

Aspetti fisiologici dell'allenamento della forza esplosiva negli sport di squadra

(Relazione tenuta in occasione del convegno "I test di valutazione, il loro utilizzo nella programmazione dell'allenamento sportivo")
svoltosi a Lucca il 18 febbraio 1995 ed organizzata da C.R. FIDAL Toscana e G.S. Virtus Lucca

Carmelo Bosco

Docente presso il dipartimento di Biologia dell'Attività Fisica
Università di Jyväskylä, Finlandia
Visiting professor presso l'Università di Budapest
Professore a contratto presso Università di Roma - Tor Vergata
Coordinatore del Dipartimento Ricerca del CSR della FIDAL
Membro del Comitato Tecnico-Scientifico della FIDAL
Membro Commissione Scientifica Centro Studi & Ricerche FIDAL

In quasi tutti gli sport di squadra (calcio, pallavolo, basket, pallamano, pallanuoto, hockey su ghiaccio e su prato, rugby, football americano, baseball, ecc) le caratteristiche più importanti sono da identificarsi nelle capacità coordinative e neuromuscolari, che si manifestano in campo sotto forma di tecnica individuale. Rapide accelerazioni precedono e seguono repentine decelerazioni in successioni dinamiche che coinvolgono attivazioni muscolari massimali e sub massimali. Spostamenti lineari e cambi di direzione seguono risposte decisionali dettate dalle situazioni di gioco. Queste quasi sempre sono suggerite dagli avversari o dai compagni in strategie e tattiche che non si possono facilmente né controllare né quantomeno predire. Fenomeni collegati ai rapporti spazio-temporali e rapidi adattamenti, devono essere prontamente realizzati impegnando in modo massimale ed intenso le caratteristiche di forza esplosiva e di rapidità. Praticamente un giocatore in una partita, di qualsiasi disciplina, realizza movimenti tecnici ed azioni dinamiche che devono essere eseguite attraverso attivazioni massimali di forza esplosiva. Le capacità di forza esplosiva sono collegate al reclutamento di fibre veloci (FT). Le proprietà morfologiche di queste fibre sono quelle che permettono di tirare il pallone da calcio a velocità superiore ai 100 km/h (p.e. Luhtanen, 1985), o la palla da baseball oltre i 180 km/h o di eseguire balzi verticali (pallavolo, pallamano, basket ecc.) in cui si richiede, in tempi brevissimi (159 - 300 ms), lo sviluppo di elevatissimi gradienti di forza (Fig. 1). A manifestazioni di forza esplosiva seguono generalmente periodi di recupero che permettono, utilizzando processi metabolici di tipo aerobico, di ripristinare le energie di pronto impiego, utilizzate in forma massiccia durante le azioni dinamiche pre-

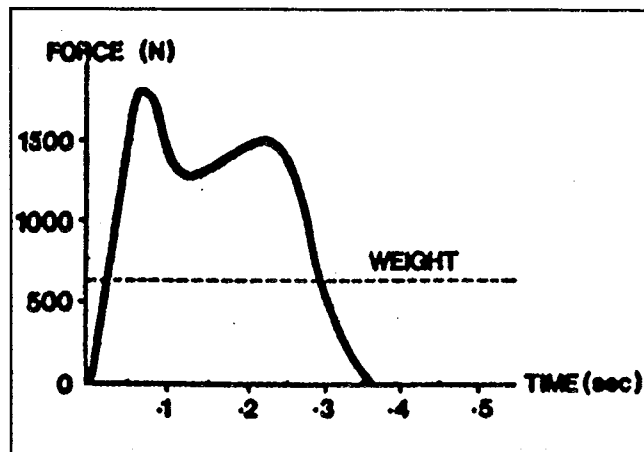


Fig. 1 - registrazione della forza verticale nello stile hop (piedi pari)

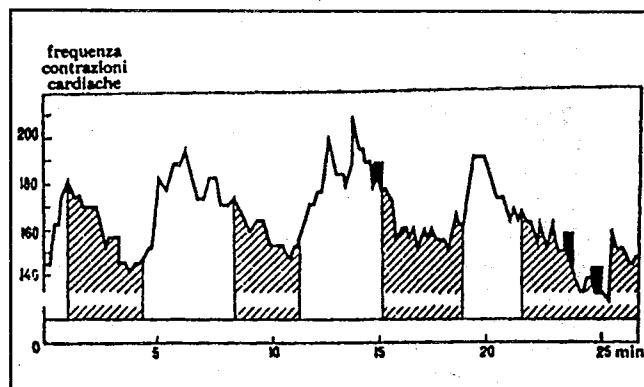


Fig. 2 - Radiopulsogramma della frequenza delle contrazioni cardiache durante un set (il campo tratteggiato è il gioco sulla linea di difesa, il campo bianco è il gioco sulla linea d'attacco, il campo nero rappresenta gli intervalli di 30 secondi, secondo A.V. Beljaev).

cedenti (Fig. 2). In conclusione, se la forza esplosiva e le capacità di sprint ed accelerazioni sono collegati alle FT (Bosco e Komi, 1979), nel momento di recupero e di ritorno verso la propria area il movimento viene eseguito reclutando le fibre lente (ST) (Fig. 3). Si deduce che ST e FT hanno un ruolo differenziato che è correlato al tipo e qualità di contrazione muscolare richiesta per svolgere una determinata azione. Si evidenzia come il ruolo dei due tipi di fibre sia insostituibile e che il miglioramento delle qualità delle FT si rende indispensabile. Alcuni autori (p.e. O'Shea, 1976) suggeriscono, ai fini di migliorare la forza esplosiva di incrementare prima i livelli di forza massimale e di trasformarla dopo in forza veloce. Infatti le esercitazioni di forza esplosiva utilizzate direttamente per migliorare la prestazione si possono realizzare utilizzando carichi sub massimali e dopo aver eseguito un periodo di allenamento di forza massimale. Tutto

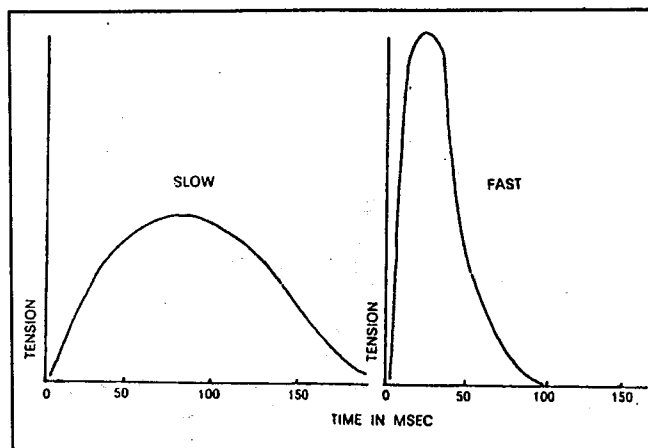


Fig. 3 - Illustrazione della relazione forza-tempo per le fibre lente, a sinistra, e per quelle veloci a destra.

questo deve essere applicato negli sport individuali, in cui si cerca di ottenere espressioni di altissimo livello di forza esplosiva (p.e. sprint, salto in alto, salto dal trampolino, ecc). Nel caso in cui l'atleta è impegnato in prestazioni di forza esplosiva ripetuta nel tempo, come spesso avviene negli sport di squadra, allora la metodica più efficiente si ottiene lavorando con mezzi specifici.

Occorre premettere che il miglioramento della forza massima può avvenire solo rispettando i seguenti principi:

- a) il carico di lavoro deve essere progressivo, non può essere inferiore al 70% del carico massimo (CM) e deve essere eseguito per non meno di 2-3 volte la settimana e protratto per almeno di 6-8 settimane (p.e. Sale, 1988);
- b) allorché si pensasse di utilizzare carichi inferiori al 70% del CM, verrebbero prevalentemente reclutate fibre lente e nel caso di attivazione di fibre veloci, la frequenza di stimolo sarebbe bassa (Bosco e coll., 1996);
- c) un allenamento settimanale non garantisce lo stimolo sufficiente a determinare modificazioni biologiche significative e permanenti (Atha, 1988);
- d) il miglioramento della forza massima favorisce la perdita di elasticità che a sua volta viene fortemente inibita durante l'attività muscolare svolta nei campi da gioco erbosi (vedi i calciatori, Bosco 1993);
- e) gli effetti indotti dall'allenamento della forza massima sono più pronunciati in soggetti non allenati che in atleti evoluti. In questi ultimi per indurre miglioramenti effettivi occorre pianificare allenamenti specifici e mirati. Non rispettare i principi (b - d) sopra enunciati, significa non indurre adattamenti biologici significativi tali da poter classificare gli esercizi eseguiti come Allenamenti di Forza Massimale (AFM). In questo caso sarebbe più corretto parlare di Muscolazione Generale. Questa attività, d'altra parte, è necessaria per tenere in equilibrio i muscoli impegnati sia nella locomozione sia per svolgere azioni tecniche di gioco (p.e. adduttori, abduttori, glutei, dorsali, addominali ecc.).

Vorrei ricordare che forza e velocità sono create dalle stesse strutture muscolari. Lo stimolo nervoso che raggiunge i muscoli attiva i ponti di actomiosina che scivolando l'uno sull'altro provocano la contrazione. Una analisi dettagliata delle varie espressioni di forza (vedi tavola 1) ci mostra caratteristiche neurogene comuni tra la forza esplosiva e la forza massima (F_{max}). Infatti le due espressioni di forza presentano fortissimi collegamenti di attivazione nervosa, potrebbero verosimilmente rappresentare le basi delle capacità di transfert della F_{max} sulla capacità di forza esplosiva.

Il miglioramento della F_{max} avviene prima con adattamenti e modificazioni di origine nervosa e successivamente, seguono complesse trasformazioni e mutamenti morfologici che conducono all'ipertrofia muscolare. È possibile che i fattori neurali agiscano a diversi livelli del sistema nervoso centrale e periferico. Questo determina come risultato finale un'attivazione massimale di tutte le fibre muscolari. Ciò significa avere la possibilità di stimolare istantaneamente un altissimo numero di fibre muscolari, che in definitiva sono quei processi che determinano la forza esplosiva. Adattamenti neurogeni significa, inoltre, migliorare la coordinazione intra ed inter muscolare che conduce ad un risparmio di energia metabolica, oltre che all'incremento della velocità di esecuzione di un movimento. Studi condotti su atleti, avevano indotto a pensare che l'allenamento della F_{max} determinasse un miglioramento del sistema di reclutamento delle varie fibre muscolari. Pertanto, essendo questo collegato alla forza esplosiva (FE) ne avrebbe favorito un miglioramento. Queste connessioni tra la F_{max} e la FE sono state per lungo tempo considerate gli unici collegamenti biologici tra la F_{max} e la FE. Per tale ragione, in molti sport individuali, in cui la velocità di esecuzione diventa fattore indispensabile per la riuscita della prestazione (p.e. atletica leggera, sci alpino, pugilato, ecc), si cerca di migliorare la forza esplosiva sia con metodologie dirette che attraverso il miglioramento della F_{max} . Il pensare che il miglioramento della forza esplosiva fosse collegato solo al miglioramento della componente neurogena (vedi Tavola 1) aveva scoraggiato l'idea di altre connessioni, specialmente di natura endocrina.

Solo recentemente (Bosco 1993, Bosco e coll. 1995), studiando il comportamento muscolare di uomini e donne, hanno evidenziato un fattore di fondamentale importanza per lo sviluppo della forza esplosiva. Questo fattore è da collegarsi all'effetto prodotto dall'ormone sessuale maschile "il Testosterone" sul comportamento del muscolo scheletrico dell'uomo. Fino a ieri si pensava che il testosterone, oltre che a possedere una funzione determinante nel meccanismo della pubertà, svolgesse anche un'azione anabolizzante. Cioè il testosterone è stato considerato (erroneamente) quale ormone tipicamente anabolizzante. Infatti, anche se il testosterone favorisce l'incremento della sintesi proteica, gli effetti biologicamente più importanti

Tavola 1 - Processi metabolici, enzimatici e neuromuscolari coinvolti in alcune espressioni di forza (da: Bosco 1992, modificato). Simboli: SJ = Squat Jump; CMJ = Counter Movement Jump; Sjbw = Squat Jump eseguito con carico pari al proprio peso corporeo; DJ = Salto pliometrico; CP = fosfocreatina; RN = Reclutamento nervoso; PR = Potenzamento da riflesso miotatico; EC = Elasticità e coordinazione; CM = Carico massimo. Gli asterischi (*) denotano il livello di intervento (Bosco 1992).

Espressione di Forza	CP	ATP	ATP asi	RN	PR	EC	FT	ST	CM%
Esplosiva (SJ) e (CMJ)		*	***	***	*	***	***		20-70
Resistenza muscolare	*					**	(*)	***	20-50
Resistenza Forza Veloce (5s)	***	***	***	***		***	***		20-50
Resistenza Forza veloce (60s)	**	*				***	**	**	20-40
Forza Dinamica Massima (SJbw)		*	**	**			***	*	50-60
Forza Massimale (Fmax)		*	**	***			***	***	70-100
Forza Esplosiva (DJ)		*	***	***	***		*		20-30

preposti ad accelerare i processi anabolici sono le somatomedine e l'ormone della crescita (p.e. Kramer, 1992, Bosco 1993). Inoltre l'effetto del testosterone arbitrariamente viene connesso allo sviluppo della forza muscolare. Tutto ciò non solo non corrisponde a verità, ma induce molti allenatori a conclusioni completamente errate. Il fatto che l'effetto del testosterone non ha nessuna relazione con la forza massimale, viene dimostrato dal fatto che allorquando questa viene espressa in funzione del proprio peso, non

si riscontra nessuna differenza fra uomini e donne (Bosco e coll. 1995, 1996), mentre la concentrazione sierica dell'ormone sessuale maschile è circa 10 volte maggiore nell'uomo rispetto alle donne. Se fosse connesso allo sviluppo della forza, si dovrebbero osservare differenze marcate fra maschi e femmine, come si osservano per lo sviluppo della velocità e la forza esplosiva (Fig. 4). Infatti, sembrerebbe che l'effetto biologico del testosterone agisca prevalentemente sulla velocità dei movimenti.

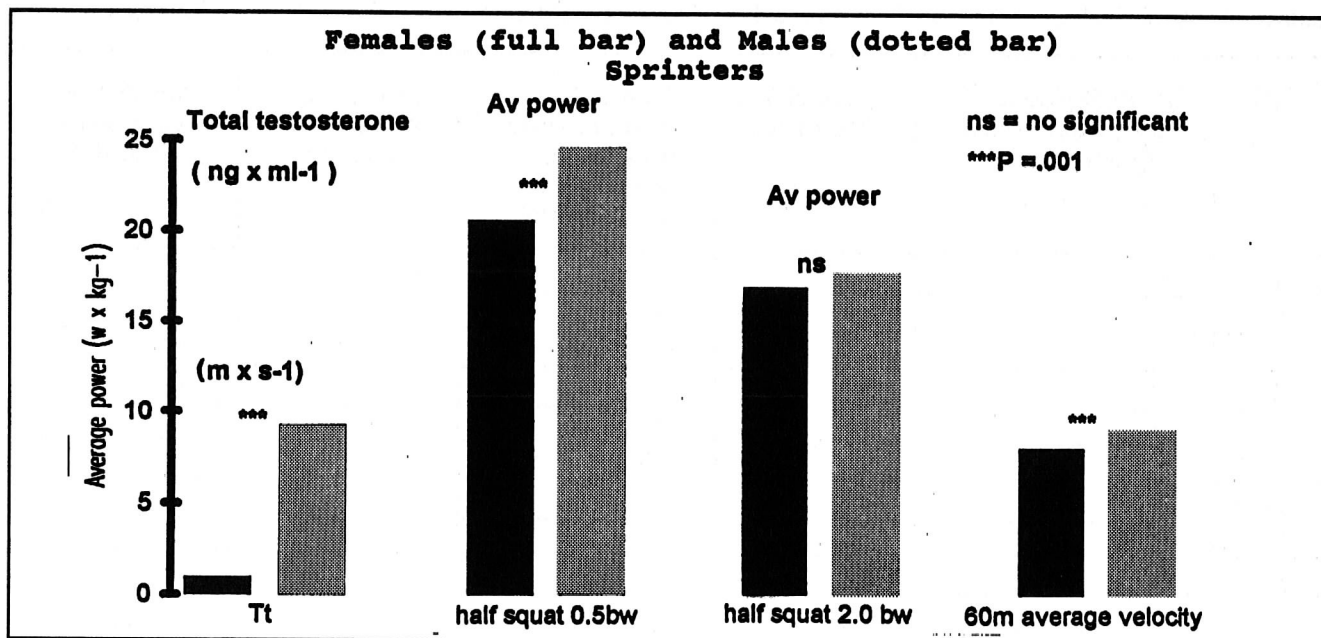


Fig. 4 - Potenza meccanica sviluppata dai muscoli estensori delle ginocchia durante esercitazioni di 1/2 squat eseguito con sovraccarico del 50 e 200% del peso corporeo da atlete ed atleti sprinters della nazionale italiana. Con carichi elevati, in velocità di accorciamento dei muscoli estensori è molto bassa, non si riscontrano differenze statisticamente significative tra maschi e femmine. In contrasto, con carichi bassi, in cui si raggiungono alte velocità, si notano differenze tra maschi e femmine statisticamente significative. Lo stesso si evidenzia per la velocità media di percorrenza sui 60 m piani. Il livello del testosterone sierico viene pure presentato. Gli asterischi *** P<0.001 denotano il livello di significatività delle differenze valutate con il t-test di Student per valori non appaiati (da Bosco e coll. 1996).

Anche se la metodologia dell'allenamento tradizionale suggerisce che il miglioramento della FE avviene successivamente al miglioramento della Fmax, evidenze scientifiche che provengono da esperimenti sull'uomo, hanno evidenziato che la forza esplosiva può essere migliorata senza allenare la Fmax (Bosco 1981). Per migliorare la capacità di Fmax si utilizzano sistematicamente strategie metodologiche specifiche quali il sollevamento pesi o macchine di muscolazione specifiche (p.e. leg press, ecc.). Tralasciando per ora le tecniche di allenamento indirizzate al miglioramento della Fmax, vengono presentati alcuni mezzi di allenamento specifici rivolti esclusivamente al miglioramento della FE sia nelle sue caratteristiche neuromuscolari che metaboliche; questi sono:

- a) Esercizi di sprint su brevi tratti 10 - 30 m (accelerazioni); p.e. 5 x 10m; 5 x 20 m; 5 x 30m (recupero completo fra le serie 1'30");
- b) esercizi di accelerazione su 10, 20 e 30 m ad ogni scatto segue una rapida decelerazione con arresti in spazi brevissimi (recupero completo fra le serie);
- c) corsa in salita su brevi spazi (inferiore a 20 - 30 m recuperi completi fra le serie);
- d) corsa con il traino (spazi brevi < 30 - 40 m);
- e) esercitazioni pliometriche cadendo a gambe diritte da 30 - 40 cm su due piedi (10 x 2-3 serie);
- f) esercitazioni pliometriche cadendo ed arrivando a gambe piegate (angolo al ginocchio sui 90°, secondo il metodo introdotto da Bosco e Pitteira 1982) (10 x 2-3 serie);
- g) come (e) utilizzando una gamba sola;
- h) come (f) utilizzando una gamba sola (queste esercitazioni possono essere eseguite spingendo anche lateralmente) (Analisi più dettagliate sono fornite nei libri di Bosco: Aspetti fisiologici della preparazione fisica del calciatore (1992) e la preparazione fisica nella pallavolo femminile, 1994 della Soc. Stampa Sportiva, Roma);
- i) salite su panche (60-80 cm);
- l) salto in lungo;
- m) balzi multipli;
- n) salti di oggetti;
- o) salti per toccare oggetti sospesi. Uno schema analitico delle qualità che vengono influenzate dai vari mezzi di allenamento sopra descritti è mostrata nella Tavola 2.

I mezzi di allenamento sopra descritti sono mirati esclusivamente al miglioramento della potenza muscolare per atleti impegnati in sport di squadra. Queste esercitazioni possono già essere inserite all'inizio della seconda settimana di preparazione pre-campionato. Due sedute settimanali possono essere eseguite per tutta la preparazione (6-8 settimane). Il volume deve essere gradualmente aumentato fino a raggiungere un livello ottimale, che poi deve costituire la settimana tipo da utilizzare in campionato. La settimana tipo può essere costituita da circa 150-180 esercizi pliometrici, un totale di circa 500-800 di accelera-

Tavola 2 - I mezzi di allenamento (MA) descritti ai punti (a-o) sono presentati in relazione agli stimoli allenanti che provocano sulle caratteristiche biologiche dell'organismo umano. Effetto buono (*), Ottimo (**), Eccellente (***). Da Bosco (cfr).

MA	Forza Esplosiva (Frequenza di stimoli e Reclutamento)	Elasticità Muscolare	Proprietà Neuromuscolari (Riflesso da stiramento e reclutamento)	Metabolismo Anaerobico Alattacido	Metabolismo Anaerobico Lattacido
a	***	*	**	**	
b	***	***	***	**	
c	***		**	**	*
d	***	*	**	**	*
e	**	**	***	*	
f	***	***	***	*	
g	*	*	**	*	
h	**	**	***	*	
i	***	*		*	
l	**	*	*	*	
m	***	***	**	**	
n	**	*	*	*	
o	**	*	*	*	

zioni (a-b) in piano e circa 30 m in salita o con il traino (c-d). Il volume può essere leggermente aumentato durante il campionato. A queste esercitazioni specifiche occorre aggiungere almeno un allenamento di muscolazione generale e due per il miglioramento della potenza aerobica (p.e. Corsa con variazione di velocità (Bosco 1992) o 5 sec sprint e 5 sec di recupero attivo). La scelta di mezzi specifici di allenamento è suggerita dalle seguenti osservazioni:

1) la forza esplosiva raggiunge la massima espressione genetica utilizzando allenamenti di Fmax e FE. Essendo però impossibile mantenere per nove mesi (sport di squadra) livelli altissimi di prestazione, è consigliabile stabilizzarsi sull'85-90% del massimale, che è molto più facile mantenere nel tempo (Bosco 1985);

2) per raggiungere e mantenere 85-90% del massimale sono sufficienti esercitazioni specifiche, con allenamenti bi-settimanali;

3) esercitazioni di forza massimale, con bilanciere, impegnano tutte le unità motorie disponibili, che però vengono sollecitate massimalmente anche utilizzando salti verticali (SJ) e (CMJ) (Bosco 1982);

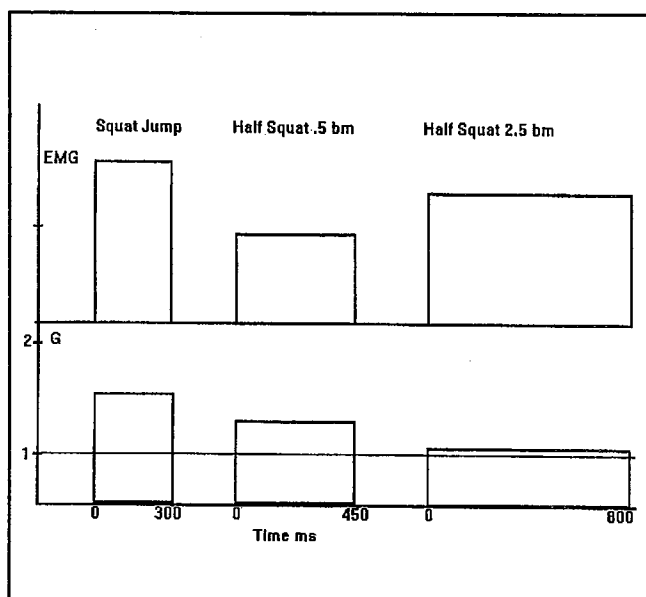


Fig. 5 - Attività elettromiografica registrata nei muscoli estensori del ginocchio (quadricipite femorale) durante l'esecuzione di uno Squat Jump, 1/2 Squat con un carico pari al 50% e con un carico pari al 250% del peso corporeo. Si evidenzia come nello Squat Jump l'entità dell'attivazione mioelettrica è di gran lunga maggiore di quella che si ottiene in prestazioni di 1/2 squat. Nello stesso tempo si può notare che la durata dello stimolo, nello Squat Jump, è solo 40% di quello che si registra nel 1/2 squat eseguito con sovraccarico del 250% del peso corporeo (da: Bosco e coll. 1996).

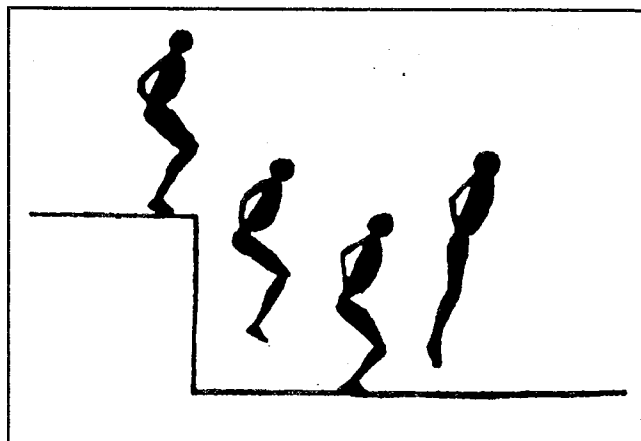


Fig. 6 - Esempio del nuovo tipo di salto a gambe piegate (Bosco e Pitterra, 1982).

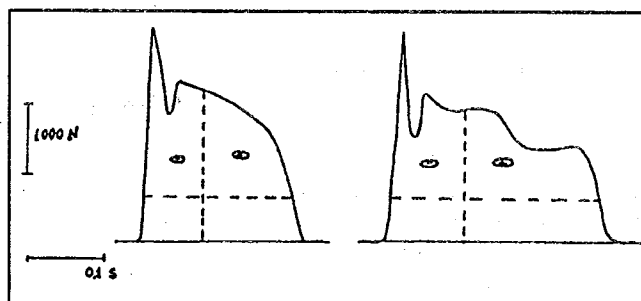


Fig. 7 - Relazione forza-tempo durante salti eseguiti in continuazione da una caduta dall'alto di 60 cm, senza piegare le ginocchia (pliommetria classica) e piegando le ginocchia (a destra) (da: Bosco, 1985).

4) l'unica differenza che esiste tra le due esercitazioni non è l'intensità dello stimolo ma la durata. Usando Fmax, il tempo di stimolo può raggiungere fino a 0.8-0.9 sec, mentre nei salti raggiunge appena 0.3 sec (Fig 5). Usando però il metodo pliometrico introdotto da Bosco e Pitterra (Fig. 6) viene prolungato il tempo di sollecitazione nervosa (Fig. 7).

Alla luce di queste considerazioni appare evidente che per migliorare qualità specifiche, come la forza esplosiva, che deve essere mantenuta per molti mesi (giochi di squadra) non è necessario raggiungere la massima espressione genetica dell'atleta. Raggiungere il 90% è già sufficiente, per realizzare prestazioni di alto livello. Livelli di tale portata possono essere raggiunti anche senza migliorare la Fmax. In ogni caso, per molti sport di squadra (pallavolo, basket, pallamano, ecc.), in cui si ha la possibilità di trasformare sul terreno da gioco carichi massimali, è necessaria una preparazione di Fmax. Questa deve almeno essere allenata per 6-8 settimane nella fase di preparazione pre-campionato. Durante il campionato occorre eseguire dei richiami settimanali in funzione dello stato e delle condizioni dell'atleta. Il numero delle ripetizioni deve es-

sere somministrato individualmente in funzione delle caratteristiche morfologiche dei muscoli delle gambe. Queste possono essere rilevate indirettamente con il Test di Bosco, che attraverso l'uso di un microprocessore dedicato Ergojump-Bosco System (Psion XP,MA.GI.CA., Roma) dà la possibilità di stimare la percentuale di fibre veloci posseduta dall'atleta.

BIBLIOGRAFIA

ATHA J (1981) Strengthening In: Di Miller (Ed) Exercise and sport sciences reviews. Philadelphia Franklin Institute, Vol. 9,1-73;
 BOSCO C, KOMI PV (1979) Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle. Eur J Appl Physiol 41: 275-284;
 Bosco C. (1981) New tests for measurement of anaerobic capacity in jumping and leg extensor muscles elasticity. Volleyball, I.F.V.B. Official Magazine, 1: 22-30;
 Bosco C, C Pittera (1992) Zur Trainingswirkung neunwöchiger Sprungübungen auf die explosive Kraft. Leistungssport 12, 1: 36-39;
 Bosco C, (1992) La valutazione della forza con il test di Bosco. Società Stampa Sportiva Roma;
 Bosco C. (1993) Test di valutazione della donna nella pratica del giuoco del calcio. In: CambiR, Paterni S (eds) Il calcio femminile, aspetti medici e tecnici, Atti del Convegno nazionale Figc Publisher, Rome, pp 219-230;

Bosco C, Colli R, Bonomi R, e coll. (1996, lavori in corso);
 BOSCO C, BELLI A, ASTRUA M, TIHANYI J, POZZO R, KELIS S, TSARPELA O, FOTI C, MANNO R, TRANQUILLI C (1995) A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. Eur J Appl Physiol 70: 379-386;
 BOSCO C., TIHANYI J., VIRU A. (1996)? Relationships between field fitness test and basal serum testosterone and cortisol levels in soccer players. Clinical Physiology (in press);
 LUHTANEN P (1985) Development of individual skills in maximal kicking and striking movements. AISEP; ADELPHI World Sport Conference abstracts, pag 58, New York;
 O'Shea JP (1966). Effects of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy? Research Quarterly, 37,1: 95-105;
 Kraemer W.J.: Hormonal mechanisms related to expression of muscular strength and power. In: P.V. Komi (ed). Strength and power in sport, Scietific Publications, Oxford, 1992, pp. 64-67;
 Sale D.G. (1988) Neural Adaptation to resistance training. Med. Sci Sports Exerc 20: 135-145.

*Indirizzo dell'Autore:
 Carmelo Bosco
 Laaksokatu, 16
 50100 Mikkeli
 Finlandia*