

IL PROBLEMA DEI RAPPORTI TRA FORZA ED ELASTICITA' NEI MOVIMENTI SPORTIVI - CRITERI PER UNA METODICA DELL'ALLENAMENTO DELLA MASSIMA ESTRINSECAZIONE MUSCOLARE POTENZIALE SPECIFICA

(Prof. S. Zanon)

L'articolo riproduce fedelmente il testo della relazione letta dall'Autore nel Convegno di Gubbio e pertanto viene riportato integralmente. Il Comitato di Redazione lascia all'Autore ogni responsabilità sulla validità scientifica della descrizione e della interpretazione dei processi fisiologici della contrazione muscolare e dei concetti di fisica elementare cui il testo fa riferimento.

Nel senso generale del termine, un corpo è elastico quando è in grado di restituire una certa quantità di energia meccanica preventivamente da esso immagazzinata. La celebre frase di Hook « *Ut tensio, sic vis* » caratterizza che sottintende e collega due momenti fondamentali:

- a) quello dell'immagazzinamento;
- b) quello della restituzione.

L'inderogabile necessità di far ricorso ai concetti generali dell'elasticità, anche per quanto riguarda gli effettori del movimento umano, cioè i muscoli, si evidenzia in maniera ovvia, quando si consideri che una delle caratteristiche della dinamica motoria umana è la possibilità di ottenere fasi di accelerazione e decelerazione nel moto dei singoli segmenti corporei. Queste due fasi sono collegate reciprocamente, nell'organismo, in un rapporto complesso a livello microscopico, ma abbastanza semplice quando l'analisi si soffermi a livello macroscopico.

La corsa stessa, nella sua più ampia accezione, è un susseguirsi armonico di fasi di decelerazione e fasi di acce-

lerazione dei vari segmenti, in un gioco complicato, ma stendendo che, di solito, viene definita coordinazione specifica.

Le fasi cruciali dei salti, con particolare riferimento all'ultimo appoggio, caratterizzano un altro dei momenti fondamentali in cui entrano in gioco accelerazioni e decelerazioni e lo stesso dicasi per la corsa ad ostacoli e per i lanci, per restare nel campo dell'atletica leggera.

Ma, naturalmente, il discorso è valido per tutte le gamme del movimento umano e, conseguentemente, per tutti gli sport che prevedono fenomeni dinamici di impegno muscolare.

Nel senso generale del termine, dunque, il concetto di elasticità postula un tramite, un oggetto, che si situai tra un'azione destinata ad immagazzinare energia in esso ed un'altra adatta a farla scaturire, utilizzandola.

Naturalmente, a seconda delle diverse composizioni del corpo, i tempi ed i modi di immagazzinamento saranno differenti, concretizzando un modulo di elasticità specifico. Così, il modulo di elasticità (cioè il rapporto tra la forza impiegata nell'immagazzinamento e la deformazione prodotta nel corpo) di una molla di acciaio è molto differente da quello di un parallelepipedo di caucciù e via dicendo.

Quanto fin qui detto, tuttavia, sottintende che i corpi di cui si indaga l'elasticità, siano isotropi o, quanto meno, possano essere riferibili a sistemi semplici, composti di un unico materiale (molle, elastici ecc.). Trattandosi del muscolo umano, invece, il discorso si complica, perché il materiale di cui è composto non presenta le stesse caratteristiche di distribuzione spaziale della materia (elastici, molle ecc.) in tutte le sue parti: cioè è anisotropo e di conseguenza rivela effetti macroscopici molto differenziati, specialmente per quanto riguarda le proprietà meccaniche.

Infatti, la distensibilità di un corpo elastico si esprime, di solito, in meccanica con un modulo di elasticità denominato E , che mantiene un valore pressoché costante entro i limiti di validità della legge di Hook. Infatti:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

in cui σ è la tensione, espressa in Kg/cm^2 ed ε l'allungamento espresso in $\frac{1}{1}$ oppure in %.

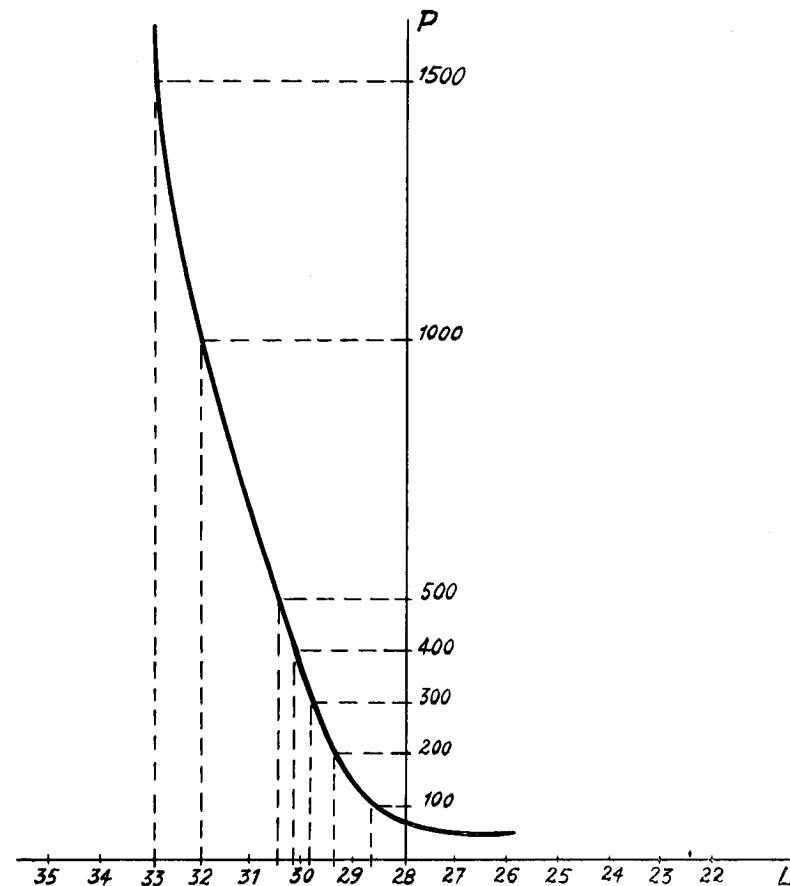


Fig. 1 - Diagramma tensione-allungamento di un gastrocnemio a riposo (secondo Ernst).

La curva tensione-allungamento di una fibra muscolare o di un muscolo, presenta invece (fig. 1) un'andamento caratteristico, che esprime una non costanza del modulo di elasticità e perciò testimonia per una anisotropia del materiale. Le fibre della gomma sintetica hanno un comportamento molto similare. Le qualità del muscolo si fanno risalire alla sua viscosità interna che, come vedremo più avanti, subisce delle oscillazioni con il variare delle temperature e degli allungamenti.

Per questo si parla del muscolo anche come di un elemento termo-elastico.

Queste particolarità, tuttavia, sono così marcate da rendere ardua una definizione generalizzata del modulo di elasticità del muscolo, nel suo complesso.

La suddivisione più semplice, ed anche la più grossolana, presenta il muscolo umano composta di due parti fondamentali: una contrattile (filamenti di actina e di miosina) ed una elastica (tendini), in serie.

Un'analisi più approfondita, poi, ipotizza anche elementi elastici in parallelo (rivestimento delle miofibrille e filamento elastico di Hoyle, nonché caratteristiche viscoelastiche negli stessi elementi contrattili) (1).

Un tale sistema complesso non può dunque essere sintetizzato con un modulo di elasticità generalmente valido, ma richiede l'elaborazione di un modello meccanico di riferimento, che qualsiasi prassi tendente a razionalizzare l'attività svolta per la modifica del sistema stesso (muscolo) non può non avere sempre presente.

Per facilitare la comprensione di quanto andremo dicendo, abbiamo ritenuto opportuno non riportare i procedimenti matematici che sono serviti alla definizione di questo modello di riferimento (2).

Qui ci basti osservare che l'anisotropia del muscolo viene provata termodinamicamente. Stirando un muscolo a riposo con forze crescenti e stabilendo le corrispondenti variazioni di lunghezza, si raggiunge, secondo la registrazione delle copie di valori in un sistema di assi coordinati, il diagramma tensione-allungamento (fig. 1). E' compito della teoria dare una spiegazione dell'andamento della curva. La teoria si basa sulle leggi della meccanica statistica, che vengono applicate su modelli molecolari semplificati.

L'analisi del muscolo a riposo, sulla base della teoria termoelastica, mostra che la tensione del muscolo durante l'allungamento si forma, in primo luogo, attraverso un abbassamento della entropia delle catene miosiniche mentre, per un allungamento maggiore, attraverso l'energia potenziale elastica del tessuto connettivo.

La maggior parte dei tessuti viventi e specialmente il muscolo, sono alti polimeri e dimostrano, perciò, un comportamento meccanico differenziato in condizioni statiche e dinamiche. I corpi normalmente elastici, paragonabili come modello misurabile ad una molla di acciaio modellata a vite, dimostrano, indipendentemente dalla velocità dell'allunga-

mento, sempre lo stesso diagramma tensione-allungamento. Le molle a vite vengono designate come un elemento normalmente elastico, cioè semplice. Un altro elemento semplice, per la descrizione del comportamento meccanico di un corpo, è l'organo a pistone. Esso consta di un pistone, che si muove in un fluido (liquido) viscoso. In questo rapporto è da ricordare che un liquido viscoso può essere o non essere un fluido newtoniano, a seconda che il rapporto tra la velocità di scorrimento e la tensione di scorrimento sia lineare o non lineare. Due manifestazioni fondamentali caratterizzano il comportamento viscoelastico di un materiale:

- il rilassamento della tensione;
- lo scorrimento.

Per rilassamento della tensione si intende il ritardo temporale, con il quale la tensione si manifesta in una repentina variazione di lunghezza e per scorrimento, la manifestazione ritardata della variazione di allungamento, generata da un rapido mutamento della tensione.

Per la chiarificazione del rilassamento della tensione serve un sistema che consista di una molla, articolata in successione con un organo a stantuffo.

Questa combinazione si denomina elemento Maxwell (fig. 2).

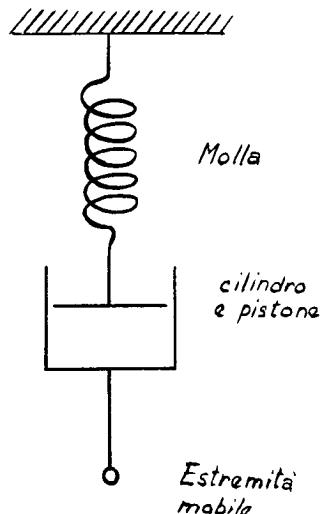


Fig. 2 - Elemento viscoelastico semplice (elemento Maxwell).

Se si cambia improvvisamente la lunghezza L_1 di questo elemento di ΔL , dapprima la variazione di lunghezza viene sopportata soltanto dalla molla, poiché l'organo a stantuffo ha bisogno di tempo per potersi sistemare in una nuova lunghezza. In seguito a ciò, si sviluppa dapprima una tensione della molla, stabilita dalla legge di Hook:

$$\sigma = E \cdot \frac{\Delta L}{L_1}$$

in cui E è il modulo di elasticità della molla e L_1 la sua lunghezza iniziale.

Sotto l'influenza di questa tensione inizia un movimento relativo dallo stantuffo contro il liquido, nell'organo a pistone; la tensione nella molla, perciò, si riduce contemporaneamente all'accorciamento della molla ed ha, per conseguenza, una riduzione del movimento dell'organo a pistone. L'abbassamento della tensione, in un tale sistema, si sviluppa con andamento logaritmico che viene descritto dall'equazione

$$\sigma_t = E \frac{\Delta L}{L_1} e^{-\alpha t}$$

in cui e è la base dei logaritmi naturali, t il tempo e σ_t la tensione momentanea nel tempo t . α^{-1} si chiama tempo di rilassamento, esso stabilisce il tempo in cui la tensione iniziale viene ridotta di una e -esima parte. Naturalmente, anche altre combinazioni di molle ed organi a pistone possono essere date (fig. 3).

I modelli riprodotti sono troppo semplici per poter descrivere esattamente i comportamenti viscoelastici delle sostanze viventi. Il rilassamento della tensione del materiale biologico non dimostra alcun semplice andamento della curva, come è stato riportato nella fig. 4.

Un andamento logaritmico del rilassamento è riscontrabile soltanto nella parte media della curva. Se, per la spiegazione di questo comportamento, si prospetta, come modello di riferimento, una combinazione di organi a stantuffo e di molle, si presentano due ragioni per discostarsi dal comportamento semplice:

- 1 - Lo scorrimento nell'elemento viscoso non è uno scorrimento newtoniano.

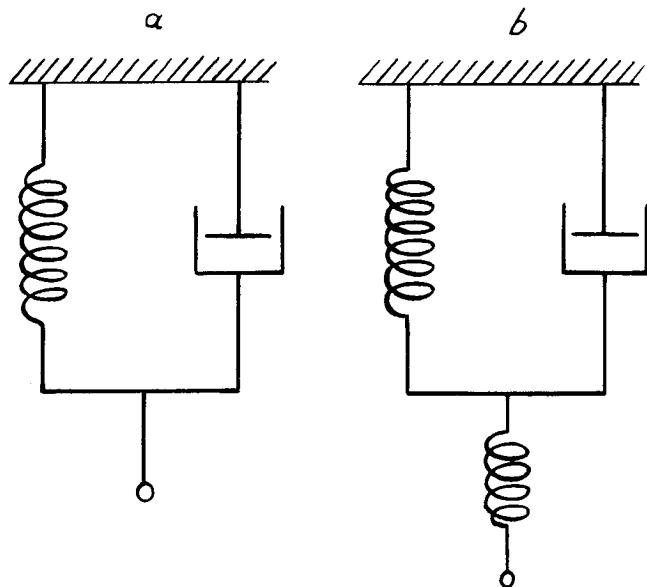


Fig. 3 - Elemento viscoelastico complesso:
 a) Molla e cilindro con pistone, in parallelo (elemento Voigt)
 b) Elemento Voigt in serie con una molla.

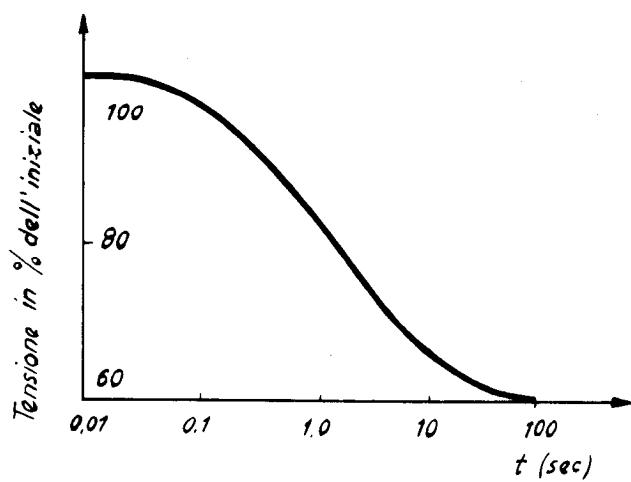


Fig. 4 - Rilassamento della tensione della muscolatura liscia (secondo Stacy, 1955).

2 - Esiste un numero maggiore di elementi di rilassamento, con differenti tempi di rilassamento.

Il muscolo scheletrico consta, probabilmente, di un materiale che è quasi completamente plastico, che cioè inizia a scorrere sotto tensione, così che possono presentarsi deformazioni permanenti. Il materiale plastico, tuttavia, deve essere intercalato, parallelamente ed in serie, con le unità elastiche. Questa rappresentazione è tenuta presente nell'elemento Voigt (fig. 3a).

Con il materiale plastico si comprendono le proteine contrattili actina e miosina.

Gli esperimenti sulla contrazione muscolare sono stati condotti in modo vasto con i muscoli isolati.

Si sono applicate due tecniche: contrazione con carico costante (isotonica) e contrazione con lunghezza costante (isometrica).

Entrambe queste forme si lasciano chiaramente delineare nel diagramma tensione-allungamento (fig. 5 a e b).

Tuttavia, in una registrazione meccanica non vi sono vere contrazioni isometriche, perché la misura della tensione comporta sempre una, seppur minima, variazione di lunghezza. La contrazione del muscolo scheletrico avviene, nel complesso, molto rapidamente. Così che, nella registrazione, l'inerzia dell'apparato di misura deve venire successivamente intercalata.

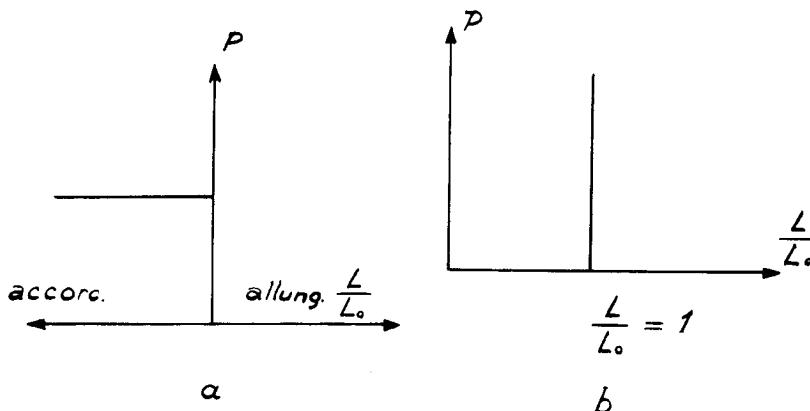


Fig. 5 - a) Contrazione isotonica, $P = \text{cost.}$; b) Contrazione isometrica, $L = \text{cost.}$ (secondo Beier).

Si può lavorare con cristalli piezoelettrici e, in questo caso, la tensione ottenuta è molto vicina alle reali condizioni isometriche.

Se, dunque, accettiamo uno dei modelli meccanici di riferimento testè descritti, dobbiamo trarre una conseguenza immediata e cioè la necessità di tenere ben distinti i concetti di forza e di elasticità, in tutte le procedure che tendano ad agire sul sistema, con l'intento di modificarne le prestazioni meccaniche. In altre parole, non si può evitare la necessità di indagare più approfonditamente il passaggio tra fase di accumulo o di immagazzinamento e fasi di restituzione, a livello dell'elasticità muscolare, trattandosi di sistemi non semplici (che avrebbero previsto un collegamento semplificato tra le due fasi), ma di meccanismi complessi, che prevedono l'intermediario di altri sottosistemi e cioè di tempi e modi diversi di accumulo.

Infatti, se accettiamo per il muscolo scheletrico umano un modello meccanico di riferimento come quello ipotizzato da Voigt (fig. 3a), ogni tipo di lavoro cui sottoporremo questo sistema (muscolatura) avrà, per lo meno, due grandi indirizzi:

a) Sarà cioè un lavoro che si preoccuperà di mantenere sempre il giusto rapporto tra le caratteristiche di prestazione meccanica degli elementi elastici (in serie ed in parallelo) e quelle degli elementi contrattili (filamenti di actina e miosina).

b) Eccederà, in riferimento alle possibilità di prestazione (produzione di lavoro meccanico esterno), verso l'uno o l'altro di questi elementi componenti.

In altre parole, sarà un'attività che avrà per fine il giusto rapporto tra forza ed elasticità oppure sarà orientata preponderantemente alla forza o all'elasticità.

Vediamo degli esempi concreti di procedure, iniziando da quella che, a nostro parere, trova maggiore diffusione nel campo dell'attività muscolare e cioè il lavoro che ha, come obiettivo primario, il miglioramento delle prestazioni del fattore forza muscolare. Classiche esercitazioni di questo tipo sono quelle cosiddette isometriche. In questi esercizi, un'accentuata fase di accorciamento dell'elemento contrattile (mantenuta per un certo tempo, 3-10 secondi) produce un allungamento dell'elemento elastico molto elevato, ma non massimo, mantenedolo in tale stato per il tempo corri-

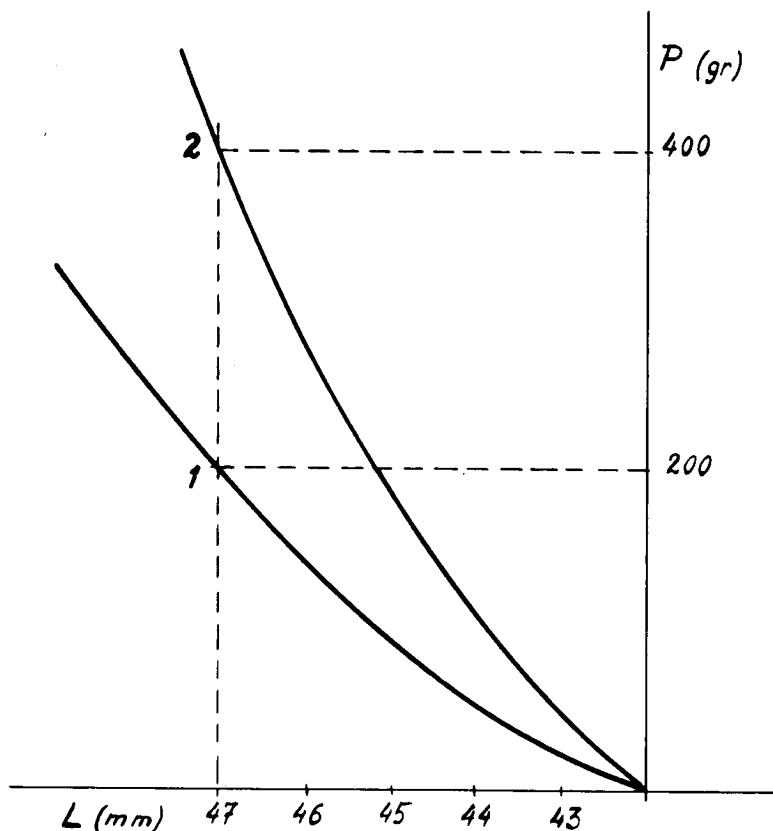


Fig. 6 - Curve tensione-lunghezza, con allungamento effettuato velocemente, 2) e con un allungamento effettuato più lentamente, 1), (secondo Tsigi).

spondente. L'elemento elastico in parallelo, invece, non risente di questo lavoro.

Un lavoro sistematico di tale tipo danneggia l'elasticità muscolare in serie, perché viene meno alla caratteristica fondamentale dei fenomeni elastici e cioè quella che prevede che la fase di accumulo e di restituzione dell'energia accumulata, avvengano in tempi molto brevi ed immediatamente successivi (cioè senza intervalli tra le due fasi).

Caratteristici dell'attività elastica sono dunque i movimenti impulsivi (3). Infatti, risulta dalle indagini, che la curva dell'allungamento muscolare non è indipendente dal tempo durante il quale il muscolo viene allungato.

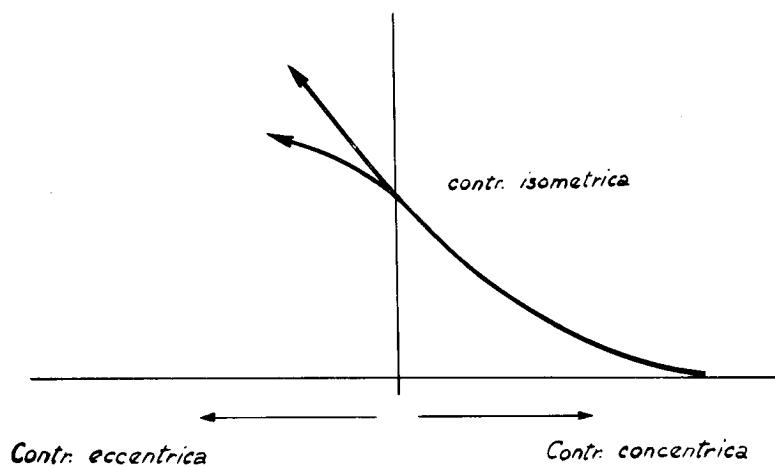


Fig. 7 - Una maggior tensione del muscolo è ottenibile quando lo stesso tenta di contrarsi in fase di allungamento (lavoro negativo o eccentrico). Secondo D.W. Grieve.

Recenti esperimenti a questo proposito (4) hanno dimostrato che la tensione del muscolo cresce in proporzione alla velocità con la quale è avvenuto il suo allungamento e, in questo caso, l'aumento della tensione sarà ancora maggiore quando diventa possibile il successivo accorciamento del muscolo stesso (fig. 6). Nella figura si vede che la curva lunghezza-tensione del muscolo, sostanzialmente, è più rigida quando l'allungamento avviene più velocemente, rispetto a quando l'allungamento stesso si produce in un tempo più lungo. Dal punto di vista della potenza, la velocità dell'allungamento, hanno grande importanza, perciò si usa distinguere tre contrazione concentrica ed eccentrica (fig. 7). La fig. 7 dimostra che la maggior tensione non si verifica in condizioni isometriche, ma nell'allungamento del muscolo.

Una sistematica ripetizione, perciò, di tali azioni isometriche aumenta la forza di coesione dei ponti tra l'actina e la miosina, elevando la viscosità interna del sistema e, conseguentemente, riducendo le qualità elastiche dei tendini, specialmente in muscoli molto lunghi; inoltre danneggia anche le possibilità elastiche del filamento di Hoyle e del tessuto di rivestimento, cambiandone la struttura.

Naturalmente, una muscolatura adattata a questo tipo di impegno (isometrico) fornirà prestazioni eccellenti nelle

esercitazioni conformi (isometriche), cioè in quelle in cui è previsto il raggiungimento di un elevato livello della forza ed in cui il tempo per raggiungerlo ed il tempo di mantenimento si protrae piuttosto a lungo (esempio, croce agli anelli).

Nel campo specifico dell'atletica leggera il fenomeno isometrico, come sopra inteso (durata relativamente lunga di elevati impegni di forza), è pressocché inesistente.

Una procedura, invece, che si potrebbe considerare agli antipodi di quella testè descritta è quella che prevede esercitazioni che abbiano come base di intervento muscolare, un'estrinsecazione impulsiva della forza espressa dall'elemento contrattile e che interessino un numero molto elevato, in riferimento al totale, delle unità motorie del gruppo muscolare interessato.

Dato che queste azioni impulsive si concretizzano nel modo migliore in un movimento che presenti la necessità di un rapido passaggio da fasi acceleranti a fasi deceleranti, i muscoli antagonisti, in questo caso, sono sottoposti ad un sovrastiramento (nei movimenti del lavoro negativo), almeno in un certo numero di unità motorie che poi, nella successiva fase di accorciamento e con gli opportuni intervalli di completo rilassamento, genererà una favorevole azione sugli elementi elastici degli stessi. E' da notare anche, che lo stiramento negativo del muscolo un attimo prima di divenire azione positiva, oltre a sollecitare tutti i meccanismi riflessi che producono una disponibilità di extra forza, non è altresì, adatto a creare le condizioni per un massimale aumento di forza dell'elemento contrattile, dato il limitato impegno temporale dello stesso e la quantità di extra forza disponibile per il movimento (trascurando inoltre quella elastica di restituzione).

Tali azioni si producono a quasi totale carico dell'elemento elastico in serie, data la limitata sollecitazione balistica della parte contrattile e la brevità ed esiguità (come impiego di unità motorie) dell'impegno, esse rappresentano perciò uno stimolo allenante a quasi esclusivo carico dell'elemento elastico, che non dovrebbe ingenerare notevoli modificazioni nella sua struttura cristallina interna.

Un esempio di tali esercitazioni può essere quello delle azioni svolte per migliorare la mobilità articolare in senso attivo (slanci, oscillazioni degli arti, ecc.) (5). Naturalmente come abbiamo accennato, in queste esercitazioni la possibilità di un aumento dei valori della forza (cioè della capaci-

tà dei collegamenti tra i ponti di actina ed i filamenti di miosina) per una più efficace azione di immagazzinamento (prima fase), è molto ridotta, se non proprio nulla, a livello di gruppo muscolare.

Tuttavia, a questo punto, si pone l'osservazione che un lavoro integrativo che preveda l'alternarsi, nel ciclo delle esercitazioni di procedure del primo tipo (isometriche) e del secondo (puramente elastiche), potrebbe ipotizzare, se il dosaggio fosse opportuno, l'ottimale per un allenamento muscolare riferito ad ogni specifica disciplina sportiva che voglia mantenere i giusti rapporti tra possibilità di forza e possibilità elastiche, come richiesti dalla stessa pratica sportiva oggetto di allenamento.

Non dobbiamo dimenticare però, a questo riguardo, che l'effettore del movimento, cioè il muscolo, non può essere considerato come un sistema isolato a se stante, ma piuttosto come un organo che svolge una sua particolare funzione in un sistema complesso di interventi, come quello rappresentato dal movimento umano, con tutte le sue implicazioni di dosaggio e di controllo.

Intervengono, a questo riguardo, salvo casi di impossibilità di altra scelta, problemi di modellazione di stereotipi dinamici, di transfer, nonché di attivazione dei corpi intramuscolari, con i loro collegamenti e circuiti nervosi, che rendono molto difficile, se non impossibile, un perfezionamento motorio contemporaneo ad un miglioramento delle caratteristiche dell'effettore, per quanto riguarda la forza e l'elasticità, operando per settori ed in tempi diversi (per esempio prima migliorando le caratteristiche dell'elemento contrattile, poi quelle degli elementi elasticci, come richiesto dalla particolare disciplina sportiva oggetto di allenamento).

Com'è noto, il controllo nervoso del movimento risente anche dell'azione tipica svolta dall'effettore che ha, a sua volta, la possibilità di influenzarlo, in un certo senso, adattandovisi.

Non possiamo, dunque, consigliare che una estrema prudenza, trattandosi di individuare il giusto dosaggio, nella scelta di questo tipo di procedura e di adottarla soltanto nel caso di esigenze che non permettono altre scelte come per esempio, nel caso di soggetti lanciatori di peso, di disco o di martello, nell'atletica leggera, in cui, per note ragioni dinamiche, l'aumento di massa attiva (cioè di peso corporeo) è una condizione inderogabile per il successo nella specialità, mentre il fattore elastico, pur importante, non gioca un

ruolo così determinante come, per esempio, nei salti. La scelta del cosiddetto metodo indiretto, cioè di una procedura di allenamento che prevede una fase dedicata preponderatamente all'aumento della forza, cioè un aumento delle possibilità contrattili attraverso i ponti tra l'actina e la miosina, ottenibile con l'uso di sollecitazioni tensive molto elevate, ripetute molte volte e per un tempo effettivo di impegno relativamente lungo (tono basale superiore al normale come indice di una aumentata viscosità) ed un'altra fase successiva, dedicata ad esercizi di decontrazione e di scioltezza del muscolo ed a sollecitazioni impulsive che siano il più possibile aderenti alle caratteristiche della specialità oggetto di allenamento e che più si avvicinino al lavoro ottimale per l'elemento elastico (tono basale inferiore alla norma come indice di una riduzione della viscosità interna - periodo di forma), diviene una condizione senza possibilità di scelta poiché esiste una relazione stretta tra peso del corpo e forza del soggetto.

Quando, oggi, si parla di 250 kg. realizzati dai lanciatori nell'esercizio della panchina o di 300 kg. di accosciata, si pone l'attenzione sul fatto che esiste una relazione statistica significativa, ben nota, tra forza e peso dell'atleta, o meglio, tra differenziale del peso e differenziale della forza.

Inoltre, un'analogia significatività statistica è ormai acquisita in queste specialità (lanci) tra risultato e livelli della forza (naturalmente a parità di padronanza tecnica dell'esercizio).

A parte, dunque, le considerazioni sui lanciatori pesanti che riteniamo specialisti a parte, in riferimento al tema « relazione tra forza ed elasticità » che stiamo trattando, per quanto riguarda l'incremento della forza e dell'elasticità possiamo giustificare soltanto una procedura di allenamento che preveda un miglioramento di queste due caratteristiche muscolari in maniera sincrona.

E ciò risulta evidente anche dal fatto che una simile metodologia operativa non può che utilizzare esercitazioni a carattere specifico e in relazione alla specialità sportiva di cui ci si occupa. Abbiamo già ricordato che il nostro punto di vista parte dalla convinzione che ogni disciplina sportiva si caratterizzi, nei suoi punti focali, per un ben determinato valore della forza e dell'elasticità, per quanto concerne la muscolatura più interessata alla specialità, e che queste possibilità devono essere conformi alle caratteristiche biomeccaniche dell'atleta ed a conseguenti differenziali temporali

e spaziali, in cui possono realizzarsi le due fasi fondamentali che concretizzano un'attività elastica: la decelerazione e l'accelerazione.

Dunque, noi siamo fermamente convinti che soltanto la terza possibilità procedurale possa essere vantaggiosamente adottata nelle metodiche di allenamento degli atleti, quando intendano migliorare le particolari doti di forza e di elasticità, in riferimento alla loro disciplina sportiva.

Questa possibilità, come già riferito, è quella di una esercitazione specifica che preveda le due fasi di immagazzinamento e di restituzione, il più possibile aderenti, per l'aspetto quantitativo, spaziale e temporale a quanto si verifica nell'azione specifica di gara. In pratica, si tratta di porre dei valori quantitativi al fattore forza, per ogni specialità sportiva (esclusi i lanci pesanti) e di ipotizzarne la necessità o meno dell'incremento esclusivamente in riferimento ad eventuali miglioramenti del risultato sportivo.

Questo, pensiamo sia il punto fondamentale di tutta la problematica che investe oggi il potenziamento muscolare. Infatti, abbiamo detto che ogni specialità presenta, per l'atleta che la pratica, delle particolarità biomeccaniche peculiari, nei punti caratterizzanti un fenomeno elastico. Cioè il tempo e l'entità del caricamento (immagazzinamento) devono presentarsi con certi rapporti caratterizzanti anche il rispetto regolamentazione della specialità sportiva, per generare poi le opportune restituzioni elastiche (per esempio non è ammesso utilizzare assi di battuta sopraelevate nel salto in lungo). In altre parole, se per un saltatore in lungo le caratteristiche della muscolatura della gamba di stacco, nella fase di stacco sono, per esempio, più orientate all'elasticità degli elementi in serie ed in parallelo che a quelle di forza degli elementi contrattili, rispetto a quanto fornito dai dati statistici della prassi in proposito (che riferiscono per esempio valori di forza tonica massimale relativa intorno a 2, per la muscolatura più sollecitata), i tempi e gli spazi di caricamento saranno di molto allungati, compromettendo l'individuazione del giusto angolo di uscita del baricentro, nonché della grandezza del vettore velocità di uscita dello stesso.

Tuttavia, poiché nei movimenti atletici incontriamo raramente un allungamento dei muscoli partendo da uno stato di quiete, mentre è più diffuso un tipo di allungamento muscolare, partendo da un muscolo contratto, è utile analizzare il confronto dei diagrammi allungamento-tensione, par-

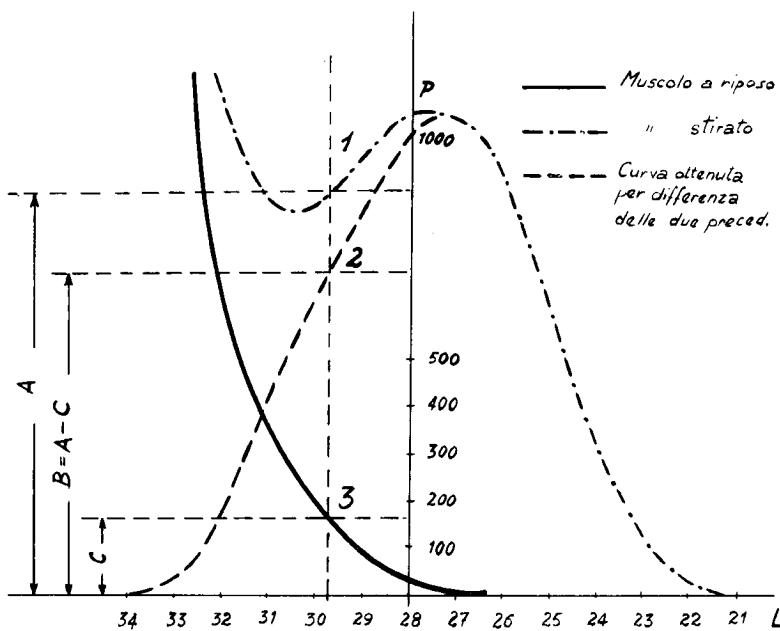


Fig. 8 - Curva tensione-allungamento del muscolo non eccitato e quella del muscolo eccitato tetanicamente ed accorciato. Occorre, all'inizio, una maggior forza per allungare il muscolo eccitato tetanicamente e accorciato, in confronto con quella necessaria per allungare un muscolo non eccitato, partendo dalla sua lunghezza di riposo. Muscolo gastrocnemio (secondo Ernst).

tendo da un muscolo rilasciato e dallo stesso in condizioni di tensione (fig. 8).

Si riscontra con evidenza che occorre una forza maggiore per allungare lo stesso muscolo in stato di tensione, anche mantenendo la lunghezza di riposo.

E' da notare che anche nel caso di un muscolo eccitato, l'allungamento produce cambiamenti nella struttura del muscolo stesso (cristallizzazioni - aumento della viscosità) che provocano una più grande solidità della sua struttura cioè un aumento della sua forza.

Nel caso dell'esempio sopra riportato del saltatore in lungo, il bloccaggio delle articolazioni della gamba di stacco prevede il funzionamento contemporaneo dei muscoli agonisti e antagonisti. Questo bloccaggio statico momentaneo dei muscoli, nei diversi settori dell'atletica, rende possibili

azioni molto vantaggiose, dando un contributo efficace allo svolgimento del lavoro ed assicurando condizioni favorevoli a maggiori lavori muscolari.

Infatti, nella maggior parte dei casi, per voler fissare una articolazione (fasi frenanti allo stacco dei salti) anche un solo momento, in un certo angolo, è necessaria l'innervazione simultanea di almeno due muscoli. Il bloccaggio avviene generalmente con un tale angolo d'articolazione, per cui il muscolo che dovrà svolgere il movimento successivo subisce uno stiramento, mentre si trova in stato di tensione per il fatto del bloccaggio dell'articolazione.

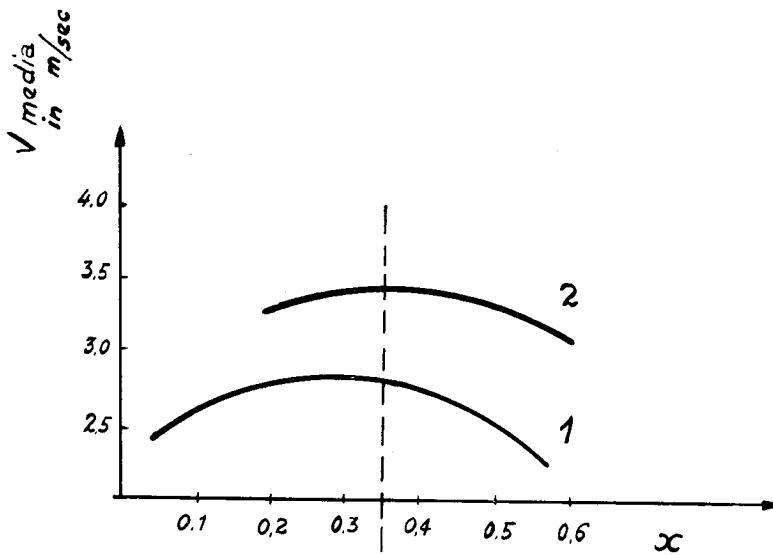
Dunque tutta l'inerzia del corpo viene assunta dalla muscolatura che si trova in stato di tensione. Siamo qui in presenza del cosiddetto urto elastico.

La muscolatura viene interessata dalla massa del corpo e da quella dell'eventuale attrezzo, con la loro velocità (inerzia) e, nonostante il bloccaggio delle articolazioni interessate, si verifica sempre un leggero cedimento per uno stiramento della muscolatura che, elasticamente, immagazzina energia per restituirla nella fase successiva.

Questa deformazione muscolare richiederà *tanta più energia per essere effettuata, quanto maggiore sarà la tensione con cui si sarà presentata all'urto elastico per l'assorbimento di tutte le forze.*

Dunque si tratta di un giusto rapporto tra livello della forza e possibilità elastiche, dato che i tempi e l'entità del sovrastiramento restano determinati dalla velocità di entra-
ta dell'atleta, dalla sua massa e dall'assetto biomeccanico di presentazione allo stacco. Queste tre componenti sono col-
legate tra loro influenzandosi a vicenda in senso positivo o negativo, per cui, pretendere di far diventare la muscolatu-
ra interessata più forte, per poter assorbire più energia, do-
vrebbe sempre prevedere anche la possibilità di creare la condizione perché questo assorbimento avvenga (cioè, è inu-
tile diventare forti oltre i limiti di possibilità di sovrasti-
ramento).

Orbene, potendo usufruire di una piattaforma piezoelet-
trica, si individuerà un diagramma delle fasi di decelerazione e di accelerazione, che ci darà un quadro soddisfacente delle entità di lavoro negativo e positivo della muscolatura interessa-
ta (6), nonché dei livelli di forza impiegati nei due momen-
ti. Hochmuth esprime come valore ottimale del rapporto tra fase accelerante 0,3 (fig. 9). Ma si deve tener conto che questo valore viene condizionato dalle limitazioni regolamen-



$$x = \frac{\text{Fase di decelerazione}}{\text{Fase di accelerazione}}$$

Fig. 9 - Velocità dello stacco V media (velocità alla fine della fase accelerante) in dipendenza del rapporto tra la fase frenante e quella accelerante (valore di x), in salti in alto da fermo, a due gambe, previo molleggio. Risultati di una serie di ricerche: 1) con giovani sportivi (secondo Hochmuth); 2) con atleti evoluti (secondo Marhold).

tari di ogni specifica disciplina sportiva. Perciò, in pratica si tratterà sempre di un valore più ridotto. La possibilità di migliorare, negli spazi e nei tempi imposti dalla biomeccanica della singola specialità (fissaggio dell'articolazione), l'immagazzinamento e la restituzione di energia, da parte della muscolatura interessata, apre vasti orizzonti ad un ulteriore incremento dei risultati, specialmente nelle discipline di salto e di corsa dell'atletica leggera.

Ma si tratta di migliorare l'elasticità in netto collegamento con la forza, entro i limiti imposti dai valori biomeccanici e dinamici delle singole fasi cruciali delle specialità sportive oggetto di allenamento.

Il diagramma allungamento-tensione del muscolo concede uno spazio limitato all'indagine del problema. Infatti, si può soltanto raffrontare il diagramma tensione-allungamento partendo da condizioni di rilassamento del muscolo o da condizioni di tensione, sempre a lunghezza di riposo, come abbiamo sopra illustrato.

Tuttavia, ciò che veramente interessa è verificare se esiste concretamente la possibilità di migliorare il lavoro positivo svolto dalla muscolatura, previo compimento di un lavoro negativo (eccentrico), e se sia possibile la definizione di parametri pratici di riferimento per dare al tecnico un'immediata situazione dello stato dei valori di forza e di elasticità della muscolatura interessata all'azione, in rapporto ai valori statistici ritenuti ottimali per la specialità praticata.

Margaria ed i suoi collaboratori, nei loro lavori, riportano un valore che può giungere fino a 2,5, nel muscolo isolato in laboratorio, nel rapporto potenza nell'attività positiva e negativa.

Il primo inoltre, testualmente riporta « *L'utilizzazione di energia accumulata nel muscolo contratto durante il lavoro negativo è di tanto maggiore, quanto più breve sarà il Δt tra l'allungamento ed il raccorciamento. Ciò è dovuto al fatto che la forza raggiunta alla fine dell'allungamento si riduce, in seguito, a valori vicini a quelli isometrici (Abbot e Aubert, 1952), quando il muscolo è mantenuto in stato di contrazione alla lunghezza raggiunta. Poiché l'aumento di forza, dovuto all'allungamento, corrisponde ad un accrescimento di energia potenziale utilizzabile durante il suo raccorciamento successivo, si comprende che questa utilizzazione sarà tanto più elevata, quanto più breve sarà l'intervallo tra l'allungamento e raccorciamento.*

L'importanza del rinculo elastico del muscolo contratto, al fine di fornire energia, è parimenti dimostrato da una esperienza di Margaria, Cavagna e Saibene, del 1963 (7).

Riportiamo integralmente dal lavoro citato.

« *Inoltre la caduta del corpo sulla punta dei piedi, eseguita in modo che i muscoli estensori del piede (gastrocnemo e soleo), mantenuti contratti, arrivino ad assorbire la decelerazione del corpo verso il basso, conduce ad un movimento oscillatorio ammortizzato del centro di gravità del corpo, che può essere messo in evidenza con una piattaforma piezoelettrica. Dalla frequenza delle oscillazioni, conoscendo la massa del corpo, Cavagna (1965), il coefficiente*

$$F \\ di elasticità V = \frac{F}{Y} \text{ del sistema, essendo } F \text{ la forza applicata agli elementi elastici che consentono il rimbalzo del corpo, } X \text{ il loro allungamento ed } Y \text{ la velocità dell'allungamento.}$$

Il valore di K è risultato essere di $3,26 \text{ kg/mm}^2$ e quello di V $0,057 \text{ kg/mm}$ al secondo.

Nella corsa, durante la decelerazione del corpo ad ogni passo, la forza applicata al centro di gravità raggiunge 150 kg. circa, questa forza è sostenuta dalla muscolatura contratta della sola gamba in contatto con il suolo. Supponendo che K totale delle strutture elastiche di una sola gamba sia la metà di quello calcolato nell'esempio della caduta del corpo

$3,26$
sulle due gambe, cioè $1,63 \frac{2}{2}$, l'energia elastica accumulata formerà un totale di circa 9 kgm.

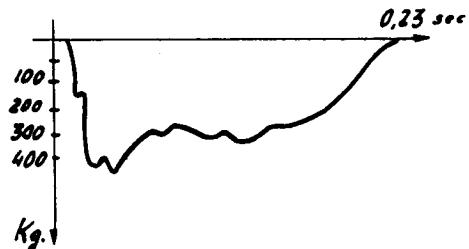


Fig. 10 - Diagrammi dello stacco (componente verticale) dell'ex primista del mondo J. Stepanov. Le maggiori applicazioni di forza vengono sviluppate all'inizio, cioè nella fase ammortizzante (secondo D'Jackov, 1958).

Questa energia rappresenta una frazione rilevante del lavoro esterno motorio svolto ad ogni passo, nella corsa.

In conclusione, i risultati finora ottenuti dimostrano che l'elasticità del muscolo può giocare un ruolo molto importante nell'esercizio muscolare ».

Queste conclusioni, che abbiamo voluto qui riportare integralmente, ci danno la certezza che si possono ottenere maggiori possibilità di energia sfruttando adeguatamente le possibilità elastiche negli esercizi fisici. L'entità della stessa è tuttavia condizionata dalle caratteristiche bio-tipologiche e di padroneggiamento della tecnica sportiva specifica dell'individuo, nonché da quelle biomeccaniche della specialità, ed una definizione numerica precisa diviene molto difficile nel caso concreto. Ma poiché la possibilità esiste, non possiamo esimerci dall'imboccare la strada dell'elaborazione procedurale metodologica di un tipo di allenamento, tendente a realizzarla ed a fornire al tecnico cifre orientative molto utili in mancanza di attrezzature precise difficilmente repe-

ribili in campo, per un'ottimalizzazione delle condizioni di forza ed elasticità della muscolatura dell'atleta interessato alla specialità.

Abbiamo già visto che non possiamo prescindere dai livelli di forza relativi alle varie fasi della specialità sportiva di cui ci occupiamo per cui, con riferimento alla forza, i dati di partenza devono essere le analisi dei diagrammi realizzati alle piattaforme piezoelettriche, o quelle degli elettromiogrammi, ottenuti nelle fasi specifiche, per i gruppi muscolari interessati. Per esempio, Zaciorskij riporta valori max dell'ordine di 470/600 kg. circa nelle componenti verticali dei diagrammi effettuati in stacchi di salti in alto di tipo Straddle (vedi fig. 10).

Un diagramma, ripreso alla piattaforma, riporta per il saltatore in alto I. Sieghart (Straddle) un valore massimo delle componenti verticali di 435 kg. per un salto di 2,10 m. (fig. 11).

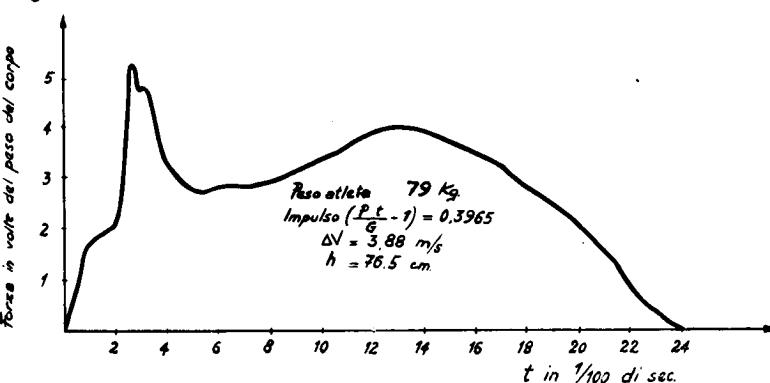


Fig. 11 - Diagramma dello stacco (componente verticale) del saltatore in alto di stile straddle I. Sieghart, in un salto di 2,10 m.

Angela Kuhlov riporta valori similari per la componente verticale, dell'ordine di 400 kg. in stacchi di Straddle (8).

Abbiamo dunque visto che si riscontra la necessità indrogabile di ottimali livelli di forza per poter ottenere buone prestazioni nelle discipline atletiche di salto e di sprint.

Le componenti elastiche entrano in sollecitazione come elementi che sopportano l'immagazzinamento su questi elementi che sopportano l'immagazzinamento su questi elevati livelli della forza e, se non sono integri, ne limitano l'entità.

Il problema, dunque, si concretizza nell'aumento delle possibilità dell'elemento contrattile con un analogo miglioramento delle possibilità degli elementi elastici (senza cioè un danneggiamento reciproco, come purtroppo spesso si riscontra).

Per quanto riguarda l'elemento contrattile, abbiamo visto che ciò si realizza intensificando i contatti tra l'actina e la miosina; per l'elemento elastico, invece, trattandosi di molecole con ampie possibilità di variazioni spaziali sul campo d'azione degli atomi componenti, il problema si concretizza, per tornare al nostro modello meccanico di riferimento, in una particolare attenzione riservata al ritorno immediato dell'elemento elastico alla condizione iniziale di partenza.

Ma, come abbiamo visto, ciò significa un rapido « rilassamento della tensione ».

Nel modello meccanico di riferimento, di cui ci siamo valsi sopra il concetto del *rilassamento della tensione* viene rappresentato da uno stantuffo che si muove entro un pistone contenente un mezzo viscoso ed il tutto collegato ad una molla.

Recenti lavori hanno cercato di individuare collegamenti statisticamente validi tra i livelli di forza isometrica massimale relativa ed i livelli di massima potenza dei relativi distretti muscolari. Il problema, tuttavia, è apparso in tutta la sua complessità, quando è intervenuto, quale elemento intermediario condizionante, il fattore specifico della particolare regola motoria rappresentata dalla disciplina sportiva oggetto di studio.

Infatti vi sono problemi coordinati che, a seconda della complessità motoria, incidono in misura maggiore o minore sulla validità statistica di un collegamento tra forza statica massimale relativa e potenza specifica massima degli stessi gruppi muscolari.

Inoltre, il problema elastico, che prevede la giusta dell'effetto decelerante o ammortizzante assume differenziazioni, nelle varie specialità sportive, talmente rilevanti da far concludere per un'impossibilità di generalizzazione di test validi, per il giudizio dei livelli di potenza massima, e da far apparire indispensabile il dover ricorrere soltanto a manifestazioni potenziali massimali specifiche o molto vicine a quella specifica, per il giudizio potenziale massimale. In questo senso, le recenti conclusioni di Considine e Sullivan (9), secondo cui « *La potenza della muscolatura delle gambe è un'entità complessa, consistente di molte componenti, di cui*

una è probabilmente la forza statica, ma che non appare, quest'ultima, come la preminente », vanno sicuramente accettate, con l'osservazione, tuttavia, che nei loro esperimenti, questi autori non hanno considerato, nei test adottati per avere i dati della potenza massima, alcun fattore specifico e, quello che è più importante, alcuna influenza elastica specifica.

Se il discorso fosse stato invece posto in termini di specificità del rapporto tra forza statica massimale relativa ed espressione potenziale massimale di una particolare disciplina sportiva o parte fondamentale di essa, i dati sarebbero stati statisticamente più sicuri.

D'Jackov, infatti, riporta collegamenti statisticamente sicuri tra la forza statica massimale dei vari distretti muscolari maggiormente impiegati nello stacco, in salti in alto di tipo straddle e gli stessi gruppi, nel salto in alto da fermo con o senza l'ausilio delle braccia (10).

Conseguentemente, da quanto or ora esposto risulta fondamentale, per ogni tipo di manifestazione tensiva muscolare di ogni specifica disciplina sportiva o parte fondamentale di essa, stabilire i relativi, indispensabili collegamenti tra la forza isometrica massimale relativa e le relative possibilità elastiche. A tal fine, suggeriamo, l'istituzione, presso la Federazione di un apposito ufficio con il compito di raccogliere e vagliare tutti i dati che una procedura centralmente organizzata per l'allenamento fornirà, tramite gli allenatori. In questo senso sarà possibile conferire una certa sicurezza statistica ai dati che dovranno venir suggeriti come campioni di riferimento e si darà al tecnico la sensazione di operare in un organismo di cui egli, in ogni caso (cioè a prescindere dai positivi o negativi risultati ottenuti con la sua opera), sarà una componente indispensabile.

Questa banca dei dati e l'adozione, da parte del tecnico, di un diario dell'allenamento per ogni suo atleta, sono, a nostro avviso, una condizione indispensabile per un rinnovamento tecnico che non resti nell'astrattezza delle enunciazioni formali.

Come abibamo visto, in mancanza di attrezzature adeguate sui luoghi di allenamento, per stabilire gli ottimali rapporti tra elasticità e forza nei punti focali di ogni specialità dell'atletica leggera (ed il discorso, naturalmente, è estensibile a quasi tutte le discipline sportive), ora è gioco-forza far ricorso ai dati accumulati dall'esperienza a livello nazionale.

nale ed internazionale, con i relativi margini di errore che l'eterogenea provenienza dei dati, naturalmente, comporta.

Un'indagine a livello nazionale, organizzata seriamente, potrebbe semplificare di molto il lavoro del tecnico e, conseguentemente, ridurre i margini di errore.

Se per favorire nel modo migliore le modificazioni positive dell'elemento elastico (molla) è necessario sollecitarlo in maniera rapidissima (velocità con cui si immagazzina, come accennato sopra) entro i limiti imposti dalla legge di Hook ed altrettanto rapidamente permettere la fase di restituzione, il concetto di un rapido « rilassamento della tensione » condiziona il metodo procedurale di allenamento che abbia sempre un occhio ai livelli di viscosità del mezzo entro cui si muove lo stantuffo e l'altro al ritorno puntuale dell'elemento elastico alla condizione di massima decontrazione, ripercorrendo i diagrammi in senso inverso.

Un andamento procedurale che non permette un puntuale ritorno dell'elemento elastico al suo stato iniziale di partenza, a lungo andare, danneggia le qualità elastiche, modificando la cristallizzazione del sistema, che aumenterà la sua viscosità interna a favore di una maggior forza, cioè di una maggiore consistenza del sistema stesso.

I mezzi adatti a favorire un puntuale ritorno dell'elemento elastico al suo stato iniziale, sono fondamentalmente di quattro tipi: biomeccanici, biochimici, psicologici e fisioterapici.

Per fissare più chiaramente quanto esposto, insistiamo sul fatto che ci troviamo di fronte al problema di un'azione violenta ed impulsiva (interna e brevissima) dell'elemento contrattile, che genera una tensione elevata nell'elemento elastico in serie e di un quasi contemporaneo allungamento dell'elemento elastico in parallelo, chiamati ad assorbire le forze inerziali di decelerazione (lavoro negativo). Ma per un efficace allenamento dell'elemento elastico, immediatamente dopo, deve avvenire un rilassamento della *tensione*, che deve esaurirsi nel tempo suggerito dalle particolarità meccaniche della disciplina sportiva oggetto di studio.

Le procedure di allenamento che tengano in particolare riguardo l'integrità dell'elemento elastico, lo rapportino nei giusti termini ai livelli raggiunti dall'elemento contrattile, oltre che ad avere le caratteristiche della specificità con l'azione tecnica fondamentale, per quanto riguarda l'attività degli analizzatori, inibitori e controllori del movimento, devono utilizzare mezzi che ricadono nei grandi campi sopra

riferiti, e cioè tecnico-pedagogici, psicologi, biochimici e fisioterapici, secondo gli orientamenti che qui riportiamo.

Per quanto riguarda le caratteristiche metodologiche e pedagogiche, esse devono considerare esercitazioni che tendano ad un ottimale e sincrono incremento delle qualità di forza e di elasticità della muscolatura. A tale scopo si raccomandano:

a) esercitazioni specifiche, imitanti parti fondamentali dell'azione che si vuol migliorare;

b) azioni interessanti la parte contrattile (immagazzinamento) a carattere impulsivo, di una entità tale da non superare i livelli di forza riscontrabili nelle fasi cruciali della specialità (indicativamente dati dalle pedane piezoelettriche o da accelerometri, se trattasi di lanci);

c) un rilassamento immediato muscolatura impegnata, alla fine dell'azione, sottoponendola a condizioni di non gravità (distendersi, per esempio, se trattasi della muscolatura degli arti inferiori);

d) per quanto riguarda il dosaggio, eseguire 5-7 ripetizioni successive (serie), con un recupero di 10-15 minuti tra ogni serie, impiegati in azioni che tendano ad escludere qualsiasi residuo di tensione dalla muscolatura. Il numero delle serie sarà determinato dal mantenimento di elevati gradi di risposta efficace nella fase di restituzione;

e) mantenere la muscolatura decontratta prima dell'esecuzione, con il particolare accorgimento di contrarla al massimo nell'attimo prima dell'urto (reattività) per l'efficace assorbimento dell'energia cinetica.

Per le caratteristiche psicologiche è utile applicare il metodo dell'autoregolazione delle condizioni tensive della muscolatura dopo ogni esercitazione, nonché i metodi di concentrazione prima delle esercitazioni, configurabili nelle procedure del « training autogeno », opportunamente elaborate per la pratica sportiva e, particolarmente, le procedure attivizzanti.

Per le caratteristiche biochimiche, sono adatti tutti i farmaci che tendano a ridurre, entro certi limiti, eccessi di tono muscolare basale.

Per le procedure fisioterapiche, utilissimi i mezzi di riscaldamento della muscolatura ed i mezzi di facilitazione del recupero locale, come i massaggi di sfioramento, le doc-

ce calde e fredde, le maniche di decompressione, ecc. In altre parole, tutti i mezzi che tendono a favorire il recupero pieno e rapido della muscolatura sollecitata, favorendo una aumentata irrorazione sanguigna della stessa.

Per gli esempi delle singole esercitazioni, rimandiamo ai lavori apparsi su riviste specializzate.

Qui menzioniamo, in via schematica, le esercitazioni a carattere di lavoro negativo e positivo più caratteristiche per l'atletica leggera, per lo scopo sopra prefissato (forza-elasticità).

Corsa: corsa balzata - balzi in salita e in discesa sui gradoni dello stadio, ecc.

Ostacoli: balzi alternati, ecc.

Salto: balzi da altezza ottimale di caduta, azioni specifiche difficoltàtate (pedane con tavoletta, stacchi di salto normali dopo rincorsa sopraelevata, ecc), balzi alternati, balzi sugli ostacoli, balzi sui gradini in discesa e in salita, ecc.

Lanci: esercitazioni pliometriche di ogni tipo, che prevedono una ripetizione del gesto specifico di gara, preceduto da una fase negativa simmetrica, di giusta entità.

Per concludere, descriviamo in questa occasione, in modo completo, solamente una esercitazione perché, per analogia, gli stessi criteri possono essere riportati ad altre di ogni tipo.

Occupiamoci dei muscoli gastrocnemio e soleo particolarmente per saltatori. Una classica esercitazione di forza e di elasticità per questo gruppo muscolare, sono i salti in basso con successivo salto in alto, i cosiddetti balzi.

Cadendo a muscolatura rilassata sugli avampiedi, da una certa altezza, l'atleta avrà l'accortezza di fissare le angolature delle articolazioni della caviglia, del ginocchio e delle anche e di rimbalzare saltando poi il più in alto possibile.

La condizione per un'azione elastica dell'esercizio è la fissazione delle articolazioni suddette per tutta la fase ammortizzante e la caduta da una altezza ottimale, con successivo salto il più in alto possibile.

Che cosa si intende per altezza ottimale?

L'altezza cadendo dalla quale e con le precauzioni sopradescritte, viene raggiunta l'altezza successiva di salto più elevata.

Naturalmente, tale altezza si raggiunge per tentativi, in mancanza di precisi strumenti di misurazione, cadendo da livelli successivamente crescenti e segnando su di una parete con una mano impolverata di gesso, le altezze raggiunte.

Più l'atleta sarà forte, più necessiterà di altezze di caduta ottimali elevate; vale a dire, più la muscolatura sarà forte, maggiore sarà l'energia necessaria a distenderla, ma anche, a parità di peso corporeo, maggiore dovrà essere l'altezza successiva di salto raggiunto, perché i valori dell'elasticità siano concordanti con quelli della forza.

Nella pratica, abbiamo visto che, per esempio, per saltatori in alto di élite, adottanti la tecnica Straddle, i valori di forza, cui deve far fronte la muscolatura della parte anteriore della coscia dell'arto di stacco, sono nell'ordine di 400-500 kg, nella fase frenante, come punta più elevata. Tali valori devono dunque essere raggiunti anche alla fine della fase di ammortizzazione dei salti in basso con successivo salto in alto sopra descritti, con l'avvertenza che, nel caso di salti su due piedi, il valore deve essere moltiplicato per 2. Per un atleta di 75 kg. si tratta, in fondo di cadere da 80-100 centimetri di altezza. Ad una tale altezza di caduta deve dunque corrispondere la massima altezza successiva di salto che, la pratica lo insegnà, deve aggirarsi tra 80 e 100 cm.

Per i salti atletici, tali livelli massimali di forza relativa sono rappresentati da un rapporto all'incirca uguale a 2, cioè dal rapporto tra il risultato ottenuto nell'accosciata max con bilanciere sulle spalle ed il peso del corpo (per es.: per un atleta di 75 kg 150 kg di forza relativa sono rappresentati da un rap-accosciata max per quadriciti e glutei).

Se, l'atleta, con normali massimali di forza (max accosciata/peso corpo = 2) ottiene altezze ottimali di caduta molto inferiori a quelle riportate (per esempio, 50 cm), questo dato dovrebbe concludere per una mancanza di adeguata elasticità, nella sua muscolatura.

Naturalmente, le entità delle energie accumulate, nelle fasi frenanti delle altezze ottimali di caduta, devono corrispondere a quelle che si possono realizzare nelle fasi cruciali della specialità.

Così, per esempio, teoricamente vi è un limite preciso all'entità delle fasi frenanti in un appoggio nel passo di corsa veloce (sprint), dati i limiti biomeccanici in cui deve svilupparsi l'azione.

Nello Straddle, invece, teoricamente non vi è limite per questa fase perché, aumentando la velocità di rincorsa e giungendo allo stacco nella giusta posizione arretrata del corpo, il resto è soltanto questione di tenuta dei muscoli del gruppo del quadricep.

Dunque, nello sprint è chiaramente ipotizzabile un preciso rapporto tra disciplina sportiva e forza statica massimale relativa ai muscoli del quadricipite femorale (con l'ineliminabile aumento della massa muscolare, cioè del peso del corpo, che dà l'elevazione più redditizia).

* * *

Riassunto

Inizialmente abbiamo cercato di presentare un quadro dell'elasticità in generale, con le leggi che la governano. Abbiamo poi dato una descrizione del muscolo, soffermandoci sul suo comportamento termo-visco-elastico, riferendoci alla descrizione di questi processi con metodi matematici. Successivamente, le formulazioni matematiche sono servite per la costruzione di un modello meccanico teorico di riferimento, utile per una spiegazione settorializzata dei complessi e sincroni fenomeni termici-viscosi ed elasticci, che si verificano nel muscolo stesso in un'unità inscindibile.

Sulla base di questo modello meccanico, abbiamo tratto delle considerazioni concernenti l'impostazione del lavoro metodico, in riferimento ai vari apparati isolati matematicamente ed in particolare all'apparato prettamente elastico (molla) ed a quello viscoso (pistone-stantuffo).

A questo punto si è rivelata la necessità di considerare azioni interessanti preponderatamente l'elemento contrattile (forza) e quelle interessanti l'elemento elastico (forza elastica), nonché l'eventualità di ipotizzare dei collegamenti tra queste due entità, con riflessi apprezzabili nella pratica delle metodologie di allenamento.

Da qui è scaturita l'urgenza di avere dei dati sulle azioni elastiche della muscolatura.

Perciò abbiamo sottolineato la necessità di avere, per ogni branca dell'atletica leggera, dei dati di riferimento, per quanto concerne le azioni elastiche e di forza. In attesa dell'istituzione di una banca dei dati forniti dalla prassi, che li raccolga e li elabori, i dati di riferimento dovrebbero essere concepiti dai tecnici, più come indici dell'illustrazione di un metodo, che come termini assolutamente validi.

Infine, abbiamo fornito una serie di raccomandazioni procedurali metodologiche che, lungi dall'esaurire la complessità dei rapporti tra forza ed elasticità, nelle varie discipline dell'atletica leggera e, particolarmente, in alcune fasi cruciali di ogni singola specialità, a nostro avviso, dovrebbero

essere una prima traccia su cui fermare la riflessione del tecnico in merito alla grande prudenza necessaria nell'affrontare il problema pratico del potenziamento muscolare massimale specifico dell'atleta.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE DI RIFERIMENTO

- (1) Ernst J. - *Symposion on Muscle* - Akadémia Kiadó. Budapest 1968.
- (2) Beier W. - *Biophysik* - Thieme Verlag 1960.
- (3) Verhosanskij Ju. - *Das Spezielle Krafttraining des Sportlers* - Bartels Wernitz Verlag. Berlin 1972.
- (4) Tudomanyos Közlemenek - Budapest 1972.
- (5) Harre D. - *Trainingslebne*. Berlin 1970.
- (6) Hochmuth - *Biomechanik Sportlicher Bewegungen*. Berlin 1969.
- (7) Margaria Cavagna Saibene - *Journal of Applied Physiology*. N. 1/1968.
- (8) Kuhlov A. - *Analyse Moderner Hochsprungtechniken*. Berlin 1972.
- (9) Considine/Sullivan - *Research Quarterly*. N. 44 1973. New York.
- (10) D'Jackov V.M. - *Die Steuerung und Optimierung des Trainingsprozesses*. Bartels Wernitz Verlag. Berlin 1974.