazione standard tramite il programma statistico SPSS. Le differenze significative tra i valori basali dei due gruppi è stata valutata tramite il test Student's t-test per campioni indipendenti, mentre le differenze tra i valori di pre test e post test tra i due gruppi, tramite una ANOVA a due vie per misure ripetute, seguito da test post-hoc Bonferroni. Il livello di significatività è stato fissato a $P < 0.05$.

RISULTATI

Dall'analisi dei risultati dei jump test e rebound jump non si sono evidenziate differenze significative tra i valori basali dei due gruppi, indice del fatto che i gruppi partivano dalle stesse condizioni.

Analisi dei Jump test

Nel confronto dei valori pre e post test del gruppo 1 (test di Bonferroni) del test Squat Jump sono state riscontrate differenze significative nell'altezza del salto verticale dello SJ (pre 30.17 ± 2.95 , post 31.37 ± 3.04 , $p < 0.05$) nella percentuale di elasticità muscolare (pre 6.37 ± 1.79 , post 4.25 ± 2.64 , $p < 0.01$), e nella percentuale di fibre veloci (pre 46.83 ± 9.15 , post 49.33 ± 9.07 , $p < 0.05$) (Tab. 2). Anche nel test CMJas c'è stato un incremento dell'altezza del salto (+2.35%) in seguito all'allenamento ma questo incremento non ha raggiunto livelli di significatività statistica. Per ciò che riguarda il G2, si sono verificati miglioramenti della performance dei salti, ma non significativi.

parameters Jump test	G1 (mean± DS)				p.	G2 (mean± DS)				p.
	BASELINE		After 5 Week			BASELINE		After 5 Week		
hcg SJ (cm)	30.17	±2.95	31.37	±3.04	*	30.88	±4.73	30.94	±4.08	ns
hcg CMJ (cm)	32.23	±3.1	32.83	±3.52	ns	31.92	±4.28	32.28	±4.64	ns
hcg CMJas (cm)	38.33	±3.45	39.23	±3.51	ns	36.76	±6	37.08	±5.60	ns
% elastic	6.37	±1.79	4.25	±2.64	**	3.54	±2.56	4.02	±1.79	ns
%FT	46.83	±9.15	49.33	±9.07	*	49.2	±12.42	48.8	±12.6	ns

Tab. 2 - Jump Test: confronto valori (media e dev.st.) Pre-Post test - * p<0.05, **p <0.01, ***p<0.001, ns: non significativo

parameters rebound test	G1 (mean± DS)				p.	G2 (mean±DS)				p.
	BASELINE		After 5 Week			BASELINE		After 5 Week		
Avg. hcg (cm)	32.9	±3.9	33.2	±4.33	ns	30.8	±3.9	31.7	±5.3	ns
TC (ms)	197.5	±25.8	192.9	±30.2	ns	182.9	±13	186.8	±17.6	ns
TF (ms)	516.7	±29.8	518.5	±34.2	ns	499.4	±32.4	506.1	±42.4	ns
Average Power (W/kg)	45.9	±6.9	47.0	±6.05	ns	45.7	±6.9	46.5	±9.0	ns
Stiffness (N/m)	117.7	±31.2	122.5	±31.4	ns	138.4	±26.9	135.7	±22.5	ns
Peak Power (W/kg)	51.4	±6.8	52.5	±7.2	ns	51.7	±8.9	52.2	±12.2	ns

Tab. 3 – RJ: confronto valori (media e dev.st.) Pre- Post test - * p<0.05, **p <0.01, ns: non significativo

Analisi del rebound test

I test sono stati analizzati alla stessa maniera dei precedenti non rilevando alcuna differenza significativa anche se si evidenzia comunque un leggero miglioramento della performance dei salti (Tab. 3) in entrambi i gruppi.

La Tabella 4 riporta la percentuale d'incremento ottenuta da entrambi i gruppi e per ogni variabile esaminata. Confrontando le modificazioni avvenute, in seguito all'allenamento, tra i due gruppi (test t per campioni indipendenti) (Tab. 4) si è rilevato che le differenze non erano significative, ciò è dovuto al fatto che entrambi i gruppi hanno ottenuto un miglioramento della performance.

parameters Jump test	Mean% Change		p.
	G.1	G.2	
hcg SJ (cm)	4.03 *	0.57	ns
hcg CMJ (cm)	1.81	1.11	ns
hcg CMJas (cm)	2.38	1.13	ns
% elastic	-2.12 **	0.48	ns
%FT	2.5 *	-0.4	ns
parameters rebound test			
Avg. hcg (cm)	0.88	2.92	ns
TC (ms)	-2.33	2.13	ns
TF (ms)	0.35	1.34	ns
Average Power (W/kg)	2.44	1.75	ns
Stiffness (N/m)	4.1	-1.95	ns
Peak Power (W/kg)	2.24	0.97	ns

Tab. 4 – Confronto tra i gruppi della percentuale d'incremento =(post-pre)/pre

* p<0.05, **p <0.01, ns: non significativo

DISCUSSIONE

L'obiettivo dello studio era quello di proporre una metodologia di allenamento, tipo pliometria, ma controllata in tutte le sue applicazioni. Per prima cosa si è cercato di utilizzare un'altezza di caduta che non fosse eccessiva ma che avesse lo scopo di stimolare le proprietà neuromuscolari con sollecitazioni intense e brevissime, analogamente il lavoro complessivo (quantità di salti) è stato ridotto rispetto a quello suggerito da Y. Werkhoshansky con il "Metodo d'urto" (29). Questo per non incorrere in problemi articolari agli arti inferiori o al busto, come a volte succede con metodologie di questo tipo e quindi, proporre una metodologia d'allenamento adatta anche ad atleti non di alto livello, con una struttura muscolare modesta o a giovani come nel nostro caso (età media 18 anni). Inoltre, è da sottolineare il fatto che l'inizio del protocollo di allenamento ha coinciso con la fine del campionato quindi l'intero gruppo è passato da tre allenamenti la settimana più la partita (quattro sedute settimanali) a tre sedute di allenamento (senza la partita). Questo avrebbe potuto influire negativamente sul risultato del post test perciò, proseguendo con i normali allenamenti, si sarebbe dovuto verificare un calo fisiologico della prestazione. I risultati di tutti i test, invece, indicano un aumento dell'altezza dei salti verticali di tutto il campione esaminato (Grafico 1 e 2), derivante dalla modificazione di alcune variabili meccanico-muscolari diverse per gruppo (Grafico 3). Anche se i

livelli di significatività sono intragrappo (pre e post test) nei grafici sono evidenziati entrambi i gruppi per rappresentare graficamente le differenze di comportamento in seguito ad allenamento.

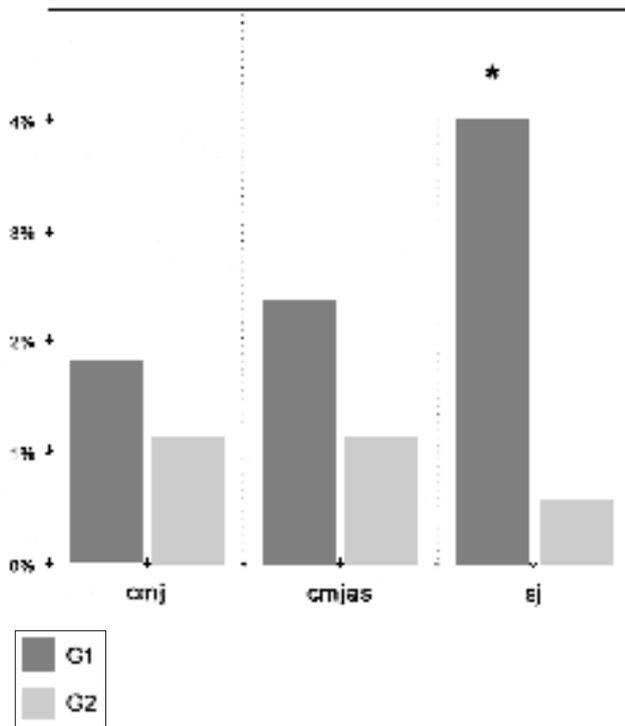


Grafico 1. Percentuale media d'incremento $=(\text{post-pre})/\text{pre}$ del Jump test - * $p<0.05$.

Infatti, il G1 ha avuto un aumento statisticamente significativo nell'altezza dello SJ, ha aumentato la sua percentuale di fibre veloci riducendo la percentuale di elasticità muscolare; inoltre ha avuto un aumento, anche se non significativo, della stiffness muscolare.

Nel complesso possiamo sostenere che questo tipo di allenamento ha portato miglioramenti della forza esplosiva nel G1 manifestato soprattutto nel miglioramento dell'altezza dello SJ che è espressione della capacità forza di esplosiva e reclutamento "istantaneo" delle fibre muscolari (FT).

Una spiegazione di questo fenomeno sarebbe che una struttura più rigida, trasmettendo più rapidamente le tensioni (30), potrebbe contribuire a diminuire la durata della fase di transizione tra la fase eccentrica e quella concentrica del movimento, minimizzando in tal modo l'effetto della termodispersione (28). Se analizziamo la percentuale media di variazione dei tempi di contatto nel Rebound test si nota chiaramente come, in seguito all'allenamento questa si sia ridotta nel G1 (-2.33%) (Grafico 2).

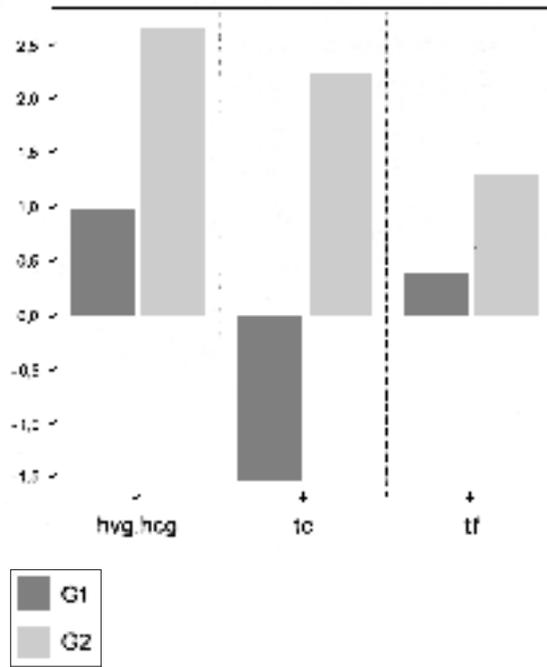


Grafico 2. percentuale media di incremento $=(\text{post-pre})/\text{pre}$ del Rebound test.

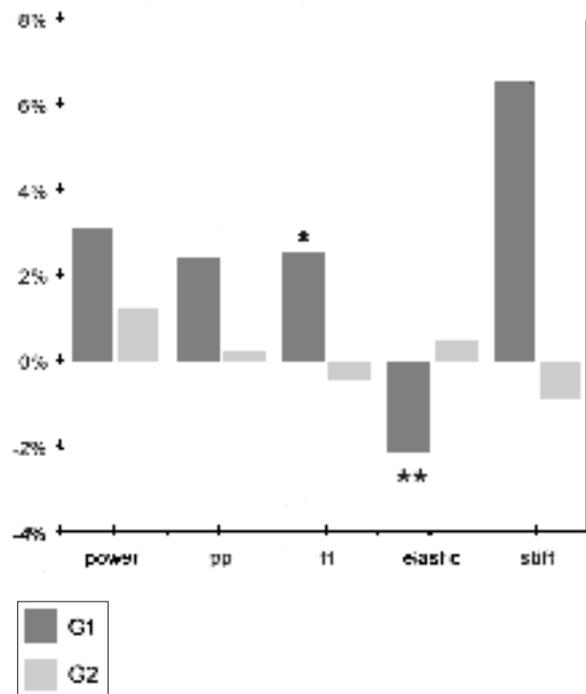


Grafico 3. percentuale media di incremento $=(\text{post-pre})/\text{pre}$, di potenza media e picco, %FT ,elasticità e stiffness * $p<0.05$, ** $p<0.01$

Un altro fattore importante da considerare è che la rigidità muscolare in genere aumenta con l'aumentare della forza (31) (32) infatti, la relazione tra rigidità muscolare e forza risulterebbe fortemente dipendente da numero di unità motorie attive implicate nella contrazione stessa (33). Il G1 nel

nostro caso ha ottenuto un aumento significativo della percentuale di FT (2.5%, $p < 0.05$) che confermerebbe questi dati.

Nel complesso possiamo affermare che, l'allenamento con drop Jump controllati, dove è richiesto lo sviluppo di elevatissimi gradienti di forza estrinsecata ad altissima velocità, ha portato gli atleti del G1 a modificare alcune componenti meccanico muscolari ideali per la forza esplosiva mentre il G2 ha ottenuto normali adattamenti che si verificano in seguito ad un allenamento di questo tipo, che essendo minimo, non ha prodotto risultati apprezzabili.

Possiamo sostenere dunque che il controllo dell'espressione di forza del soggetto, durante l'allenamento come in questo caso, ottiene come risultato l'ottimizzazione dell'allenamento.

CONCLUSIONI

Per il pallavolista una capacità importante è la forza esplosiva in quanto consente al giocatore di esprimersi al meglio in alcune caratteristiche del gioco.

Per ciò che riguarda il salto è fondamentale che questo sia il più alto il più rapido possibile.

Alla base della rapidità si deve porre la capacità di un reclutamento massimale delle fibre muscolari interessate al salto.

L'uso del pallone in volo, stimolo al quale il pallavolista è abituato a reagire, ha prodotto miglioramenti significativi nell'ottimizzazione del salto.

Questa metodologia, suggerita a suo tempo da Verkoshansky (29) per i giochi sportivi, è stata modificata con l'intento di proporre un sistema d'allenamento che, oltre a stimolare il salto massimale dopo la caduta, ne stimolasse anche la velocità di esecuzione.

Per eseguire questa forma d'esercitazione è richiesta al soggetto una corretta coordinazione braccia-gambe, propria del gesto tecnico dell'attacco.

Inoltre, si è notato che questo tipo di allenamento stimola anche la rapidità di azione delle braccia, fatto importante per giungere all'esecuzione precisa del gesto tecnico e all'anticipazione del movimento come strategia di gioco.

BIBLIOGRAFIA

1. Hill, A. V. (1950) The series elastic component of muscle. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 137: 273-280.
2. Bisciotti, G. N. (2002) L'influenza della fase di pre-stiramento sui parametri biomeccanici del salto verticale. *S.d.S.* 57: 41-46.

3. Huxley, A. F. & Simmons, R. M. (1971) Mechanical properties of the cross-bridges of frog striated muscle. *J Physiol* 218: 59P-60P.
4. Rack, P. M. & Westbury, D. R. (1974) The short range stiffness of active mammalian muscle and its effect on mechanical properties. *J Physiol* 240: 331-350.
5. Cavagna, G. A., Franzetti, P., Heglund, N. C. & Willems, P. (1988) The determinants of the step frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates. *J Physiol* 399: 81-92.
6. Gollhofer, A., Komi, P. V., Miyashita, M. & Aura, O. (1987) Fatigue during stretch-shortening cycle exercises: changes in mechanical performance of human skeletal muscle. *Int J Sports Med* 8: 71-78.
7. Norman, R. W. & Komi, P. V. (1979) Electromechanical delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiol Scand* 106: 241-248.
8. Komi, P. V. (1984) Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exerc Sport Sci Rev* 12: 81-121.
9. Asmussen, E. & Bonde-Petersen, F. (1974) Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiol Scand* 91: 385-392.
10. Svantesson, U., Ernstoff, B., Bergh, P. & Grimby, G. (1991) Use of a Kin-Com dynamometer to study the stretch-shortening cycle during plantar flexion. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 62: 415-419.
11. Komi, P. V. & Bosco, C. (1978) Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports* 10: 261-265.
12. Kubo, K., Kawakami, Y. & Fukunaga, T. (1999) Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *J Appl Physiol* 87: 2090-2096.
13. Bobbert, M., Gerritsen, KGM, Litjens MCA, and Soest van AJ. (1996) Why is counter movement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc* 28: 1402-1412.
14. Bergel, D., Brown MC, Butler RG, and Zacks RM. (1972) The effect of stretching a contracting muscle on its subsequent performance during shortening. *J Physiol* 225.
15. Komi, P. V. (2000) Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech* 33: 1197-1206.
16. Dietz, V., Schmidtbleicher, D. & Noth, J. (1979) Neuronal mechanisms of human locomotion. *J Neurophysiol* 42: 1212-1222.
17. Gollhofer, A., Strojnik, V., Rapp, W. & Schweizer, L. (1992) Behaviour of triceps surae muscle-tendon complex in different jump conditions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 64: 283-291.
18. Voigt, M., Dyhre-Poulsen, P. & Simonsen, E. B. (1998) Modulation of short latency stretch reflexes during

human hopping. *Acta Physiol Scand* 163: 181-194.

19. Wilson, G. J., Elliott, B. C. & Wood, G. A. (1991) The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. *Med Sci Sports Exerc* 23: 364-370.

20. Cavanagh, P. R. & Kram, R. (1985) Mechanical and muscular factors affecting the efficiency of human movement. *Med Sci Sports Exerc* 17: 326-331.

21. Thys, H., Faraggiana, T. & Margaria, R. (1972) Utilization of muscle elasticity in exercise. *J Appl Physiol* 32: 491-494.

22. Bosco, C., Tihanyi, J., Komi, P. V., Fekete, G. & Apor, P. (1982) Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand* 116: 343-349.

23. Kurokawa, S., Fukunaga, T., Nagano, A. & Fukashiro, S. (2003) Interaction between fascicles and tendinous structures during counter movement jumping investigated in vivo. *J Appl Physiol* 95: 2306-2314.

24. Fukashiro, S., Abe, T., Shibayama, A. & Brechue, W. F. (2002) Comparison of viscoelastic characteristics in triceps surae between Black and White athletes. *Acta Physiol Scand* 175: 183-187.

25. Kubo, K., Kanehisa, H., Ito, M. & Fukunaga, T. (2001) Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* 91: 26-32.

26. Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J. &

Jaric, S. (2001) Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 41: 159-164.

27. Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P. V. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 50: 273-282.

28. Bosco, C., Komi, P. V. & Ito, A. (1981) Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiol Scand* 111: 135-140.

29. Verkhoshansky, J. (1997) *Mezzi e metodi per l'allenamento della forza esplosiva - Tutto sul metodo d'urto*. S.S.S.; Roma, 1997.

30. Gravel, D., Richards, C. L. & Filion, M. (1988) Influence of contractile tension development on dynamic strength measurements of the plantarflexors in man. *J Biomech* 21: 89-96.

31. Morgan, D. L., Proske, U. & Warren, D. (1978) Measurements of muscle stiffness and the mechanism of elastic storage of energy in hopping kangaroos. *J Physiol* 282: 253-261.

32. Proske, U. & Morgan, D. L. (1984) Stiffness of cat soleus muscle and tendon during activation of part of muscle. *J Neurophysiol* 52: 459-468.

33. Julian, F. J., Moss, R. L. & Waller, G. S. (1981) Mechanical properties and myosin light chain composition of skinned muscle fibres from adult and new-born rabbits. *J Physiol* 311: 201-218.