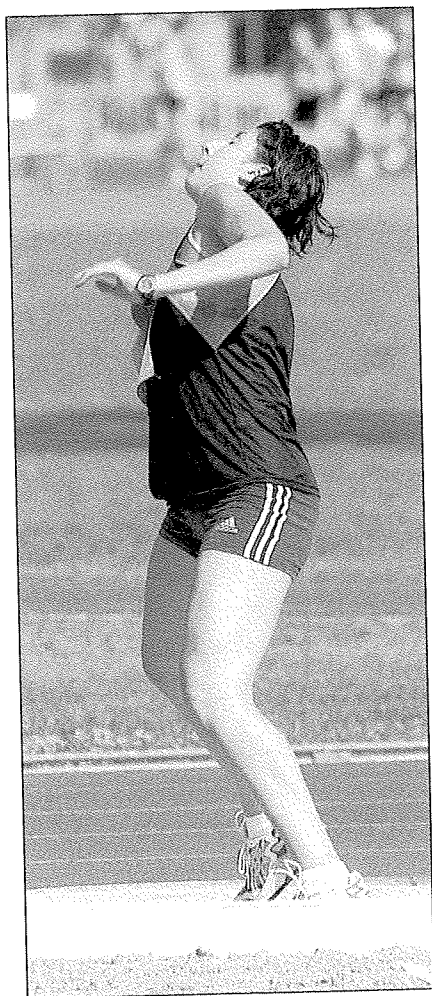


La forza muscolare metodi di sviluppo della forza

Parte prima
Aspetti sulla neurofisiologia muscolare

Nicola Silvaggi
Domenico Di Molfetta



La forza e la velocità, due parametri prodotti dal muscolo scheletrico, sono alla base di qualsiasi movimento che l'uomo compie. Apparentemente questi due parametri sembrano molto dissimili tra loro ma in realtà, essendo prodotti dallo stesso sistema, la dinamica della contrazione muscolare è la stessa: è la dimensione del carico esterno a determinare con quale velocità e forza deve essere spostato il carico.

Il sistema che produce forza e velocità è definito sistema neuromuscolare. Esso è composto dal sistema nervoso definito anche sistema neurale e dalla parte muscolare o sistema miogeno. Il muscolo si contrae e produce movimento in quanto viene eccitato da uno stimolo che parte dall'area motoria del cervello e si trasmette attraverso il midollo spinale, da qui attraverso un motoneurone arriva sulle fibre muscolari. (Fig. 1)

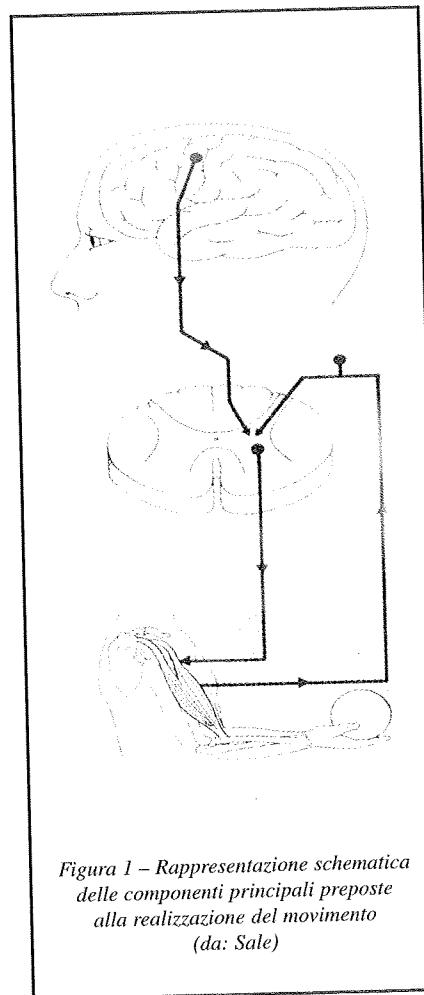


Figura 1 - Rappresentazione schematica delle componenti principali preposte alla realizzazione del movimento (da: Sale)

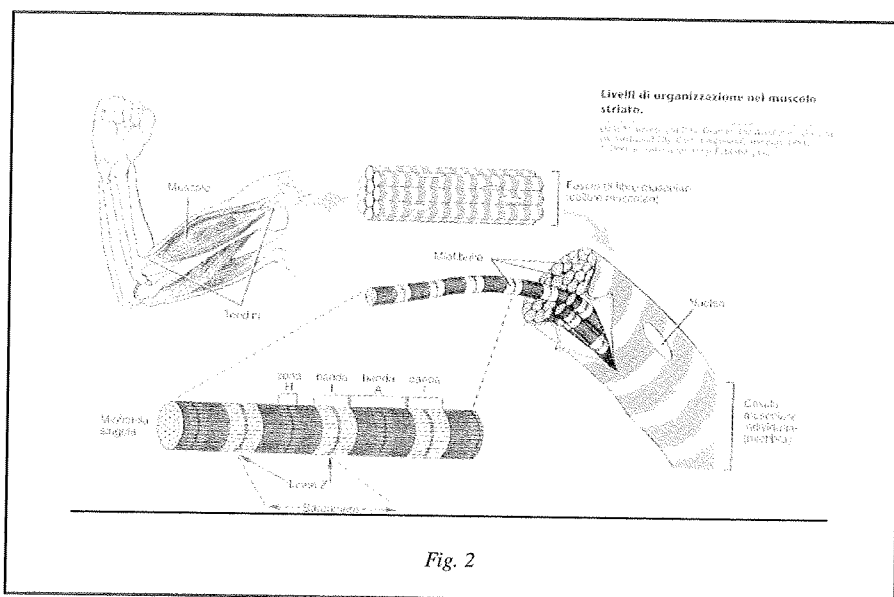
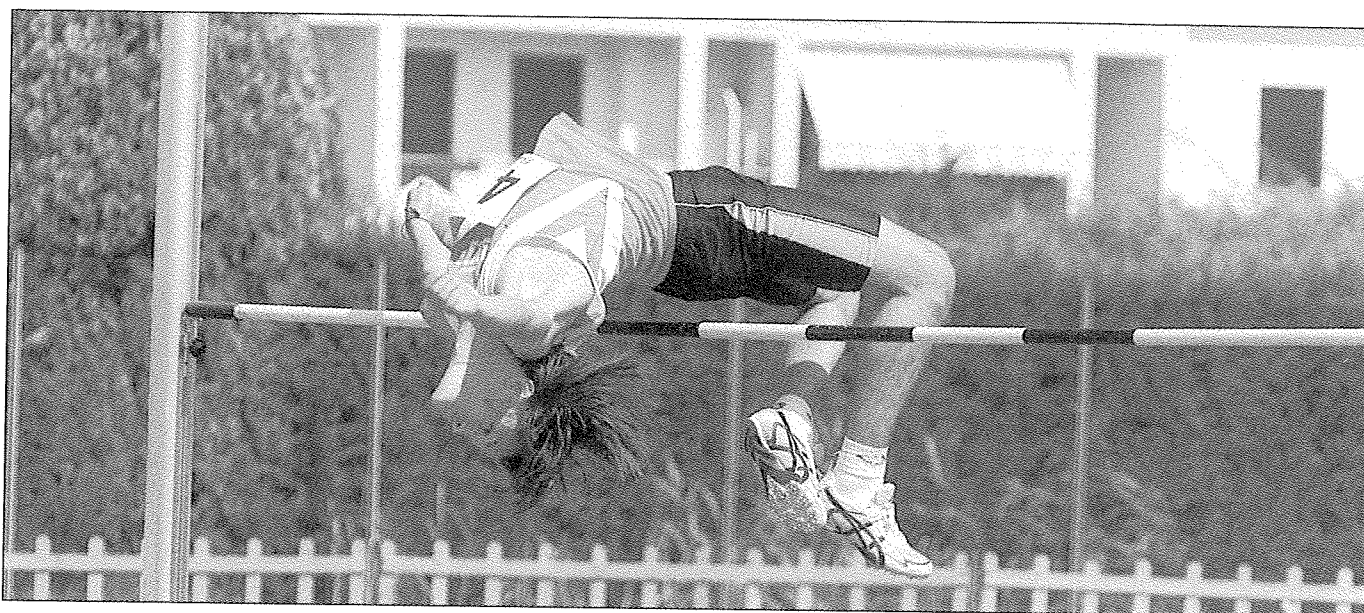


Fig. 2

Le fibre muscolari a loro volta sono formate da sottili filamenti chiamati miofibrille che a loro volta contengono l'unità funzionale del muscolo: il **sarcomero**. (Fig. 2)

Il sarcomero è composto da sottili filamenti proteici: actina e miosina. Quando la fibra muscolare viene raggiunta da uno stimolo nervoso i filamenti di actina e miosina reagiscono formando il cosiddetto "cross-bridge" ponte actomiosinico, per mezzo del quale i due filamenti scorrono uno sull'altro accorciando il sarcomero. (Fig. 3 a, b)

MECCANISMI DELLA FORZA

Quanto descritto precedentemente, è in sintesi il sistema che permette all'uomo di produrre forza in generale. La possibilità per un atleta di produrre forza e velocità sempre più elevata dipende da diversi fattori che possiamo così sintetizzare:

1. STRUTTURALI
2. NERVOSI
3. RIFLESSI (allungamento accorciamento)(Fig. 4)

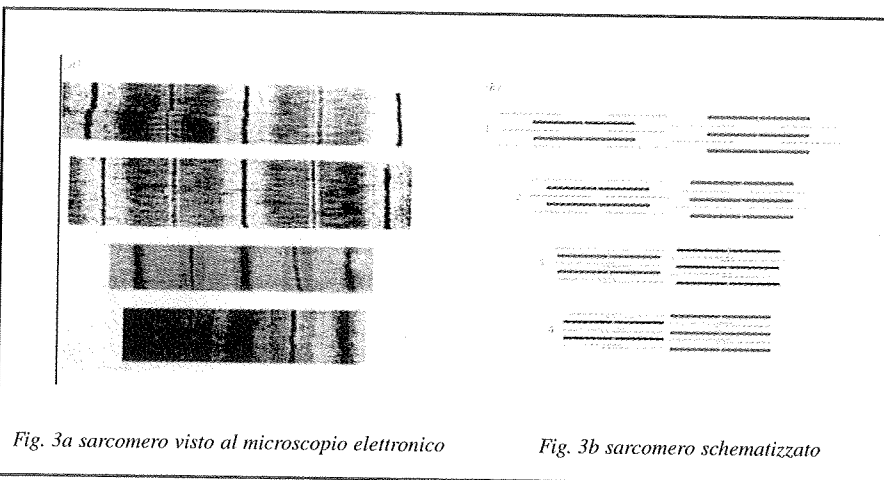


Fig. 3a sarcomero visto al microscopio elettronico

Fig. 3b sarcomero schematizzato

FATTORI STRUTTURALI

Tra i fattori strutturali troviamo il fenomeno dell'ipertrofia e le caratteristiche delle fibre muscolari.

Ipertrofia

Per ipertrofia s'intende l'incremento della massa muscolare che di solito segue l'esercizio fisico. Essa è dovuta principalmente all'aumento del materiale contrattile del muscolo.

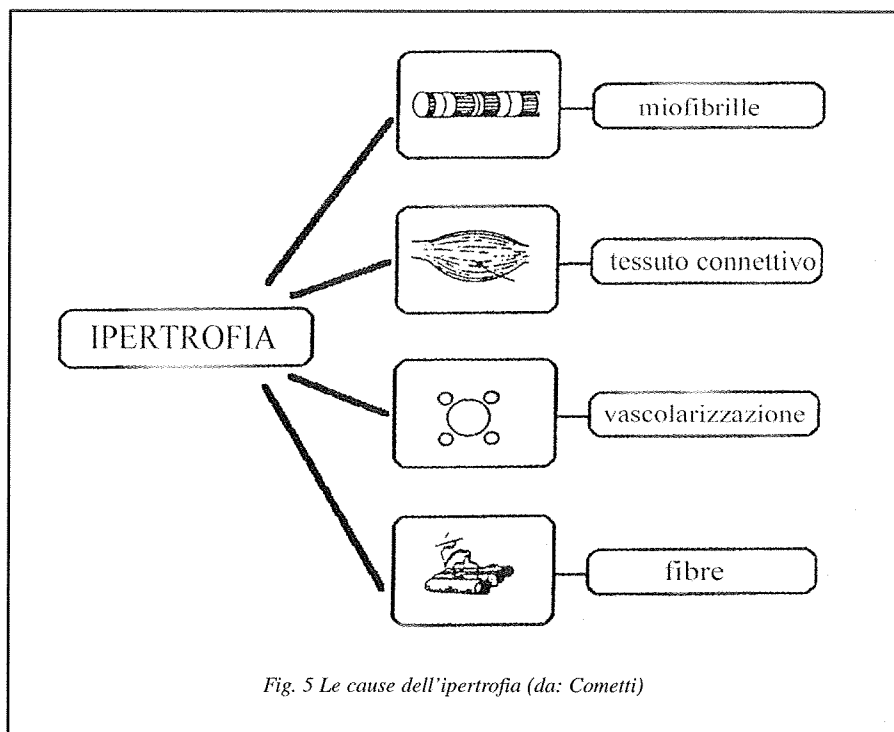
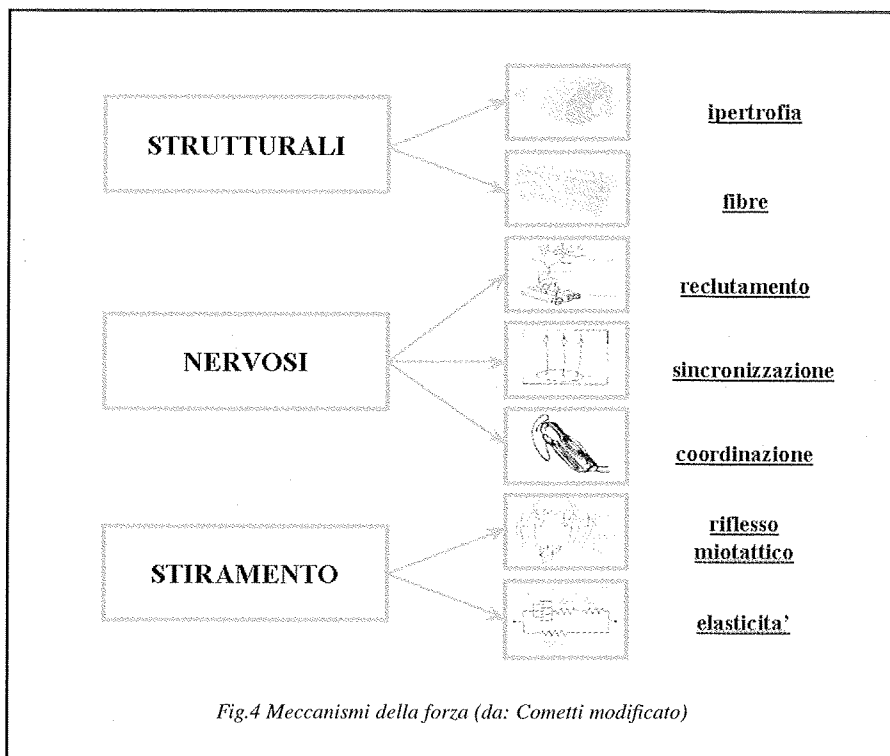
Le cause dell'ipertrofia sono:

- a) Aumento delle miofibrille
- b) Sviluppo degli involucri muscolari (tessuto connettivo)
- c) Aumento della vascolarizzazione
- d) Aumento del numero di fibre (iperplasia). Argomento questo ancora molto discusso e criticato da diversi ricercatori, perciò da non prendere in considerazione. (Fig.5)

Ogni fibra muscolare, che sia essa lenta o veloce, è composta da un elevato numero di miofibrille, e sono proprio queste ad aumentare sia di volume sia di numero quando il muscolo è sottoposto a lavoro con carichi molto pesanti. Le fibre interessate all'aumento di volume riguardano entrambi i tipi (lente e rapide), ma l'aumento maggiore avviene a carico delle fibre rapide. (Fig. 6) L'immobilizzazione del muscolo provoca un'ipertrofia che interessa maggiormente le fibre rapide (Mac Dougall e coll. 1980).

I metodi utilizzati per lo sviluppo dell'ipertrofia sono molti e diversi tra loro. Qualsiasi metodo si utilizzi, esso deve rispettare alcuni principi essenziali per far

sì che si verifichi l'effetto voluto. Gli allenamenti per lo sviluppo dell'ipertrofia devono essere eseguiti con carichi compresi tra il 70 ed il 90 % di una RM, per per-



mettere la stimolazione di tutte le unità motorie disponibili, perciò un numero elevato di fibre muscolari. Il numero di ripetizioni non deve essere superiore a 10. Carichi elevati (90%) consentono un numero limitato di ripetizioni (2-3 rip.) perciò sono stimolati solo i processi nervosi. Carichi inferiori al 70% permettono di eseguire un numero di ripetizioni elevato ma non si attivano tutte le fibre, perciò si innescano solo i processi metabolici deputati alla resistenza. Lavorando con carichi che ci permettono di eseguire al massimo 10 ripetizioni, si attivano i processi connessi alla sintesi proteica, essenziale per l'aumento della massa muscolare.(Fig.7)

Possiamo affermare che la causa principale dell'ipertrofia è dovuta principalmente all'aumento del materiale contrattile del muscolo, tuttavia altri due elementi concorrono, se pur in modo meno marcato, all'aumento del volume muscolare:

tessuto connettivo
vascolarizzazione

Diversi autori (Stone 1988, Viidik 1986, Golspink 1985) hanno notato che all'aumento del volume delle miofibrille si accompagna un aumento del tessuto connettivale che avvolge le miofibrille. Le modificazioni avvengono prevalentemente a carico dell'elemento principale del tessuto connettivale che è il collagene, composto di tre catene di aminoacidi.

L'altro elemento che concorre all'ipertrofia è l'aumento della vascolarizzazione. Si è riscontrato un aumento di vasi capillari per fibra soprattutto in atleti che

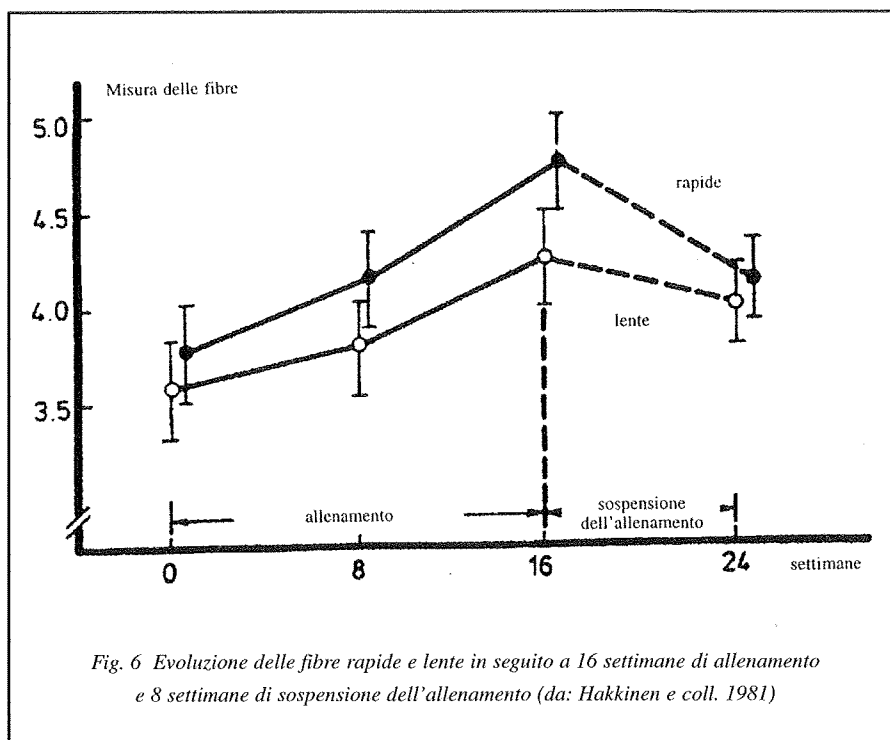


Fig. 6 Evoluzione delle fibre rapide e lente in seguito a 16 settimane di allenamento e 8 settimane di sospensione dell'allenamento (da: Hakkinen e coll. 1981)

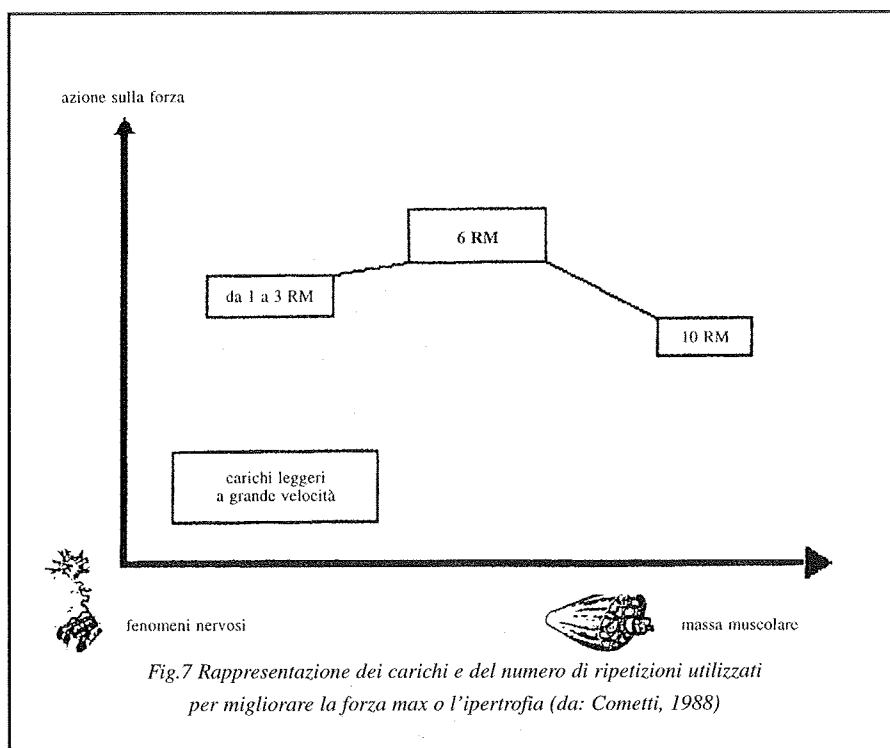
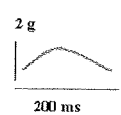

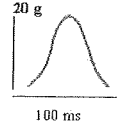

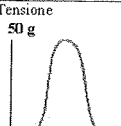



Fig.7 Rappresentazione dei carichi e del numero di ripetizioni utilizzati per migliorare la forza max o l'ipertrofia (da: Cometti, 1988)

praticano sport di resistenza e culturisti, mentre nessun risultato significativo si è avuto su atleti che eseguono esercizi di forza come i sollevatori di pesi.

LE FIBRE MUSCOLARI

Nel muscolo sono stati classificati due tipi di fibre: fibre lente, definite anche di tipo I o fibre toniche; fibre rapide o di II tipo o

Fibre	Caratteristiche generale	Metabolismo	Scossa muscolare	Vascularizzazione	Affaticabilità	Substrati	
						Glucidi	Lipidi
I	Lente	Aerobico	Tensione 2 g  200 ms		Scarsa	☆	☆
IIa	Rapide	Aerobico anaerobico	Tensione 20 g  100 ms		Media	☆	☆
IIb	Rapide	Anaerobico	Tensione 50 g  100 ms		Elevata	☆	☆

tav. 1 da: Cometti modificato

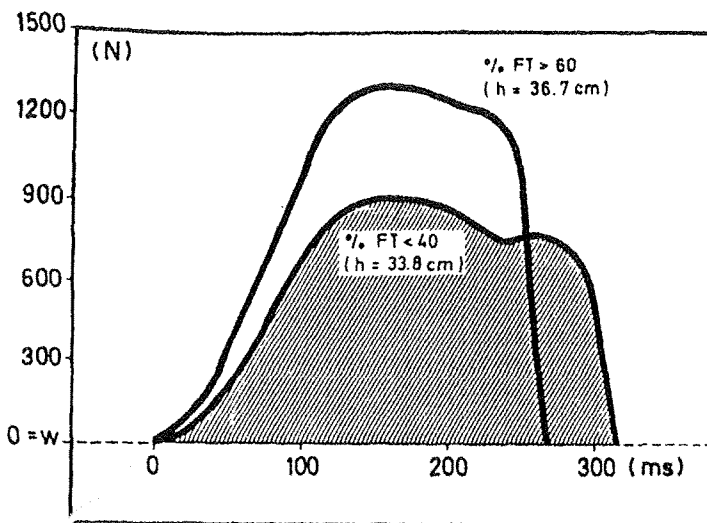


Fig. 8 relazione forza tempo registrata durante l'esecuzione di SJ eseguiti da soggetti veloci (%FT>60) e lenti (%FT<40) (da: Bosco e Komi, 1976b)

definite anche fasiche che si distinguono a loro volta in tipo IIa e tipo IIb.

Le fibre del tipo I sono fibre rosse perciò lente, caratterizzate

da metabolismo aerobico, producono basse tensioni per un periodo di tempo molto lungo. Sono fibre molto vascularizzate e si affaticano poco. I substrati utiliz-

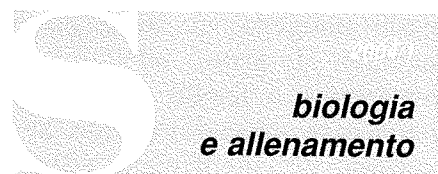
zati per la risintesi dell'ATP sono glucidi e lipidi.

Le fibre del tipo IIa sono fibre di tipo intermedio, il metabolismo è misto anaerobico-aerobico, sviluppano una tensione media e sono mediamente vascularizzate.

Le fibre del tipo IIb sono fibre rapide per eccellenza, sviluppano altissime tensioni, sono scarsamente vascularizzate, il metabolismo è di tipo anaerobico, si affaticano rapidamente. (Tab. 1)

Ogni individuo possiede percentuali di fibre bianche e rosse in quantità diverse, e questo è dettato solo da fattori genetici per cui atleti con percentuali di fibre bianche maggiore rispetto alle rosse sono in grado di esprimere gradienti di forza esplosiva superiore rispetto ad atleti con maggior numero di fibre rosse. (Fig. 8) La percentuale di fibre presente in un muscolo determina la caratteristica di muscolo veloce o resistente. Un muscolo con un'alta percentuale di fibre bianche è un muscolo che esprime più velocità rispetto ad un muscolo con prevalenza di fibre rosse. Nella Fig. 9 si nota come soggetti con percentuali di fibre bianche a carichi bassi esprimano maggiore velocità rispetto a soggetti con percentuali maggiori di fibre rosse.

L'obiettivo principale dell'allenamento è quello di migliorare le caratteristiche dei due tipi di fibre in funzione della disciplina sportiva praticata e questo è possibile se si somministrano stimoli specifici. Stimoli errati possono pro-



vocare adattamenti non desiderati soprattutto a carico delle fibre rapide, infatti queste, pur mantenendo le caratteristiche di fibre fasiche, possono subire modificazioni a livello di metabolismo. Questo accade prevalentemente a carico delle fibre del tipo IIa, che hanno un metabolismo misto, quindi sollecitazioni lente e prolungate ne esaltano prevalentemente il metabolismo aerobico.

Fattori nervosi

Possiamo suddividere i fattori nervosi in:

- il reclutamento (spaziale e temporale);
- la sincronizzazione;
- la coordinazione intermuscolare.

Reclutamento delle fibre

Le fibre muscolari si contraggono ed esprimono tensione per effetto di stimoli nervosi che dal sistema nervoso centrale raggiungono le fibre stesse attraverso un motoneurone. L'insieme delle fibre innervate dallo stesso motoneurone formano le unità motorie. (Fig 10)

Il numero di fibre per unità motoria varia a secondo dei muscoli, ad esempio si va dalle tre fibre per il muscolo estrinseco dell'occhio alle circa 1770 fibre per il soleo (Aubert). Mentre le unità motorie per muscolo varia dalle 100 alle 700 unità. L'incremento di forza che un muscolo ottiene dopo un periodo di allenamento, è dovuto a adattamenti e modificazioni sia della parte miogena sia della parte neurale. I primi adattamenti avvengono a livello di sistema nervoso e successivamente avvengono dei cambiamenti a livello

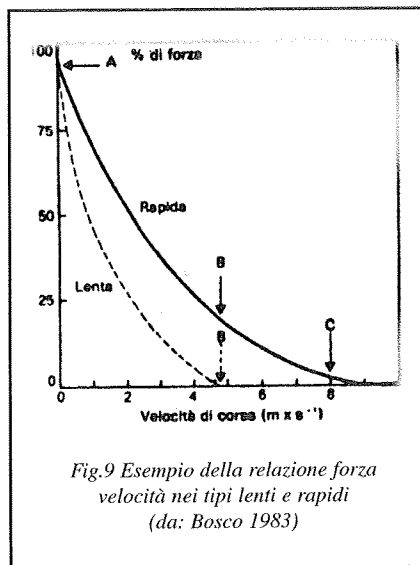


Fig.9 Esempio della relazione forza velocità nei tipi lenti e rapidi (da: Bosco 1983)

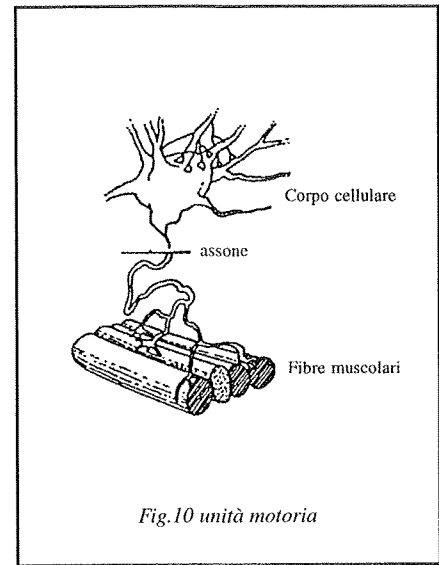


Fig.10 unità motoria

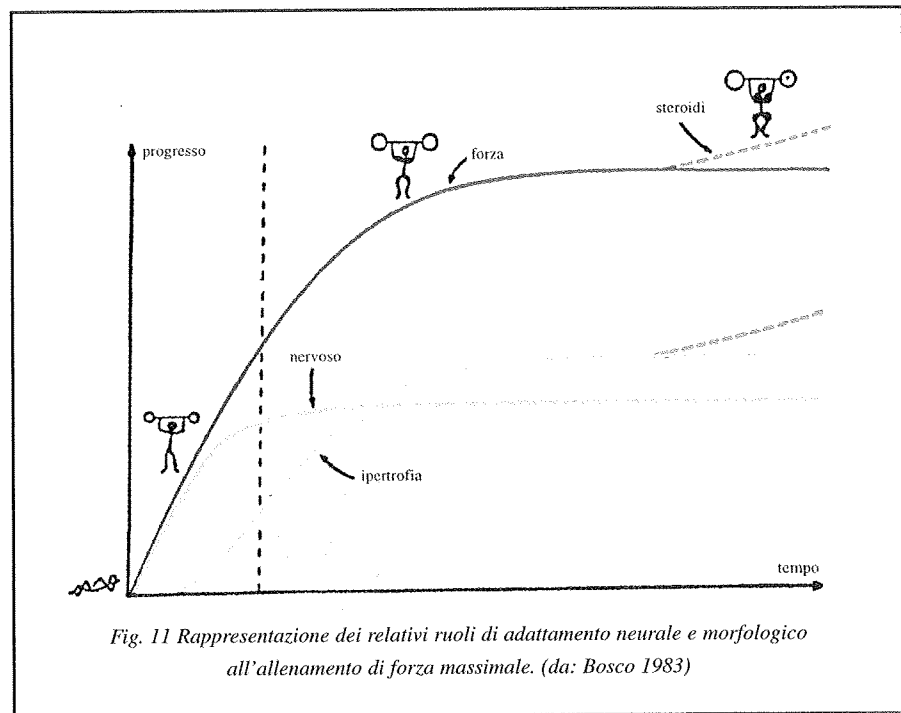


Fig.11 Rappresentazione dei relativi ruoli di adattamento neurale e morfologico all'allenamento di forza massimale. (da: Bosco 1983)

lo morfologico (ipertrofia), (Fig.11)

Nella prima fase di allenamento si nota una fase predominante di adattamento neurale. Questa fase è stata studiata nella maggior parte delle ricerche pubblicate nella letteratura internazionale. Lavori sperimentali che sono stati protratti per lungo tempo mostrano un successivo adatta-

mento miogeno e la relativa ipertrofia. L'intervento iniziale del miglioramento di forza, da parte del sistema nervoso, è stato dimostrato con studi in allenamento di breve durata che hanno evidenziato miglioramenti di forza massimale, senza aumento di volume muscolare:

- Komi, Viitassalo;
- Rauramaa e Vihko (1979);

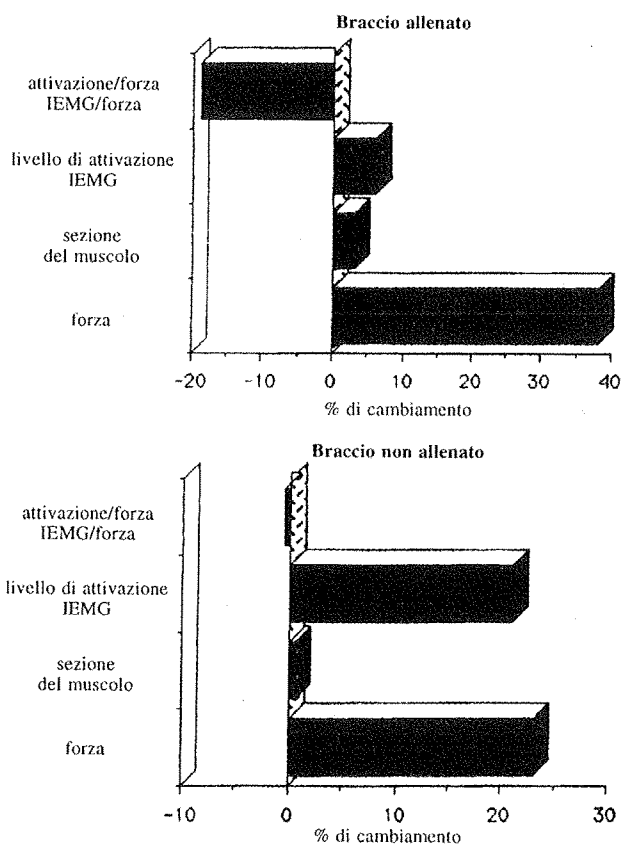


Fig. 12 Effetto di un allenamento di forza sul braccio allenato ed il braccio non allenato (secondo Moritani e De Vries 1979)

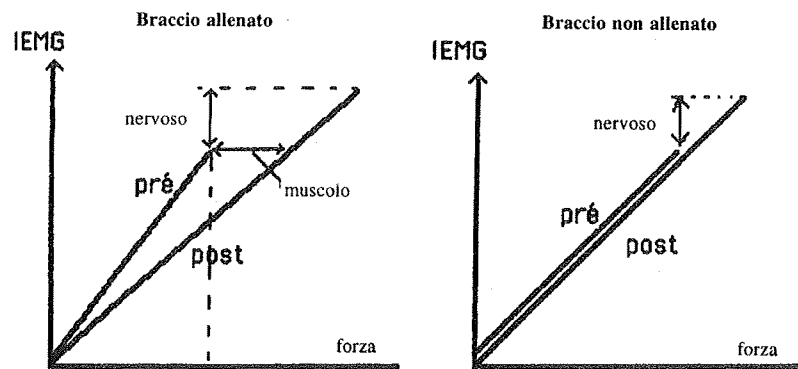


Fig 13 risultati di un allenamento di forza sul braccio allenato ed il braccio non allenato (secondo Moritani e De Vries 1979)

Moritano e De Vries (1979); Tesch, Hjort e Balldin (1983).

Anche effetti di allenamenti incrociati hanno dimostrato aumento di forza sull'arto controlaterale non allenato (Ikai e Fukunaga 1970, Houston e coll. 1983, Komi e coll. 1978). Sono stati condotti degli studi su ambedue gli arti superiori e si è notato che allenando un solo braccio, si ottengono miglioramenti di forza anche sull'altro arto non allenato.

Nella Fig 12 si nota l'effetto di un allenamento di forza su un braccio allenato ed uno non allenato. L'incremento di forza per il braccio allenato è dato da un aumento della massa muscolare e da un livello di attivazione nervosa maggiore.

Per l'arto non allenato l'aumento di forza è dato solo da un incremento dell'attività nervosa. Nella Fig 13 si evidenzia il miglioramento dell'EMG in funzione della forza prima e dopo l'allenamento.

Il miglioramento consiste in una diminuzione dell'attività elettrica per esprimere la stessa forza, vale a dire una maggiore efficienza neuromuscolare, mentre nell'arto non allenato si osserva un miglioramento nervoso per esprimere più forza massima.

I miglioramenti che si ottengono sul braccio non allenato, sono dovuti solo ed esclusivamente ad un incremento dell'attività elettrica ottenuto dalla stimolazione dell'altro braccio.



L'effetto positivo dello stimolo, all'inizio dell'allenamento, agisce prevalentemente sul numero di fibre da reclutare.

Un soggetto sedentario normalmente recluta solo il 30-50% delle unità a disposizione. (Fig 14)

Dopo alcune settimane di lavoro il soggetto è in grado di esprimere più forza grazie ad un maggior reclutamento di unità motorie, mentre con il proseguire del tempo la causa del miglioramento di forza diventa l'ipertrofia.

Il reclutamento delle fibre muscolari è normalmente spiegato con la legge di Henneman che mostra come le fibre lente siano reclutate prima delle rapide. La Fig 15 evidenzia che per carichi leggeri sono reclutate fibre lente, per un carico medio si reclutano fibre intermedie e solo con carichi elevati si attivano fibre veloci. Questa legge oggi è stata rimessa in discussione quando si parla di movimenti balistici. La legge rimane valida solo se i movimenti con carichi leggeri sono spostati a basse velocità, cioè se si passa da esercizi eseguiti blandamente come la corsa lenta e si va verso esercizi di forza. In movimenti balistici le unità motorie rapide vengono reclutate senza che siano sollecitate le fibre lente. (Fig. 16)

Studi condotti da Bosco e Komi hanno dimostrato che soggetti ricchi di fibre veloci nei muscoli degli arti inferiori, ottenevano risultati migliori nel salto verticale. Questo fa pensare che se pur gli sviluppi di forza sono molto bassi, 30-40% della forza massima isometrica, l'intervento delle unità fasiche è dominante sulle toniche.

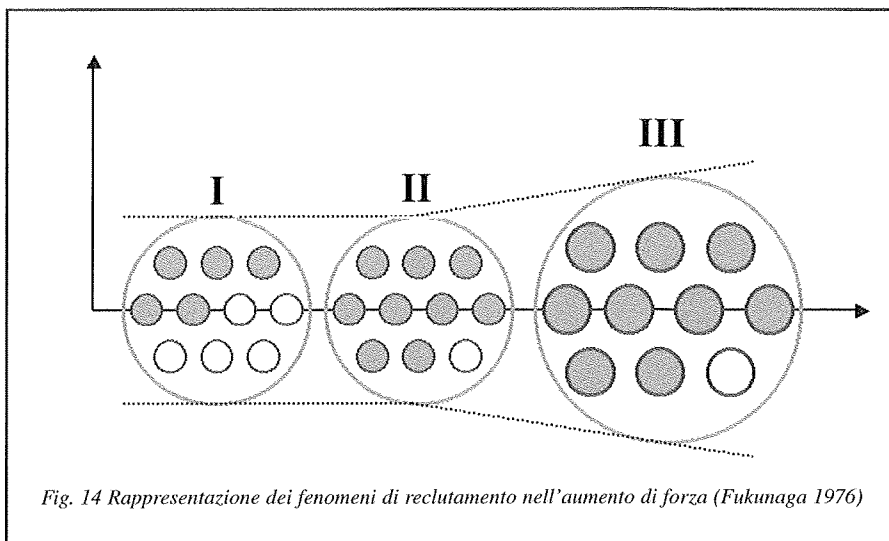


Fig. 14 Rappresentazione dei fenomeni di reclutamento nell'aumento di forza (Fukunaga 1976)

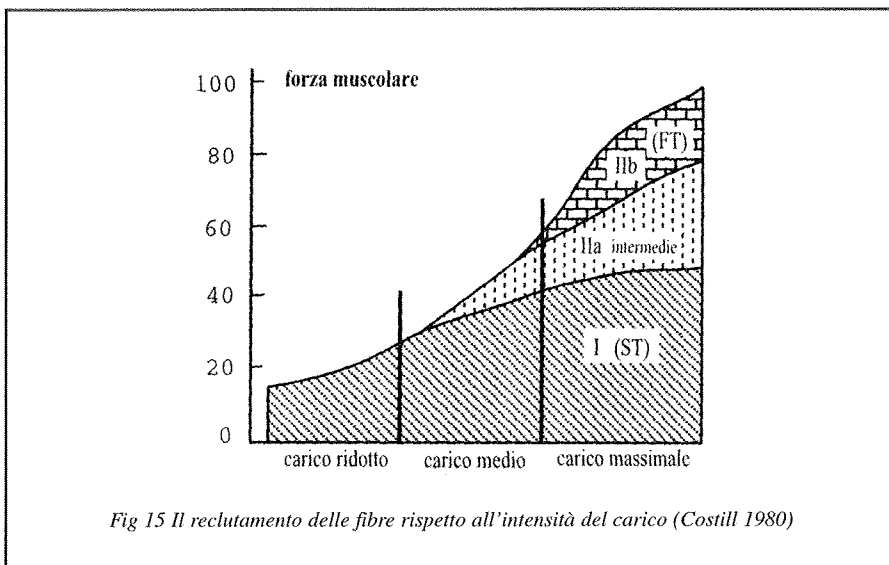


Fig 15 Il reclutamento delle fibre rispetto all'intensità del carico (Costill 1980)

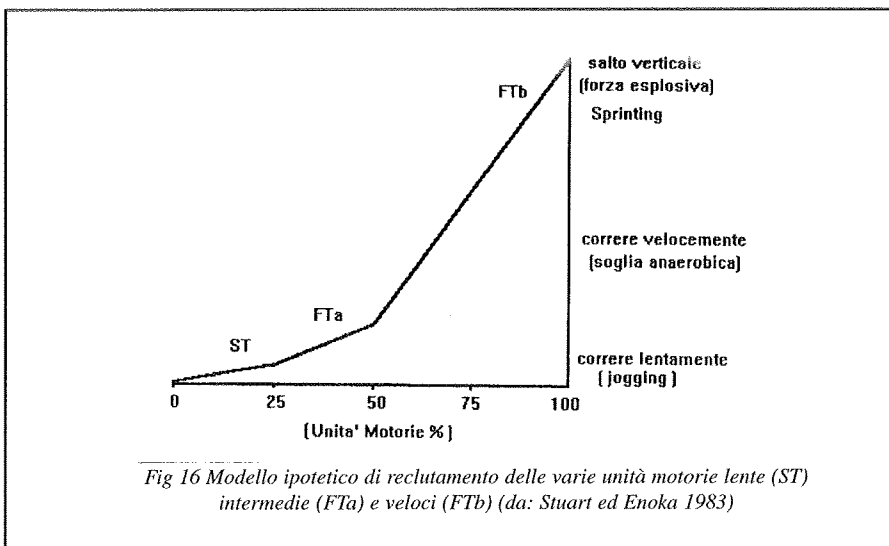


Fig 16 Modello ipotetico di reclutamento delle varie unità motorie lente (ST) intermedie (FTa) e veloci (FTb) (da: Stuart ed Enoka 1983)

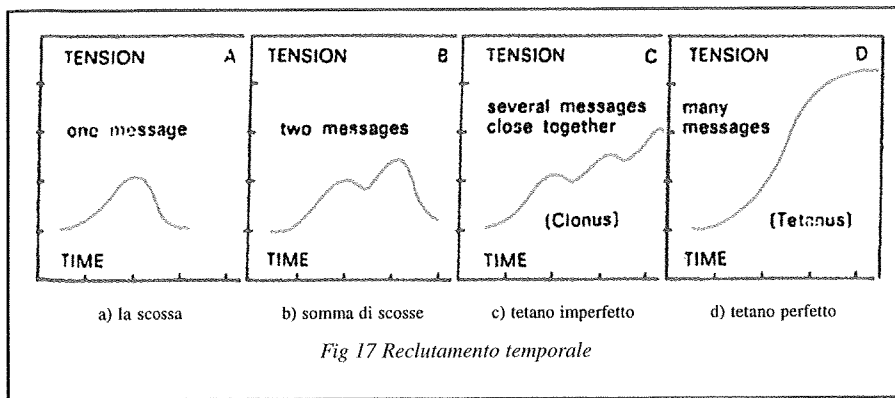


Fig 17 Reclutamento temporale

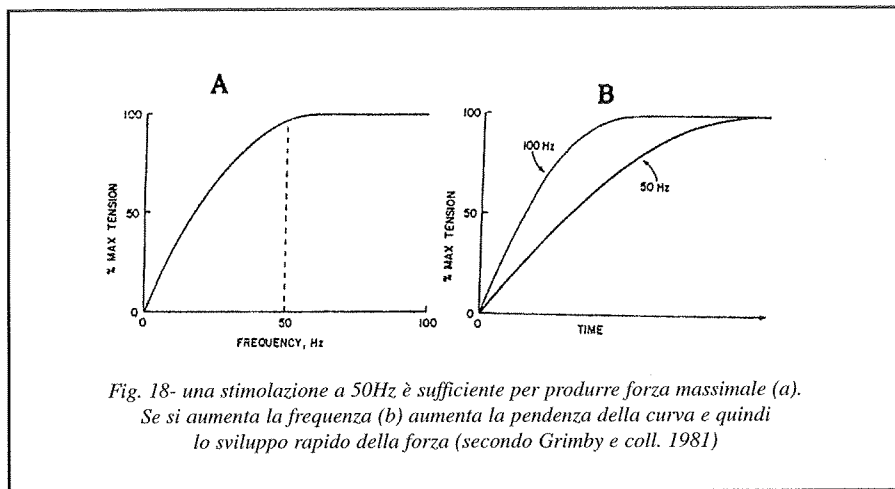


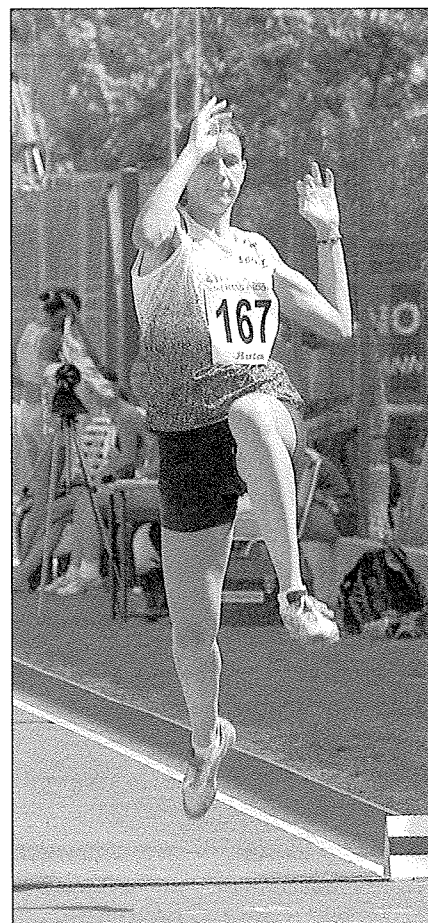
Fig. 18- una stimolazione a 50Hz è sufficiente per produrre forza massima (a). Se si aumenta la frequenza (b) aumenta la pendenza della curva e quindi lo sviluppo rapido della forza (secondo Grimby e coll. 1981)

RECLUTAMENTO E FREQUENZA

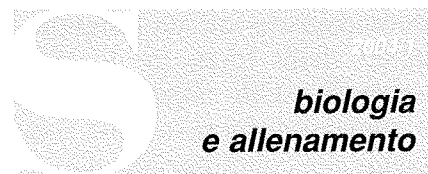
Tra i fattori neurogeni, quello che subisce i primi adattamenti all'allenamento alla forza massima è quello relativo al reclutamento di nuove unità motorie (reclutamento spaziale). Successivamente con l'allenamento migliora la capacità di reclutare sempre più unità motorie nel medesimo tempo (reclutamento temporale). Il reclutamento temporale è spiegato nel seguente modo: il muscolo risponde ad un impulso con una contrazione, al sopraggiungere di un secondo impulso la contrazione diventa maggiore; una serie di impulsi ravvicinati provoca un tetano ravvicinato fino ad arrivare al tetano completo.(Fig.17)

Normalmente la fascia delle frequenze è compresa tra 8 e 50-60 hertz. Per i movimenti rapidi può arrivare anche ai 150 hertz. La forza massima si può ottenere anche con frequenze di 50 hertz ed anche se la frequenza arriva a 150 hertz non vi sono incrementi di forza massima bensì un miglioramento della pendenza della curva. (Fig.18). Questo fenomeno è particolarmente interessante per tutti i gesti sportivi di tipo esplosivo.

Le frequenze fino a 50-60 hertz sono strettamente legate al reclutamento spaziale e per raggiungerle c'è bisogno in ogni caso di carichi elevati. Sollevare carichi elevati in tempi molto brevi permette di arrivare a frequenze intorno ai 100 hertz,



mentre con movimenti esplosivi espressi in tempi brevissimi (100ms) si arriva a frequenze di 150 hertz. La capacità di emettere impulsi di stimoli ad alta frequenza è l'ultima fase di miglioramento del sistema nervoso. Per produrre adattamenti stabili occorre un periodo di tempo molto lungo; di contro c'è il fatto che l'adattamento regredisce velocemente in assenza di allenamento. Quest'ultimo adattamento ci porta ad un altro meccanismo di produzione della forza: la sincronizzazione.



LA SINCRONIZZAZIONE

Possiamo definire la sincronizzazione come la capacità di reclutare tutte le fibre nello stesso istante. Quindi la sincronizzazione ci porta ad un ulteriore miglioramento della forza e soprattutto al miglioramento della forza esplosiva. Secondo Sale (1988) la sincronizzazione delle unità motorie non porta ad un aumento della forza massima ma ad una capacità di sviluppare forza in tempi più brevi. La sincronizzazione è regolata da un particolare sistema inibitorio composto da interneuroni chiamate cellule di Renshaw. Queste cellule formano un sistema di sicurezza con l'effetto di deprimere l'attività dei motoneuroni. Il risultato è pertanto una diminuzione della frequenza di scarica del motoneurone, per cui viene impedita un'eccessiva attività con eventuale sovraccarico del muscolo. Un miglioramento della sincronizzazione con conseguente inibizione del circuito di Renshaw (Fig. 19) si può avere attraverso esercitazioni molto intense come ad esempio balzi pliometrici

Nella Fig. 20 sono schematizzati i rapporti tra reclutamento e sincronizzazione nel corso di una contrazione muscolare.

LA COORDINAZIONE INTERMUSCOLARE

Molti studi dimostrano che il miglioramento della forza è specifico, cioè un progresso ottenuto in un determinato esercizio, ad esempio lo squat, non è sempre accompagnato da un miglioramento della forza in un altro esercizio. Ciò significa che incrementi di forza in parte sono dovuti alla coordinazione di quei

muscoli che intervengono e che sono specifici per quel determinato esercizio. Di solito gli esercizi utilizzati per lo sviluppo della forza, nelle sue varie espressioni, sono molto diversi dal gesto tecnico, per questo è importante che l'allenamento della forza sia combinato con altri esercizi che si avvicinano sempre più alla tecnica specifica della disciplina praticata. Questi esercizi in gergo vengono definiti esercizi di forza speciale e specifica ed ogni disciplina sportiva ha i propri esercizi speciali.

Altro fenomeno che rientra tra la coordinazione intermuscolare è il rapporto tra muscoli agonisti ed antagonisti, la cosiddetta contrazione degli antagonisti. La contrazione dei muscoli agonisti a volte è accompagnata da una simultanea contrazione degli antagonisti, soprattutto durante esercitazioni molto rapide ed intense. Questo fenomeno si verifica spesso in atleti poco evoluti tecnicamente o su atleti che apparentemente non accusano nessun problema ma che, in effetti, presentano il muscolo interessato non in perfette condizioni fisiche. Questo fenomeno costituisce una sorta di meccanismo di difesa.

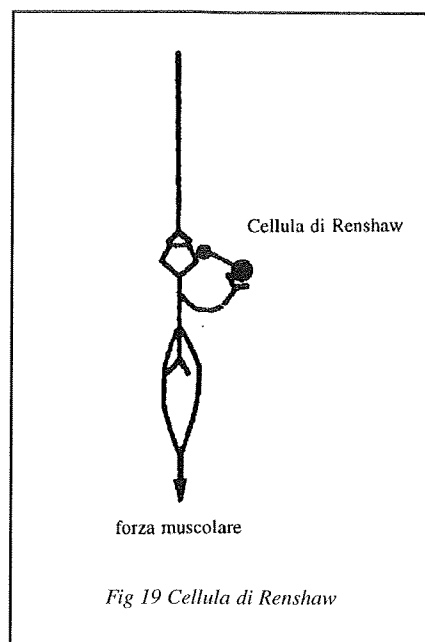
Fattori legati allo stiramento

Generalmente un muscolo preventivamente allungato, con piccole variazioni, esprime nel successivo accorciamento una forza maggiore rispetto ad una semplice contrazione concentrica. La conseguenza di questo fenomeno dipende:

dall'intervento del riflesso miotattico;

dall'elasticità muscolare.

L'importanza delle esercitazioni



ni pliometriche è quella di stimolare il sistema neuromuscolare così da provocare sollecitazioni che permettono di sviluppare, in tempi molto brevi, elevatissimi livelli di forza ad alte velocità. La condizione essenziale per avere elevati sviluppi di forza, è quella di una limitata variazione angolare delle articolazioni interessate. Le esercitazioni pliometriche stimolano fortemente, con il meccanismo stiramento-accorciamento, sia le strutture miogene (parte contrattile del muscolo) che quelle neurogene (sistema nervoso). La stimolazione più importante avviene a livello neurogeno dove vengono ad essere sollecitate due funzioni tra l'altro in contrasto tra loro: inibitoria ed eccitatoria. L'equilibrio che si crea tra gli stimoli inibitori e quelli eccitatori influenzano le condizioni di realizzazione della prestazione.

L'unità motoria è costituita da un motoneurone, chiamato più precisamente alfa motoneurone, e dall'insieme di fibre che esso

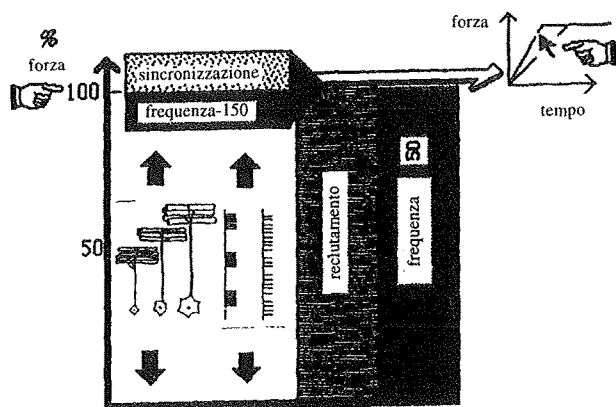


Fig. 20 Rappresentazione schematica dell'intervento dei diversi meccanismi nella regolazione della forza (da: Cometti)

innerva. L'alfamotoneurone riceve informazioni o meglio stimoli dal Sistema Nervoso Centrale (SNC) e le trasmette alle fibre, le quali si contraggono. Oltre a ricevere informazioni dal SNC, l'alfamotoneurone riceve altre informazioni provenienti, al momento dell'allungamento, da fibre afferenti le quali inviano, attraverso fusi neuromuscolari chiamati betamotoneuroni, ulteriori stimoli che vanno a sommarsi a quelli provenienti dal SNC potenziandolo e permettendo un maggior reclutamento. Questa funzione eccitatoria è definita *riflesso miotattico o riflesso da stiramento*.

Oltre a sollecitazioni eccitatorie ve ne sono altre inibitorie provenienti dai tendini dove sono situati particolari sensori chiamati corpuscoli tendinei del Golgi (GTG). La funzione dei GTG è di inibire, o più semplicemente evitare, eccessivi sviluppi di forza che potrebbero provocare infortuni muscolari. Bosco (1985) ha dimostrato che i GTG

hanno funzione inibitoria quando si raggiungono altezze di cadute eccessive nel Drop jump /salto in basso (caduta da diverse altezze con successivo salto verticale). L'allenamento con esercitazioni pliometriche innalza la soglia di eccitabilità dei recettori del Golgi in modo da avere una migliore risposta neuromuscolare, cioè un maggior sviluppo di forza. La migliore risposta neuromuscolare si ha quando gli stimoli eccitatori del riflesso miotattico superano gli stimoli inibitori esercitati dai GTG. Nella Fig. 21 si può notare la differenza di risposta dell'attività elettrica di un soggetto allenato ed uno non allenato.

Nelle esercitazioni pliometriche, oltre alle componenti già descritte, per una risposta positiva a livello dell'attività elettrica vi sono altre componenti che danno ulteriori vantaggi ai fini di maggiori sviluppi di forza. I vantaggi derivano dalle componenti elastiche, le quali, una volta pre-stirate, restituiscono energia che

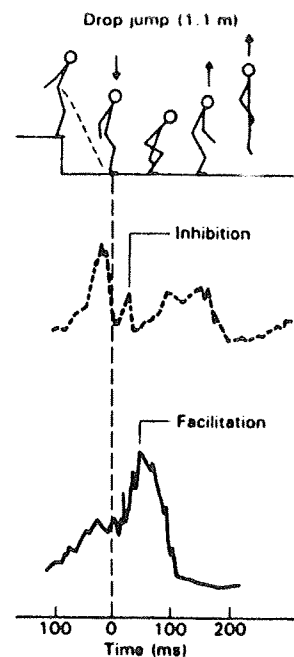


Fig. 21 Registrazione elettromiografica del gastrocnemio durante un salto pliometrico cadendo da 1,1 m, in un soggetto allenato (sotto) e non allenato (sopra). L'attività elettromiografica del soggetto allenato al momento del contatto sale per tutto il tempo, mentre il non allenato mostra una depressione iniziale dovuta ad inibizione (da Schmidtbleicher e Gollhofer, 1982)

va a sommarsi alla contrazione concentrica, per un ulteriore contributo allo sviluppo di forza. Un fattore molto importante ai fini dell'efficacia muscolare dovuta ad uno stiramento, è il tempo di "accoppiamento" (Bosco 1982), cioè il tempo che divide la fase di stiramento con la fase di accorciamento.



**biologia
e allenamento**

La quasi totalità degli sport presentano gesti tecnici con componenti a carattere pliometrico, perciò è importante inserire nell'allenamento esercitazioni che sollecitano la componente di allungamento-accorciamento.

Nella Fig 22 si riassumono i punti più importanti dello stiramento muscolare.

REGIMI DI CONTRAZIONE

I regimi di contrazione muscolare si possono riassumere nel seguente modo:

A. ISOMETRICO

B. ANISOMETRICO: concentrico, eccentrico e pliometrico

Regime isometrico

Il regime isometrico consiste in una contrazione muscolare senza spostamento delle leve e dei punti di inserzione. In condizioni isometriche si riescono a sviluppare tensioni superiori a quelle concentriche.

Negli anni sessanta l'allenamento isometrico aveva raggiunto una notevole popolarità; successivamente si è notato che questo metodo non produceva i risultati sperati soprattutto per la sua aspecificità rispetto ai gesti sportivi.

Le esercitazioni isometriche trovano una valida applicazione nel campo riabilitativo e della rieducazione post-traumatica. Si propongono, a titolo informativo, i principali metodi di lavoro isometrico.(Fig. 23)

L'isometria massimale consiste nel produrre tensione massimale su resistenze fisse per una durata massima di sei secondi. Per isometria totale si intende sviluppare tensioni non massimali ma mantenute fino all'affaticamento totale. I carichi da utilizzare variano

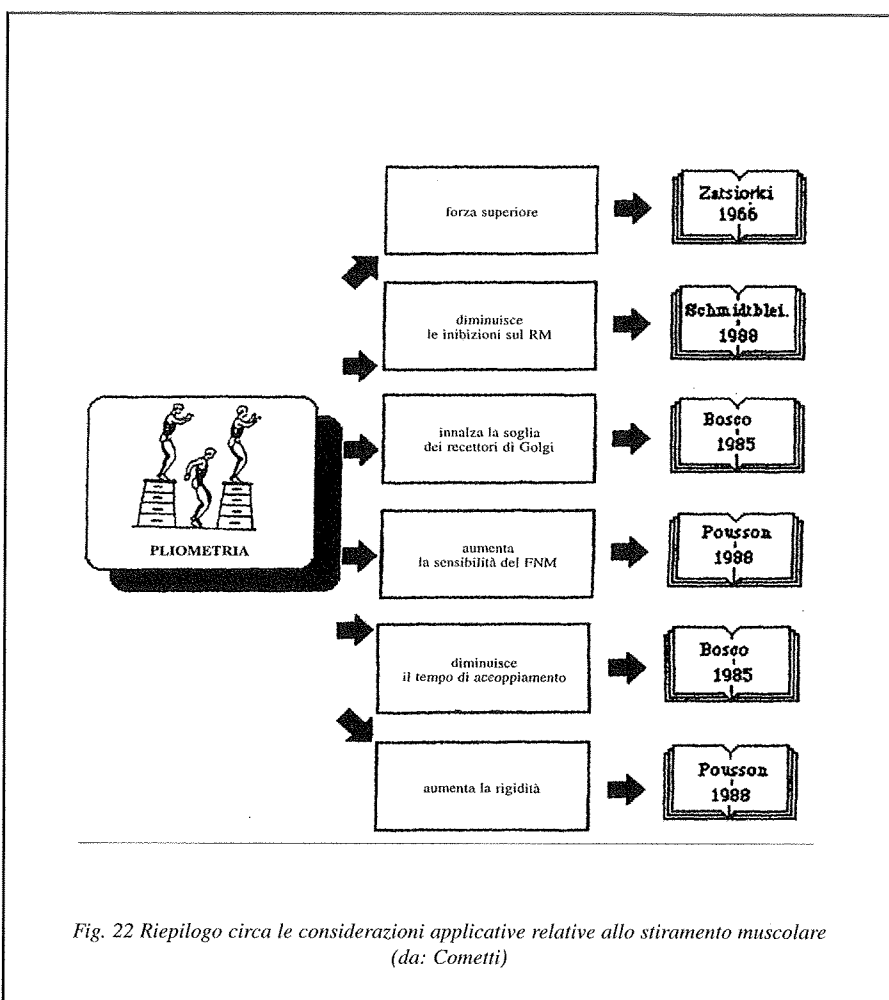


Fig. 22 Riepilogo circa le considerazioni applicative relative allo stiramento muscolare (da: Cometti)

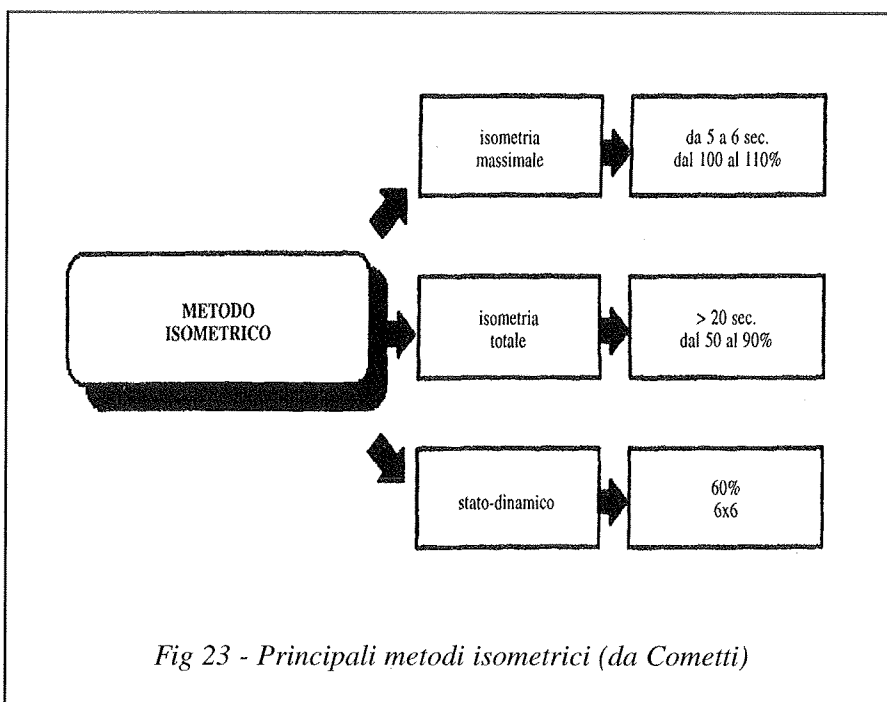


Fig 23 - Principali metodi isometrici (da Cometti)

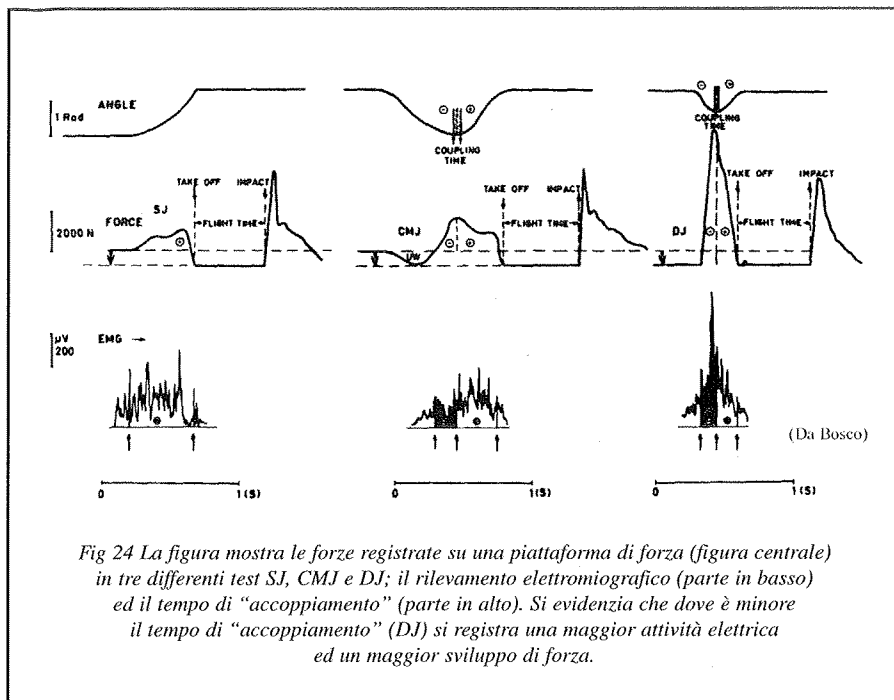


Fig 24 La figura mostra le forze registrate su una piattaforma di forza (figura centrale) in tre differenti test SJ, CMJ e DJ; il rilevamento elettromiografico (parte in basso) ed il tempo di "accoppiamento" (parte in alto). Si evidenzia che dove è minore il tempo di "accoppiamento" (DJ) si registra una maggior attività elettrica ed un maggior sviluppo di forza.

dal 50 a 90% del carico massimo.

Il metodo più utilizzato, che a livello empirico ha dato risultati soddisfacenti, è lo "stato dinamico". Questo metodo comprende un movimento dinamico abbinato ad uno statico, ad esempio nell'esercizio di squat, l'atleta nella fase di risalita si arresta a metà del movimento per almeno tre secondi per poi terminare il movimento in modo esplosivo utilizzando carichi del 50-60% del carico massimo. Questo metodo è particolarmente indicato nel periodo competitivo.

Regime concentrico

Un movimento concentrico consiste in una contrazione muscolare in cui i capi articolari si avvicinano, cioè in una contrazione priva di qualsiasi movimento che possa provocare prestiramento delle fibre. L'esempio classico del movimento concentrico è il movimento eseguito nel test di squat jump. Altri movimenti concentrici sono ad esempio: salire le scale, cammi-

nare o correre in salita, alzarsi dalla sedia ecc.. Sono considerati esercizi concentrici anche quegli esercizi composti da una fase eccentrica ed una concentrica come lo squat in quanto le tensioni, nella fase eccentrica, sono di bassa intensità e soprattutto il tempo di accoppiamento, cioè il tempo impiegato per invertire il movimento, è molto "lungo", perciò da non annoverare tra i movimenti pliometrici.

Regime eccentrico

Il movimento eccentrico è un movimento in cui il muscolo si contrae, ma i capi articolari si allontanano tra di loro, cioè il muscolo non riesce a vincere la resistenza esterna. L'esempio classico di lavoro eccentrico si ha quando si esegue l'esercizio di squat con un carico superiore al carico massimo. Altri esempi di esercizi eccentrici puri, se pur di intensità inferiore, sono: correre in discesa, scendere le scale, salti in basso privi della successiva fase di risalita ecc.. Le tensioni che

si sviluppano nelle contrazioni eccentriche sono superiori a quelle ottenute nei movimenti concentrici ed isometrici. Il lavoro eccentrico è da considerare molto intenso e soprattutto provoca molti disagi a livello muscolare, richiede periodi lunghi di recupero, perciò da collocare molto lontano da impegni di gare. Bisogna proporlo con molta cautela, solo con atleti di alto livello e con molti anni di allenamento sulle spalle.

Regime pliometrico

Il regime pliometrico è definito anche ciclo "stiramento-accorciamento". Tutti i movimenti pliometrici sono composti dai due regimi eccentrico e concentrico. Per essere definito regime pliometrico bisogna che i movimenti eccentrici-concentrici avvengano in tempi brevissimi. Tutti i tipi di balzi sono da definirsi esercizi pliometrici. Come detto precedentemente, il fattore rilevante per ottenere la massima efficacia muscolare dovuta allo stiramento, è il tempo di "accoppiamento" (Bosco 1982). Viene definito tempo di "accoppiamento" il tempo che intercorre tra la fase di stiramento e quella di accorciamento, in altri termini il tempo impiegato ad invertire il movimento, cioè il passaggio dalla velocità negativa (fase eccentrica) alla velocità positiva (fase concentrica). Bosco ha dimostrato che più breve è il tempo di accoppiamento, più elevata è la restituzione di energia potenziale. (Fig 24)

