

L'influenza del testosterone sulla forza

Carmelo Bosco

Coordinatore del Dipartimento Ricerca del Centro Studi & Ricerche FIDAL
Membro del Comitato Tecnico-Scientifico della FIDAL

1. LA FORZA ESPLOSIVA

In tutte le specialità di atletica leggera ed in moltissime discipline sportive (scherma, sci apino, tennis, ecc.), il miglioramento della prestazione è collegato direttamente al miglioramento della potenza muscolare. La potenza muscolare a sua volta dipende da due fattori fondamentali: uno energetico e l'altro neuromuscolare. Le capacità dei sistemi energetici di produrre elevate quantità di energia biochimica caratterizzano le specialità di corsa (dai 100 m alla maratona). Nelle discipline di corsa veloce (100-400 m.), oltre ai sistemi bioenergetici (potenza anaerobica lattacida e lattacida e resistenza alla forza veloce), un ruolo molto importante spettano alle proprietà neuromuscolari. Queste caratteristiche fisiologiche sono quelle che determinano la capacità di sviluppare in brevissimo tempo elevati gradienti di forza (Fig. 1).

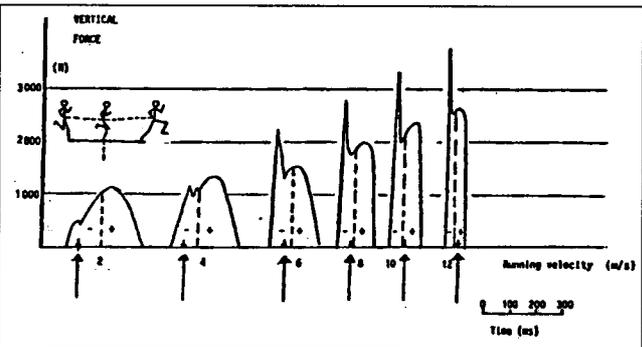


Fig. 1. Forza di reazione del terreno nella direzione verticale durante differenti velocità. Passando da velocità bassa (2-4 m/s) ad altissima velocità (10-12 m/s) il tempo contatto si fa sempre più piccolo e la forza sempre più elevata (da: Bosco 1992, Track Technique, 124).

La capacità di sviluppare gradienti di forza massimale in forma balistica caratterizzano tutte le specialità dei salti, dei lanci oltre che lo sprint (Fig. 2).

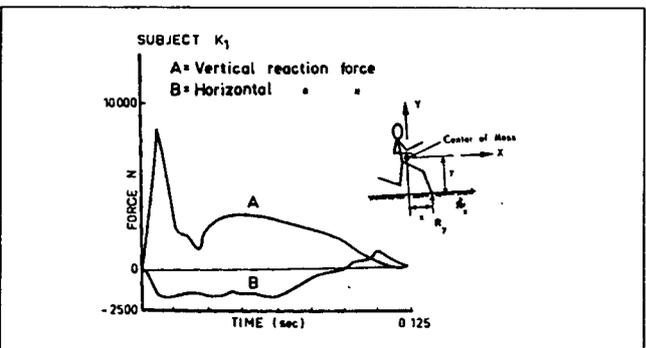


Fig. 2. Forza di reazione del terreno nella direzione verticale (A) ed orizzontale (B) durante lo stacco del salto in lungo (da: Bosco C., Luhtanen P., Komi P.V., 1976, Biomechanics V-B, pp. 174-180).

Quindi la forza esplosiva (FE) rappresenta la qualità muscolare fondamentale per moltissime discipline sportive. Una definizione completa e scientificamente esatta della FE non è facile trovarla. Nonostante ciò, si è avuta la possibilità di poter identificare i fattori e gli elementi che contribuiscono alla sua manifestazione. I fattori che sono stati individuati essere strettamente collegati alla FE sono i seguenti:

- 1) frequenza degli impulsi nervosi che dal cervello arrivano ai muscoli;
- 2) numero delle fibre muscolari a cui vengono inviati i messaggi;
- 3) influenza dei biofeedback delle cellule di Renshaw dei propriocettori (o fusi muscolari) dei corpuscoli tendinei del Golgi (Golgi Tendon Organs GTO) dei recettori articolari ecc., a livello spinale o/e soprspinale;
- 4) tipo di fibre muscolari (Fibre veloci (FT), o/e lente (ST), ed intermedie (FTR));
- 5) dimensione e tensione prodotta da ciascuna fibra muscolare, che dipendono rispettivamente dalle masse e dal peso molecolare della struttura proteica che costituisce la fibra;
- 6) condizioni fisiologiche in cui si trova la fibra muscolare prima che venga sviluppata la forza esplosiva (stato di riposo, attivo), cioè se il lavoro concentrico o positivo viene eseguito dopo uno stiramento attivo (lavoro eccentrico) del muscolo o se viene prodotto partendo da condizioni di riposo;
- 7) stato di allenamento in cui si trova la fibra muscolare, questo interessa sia il comportamento neuromuscolare che quello metabolico della fibra stessa;
- 8) livello della concentrazione di testosterone in circolo.

La forza muscolare e la velocità sviluppate dal lavoro muscolare sono difficili da distinguere l'una dall'altra. Ambedue vengono prodotte dallo stesso meccanismo di controllo e guida che è il sistema neuromuscolare. La velocità di contrazione di un muscolo dipende dall'entità del carico esterno; con carichi alti si ottengono velocità basse e

viceversa (Hill 1938). Il prodotto della forza estrinseca e della velocità sviluppata determinano la potenza meccanica che il muscolo può realizzare con quel determinato carico. La potenza massima (Pmax) che un muscolo sviluppa si ottiene generalmente quando la forza raggiunge il 35-45% della forza massima (Fmax) ed il 35-45% della massima velocità di accorciamento (Vo), questo si verifica sia nel muscolo isolato (Hill 1938) che in vivo (Bosco e coll 1982). La FE si può identificare con la Pmax, dato che rappresenta l'espressione più elevata di produzione lavoro, in brevissimo tempo, che coinvolge sia i meccanismi neuromuscolari che quelli morfologici e strutturali.

**2. LA FORZA MASSIMALE
E LA FORZA DINAMICA MASSIMA**

La Fmax che si misura generalmente con una RM o con full squat e la FDM che descrive la capacità di sollevare un carico, pari al peso del corpo, durante l'esecuzione del mezzo squat jump (Bosco 1985), contrariamente a quanto si pensa non sono prerequisiti essenziali per poter eccellere in molte discipline sportive. Ciononostante, possedere un livello elevato di Fmax e di FDM è fondamentale per poter sviluppare gradienti elevati di forza esplosiva (forza veloce, forza rapida). Tutto ciò è conosciuto empiricamente ed è applicato praticamente da allenatori e metodologi dell'allenamento nei loro piani di allenamento. Infatti i programmi di lavoro muscolare prevedono un inizio di stimolo allenante rivolto al miglioramento dei processi biologici che sono alla base dello sviluppo della Fmax e della FDM, e successivamente una focalizzazione di lavoro specifico sulla forza esplosiva e su quella speciale. In altri termini, ci cerca di incrementare il livello di Fmax e FDM, di stabilizzarne il rendimento, per essere successivamente trasformate in forza esplosiva (forza veloce, ecc.). Questi processi, fra l'altro complessi e complicati, possono essere praticamente realizzati poiché le basi dei fenomeni biologici che caratterizzano lo sviluppo di Fmax e di FDM non sono dissimili da quelli connessi allo sviluppo della forza esplosiva. Logicamente molti altri parametri e fenomeni biologici sono completamente differenti, per esempio la relazione tra la forza e la velocità, ma è proprio il compito della scienza dell'allenamento cercare di trovare le soluzioni migliori che permettano di trasformare e trasferire gli adattamenti biologici prodotti dall'allenamento della forza massima verso quelli che sono utili allo sviluppo di elevati livelli di forza esplosiva.

La vecchia metodologia dell'allenamento prevedeva all'inizio di preparazione un periodo di allenamento rivolto esclusivamente al miglioramento della Fmax (2-3 mesi) e successivamente un periodo di trasformazione a cui seguiva un'altro di allenamento di forza speciale. Le nuove concezioni supportate da esperienze di natura empirica e

sperimentale prevedono lavori di forza massima e di forza esplosiva nello stesso periodo; all'inizio della preparazione viene enfatizzata di più la Fmax e successivamente quella esplosiva e la forza speciale (specialmente prima della stagione agonistica).

Una disamina dei processi biologici che sono alla base dello sviluppo della Fmax e FDM ci può aiutare a capire come l'allenamento pianificato in forma razionale possa indurre stimoli e modificazioni complesse, del sistema neuromuscolare sollecitato, in modo tale che da un miglioramento dei livelli di FDM si possano raggiungere progressivi miglioramenti della forza esplosiva.

È un fenomeno, ormai, ben documentato quello relativo al primo adattamento biologico degli stimoli indotti dall'allenamento della forza massima che sono di origine neurale (p.e. Moritani e de Vries, 1980), a questi seguono complesse trasformazioni ed adattamenti morfologici che conducono all'ipertrofia muscolare (Fig. 3).

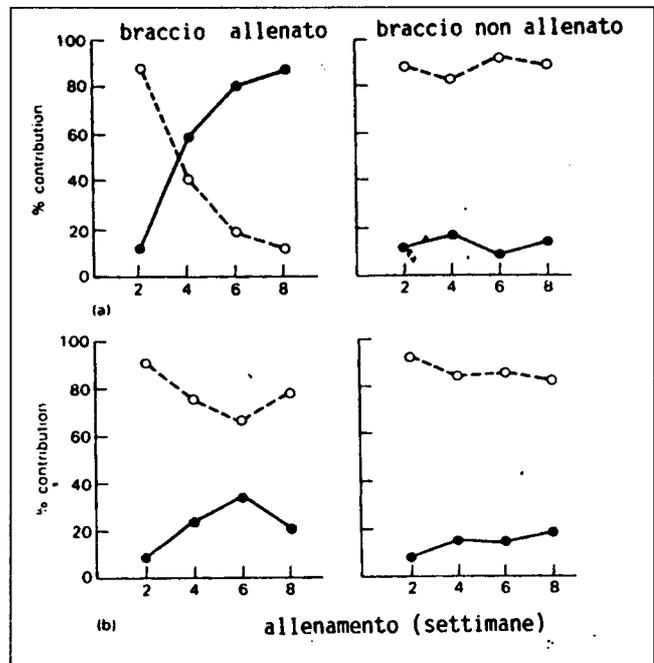


Fig. 3. L'incremento di forza massima ottenuta durante l'allenamento è presentata in funzione della percentuale di contributo apportata da fattori neurogeni (o) e da modificazioni morfologiche «ipertrofia» (•) in braccia allenate e in quelli controlaterali non allenati per giovani (a) e vecchi (b) (da Moritani e de Vries, 1980).

È possibile che i fattori neurali agiscano a diversi livelli del sistema nervoso centrale e periferico determinando come risultato finale un'attivazione massimale delle varie unità motriche coinvolte. L'importanza della influenza del sistema nervoso è anche dimostrata indirettamente da studi condotti sugli effetti prodotti dalla stimolazione elettro-

ca (p.e. vedi Mac Donagh e Davies, 1984; Davies e coll., 1984). I loro risultati hanno dimostrato che la somministrazione di 80 contrazioni tetaniche della durata di 10 s. ciascuna prodotta da stimolazione elettrica non indusse nessun miglioramento della forza, indicando che l'attivazione volontaria del SNC deve essere presente per poter provocare miglioramenti sostanziali dello sviluppo della massima forza volontaria.

Occorre ricordare che tra i fattori di natura neurogena quello che subisce i primi adattamenti all'allenamento di forza massimale è quello relativo al reclutamento di nuove unità motorie. Successivamente migliora la capacità di reclutamento temporale, cioè vengono reclutate nel medesimo tempo un numero sempre più largo di unità motorie, ed infine migliora la capacità di emettere impulsi di stimolo ad alta frequenza. Quest'ultimo adattamento, in contrasto con il fatto che occorre un periodo di tempo molto lungo prima che si producano adattamenti stabili, si perde velocemente in mancanza di allenamento (Sale, 1988). Pertanto dopo un primo periodo in cui si verifica un miglioramento della forza massimale, dovuto a fattori neurogeni che include un miglioramento della coordinazione inter ed intra muscolare, avvengono dei processi di rasformazione ed adattamento morfologico. Infatti l'ulteriore miglioramento che segue viene sostenuto da un aumento della sezione trasversa del muscolo (Ipertrofia) (vedi Fig. 4; da: Sale, 1988).

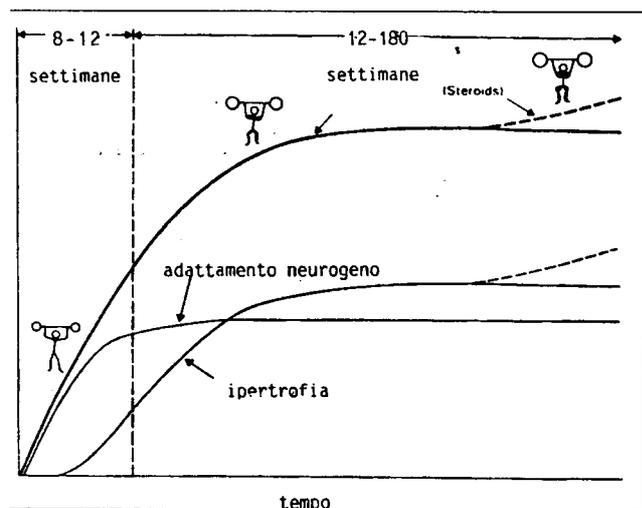


Fig. 4. Rappresentazione schematica dei relativi ruoli di adattamento neurale e morfologico all'allenamento di forza massimale. Nella prima fase di allenamento si nota una fase predominante di adattamento neurale. Questa fase è stata nella maggior parte delle ricerche pubblicate nella lettura internazionale. Lavori sperimentali che sono stati protratti per lungo tempo mostrano un successivo adattamento neurogeno e la relativa iperatrofia (modificato da: Sale, 1988).

Raggiunto il culmine dello sviluppo naturale della forza, solo procedimenti molto pericolosi alla salute (p.e. cancro

al fegato, alla vesciva ecc.) possono migliorare ulteriormente i livelli raggiunti attraverso l'uso di ormoni steroidei. L'incremento della sezione trasversa del muscolo che si verifica generalmente nell'uomo che si allena con i normali mezzi tradizionali (bilanciere, pesi, ecc.) è determinato solamente da un incremento della componente contrattile del muscolo e da un aumento del tessuto connettivo interstiziale (p.e. Mac Dougall, 1986), (Fig. 6). Pertanto fino a quando non saranno presentate evidenze scientifiche più rilevanti, è da escludere, come suggerito da qualche autore, un significativo aumento delle fibre muscolari (iperplasia), tranne che nei casi in cui vengono sostituite fibre necrotiche.

3. RELAZIONE TRA LA FORZA MASSIMALE, LA FORZA ESPLOSIVA ED IL TESTOSTERONE SIERICO

Come precedentemente descritto 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'iperatrofia 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 (Milner-Brown e coll 1975). 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. Adattamento neurogeno 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 favorirebbe il miglioramento. Le interazioni tra la forza esplosiva e quella massima sono state per lungo tempo considerate gli unici legami biologici tra le due espressioni di forza. Infatti queste mostrano fra di loro basi comuni di natura metabolica, strutturale e neurogena (Tavola 1). Fra queste, le ultime sembrano possedere maggiori legami funzionali (Tavola 2).

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, sia attraverso il miglioramento della F_{max} . Pensare che il miglioramento della forza esplosiva fosse collegato solo al miglioramento della componente neurogena aveva scoraggiato l'idea che altre connessioni, specialmente di natura endocrina potessero influenzare le due espressioni di forza.

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; SJbx = Squat Jump eseguito con carico pari al proprio peso corporeo; RN = Reclutamento nervoso; PR = Potenzamento da riflesso miotatico; EC = Elasticità e coordinazione; FT = fibre veloci; ST = Fibre lente; CM = Carico Massimo. Gli asterischi * denotano il livello di intervento (Bosco 1992).

Espressione di Forza	ATP	ATP asi	RN	PR	EC	FT	ST	CM%
Esplosiva (SJ) e (CMJ)	*	***	***	*	***	***		20-70
Forza Dinamica Massima (SJbw)	*	**	**			***	*	50-60
Forza Massimale (Fmax)	*	**	***			***	***	10-100

Tavola 2 - Fattori principali che costituiscono le caratteristiche basilari delle funzioni neuromuscolari predisposte allo sviluppo della forza esplosiva e della forza massima. Gli asterischi (*) denotano il livello di importanza (Bosco).

Fattori neuromuscolari	Forza esplosiva (SJ e CMJ)	Forza-max (SJbw)
A) Sincronizzazione delle varie unità motorie	***	***
B) Frequenza degli impulsi che dal cervello arrivano ai muscoli	***	**
C) Coordinazione inter ed intramuscolare	***	***
D) Influenza del biofeedback delle cellule di Renshaw	***	**
E) Influenza inibitoria dei corpuscoli tendinei del Golgi	*	***
F) Potenzamento del riflesso da stiramento (miotatico)	*	
H) Influenza della sezione trasversa dei muscoli		***
I) Influenza della struttura morfologica (% di FT)	***	

Solo recentemente (Bosco 1993a, 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 umano. Fino a ieri si pensava che il testosterone, oltre 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 preposti ad accelerare i processi anabolici sono le somatomedine e l'ormone della crescita (p.e. Kraemer 1992). 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. Che l'effetto del testosterone non abbia nessuna relazione con la forza massimale, viene dimostrato

dal fatto che allorché questa viene espressa in funzione del proprio peso, non si riscontra nessuna differenza fra uomini e donne. 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 della forza esplosiva. Infatti, sembrerebbe che l'effetto biologico del testosterone agisca prevalentemente sulla velocità dei movimenti. Precedenti osservazioni (Bosco 1993a, 1995) avevano evidenziato la correlazione tra la percentuale di fibre veloci stimata con il test di Bosco, (Pedana a conduttanza collegata ad un microprocessore portatile Psion XP, Ergojump-Bosco System, MA.GI.CA. Roma), e la concentrazione sierica di testosterone. Infatti era stata notata su 33 calciatori una correlazione significativa tra la capacità di forza esplosiva (test di Bosco) e la concentrazione sierica di testosterone. Queste osservazioni mi avevano indotto a pensare che il testosterone non doveva giocare nessun ruolo fondamentale nello sviluppo della for-

za massimale bensì avrebbe dovuto svolgere un ruolo indispensabile per lo sviluppo della forza esplosiva e della velocità di movimento. Recentissimi studi da noi condotti (sprinters maschi e femmine della Nazionale Italiana di Atletica) hanno ampiamente confermato quanto precedentemente ipotizzato. A tale scopo si vuole ricordare che non è stata trovata correlazione alcuna, in venti sprinter dei due sessi, tra la forza massimale espressa in funzione del proprio peso corporeo e la concentrazione sierica di testosterone. Nello stesso tempo si è notata una fortissima correlazione tra la concentrazione di testosterone e la capacità di sviluppare forza esplosiva e la massima velocità di corsa (Fig. 5a, b).

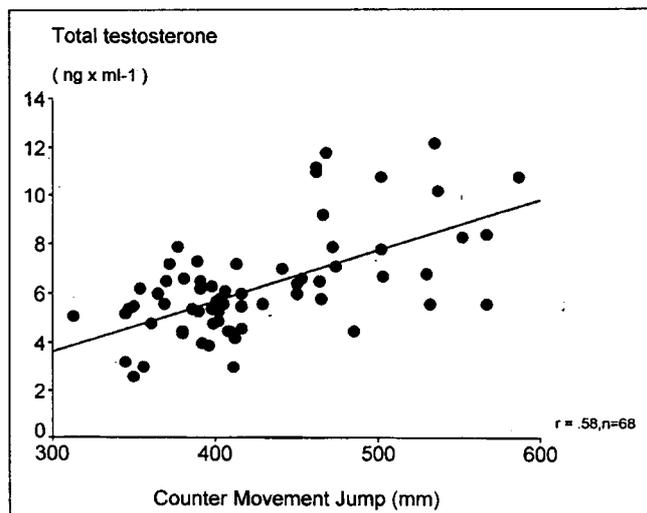


Fig. 5a. Correlazione tra la concentrazione sierica di testosterone e la forza esplosiva misurata con il contromovimento registrata in velociste, velocisti e calciatori professionisti. *** $P < 0,001$

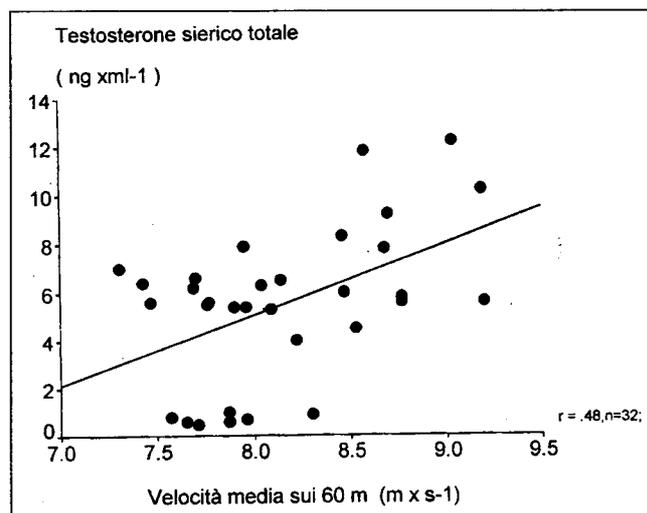
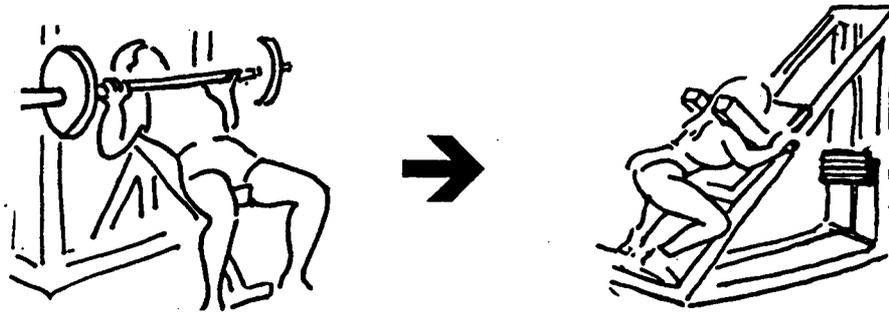


Fig. 5b. Correlazione tra la concentrazione sierica di testosterone e la velocità su 60 m registrata in velociste, velocisti e calciatori professionisti. *** $P < 0,001$

Queste scoperte, che a prima vista potrebbero sembrare irrilevanti, hanno fornito delle indicazioni di fondamentale importanza per capire innanzi tutto il ruolo fondamentale che ha il testosterone nel comportamento muscolare. Finalmente, dopo tanti anni di studi ed investigazioni sembrerebbe che si sia riuscito a stabilire il collegamento biologico ed ormonale che esiste tra il miglioramento della Fmax e quello della FE. Questo è suggerito dal fatto che allenamenti di circa tre mesi di Fmax inducono ad un incremento del testosterone (p.e. Hakkinen e coll. 1988). Un elevato livello di testosterone favorirebbe la fenotipizzazione delle fibre veloci e quindi creerebbe i presupposti per poter realizzare espressioni elevate di forza esplosiva, essendo questa fortemente correlata con le fibre veloci (Bosco e Komi 1979). Inoltre l'effetto del testosterone è da collegarsi al sistema nervoso centrale. A questo ormone è stato attribuito un affetto neuromodulatore, che favorirebbe la trasmissione nervosa degli impulsi che dal cervello partono per raggiungere le fibre muscolari (Kraemer 1992). In conclusione, dato che i livelli di tutti gli altri ormoni sono simili sia nelle donne che negli uomini, variando solo la concentrazione di testosterone, è facile immaginare come questo sia alla base delle differenze che si riscontrano per i livelli di forza esplosiva e di velocità tra maschi e femmine e non per la forza massimale. Queste nuove scoperte, oltre a spiegare le connessioni esistenti tra il miglioramento della forza massimale e la forza esplosiva, ci suggeriscono altri aspetti fondamentali del ruolo che ha avuto nella storia dell'uomo l'ormone sessuale maschile. Sin dai primi anni della comparsa dell'uomo sulla terra, solo chi possedeva una elevata concentrazione di testosterone poteva affrontare rapidamente eventuali pericoli che si presentavano improvvisamente. L'uomo doveva essere sempre pronto ad affrontare qualsiasi evenienza che gli si presentasse, da perturbazioni ambientali e geografiche. Le variazioni ormonali indotte dalle ostili condizioni che dovevano essere affrontate continuamente dall'uomo, sembra che vengano trasmesse filogeneticamente. Infatti, occorre ricordare che esiste una forte correlazione tra aggressività e concentrazione di testosterone. Quindi sembrerebbe che ci sia una connessione diretta tra aggressività-velocità e testosterone e che questa connessione non indossi vestiti femminili.

Le scoperte scientifiche aiutano spesso a chiarire i gelosi segreti che la natura nasconde, ma praticamente non sempre si possono applicare per migliorare le nostre condizioni di vita. Nel presente caso, le scoperte relative all'influenza che possiede il testosterone sulla FE ha permesso non solo di chiarire molti dubbi, ma anche di suggerire metodi di allenamento più mirati. Gli stimoli indotti dall'allenamento della Fmax, secondo i metodi tradizionali (volume, intensità, ripetizioni, serie e pause) possono influenzare sia l'asse ipotalamo-ipofisi che l'asse ipofisogonadi (Fig. 6).



ALLENAMENTO

IPOTALAMO

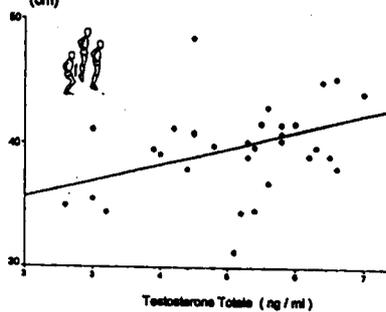
TESTICOLI

Ormone della Crescita (GH)

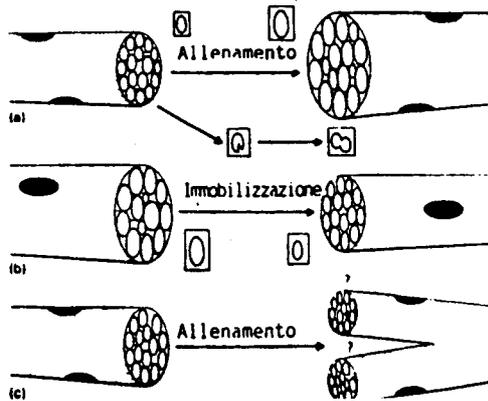
Testosterone

- Metabolismo lipidico
- Risparmia carboidrati
- Sintesi proteica
- Trasporto proteine

Sollevarnato del centro di gravità in CMJ (cm)



Fegato → Somatomedine



FT -Fibers
SNC

After : Kraemer,1992
Bosco,1993

Fig. 6. Rappresentazione schematica degli effetti provocati da allenamento di Fmax. utilizzando pause brevi tra le serie si favorirebbe l'incremento dell'ormone della crescita e quindi l'incremento del turn-over proteico Kraemer e coll. (1990). Pertanto la sezione trasversa delle miofibrille aumenterebbe in proporzione diretta all'incremento delle dimensioni e numero (a). Con l'immobilizzazione la sezione delle fibre decresce in proporzione alla sezione delle miofibrille (b). È stata suggerita una moltiplicazione di fibre indotte dall'allenamento in alcune specie animali, però nell'uomo ciò è molto difficile che possa succedere (c) da: MacDougall (1986). Con pause più prolungate si favorirebbe un aumento del testosterone, che favorirebbe il miglioramento della forza esplosiva e della velocità (Bosco 1993, 1995). Questo è suggerito dall'influenza esercitata dal testosterone sulle FT e sul SNC (Kraemer 1992).

Stimolando l'asse ipotalamo-ipofisi si favorisce una iniezione dell'ormone della crescita (GH). Questo determina un incremento del metabolismo dei lipidi, una riduzione del metabolismo dei glicidi e attraverso l'effetto combinato con le somatomedine (ormoni increti dal fegato) aumenta massicciamente il turn-over proteico. In contrasto, allenamenti di Fmax realizzati con metodologie diverse potrebbero favorire un incremento del testosterone. Un'alta concentrazione di testosterone favorirebbe secondo l'ipotesi di Bosco (1993a, 1995) un miglioramento della forza esplosiva e della velocità. Queste due caratteristiche fisiologiche sono collegate agli effetti determinati dal testosterone, che favorirebbe la fenotipizzazione delle fibre veloci e il potenziamento dell'attività del SN (Kraemer 1992). Bisogna far notare, che a indurre incrementi o di testosterone o di GH non è solo il volume e l'intensità del lavoro ma anche le pause che si rispettano tra le serie. Durante sforzi massimali, secondo il principio di Henneman (1965) tutte le fibre presenti nel muscolo attivato verrebbero reclutate (Fig. 7).

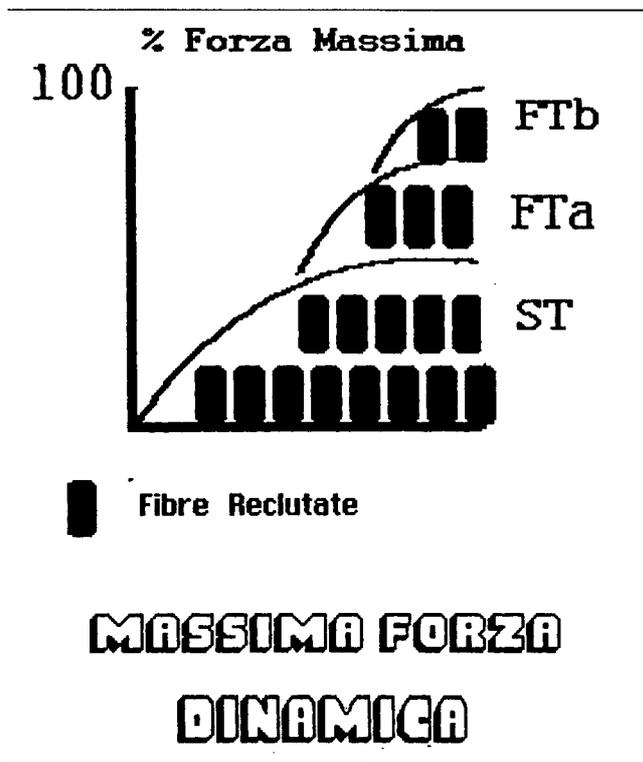


Fig. 7. Secondo il principio di Henneman (1965) la contrazione massima è caratterizzata dal reclutamento di tutte le fibre presenti nel muscolo

Questo significa che dopo l'esecuzione di alcune ripetizioni massimali tutte le fibre diventano esauste. Pertanto la potenza meccanica, dei muscoli attivati, diminuisce con l'aumentare delle ripetizioni massimali eseguite (Fig. 8).

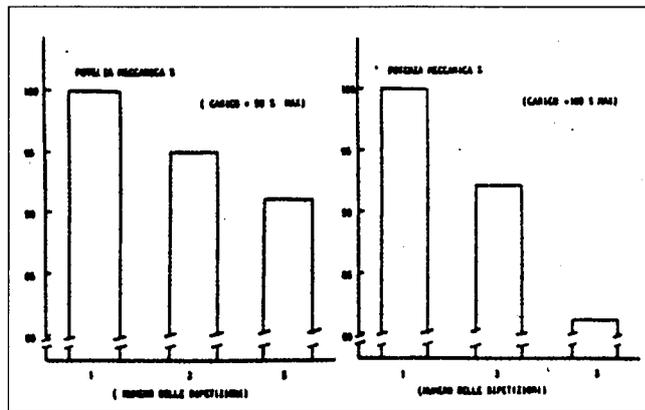


Fig. 8. Variazione della potenza meccanica dei muscoli estensori del ginocchio durante l'esecuzione di una serie di cinque ripetizioni di 1/2 squat con bilanciere sulle spalle pari ad un carico del 90 e 100% eseguiti alla massima intensità (da: Bosco, dati di laboratorio non pubblicati, 1978-79).

Una volta completata una serie, si hanno diverse possibilità di recupero. Nel caso in cui si rispetta una pausa breve (1 min.) tra le serie, l'attività muscolare all'inizio della nuova serie potrebbe essere fortemente limitata. La potenza muscolare difficilmente potrebbe raggiungere i livelli ottimali manifestati all'inizio dell'allenamento (Fig. 9).

Questo potrebbe essere determinato, probabilmente, dall'impossibilità di reclutare tutte le fibre veloci. Queste, esauste per effetto del lavoro precedente, hanno bisogno di periodi più prolungati per recuperare. Nel caso in cui il recupero tra le serie viene prolungato (p.e. 3 min), si darà più possibilità alle FT di recuperare e quindi di contribuire alla realizzazione dello sforzo, sviluppando la massima potenza all'inizio della nuova serie. Nel caso in cui viene rispettata una pausa di recupero breve, si accentua l'incremento del GH (Kraemer e coll. 1990). È stato ipotizzato che osservando un recupero più lungo ed eseguendo poche ripetizioni, al massimo della potenza, si favorirebbe un aumento del testosterone (Bosco 1995). I primi risultati ottenuti con sollevatori di pesi e culturisti hanno confermato questa ipotesi (Bosco e Colli 1995). Occorre ricordare che questi fenomeni si possono verificare sia usando carichi massimali che impiegando carichi submassimali, ma protraendo il lavoro fino alla fatica (Fig. 10).

Quanto esposto non è altro che una mera esemplificazione dei complessi fenomeni che accadono in risposta all'allenamento della Fmax. In conclusione, la mia personale opinione è che l'allenamento della Fmax, oltre a migliorare le caratteristiche neurogene, determini un incremento della iniezione di testosterone. Pertanto il collegamento delle due espressioni di forza non si realizza solamente attraverso le caratteristiche neurogene comuni quali: la frequenza di stimolo, il reclutamento e la sincronizzazione delle unità motorie, ma anche mediante l'influenza a livello nervoso e miogeno del testosterone. Purtroppo gli

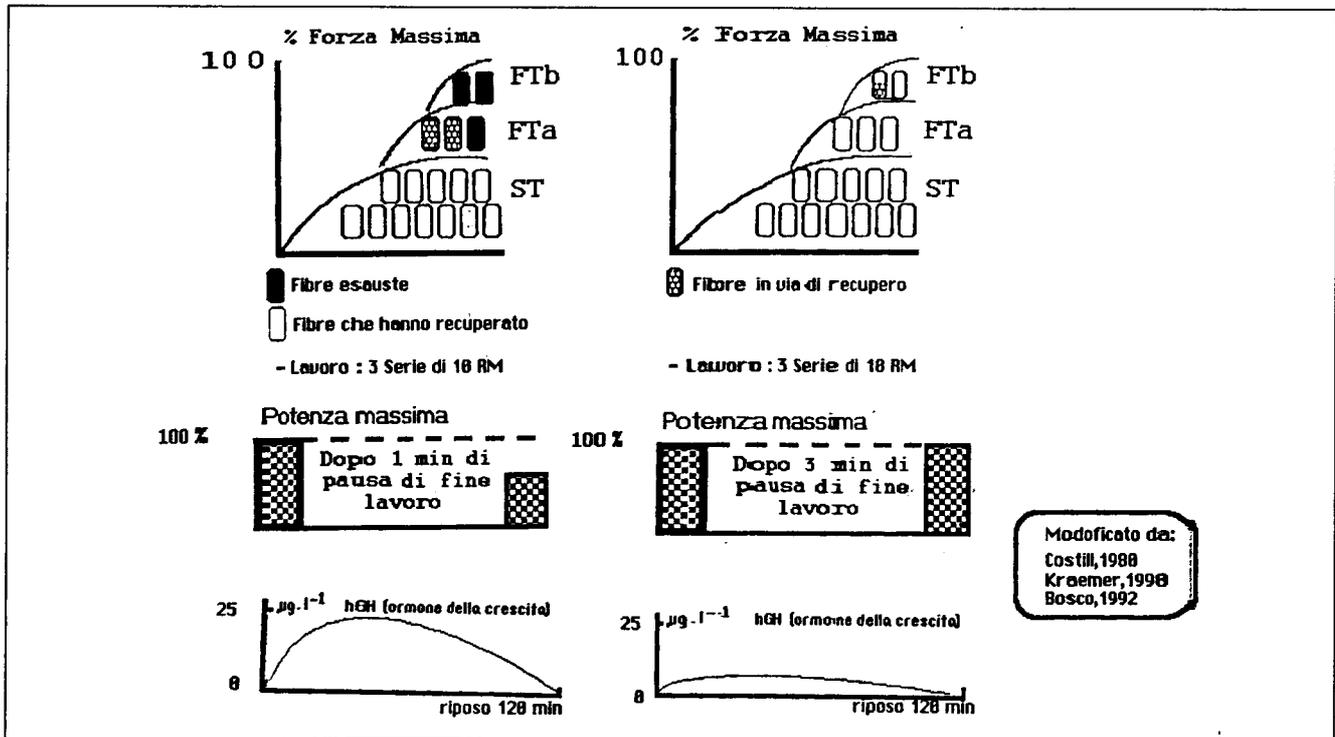


Fig. 9. Rappresentazione schematica delle condizioni muscolari che si determinano dopo un minuto di recupero dalle fine di una serie di 10 RM. Le fibre lente (ST) sono quelle che recuperano prima, mentre quelle veloci (FT) hanno bisogno di una pausa più lunga. Rispettando pause brevi si favorisce lo stimolo dell'ormone della crescita (Kramer e coll. 1990), mentre con recuperi più lunghi si favorirebbe il ripristino delle FT ed un aumento della produzione di testosterone (Bosco 1995).

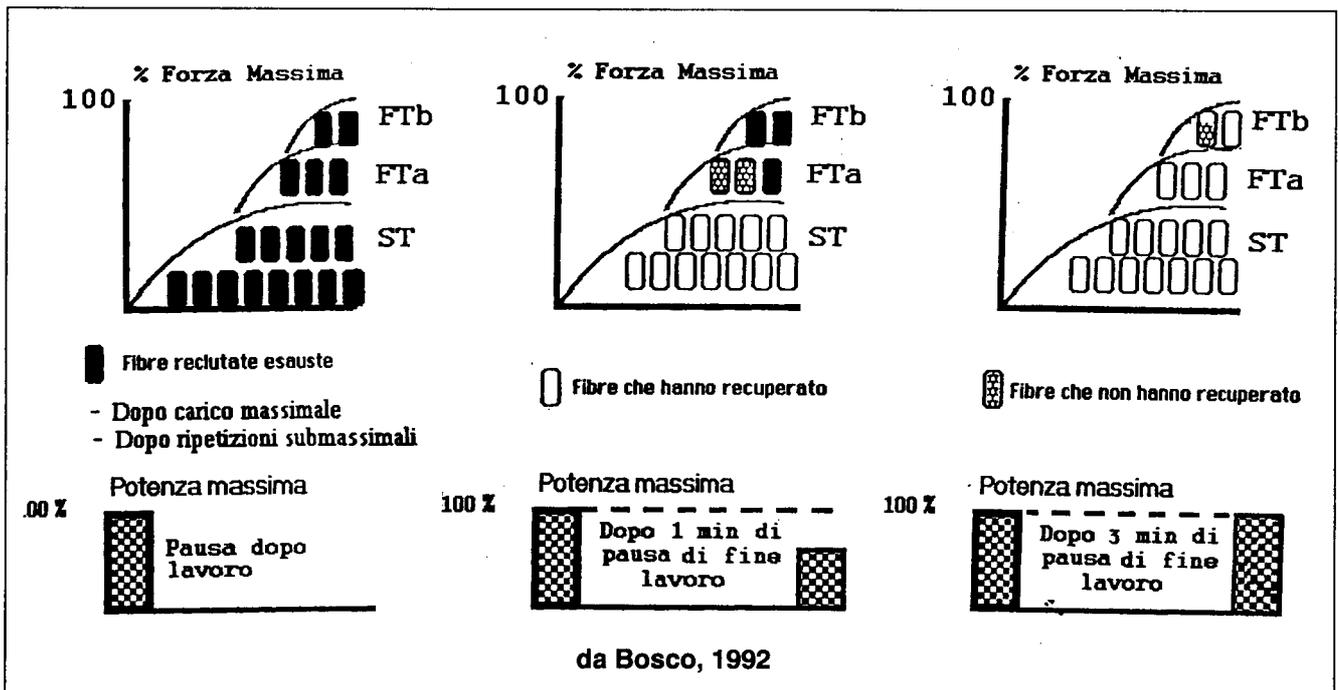


Fig. 10. Come Fig. 9, solo che in questo caso oltre che al carico massimale, l'affaticamento può essere determinato da ripetizioni eseguite con carichi submassimali

effetti temporali e spaziali del testosterone e del potenziamento neurogeno non sono chiari. Infatti, anche se è stato dimostrato che l'incremento della forza, avviene prima attraverso un miglioramento neurogeno e successivamente per adattamenti morfologici (Sale 1988). Non si conosce ancora se il potenziamento neurogeno sia favorito da livelli alti di testosterone circolante. Questi fenomeni saranno senza dubbio motivi di ricerca in futuro.

4. PIANIFICAZIONE PERSONALIZZATA DELL'ALLENAMENTO CON I NUOVI METODI DI BOSCO MEDIANTE L'USO DELL'ERGOPOWER

Le moderne metodologie di allenamento rivolte al miglioramento delle funzioni muscolari nelle varie espressioni di forza (forza massima, forza veloce, resistenza alla forza veloce, ipertrofia e forza resistente) sono state pianificate in modo razionale solo alla fine della seconda guerra mondiale dal capitano dei marines T.L. De Lorm (1945). A suggerire una programmazione pianificata dei carichi di lavoro furono le cause connesse al conflitto bellico, che vedeva un drammatico incremento di uomini disabili e infortunati bisognosi di cure e di specifici piani di riabilitazione neuromuscolare. È stato De Lorm ad introdurre il sistema piramidale, che rappresenta il metodo più veloce per poter, empiricamente, determinare numero di ripetizioni in funzione del carico utilizzato. Infatti il metodo suggerisce che con carichi alti occorre eseguire poche ripetizioni e che questi vengono aumentati con il decrescere del carico da sollevare. Per esempio con un carico pari al 95% del carico massimo (CM) si consiglia una ripetizione, mentre con il 70% del CM le ripetizioni arrivano fino ad otto (Fig. 11).

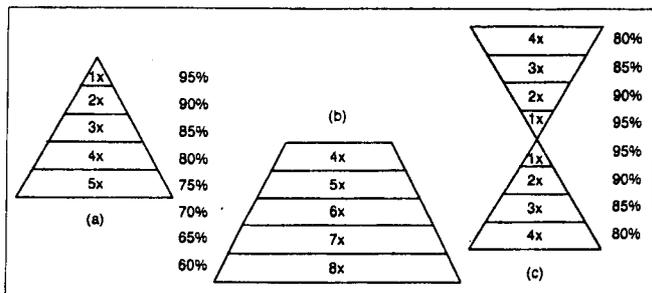


Fig. 11. Esempi di allenamento a piramide normale (a), a piramide tronca (b), ed a piramide doppia (c).

Questo sistema, anche se in qualche modo modificato o variato (vedi il metodo del contrasto introdotto da A. Spassov o delle ripetizioni massime RM) è stato e viene attualmente ancora utilizzato sia per la riabilitazione ma principalmente viene usato per la preparazione di atleti

impegnati nelle discipline sportive più diverse. Pertanto con tale metodo il numero delle ripetizioni, delle serie e le pause di riposo da rispettare tra le serie viene stabilito a priori ed è uguale per tutti, senza considerare le condizioni biologiche e le caratteristiche morfologico-funzionali dell'atleta. Tutto ciò è in aperto contrasto con il principio della specificità dell'allenamento che suggerisce esercitazioni specifiche secondo la disciplina praticata e carichi personalizzati secondo le caratteristiche biologiche dell'atleta (Faulkner 1927). Infatti raramente due atleti, anche se praticanti la medesima disciplina sportiva, presentano caratteristiche morfologico funzionali simili per non parlare di proprietà biologiche che spesso sono trasmesse geneticamente (Komi e coll. 1973). Inoltre occorre ricordare che gli effetti provocati dall'allenamento della forza oltre che sollecitare i processi biochimici e provocare determinati adattamenti morfologici si attivano anche specifiche risposte neurogene. Il sistema nervoso gioca un ruolo fondamentale di controllo ed attivazione non solo dei fenomeni collegati direttamente alla contrazione muscolare, ma e soprattutto determina e coordina le risposte idonee all'evento stressante. Pertanto la prima risposta, che dipende dall'intensità dello stimolo, si osserva nell'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (midollare). Successivamente si stimola l'attivazione della vasopressina e la liberazione di catecolamine. A questa fase iniziale di risposta allo stimolo, definita come fase autonoma, segue un'altra risposta ormonale, molto più complessa, definita come fase metabolica. Le risposte ormonali direttamente interessate agli stimoli provocati dall'allenamento della forza sono connessi ai processi di incremento della sintesi proteica che agisce non solo sul turn-over proteico delle cellule muscolari ma su tutti i processi biologici in generale (substrati, enzimi, tessuto connettivo, cellule nervose, ecc.). La mobilitazione del sistema biologico allo stimolo esterno si manifesta principalmente come risposta dell'ormone della crescita (hGH), delle somatomedine (IGF) degli ormoni tiroidei, oltre che dell'ACTH, testosterone e cortisolo, ecc. Come si evidenzia da questi complessi fenomeni, una programmazione razionale dei carichi di lavoro non è facile da realizzare basandosi solo su esperienze empiriche. Inoltre occorre ricordare che allenamenti molto intensi di Fmax inducono a fortissime perturbazioni omeostatiche. Quindi, non solo diventa di estrema importanza controllare e studiare qual'è il periodo di recupero ottimale fra due serie di esercizi, ma diventa indispensabile verificare, prima di riprendere una nuova seduta di allenamento, se l'atleta ha recuperato completamente dal lavoro precedente. Infatti non è difficile che in mancanza di una rigenerazione ottimale le condizioni biologiche dell'atleta potrebbero precipitare in modo irrimediabile. Infatti se a stress di natura biologica confluiscono stress di natura psichica si possono determinare fortissime sollecitazioni negative sul sistema immunitario, limitan-

done le funzioni protettive. Tutto ciò si nota nel momento in cui l'atleta si ammala continuamente (raffreddore, influenza, ecc.) e molto di più dei sedentari. Seguendo questi insegnamenti, oltre che a test di valutazione funzionale, gli atleti dovrebbero essere periodicamente analizzati sia nel profilo immunologico che in quello ormonale (Bosco 1992). Alla luce di queste considerazioni, una programmazione razionale e personalizzata che possa stimolare adeguati processi biologici non può assolutamente essere adottata basandosi su esperienze empiriche. Infatti la determinazione a priori di carichi di lavoro muscolare non prende in considerazione le condizioni biologiche in cui si trova l'atleta in quel momento. Queste condizioni sono caratterizzate dall'andamento del ritmo circadiano oltre che dall'influenza degli stimoli psico-fisiologici ricevuti precedentemente. Inoltre occorre ricordare che, come avviene per la corsa anche per l'allenamento muscolare, a determinare specifici stimoli biologici è la velocità di esecuzione. Per cui normalmente si verifica che, durante il lavoro muscolare costituito da più ripetizioni, la potenza muscolare sviluppa all'inizio, con l'aumentare del numero di ripetizioni per effetto della fatica diminuisce (Fig. 8) (Bosco 1991). Pertanto se all'inizio dell'allenamento il lavoro muscolare provoca determinati stimoli allenanti desiderati, dopo le prime ripetizioni è impossibile conoscere su quali proprietà biologiche si sta provocando lo stimolo. Per esempio se si lavora con un carico pari al 30% del CM si possono sollecitare adattamenti e stimolare caratteristiche fisiologiche completamente diverse. Lavorando con la massima velocità, che il carico da sollevare permette, si sviluppa la potenza meccanica massima (PM). In questo caso il numero delle ripetizioni viene limitato da fenomeni collegati a fatica non di origine metabolica ma nervosa e le qualità che si migliorano sono la forza esplosiva. Se invece si desidera allenare la resistenza alla forza veloce utilizzando lo stesso carico, la potenza che si deve sviluppare non deve essere superiore a 90% della PM né inferiore a 75-80% della PM. Superando questo valore si determinerebbero condizioni di affaticamento troppo repentino, che limiterebbero la possibilità di continuare il lavoro in modo tale da stressare adeguatamente il metabolismo anaerobico lattacido e lattacido. Mentre livelli di attivazioni più modeste del 75% della PM risulterebbero più specifiche ad uno stimolo diretto al miglioramento della forza resistente. Non conoscere la velocità di esecuzione, quindi, rappresenta un ostacolo inamovibile per ottenere adattamenti specifici e concreti, poiché è proprio la velocità con cui viene realizzato il movimento che favorisce e determina l'adattamento di un processo biologico anziché un altro.

Alla luce di queste osservazioni e dopo circa sette anni di studio sono state trovate alcune soluzioni, capaci di aiutare una programmazione razionale dei carichi di lavoro muscolari, che prendessero in considerazione le caratteristiche

fisiologiche di ogni individuo al momento in cui si effettua l'allenamento. Infatti le nuove metodologie introdotte da Bosco (1991, 1992a, b, c, 1993b, 1994a, b, 1995), si basano sulla registrazione dei fenomeni meccanici, derivanti dall'attivazione fisiologica della contrazione muscolare, con strumenti elettronici capaci di misurare lo spazio del carico sollevato in funzione del tempo (Ergopower®). Questo strumento oltre che poter essere utilizzato come dinamometro trova facile ed utilissima applicazione per guidare e personalizzare il carico di lavoro durante l'allenamento. Infatti recentemente questo strumento è stato prodotto ed incorporato nelle macchine di muscolazione Newform costruite dalla VIGOR srl (Ascoli Piceno), capace di utilizzare i metodi di Bosco. Il sistema operativo è molto semplice così come le relative metodologie di allenamento. Infatti scelto un determinato carico da sollevare, secondo gli stimoli che si desiderano provocare, si esegue, con quel determinato carico, un test impegnandosi al massimo e registrandone la potenza meccanica sviluppata. Allorquando l'atleta si allena, lo strumento segnala l'entità dello sforzo realizzato confrontando automaticamente i livelli di potenza sviluppata con quelli massimali ottenuti durante il test iniziale (Fig. 12).

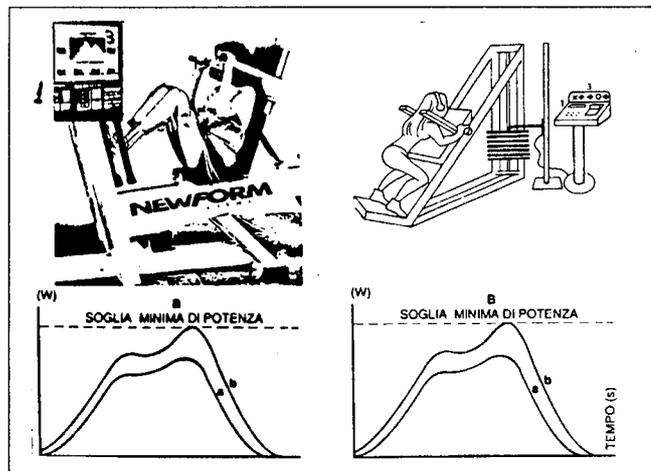


Fig. 12. Rappresentazione schematica dell'Ergopower® collegato a due macchine di muscolazione: leg. press. (Newform della Vigor srl, Ascoli Piceno) (sinistra) a castello (destra). Per ogni esercizio eseguito, la potenza meccanica sviluppata B_a viene calcolata dal microprocessore (1) e confrontata con la soglia minima di potenza B_b . Il confronto tra la potenza realmente sviluppata e quella teorica viene fornito immediatamente attraverso un sistema visivo a feedback (3). Il sistema visivo segnala se l'esercizio è stato eseguito con intensità ottimale o meno.

In questo modo qualsiasi deviazione di sviluppo di potenza, dai livelli desiderati, viene resa nota al soggetto (con un biofeedback visivo ed acustico), in modo tale che l'entità dello sforzo può diminuire o aumentare secondo le specifiche caratteristiche muscolari richieste in quel mo-

mento. La conoscenza istantanea del suo comportamento neuromuscolare permette al soggetto che lavora di dosare in modo equilibrato i propri sforzi realizzando un'attivazione muscolare ottimale e guidata dalle condizioni fisiologiche momentanee. Non appena, per effetto della fatica, l'atleta non riesce a sviluppare il livello minimo di potenza, lo strumento lo segnalerà in modo tale che il lavoro verrà istantaneamente interrotto. Tali sistemi faranno evitare di produrre inutili sforzi ed indesiderati adattamenti biologici, risparmiando energie psico-fisiche, che possono essere utilizzate successivamente, per realizzare sforzi guidati e specifici. Come qualsiasi innovazione le reali interpretazioni di nuovi metodi e teorie risultano molto spesso di difficile acquisizione, specialmente se le nuove idee devono scalzare idee e procedimenti empirici, che in qualche modo hanno prodotto effetti positivi e concreti. Le nuove metodologie di Bosco (1991) non rinnegano i metodi tradizionali dell'allenamento (p.e. metodo piramidale, metodo del contrasto di A. Spassov, o il sistema delle RM), anzi ne usano i principi generali che si basano sul carico progressivo e la variazione di stimolo. La novità del sistema si fonda nella personalizzazione dei carichi di lavoro, sia come volume che come intensità, suggeriti dalle condizioni fisiologiche in cui si trova l'atleta in quel determinato momento. Inoltre questi metodi, basati su principi rigidamente scientifici, permettono di calcolare la pausa di riposo da rispettare fra una serie e l'altra. In altri termini, si cerca attraverso l'osservazione e la registrazione del comportamento meccanico dei muscoli attivati, di seguire e di predire le variazioni biologiche indotte in quel momento dallo stimolo allenante. Tutto ciò è facilitato dal fatto che le variazioni ormonali, metaboliche e neurogene influenzano fortemente il comportamento meccanico del muscolo. Questo significa avere la possibilità di verificare la velocità di recupero di ogni atleta attraverso l'analisi dei vari parametri biomeccanici registrati con l'Ergopower®, senza ricorrere continuamente ad analisi endocrine e del profilo immunologico. Infatti, pur essendo di grande utilità le condizioni tecniche di laboratorio di queste analisi non permettono una lettura istantanea. Pertanto prima di avere una risposta esauriente, passa molto tempo e quindi viene esclusa la possibilità di intervenire rapidamente variando il carico o il tipo di lavoro. Un esempio pratico ci può essere d'aiuto per intraprendere i nuovi metodi diagnostici introdotti da Bosco (1991-1995). All'inizio di stagione (ottobre) generalmente si lavora con due/tre sedute settimanali di F_{max} . A questo punto sarà indispensabile, all'inizio di stagione, registrare con l'Ergopower®, la potenza massima realizzata con un determinato carico (per esempio durante l'esercitazione di mezzo squat eseguito con un sovraccarico pari al peso del corpo dell'atleta, $1/2 S_{bw}$). Dopo la prima settimana di lavoro, all'inizio di ogni seduta di allenamento dovrebbe essere preceduta da una valutazione della potenza con $1/2 S_{bw}$.

Nel caso in cui non si raggiungesse valori vicino al 95-98% della potenza, vorrà dire che l'atleta non ha recuperato e quindi sarebbe inutile seguire il programma di lavoro prefissato. Logicamente questo è valido se si tratta di lavoro muscolare indirizzato al miglioramento delle caratteristiche neurogene o per incrementare l'incremento di testosterone. Se invece l'allenamento di forza è indirizzato per indurre un incremento di massa muscolare (ipertrofia) allora non occorre rispettare una rigenerazione completa. Periodicamente (ogni mese) si dovrebbero seguire test di verifica per aggiornare i valori massimali di potenza che dovrebbero logicamente migliorare con il prosieguo dell'allenamento.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BOSCO C.: *Nuove metodologie per la valutazione e la programmazione dell'allenamento*. SDS, Rivista di cultura sportiva, X, 22: 13-22 (1991).
- 2) BOSCO C.: *Nuovi metodi di pianificazione dei carichi di lavoro*. In: Riabilitazione del traumatizzato e riabilitazione fisica dello sportivo. Atti del V Convegno, Centro Residenziale S. Lucia (ed), 109-123 (1991).
- 3) BOSCO C.: *Nuovo metodo di valutazione dell'esercizio dinamico*. 1st International Isokinetic Congress. Siena 17-18, Maggio 1991. Abstract book, pag. 9 (1991).
- 4) BOSCO C., MOGNONI P., EGGER J.P., CARUSO I.: *A new apparatus for measurement of dynamic muscular work during eccentric and concentric activity*. In: Abstract book of the First Scandinavian Congress in Sports Medicine, Holmenkollen 5-8 November 1992, pag. 70 (1992a).
- 5) BOSCO C., DAMIANI C., FOTI C., GAVA A.: *Un metodo originale dei carichi di lavoro nell'esercizio terapeutico*. In: Metodologie per la riabilitazione cognitiva e motoria. Atti del IV Convegno, Centro Residenziale S. Lucia, 69-81 (1992b).
- 6) BOSCO C.: *Eine neu Methodik zur Einschätzung und programraings Des Trainings*. Leistungssport, 5:21-28 (1992c).
- 7) BOSCO C.: *Evolution and control of basic and specific muscle behaviour in: NACAC Technical Bulletin*. (Ed. IAAF-NACAC, V. Lopez). Proceedings of International work-shop held in Albergue Olimpico, PuertoRico, October 1992, 7-27 (1993).
- 8) BOSCO C.: *Evoluzione nella valutazione strumentale della funzione muscolare*. In: Muscolo e Riabilitazione. Atti del XXI Congresso Naz. 1,83-104 (1993).
- 9) BOSCO C., DE ANGELIS M., SAGGINI R.: *lavoro isotonico e isocinetico a confronto*. In: Attività fisico-sportiva: analisi del movimento. Atti Congresso Nazionale (ANSMDs, G. d'Annunzio), pp. 189-190 (1994).
- 10) BOSCO C., TSARPELA O., KELLIS S., EGGER J.P.: *Planning and control strenght training with a new apparatus*

- for measurement of muscular electrical activity and dynamic work. In: Abstract book. XII International Symposium on Biomechanic in Sports, Budapest-Sifok, July 2-6, 1994a, pag. 35 (1994).
- 11) BOSCO C.: *Metabolic and neuromuscular aspect of muscle activation*. In: Abstract book of the Vth Scandinavian Manual Medicine and Manual Therapy Congress, Marina Congress Center, Helsinki, 1st-3rd September 1994b, pp. 24-25.
- 12) BOSCO C., BELLI A., ASTRUA M., TIHANYI J., POZZO R., KELLIS S. TSARPELA O., FOTI C., MANNO R., TRANQUILLI C.: *A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work*. Eur J. Appl Physiol, 70: 379-386 (1995).
- 13) BOSCO C.: *Elasticità muscolare e forza esplosiva nelle attività fisico-sportive*. Società Stampa Sportiva, Roma (1985).
- 14) BOSCO C.: *Test di valutazione della donna nella pratica del gioco del calcio*. In: Cambi R., Paterni S. (eds) Il calcio femminile, aspetti medici e tecnici Atti del Convegno Nazionale Figc Publischer, Rome, pp. 219-230 (1993).
- 15) BOSCO C., KOMI P.V.: *Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles*. Eur J. Appl. Physiol 41: 275-284.
- 16) BOSCO C., VIITASALO J., KOMI P.V., LUHTANEN P.: *Combined effect of elastic energy and myoelectrcal potentiation during stretch-shortening cycle*. Acta Physiol Scand 114: 557-565 (1982).
- 17) BOSCO C., COLLI R.: Osservazioni non pubblicate (1995).
- 18) DAVIES C.T., DOOLEY P., McDONAGH M.J.N., WHITE M.: *Adaptation of mechanical properties of muscle to high force training in man*. J. of Physiol 365: 277-284 (1985).
- 19) DE LORM T.L.: *Restoration of muscle power by heavy resistance exercises*. Journal of Bone and Joint Surgery 27: 645-667 (1945).
- 20) HAKKINEN K., PAKARINEN A., ALEN M., KAUKANEN H., KOMI P.V.: *Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strenght training in two years*. J. Appl Physiol 65: 2406-12 (1988).
- 21) HENNEMAN E., SOMJEN G., CARPENTER D.O.: *Functional significance of cell size in spinal motoneurons*. J. Neurophysiol 28: 560-580 (1965).
- 22) HILL A.V.: *The heat of shortening and dynamic constants of muscle*. Proc Roy Soc. B 126: 136-195 (1938).
- 23) KOMI P., KLISSURAS V., KARVINEN E.: *Genetic variation in Neuromuscular Performance*. Int. Z. angew Physiol 31: 289-304 (1973).
- 24) KRAEMER W. J., MARCHITELLI L., MCCURRY D., MELLO R., DZIAOS J.E., HARMAN E., FRYKMAN P., GORDON S. E., FLECK S.J.: *Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise*. J. Appl. Physiol 69: 1442-50 (1990).
- 25) KRAEMER WJ: *Hormonal mechanisms related to expression of muscular strenght and power*. In: Komi P.V. (ed) Strenght and power in sport, Scientific Publications, Oxford, pp. 64-67 (1992).
- 26) MAC DOUGALL: *Morphological changes in human skeletal muscle following strenght training and immobilization*. In: Jones N.L., McCartney N., McComas A.J. (eds) Human Muscle Power, Human Kinetics, Champaign, Illinois, pp. 269-288.
- 27) McDONAGH M.J.N., DAVIES C.T.M.: *Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads*. Eur. J. Appl. Physiol 53: 139-155 (1984).
- 28) MILNER-BROWN H.S., STEIN R.B., LEE R.G.: *Synchronisation of human motor units: possible roles of exercises and supraspinal reflex*. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 38: 245-254.
- 29) MORITANI M., DE VRIES H.A.: *Potential for gross muscle hypertrophy in older men*. J of Gerontology 35: 672-682.
- 30) SALE D.G.: *Neural adaptation to resistance training*. Med Sci Sports Exerc 20: 135-145.

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