

La velocità e la rapidità dei movimenti sportivi

Yuri V. Verkhoshansky

Il problema della velocità dei movimenti e delle locomozioni sportive è stato, da sempre, al centro dell'attenzione degli specialisti. Attualmente, esiste la necessità di un'ulteriore rielaborazione teorica e pratica del problema.

Se chiediamo a qualsiasi allenatore che cosa è più importante nel processo di preparazione degli atleti, le risposte possono essere diverse. Però, la maggior parte degli allenatori risponde, senza pensare: "la cosa più importante è la velocità dei movimenti e delle locomozioni".

E' corretta questa impostazione? Secondo me sì. Infatti, la caratteristica principale dell'esercizio, nella preparazione della maggior parte delle specialità sportive, è la velocità dei movimenti. In realtà, quando corre un velocista, quando un pugile tira un colpo, quando un discobolo lancia un disco etc., il successo della loro azione dipende dalla velocità di esecuzione.

E' importante il modo con il quale l'allenatore considera gli obiettivi dell'allenamento. Il numero degli obiettivi diminuisce quanto maggiore è l'esperienza dell'allenatore. Gli obiettivi rappresentano in modo concreto ciò che l'allenatore intende perseguire. In altri termini, la determinazione degli obiettivi dipende dalla concezione metodologica e dalla strategia generale adottate dall'allenatore.

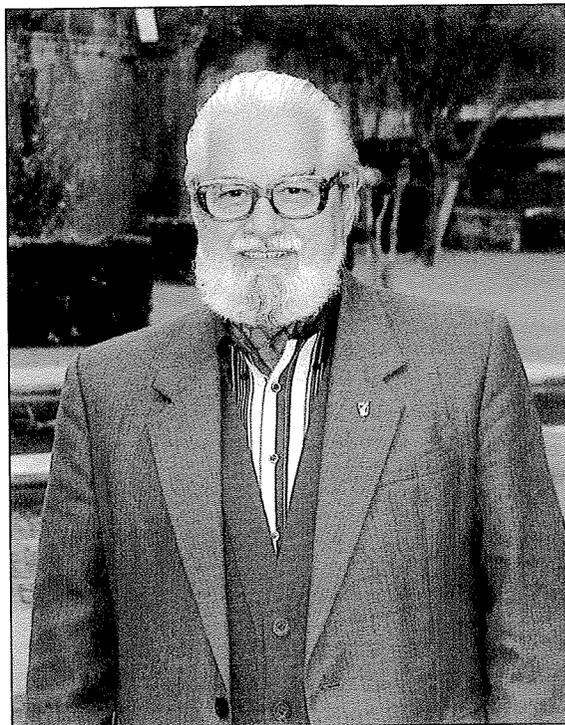
Per definire qualitativamente le diverse categorie dei movimenti di

breve durata si usano i concetti di "rapidità" e di "velocità". La distinzione tra i due termini è fondamentale; nella letteratura scientifica e tecnica essi vengono, invece, utilizzati come sinonimi e ciò rende più difficile, o impedisce, la razionale organizzazione del processo di allenamento.

Nei movimenti di brevissima durata sono possibili due diversi tipi di svolgimento. Nel primo, il gesto avviene con la velocità stessa con cui si forma il programma di movimento nella zona motoria del sistema nervoso centrale. Ciò è possibile in quanto il gesto non richiede un grande impiego di forza e di energia. Per esempio, per acchiappare una mosca non occorre né un grande impiego di forza muscolare, né un grande dispendio di energia. Si deve eseguire solo un movimento fulmineo e preciso che sorprenda la vigilanza della mosca.

Il secondo tipo di movimenti richiede, invece, un grande dispendio di energia e uno sforzo muscolare notevole. In questo caso l'impegno muscolare ha un carattere prolungato in quanto occorre superare una grande resistenza esterna. Per esempio, un atleta più potente di un altro solleva più velocemente un bilanciere di un determinato peso, un ciclista più resistente arriva in meno tempo dal punto A al punto B.

La differenza tra i due tipi di movi-



menti dipende, dunque, dalle loro caratteristiche biomeccaniche. Ad esempio, le capacità funzionali che intervengono nei movimenti rapidi non hanno quasi alcun ruolo nei movimenti di forza, e viceversa.

La rapidità dei movimenti

Ma cosa è la rapidità dei movimenti? Apparentemente a questa domanda dovrebbero dare una risposta esauriente gli innumerevoli lavori dedicati allo studio delle capacità motorie dell'uomo. Però, uno studio, pure attento, della letteratura non ci porta lontano. Nel migliore dei casi troviamo informazioni indefinite o contraddittorie, talvolta anche errate.

Sono poche le ricerche sperimentali, svolte su questo argomento, che hanno fornito un approccio scientifico per risolvere il problema (F. Henry, 1954-1966; W. Lotter, 1962; D. Clarke, 1962; E. Fleishman, 1962). Esse, per la prima volta, hanno trattato la rapidità come capacità motoria specifica dell'atleta.

Queste ricerche hanno contribuito al

chiarimento del problema spiegando che la capacità di eseguire rapidamente i compiti motori elementari è poco correlata alla velocità dei movimenti e delle locomozioni complesse e che interessano più articolazioni. Questi studi hanno, anche, messo in evidenza che la rapidità si manifesta pienamente in atti motori che non richiedono un impegno significativo di forza, una coordinazione difficile e un grande dispendio di energia. Il meccanismo fisiologico della rapidità è legato alle capacità multifunzionali della zona motoria del sistema nervoso centrale.

Quindi, la rapidità deve essere considerata come una qualità funzionale specifica del sistema nervoso centrale di regolare in modo efficace la funzione psicomotoria; in altre parole, come la capacità di sviluppare una elevata rapidità di movimento e di eseguire i gesti rapidi privi di notevoli opposizioni esterne.

La rapidità dei movimenti è determinata dalla prevalenza di attivazione o delle fibre lente (STF) o delle fibre rapide (FTF); i due tipi di fibre hanno, come è noto, capacità contrattili e metaboliche differenti. E' accertato che un atleta con una quantità prevalente di fibre rapide ha parametri di velocità di movimento e di forza più elevati. Per esempio, i muscoli di un velocista contengono più fibre rapide (fino al 75 %), mentre i muscoli di un fondista hanno più fibre lente (fino al 90%).

Il fattore determinante e limitante del livello di rapidità risiede nelle qualità individuali del sistema nervoso. Gli atleti con un basso livello (soglia) di attivazione del sistema nervoso, cioè facilmente eccitabili ed impulsivi, sono più rapidi.

La rapidità può essere estrinsecata pienamente solo quando l'atleta per realizzare un determinato movimento non deve fare ricorso notevole alle proprie riserve energetiche. Quindi, negli sport in cui un atleta, per ottenere una elevata velocità di movimento, deve superare notevoli oppo-

sizioni esterne, è necessario non solo allenare la rapidità, ma anche sviluppare i sistemi funzionali dell'organismo responsabili dell'esecuzione del movimento alla massima velocità possibile. Tali sistemi si identificano nel potenziale muscolare e nell'efficacia dei processi metabolici. Nei casi in cui la rapidità dei movimenti non richiede né resistenza né forza è sconsigliabile utilizzare elevati volumi di lavoro (infatti, i velocisti di altissimo livello utilizzano volumi contenuti di allenamento).

La rapidità si manifesta attraverso le seguenti modalità:

- La reazione (semplice e complessa) ad uno stimolo avviene dopo un tempo di latenza;

- la rapidità di esecuzione può riguardare un movimento semplice e senza sovraccarico, o isolato, o con un arto superiore, o con un arto inferiore, o con il tronco, o con la testa;

- la rapidità di esecuzione può essere riferita ad un movimento complesso, interessante più articolazioni, collegato ad una variazione della posizione del corpo nello spazio senza grandi opposizioni esterne;

- la frequenza di movimenti senza sovraccarico.

Queste manifestazioni della rapidità sono indipendenti o scarsamente dipendenti l'una dall'altra e sono, anche, scarsamente collegate con il livello di preparazione condizionale. Inoltre, non presentano una correlazione notevole con la velocità dei movimenti che richiedono grandi sforzi muscolari. La relativa autonomia della rapidità, rispetto alla velocità, appare già in età compresa fra i 9 e i 13 anni.

Il tempo di reazione (latenza) è il tempo minimo di ritardo di una reazione spontanea in risposta ad un determinato stimolo. Bisogna distinguere la reazione di movimento semplice e la reazione di movimento complessa. Nel primo caso l'atto di percezione è semplice (percezione della comparsa, del cambiamento e della scomparsa di uno stimolo). Nel caso della

reazione complessa, l'atto percettivo include anche la scelta del tipo di reazione.

Gli studi nei diversi sport dimostrano che il tempo di reazione semplice è una modalità della rapidità geneticamente condizionata, e, quindi, non collegata con il livello di preparazione dell'atleta. Il tempo di reazione semplice è determinato da due fattori: la regolazione dell'apparato neuromotorio che, come abbiamo detto, può essere migliorata poco e la consistenza motoria dell'azione.

Quindi, il tempo totale di reazione può essere diminuito migliorando il secondo fattore, cioè la velocità di esecuzione. L'atto percettivo e l'atto motorio sono scarsamente dipendenti l'uno dall'altro. Le differenze individuali nel tempo di reazione sono più grandi rispetto alle differenze nel tempo di azione. Questo fatto determina una scarsa correlazione tra le due componenti.

La reazione complessa richiede la valutazione della situazione e la scelta ottimale dell'azione da realizzare. In questo caso, con la diminuzione del tempo di azione, si nota anche una diminuzione del tempo della reazione a un segnale. Si nota anche una variazione essenziale dei parametri della reazione complessa durante un ciclo annuale. Il contenuto e l'organizzazione dei carichi influiscono sul tempo di reazione, grazie all'aumento della maestria che fa diminuire il tempo di ricezione e di rielaborazione dell'informazione.

Negli Sport di Combattimento e nei Giochi Sportivi un ruolo importante nella diminuzione del tempo di esecuzione del movimento è esercitato dal processo mentale. Per esempio, un portiere di alto livello (hockey su ghiaccio, calcio) è capace di prevedere la direzione di un tiro dalle caratteristiche del movimento (nello spazio e nel tempo) e, quindi, di prendere una decisione giusta.

Il singolo colpo nel pugilato, una stoccata nella scherma ed un tiro nell'hockey sono degli esempi di movi-

menti semplici, isolati, senza sovraccarichi, che richiedono una elevata manifestazione della rapidità. Questi movimenti si realizzano con la partecipazione dei muscoli degli arti inferiori e del tronco. La coordinazione di questi segmenti del corpo è abbastanza semplice e, quindi, non influenza la rapidità del movimento principale.

In un movimento che prevede una variazione della posizione del corpo nello spazio ma, anche, il passaggio da una azione all'altra, la struttura della coordinazione muscolare è più difficile. Un esempio può essere rappresentato dal movimento di un pugile che cambia le direzioni del movimento, che effettua una serie di passi laterali, che compie movimenti del corpo e della testa in direzioni diverse, che passa dall'azione di attacco all'azione di difesa.

Nei movimenti complessi la diminuzione del tempo di realizzazione dipende da una coordinazione intramuscolare razionale. La tensione del sistema nervoso, il tempo di reazione, la rapidità dell'esecuzione sono tanto minori quanto maggiore è l'automatismo del movimento, cioè quanto più il movimento è semplice per l'atleta. Quando la coordinazione del movimento è difficile e quando la massa corporea interessata è maggiore la rapidità dipende dalla capacità di forza. La frequenza di un movimento senza sovraccarico è ancora stata studiata poco. Probabilmente il motivo è che nei movimenti sportivi ricorre raramente.

Per esempio, si manifesta nel dribbling del calciatore, nella conduzione del pallone nella pallacanestro o della pallina nell'hockey su prato, nelle azioni del pugilato. Esiste una correlazione importante tra il ritmo massimo dei movimenti, che presentano tra loro una coordinazione simile e una mancanza di correlazione tra i movimenti che hanno una struttura coordinativa differente. Generalmente gli arti superiori manifestano una frequenza di movimenti più

elevata degli arti inferiori, gli arti sinistri tendono ad essere più rapidi degli arti destri. Non è stata trovata una correlazione tra i parametri di frequenza dei movimenti nelle articolazioni distali e prossimali nello stesso arto. Però esiste una correlazione scarsa tra questi parametri nelle singole articolazioni distali (articolazione del polso e articolazione tibio-peroneo-astragalica) e nelle articolazioni prossimali (articolazione scapolo omerale e articolazione coxo femorale). La frequenza di un movimento singolo, senza sovraccarico (come il tapping), non è correlato con il ritmo di più movimenti e con la velocità di spostamento dell'atleta nelle locomozioni cicliche. Non è stata riscontrata alcuna correlazione tra la frequenza massima dei movimenti interessanti una sola articolazione e la frequenza massima dei passi e della velocità dei velocisti, tra la frequenza delle pedalate sul cicloergometro senza e con sovraccarico e tra i risultati del tapping e la velocità di corsa su distanze di 150 metri e 200 metri. Non è stata trovata una correlazione tra la frequenza di un movimento senza sovraccarico e le altre forme della rapidità, per esempio nel pugilato, tra la frequenza massima dei colpi e il tempo di reazione, tra la frequenza massima dei colpi e la velocità di esecuzione di un singolo colpo.

La frequenza di un movimento aumenta quando al lavoro muscolare partecipa il gruppo dei muscoli simmetrici, oppure quando viene stimolato l'analizzatore acustico. La frequenza di un movimento dipende direttamente dal ritmo della respirazione e dalla capacità di regolarlo (come avviene, ad esempio, nel pugilato, in una serie di colpi). È stato anche notato l'aumento della frequenza dei movimenti sul cicloergometro quando è aumentato il ritmo respiratorio. Un altro fattore importante che favorisce un'elevata frequenza dei movimenti è la capacità di rilassamento muscolare.

La velocità dei movimenti e delle locomozioni

Così come è illustrato nel paragrafo precedente, il concetto di "rapidità" di un atto motorio semplice è completamente differente dal concetto di "velocità" di esecuzione dei movimenti sportivi. Questa affermazione è confermata dall'assenza di correlazione tra le caratteristiche delle forme semplici di manifestazione della rapidità e la velocità di movimento nelle locomozioni sportive cicliche. La velocità dei movimenti e delle locomozioni richiede la mobilitazione di un intero complesso di sistemi fisiologici (alla base della velocità ci sono i meccanismi neurofisiologici della regolazione e i processi metabolici, che provvedono alla sua realizzazione). Ad esempio, il risultato di un velocista dipende da un intero complesso di capacità motorie, tra le quali occorre evidenziare la forza esplosiva dei muscoli, la capacità di accelerazione, la capacità di mantenere la velocità massima, la capacità di resistenza sull'ultimo tratto della distanza. La velocità delle locomozioni acicliche dipende dalla capacità muscolare di superare consistenti opposizioni esterne.

I movimenti e le locomozioni sportive ad alta velocità sono caratterizzati da una elevata specificità dei meccanismi fisiologici che ne sono responsabili. Indipendentemente dalla somiglianza esterna, movimenti con velocità diverse, corrispondono anche a regimi diversi di lavoro dell'organismo. Ad esempio, se si corre ad intensità massima o media, se si salta in lungo con rincorsa completa o più breve: la differenza sta soprattutto nell'intensità della corrente di impulsi dalla zona motoria centrale, che determina anche l'intensità del funzionamento dell'apparato locomotorio e le esigenze di rifornimento energetico. Ma, mentre in questi casi, la differenza nell'intensità degli impulsi centrali è puramente quantitativa, sul piano della periferia motoria essa ha

un carattere qualitativo che si esprime nell'attivazione prevalente delle fibre muscolari lente o rapide, nella mobilitazione di uno spettro diverso di regolatori ormonali dell'organismo, nell'utilizzazione di differenti substrati energetici e di vie della loro utilizzazione per la resintesi dell'ATP. Con l'aumento di velocità dei movimenti e delle locomozioni cambia anche il meccanismo della loro regolazione, che si esprime nel cambiamento delle caratteristiche quantitative e temporali dell'attività elettrica dei muscoli e della segnalazione afferente dell'apparato locomotorio. Le locomozioni ad elevata velocità si realizzano senza afferenze dirette (per esempio i movimenti balistici). Il sistema nervoso centrale è responsabile per la loro composizione nello spazio e per la loro precisione. Nel caso delle locomozioni cicliche ad elevata velocità, un ruolo importante per la correzione dei successivi cicli di movimenti deriva dall'informazione sul risultato ottenuto (reafferenze - feedback).

I risultati degli esperimenti mostrano che l'aumento della velocità delle locomozioni cicliche (per esempio la velocità della corsa) dipende dalla frequenza degli impulsi della corteccia cerebrale che vengono indirizzati ai neuroni motori del midollo spinale che, a loro volta, attivano e coordinano il lavoro dei muscoli scheletrici. Contemporaneamente la zona centrale motoria controlla l'afflusso dei segnali afferenti che le portano informazioni sul risultato ottenuto (reafferenze).

Nelle locomozioni ad elevata velocità si verifica una rapida ed intensa mobilitazione dell'energia nelle fibre muscolari, cioè una rapida demolizione dell'ATP nel momento dell'arrivo degli impulsi nervosi.

La velocità di contrazione e di rilassamento muscolare dipende dall'attività dell'ATP-asi della miosina e dall'azione rapida della "pompa" del calcio che determina la concentrazione degli ioni-calcio nello spazio tra le

miofibrille delle cellule muscolari.

Se sono richieste anche elevate espressioni di forza, la velocità del movimento viene determinata anche dal contenuto di proteine contrattili nel muscolo. Per eseguire più volte un movimento ad elevata velocità sono necessari anche grandi potenzialità di resintesi anaerobica dell'ATP (creatinchinasi, glicolisi). Infine, la possibilità di prolungare un lavoro veloce, viene determinata dalle capacità di resintesi aerobica dell'ATP e dal potenziale energetico dell'organismo cioè, soprattutto, dalle riserve muscolari ed epatiche di glicogeno.

L'incremento delle possibilità di resintesi aerobica dell'ATP è molto importante per l'efficacia di un lavoro di velocità. Infatti, durante il recupero la produzione di energia per la resintesi avviene proprio attraverso la fosforilazione aerobica. Maggiori sono le sue possibilità, più rapido e più efficace sarà il recupero per la successiva ripetizione del lavoro di velocità. L'atleta diverrà inoltre capace di aumentare il numero degli esercizi efficaci. Ad esempio, nelle gare di velocità non c'è bisogno di un'elevata produzione di energia per via aerobica ma in allenamento, per poter recuperare rapidamente, in modo da eseguire molte ripetizioni, occorre disporre di una sufficiente capacità aerobica.

A dimostrazione dell'importanza della capacità di rilassamento muscolare c'è l'esempio dei velocisti per i quali l'incremento dei risultati è accompagnato, principalmente, dalla crescita della forza muscolare con cambiamenti molto scarsi della velocità di rilassamento, mentre, al contrario, nei velocisti di maggiore talento si osserva una crescita scarsa della forza con una contemporanea maggiore crescita della loro capacità di rilassamento.

L'utilizzazione delle qualità elastiche della muscolatura è una condizione molto importante affinché le locomozioni cicliche e acicliche ad elevata velocità si realizzino con efficacia ed

economia. Tale qualità si esprime nella capacità di accumulare energia elastica nella fase preparatoria, e nella sua utilizzazione nella fase di lavoro, producendo un incremento dell'impulso motorio di forza. In locomozioni ad elevata velocità molto economiche, fino al 60% dell'intera energia meccanica viene recuperata e solo circa il 40% viene realmente spesa. Quest'ultima quota deve essere coperta, nel ciclo successivo, dalle fonti metaboliche. E' stata riscontrata un'elevata correlazione tra le capacità muscolari di accumulare l'energia e i risultati della prestazione dei fondisti ($r=0,785$) e tra le stesse e l'economia della corsa ($r=0,870$).

Con l'aumento della velocità delle locomozioni la percentuale dell'energia non metabolica, rispetto al totale della produzione energetica, diventa maggiore.

Questa percentuale, oltre ad aumentare l'intensità degli impulsi di forza, favorisce il risparmio di energia metabolica.

Quindi, il lavoro di velocità produce trasformazioni morfofunzionali di tutto l'organismo. Tuttavia gli adattamenti riguardanti il sistema nervoso centrale, quello fisiologico e quello biochimico, richiedono molto più tempo rispetto allo sviluppo delle capacità di forza e di resistenza. Per altro, queste trasformazioni si mantengono solo per un tempo breve.

Quindi, per organizzare il processo dell'allenamento in modo razionale, occorre che le variazioni indotte nell'organismo dai carichi di forza e di velocità si avvicinino molto tra loro e che la differenza resti essenzialmente di tipo quantitativo. Sia nell'allenamento della forza che nell'allenamento della velocità aumenta il contenuto di mioglobina muscolare che è un indice dell'adattamento dei muscoli al debito di ossigeno. Sia nei carichi di forza che di velocità è stata rilevata una crescita notevole dell'ATP-asi miosinica e del consumo di Ca_2 da parte del reticolo sarcoplasmatico. In questo modo si creano i presupposti

migliori per la rapida contrazione muscolare e per lo sviluppo di una maggiore forza. Il lavoro di forza porta ad una crescita particolarmente rilevante della miostromina elastica muscolare, che permette un migliore e più rapido rilassamento.

Esistono quattro modalità di espressione del lavoro ad elevata velocità:

- il lavoro aciclico, caratterizzato da uno sforzo isolato e concentrato, seguito da pause relativamente lunghe per il recupero;
- l'accelerazione di partenza, nella quale la velocità cresce rapidamente per raggiungere nel più breve tempo possibile la velocità massima;
- il lavoro sulla distanza, nel quale l'obiettivo è di mantenere elevata la velocità;
- il lavoro alternato, che include tutte le precedenti modalità.

La velocità dei movimenti aciclici viene determinata, principalmente, dalla entità degli sforzi muscolari, razionalmente organizzati nello spazio e nel tempo. L'aumento della forza trasmessa al corpo o all'attrezzo accorcia il tempo di esecuzione del movimento (Y. Verkhoshansky, 1961, 1970). Ciò avviene grazie ad una serie di adattamenti:

- il miglioramento della capacità della zona centrale motoria di inviare un salva intensiva di impulsi efferenti al sistema muscolare;
- l'ampliamento delle possibilità dei meccanismi funzionali del corpo;
- l'organizzazione delle loro interazioni razionali;
- la velocizzazione dei meccanismi energetici;
- la formazione di una struttura biodinamica razionale dei movimenti.

Solo un elevato livello funzionale dei sistemi vegetativi dell'organismo consente di mantenere una velocità elevata dei movimenti aciclici nelle numerose ripetizioni eseguite in allenamento ed in gara. Ad esempio, un

incremento del livello di allenamento dei lanciatori viene accompagnato da una maggiore economia del sistema circolatorio, che si realizza grazie ad un aumento della portata cardiaca e della gittata sistolica, per cui diminuisce la frequenza del polso e la resistenza periferica. Un altro esempio è rappresentato dalla grande importanza (dimostrata sperimentalmente) che ha lo sviluppo della capacità aerobica nell'allenamento dei sollevatori.

L'accelerazione è una forma specifica delle locomozioni ad elevata velocità. Essa è caratterizzata, particolarmente, dalla rapida crescita della velocità dall'immobilità iniziale fino alla massima (ad esempio, la si riscontra nel tratto di partenza nelle corse di velocità, nel pattinaggio su ghiaccio di velocità, nel canottaggio, nel tiro in corsa del calciatore, nello scatto per raggiungere un pallonetto nel tennis). Considerando che l'accelerazione richiede un'elevata intensità dell'impegno, deve essere prodotta anche un'alta intensità della corrente di impulsi d'eccitazione dai centri regolatori centrali alla periferia motoria ed una elevata intensità di funzionamento dei meccanismi energetici.

Ad esempio, nella corsa veloce l'accelerazione viene determinata principalmente dalla lunghezza dei passi (e non dalla frequenza), che si può raggiungere grazie ad una elevata forza massima ed esplosiva dei muscoli interessati. La capacità di accelerazione iniziale è una capacità motoria specifica che non ha nessuna correlazione con la prestazione di corsa "lanciata", non soltanto per le differenze nella regolazione nervosa centrale dei movimenti ma, anche, per il diverso ruolo funzionale dei gruppi muscolari impegnati. Ad esempio, mentre la correlazione tra gli indici di forza rapida dei flessori della coscia e l'accelerazione iniziale è molto elevata, al contrario, essa è insignificante rispetto alla velocità di corsa sulla distanza.

La velocità dell'accelerazione iniziale viene determinata dalla massima

potenza anaerobica dell'organismo e cioè dalla velocità di formazione dell'energia anaerobico-alattacida. Esiste una correlazione elevata tra la massima potenza anaerobica e la forza massima dei muscoli. Così, è stato provato che un'elevata potenza anaerobica mette l'organismo in grado di eseguire in modo efficace un'accelerazione iniziale ripetuta più volte, sia in allenamento sia in gara. I collaboratori del mio laboratorio hanno trovato uno stretto rapporto tra la massima potenza anaerobica (MPA), la forza massima muscolare e la capacità degli atleti di esprimere uno sforzo elevato. Per cui è evidente che la via principale per lo sviluppo della massima potenza anaerobica è l'allenamento specializzato della forza, organizzato tenendo conto della specificità dell'esercizio di gara.

Una conferma si può osservare nell'esempio del bob, nel quale gli allenatori cercano di reclutare lanciatori, saltatori e velocisti dell'atletica leggera poiché dispongono di una elevata massima potenza anaerobica e della capacità di sviluppare un alto livello di forza esplosiva.

Nelle locomozioni cicliche si distinguono tre tipi di distanze (sprint, mezzofondo e fondo), in accordo con il criterio dell'intensità (massima, submassimale, media) di lavoro dell'organismo e con la modalità di rifornimento dell'energia.

Come abbiamo detto, l'intensità del lavoro ciclico dipende dall'intensità della corrente di impulsi provenienti dalla zona motoria centrale. Nel caso delle locomozioni ad elevata velocità (sprint) l'intensità della corrente degli impulsi è massimale. L'apparato locomotorio funziona ad elevata intensità con l'attivazione prevalente delle fibre rapide e intermedie. Una notevole attività dei sistemi ormonali aumenta la sintesi anaerobica (fosfocreatinica) dell'ATP, la glicogenesi con formazione di acido lattico (lattato) nei muscoli impegnati e nel sangue. Le fonti energetiche principali sono, dunque, la fosfocreatina ed

il glicogeno muscolare. Il limite della velocità delle locomozioni sta nella capacità della zona motoria centrale di mantenere la corrente di massima intensità degli impulsi, nella velocità e nel potenziale delle reazioni metaboliche, nelle riserve di fosfocreatina e di glicogeno nelle fibre muscolari, nel livello di concentrazione del lattato nei muscoli.

Nel caso delle locomozioni a velocità relativamente minore, anche la corrente degli impulsi ai neuroni motori del midollo spinale e il lavoro del sistema locomotorio hanno, a loro volta, un'intensità minore. Durante questo tipo di lavoro vengono utilizzate, prevalentemente, le fibre lente e intermedie e una piccola parte delle fibre veloci. Vengono attivati i regolatori del processo metabolico ed energetico che provvedono alle reazioni di omeostasi, alle reazioni dei vasi periferici, alla suddivisione della corrente ematica tra i tessuti attivi ed inattivi del corpo, al mantenimento del livello di consumo dell'ossigeno. I substrati energetici, a seconda dell'intensità del lavoro, sono il glicogeno e gli acidi grassi liberi. L'efficacia del lavoro e la capacità di lavorare a lungo vengono limitati dal trasporto dell'ossigeno che viene determinato, a sua volta, dal volume della ventilazione polmonare e dalla quantità di sangue immessa in circolo. Queste ultime dipendono dalla frequenza cardiaca e dalla gittata sistolica. Un ruolo importante è assunto dalle capacità ossidative delle fibre muscolari lente.

Negli sport ciclici la velocità sulla distanza, fondamentalmente, viene determinata dalla correlazione tra il ritmo del movimento e l'intensità degli impegni di forza, in altre parole tra l'ampiezza (lunghezza) e la frequenza dei passi (o delle pedalate, o delle pagaiate, etc.).

La velocità media di un singolo ciclo di movimento (V_m), in forma molto generale, viene espressa dall'equazione: $V_m = L * R$. La velocità media del ciclo, quindi, è una funzione della

lunghezza (L) e della frequenza (R) del passo (Ch. Dillman, 1975). Però, il risultato finale sulla distanza viene determinato dal dispendio energetico che, a sua volta, dipende dal rapporto tra il ritmo e l'intensità degli impegni di forza sviluppati in ciascun ciclo di movimento, cioè dalla lunghezza del passo, dall'economia del lavoro e dalla distribuzione delle energie sulla distanza. In alcune locomozioni un ruolo importante nel dispendio dell'energia, nell'economia e nell'efficacia dei movimenti, è assunto dall'inerzia (ad esempio nel nuoto). In atletica leggera questo fattore non esiste e la specificità dei movimenti dipende dalla cosiddetta "spinta in avanti" e dall'oscillazione verticale del baricentro della massa corporea dell'atleta che influenzano notevolmente il dispendio di energia.

Nella pratica si trovano vari esempi di utilizzazione di rapporti diversi tra lunghezza e frequenza. Si pensa che gli atleti ben allenati trovino da soli la lunghezza e la frequenza del passo più convenienti. Però, il problema del rapporto tra frequenza dei movimenti e grandezza degli impegni di forza sviluppati è così importante che non si può credere che sia risolvibile in modo così semplice.

In letteratura si trovano punti di vista diversi sul problema del rapporto tra frequenza e lunghezza del passo. Però, le divergenze sono di carattere piuttosto formale e vanno ricondotte sia alle differenze nelle particolarità biomeccaniche specifiche dei vari tipi di locomozione, sia al livello di maestria degli atleti, sia agli obiettivi di ricerca dei singoli autori.

Con ricerche specifiche è stato stabilito che un passo più ampio, una bracciata più lunga, un rapporto più lungo nel ciclismo, grazie ad una frequenza ottimale dei movimenti sono più efficaci dal punto di vista energetico.

Si deve, perciò, guardare con molta attenzione al problema del rapporto tra lunghezza e frequenza del passo. Una delle possibilità di trovare un

rapporto ottimale tra lunghezza e frequenza del passo è legata allo sviluppo, attraverso la preparazione fisica condizionale, della forza resistente dei muscoli impegnati nel lavoro (Y. Verkhoshansky, 1977). Così, nel ciclismo è stata convincentemente provata l'efficacia di un incremento della componente di forza per l'aumento della velocità e per l'aumento dei metri percorsi ad ogni pedalata. Ad esempio, stradisti di alto livello, che in allenamento avevano utilizzato resistenze maggiori sul pedale, hanno migliorato di 35,6 secondi la loro prestazione su una distanza di 25 km. Invece, stradisti che erano allenati soprattutto con elevata frequenza delle pedalate e scarsa resistenza, hanno migliorato solo di 21,5 secondi.

Nei due casi, il dispendio energetico in un carico standard è diminuito, rispettivamente, del 7,9% e del 5,7%, la forza muscolare nella pedalata è aumentata dell'8,3% e del 5,6%, il movimento verso l'alto del pedale del 10,5% e del 7,3%, la durata del lavoro fino ad esaurimento è aumentata del 104,3% e dell'86,8%. Invece, la differenza nell'aumento del massimo consumo di ossigeno non è significativamente diversa tra i due gruppi, ammontando, rispettivamente, all'8,7% ed all'8,4%.

Quindi, nella ricerca di soluzioni per aumentare la velocità nelle locomozioni cicliche, non si può puntare solo sulla scelta di un rapporto ottimale tra la lunghezza e la frequenza del passo. Un'elevata velocità, su una determinata distanza, oltre alle capacità aerobiche, richiede anche un elevato livello di forza. Ad esempio, un corridore che voglia raggiungere un risultato elevato deve avere una elevata forza esplosiva, per correre con passi elastici e ampi. Contemporaneamente deve avere anche una grande forza resistente locale, che gli consenta di mantenere la lunghezza del passo sulla distanza e nel rush finale. Un'impostazione mirata all'economia della spinta e del dispendio energetico attraverso l'aumento della frequen-

za dei movimenti non è giusta.

Neppure l'affermazione che un passo più ampio è vantaggioso non deve essere assolutizzata. Un passo più ampio deve essere sempre messo in relazione con il livello di maestria sportiva e con la tappa del ciclo annuale di allenamento. Con la crescita dell'intensità del lavoro e l'aumento della maestria, la velocità negli sport ciclici dapprima tende ad aumentare grazie ad una maggiore ampiezza del passo, ma poi, principalmente, grazie ad un aumento della frequenza. Si tratta di una tendenza che caratterizza anche il processo individuale di sviluppo della maestria sportiva. La prima fonte per un aumento della velocità nelle locomozioni cicliche va vista nell'aumento dell'ampiezza del passo, ottenuta attraverso una preparazione fisica condizionale, e solo dopo si può sfruttare l'aumento della frequenza.

La capacità di mantenere la velocità su tutta la distanza ha un'importanza essenziale nel miglioramento della prestazione. In gara, nel rush finale, si rileva la tendenza a diminuire l'ampiezza del passo, la frequenza e la velocità dei movimenti. La diminuzione della lunghezza dei passi, in realtà avviene già prima di quella della velocità. Quest'ultima può essere mantenuta con un aumento della frequenza (nel cosiddetto "stato di fatica compensata" d'accordo con V.S. Farfel, 1969). Solo quando non si riesce più a compensare la riduzione della lunghezza del passo diminuisce la velocità. Intorno alla metà distanza gli atleti mostrano una stabilità maggiore dei parametri allorché sopraggiungono i primi sintomi di fatica. All'inizio della gara e nella fase di fatica elevata la variazione dei parametri di movimento è più spiccata. L'accentuazione della velocità, della frequenza e della lunghezza del passo all'inizio della distanza di gara può portare alla diminuzione della capacità del lavoro e del risultato finale.

La velocità dei movimenti e la prestazione agonistica nelle locomozioni

cicliche sono determinate, principalmente, dall'efficace utilizzazione del potenziale motorio dell'atleta. Per utilizzazione efficace, in questo caso, si intende l'economia dell'attività muscolare che viene definita dal valore energetico per unità di lavoro svolta. Gli specialisti confermano che, attualmente, nello sport è stato raggiunto il livello massimo della produttività aerobica ed anaerobica, alla soglia delle possibilità massime dell'organismo umano. Una conferma dell'effetto dell'economia viene dall'esempio di un atleta ben allenato che, a parità di carico, spende meno energia di un atleta meno allenato. Il miglioramento dell'economia nella produzione di energia è prodotto dalla migliore coordinazione dei movimenti e dalla migliore tecnica esecutiva. Il livello raggiunto dall'atleta nella cosiddetta "economia funzionale" viene confermato anche dai parametri relativi all'attività dei muscoli impegnati nella corsa, in condizioni di velocità standard. Ad esempio, nei campioni rispetto ai corridori principianti, si nota una diminuzione del tempo di contrazione ed un aumento del tempo di rilassamento. I pattinatori sul ghiaccio di velocità, di alto livello, si distinguono per un tempo complessivo minore dell'attività dei muscoli, ad esclusione della fase di spinta con un solo appoggio, in cui l'attività elettrica dei muscoli è più efficace del 45% rispetto a quella degli atleti meno qualificati. I movimenti dei pattinatori di alto livello, quindi, si distinguono per un elevato grado di economia, che si esprime in un minore impegno cardiaco (frequenza cardiaca) per metro di percorso.

L'aumento di efficacia dei processi metabolici provoca una diminuzione del dispendio di energia per unità del lavoro eseguito. Un ruolo importante nell'economizzazione dell'energia ha la distribuzione della velocità sulla distanza. In un lavoro a livello del cosiddetto "steady-state", si ha una maggiore economia nel dispendio di energia. Nello steady-state la velocità

di formazione dell'ATP, attraverso la fosforilazione ossidativa, è uguale alla sua velocità di demolizione e l'energia necessaria viene fornita dall'ossidazione dei carboidrati o dei grassi. In altre parole, lo steady-state viene mantenuto fino a che non viene superata la soglia anaerobica, cioè fino a quando non diviene necessario impiegare fonti energetiche anaerobiche. Quindi, un atleta con soglia anaerobica elevata può raggiungere e mantenere una velocità elevata senza che nell'organismo si accumulino i prodotti del metabolismo anaerobico. Però, non è possibile sempre mantenere una andatura regolare su tutta la distanza. Ci sono circostanze che richiedono una variazione della velocità di locomozione come, per esempio, la lotta per assumere posizioni favorevoli prima del rush finale, quella per assumere una posizione vantaggiosa dal punto di vista aerodinamico, le manovre tattiche, etc. Così, in gara, bisogna tendere a mantenere una andatura regolare ma, anche, conservare una riserva di potenza che permetta di sopportare in qualsiasi momento un cambiamento del ritmo e della velocità.

Quindi, la velocità sulla distanza dipende da molti fattori. Però, il modo migliore per aumentare la velocità è quello di incrementare la partecipazione percentuale dell'energia aerobica. La soluzione di questo problema va cercata non solo nell'aumento del massimo consumo di ossigeno (come si pensava tradizionalmente), ma anche, nello sviluppo delle qualità ossidative dei muscoli che può essere perseguito con la preparazione specifica.

Molti sport sono caratterizzati da un regime alternato di lavoro rapido (Giochi Sportivi, Sport di Combattimento). Questo regime richiede di ripetere molte volte impegni massimi di forza esplosiva alternati con brevi pause di lavoro a bassa intensità mantenendo, nel contempo, la dovuta precisione ed efficacia dei movimenti. I carichi intensivi producono mo-

dificazioni nella coordinazione e nel ritmo del movimento, oltrechè cambiamenti funzionali nel sistema cardiovascolare, nervoso e respiratorio. Una tensione psicologica elevata provoca un peggioramento delle funzioni fisiologiche, biochimiche e psicologiche influenzando, perciò, negativamente la velocità e la tecnica (coordinazione) dei movimenti.

Il rifornimento energetico (il meccanismo di resintesi dell'ATP) in questo regime di lavoro si realizza attraverso il creatinfosfato ed attraverso la demolizione del glicogeno e del glucosio. Un ruolo principale nel rifornimento energetico è rivestito dal meccanismo aerobico dal quale dipende la velocità di formazione e la velocità di eliminazione del debito di ossigeno. Quindi, l'attività sportiva a regime alternato, dipende sia da una intensa produzione di energia anaerobica sia da una intensa funzionalità del

sistema aerobico. Gli atleti con capacità di lavoro elevata hanno, dunque, una notevole economia nel consumo di ossigeno e nella quantità di sangue immessa in circolo. Ciò determina la stabilità dei parametri respiratori che, a loro volta, influenzano l'efficacia del rifornimento energetico e la capacità di recupero.

In questo tipo di sport, caratterizzato da un regime alternato di lavoro rapido, la velocità di movimento si manifesta secondo modalità peculiari che dipendono dalla specificità dell'attività sportiva, dalle condizioni e dalle regole di gara. Queste ultime comprendono: la durata complessiva della gara, la durata delle diverse fasi (tempi) di gara, la durata degli intervalli, le dimensioni del campo, il rapporto tra azioni attive ed azioni passive, la possibilità di recupero durante la gara. In definitiva, se la capacità del lavoro speciale in queste condizioni è

determinata dal potenziale del meccanismo aerobico (meccanismo di rifornimento energetico), la velocità delle azioni tecnico-tattiche dipende dai diversi fattori sopra nominati.

Per ogni sport va compreso il tipo di attività muscolare e fisiologica che lo caratterizza, oltre che le modalità di somministrazione dei carichi di lavoro intensivi più adatte a produrre gli effetti desiderati.

Ad esempio, va tenuto presente che il meccanismo di funzionamento del creatinfosfato è il fattore dominante per la velocità dei movimenti (locomozioni). Nel lavoro alternato, per il rifornimento energetico, si richiede anche l'attivazione del meccanismo glicolitico. Perciò, malgrado le pause nell'attività e l'elevata efficacia dei processi di recupero, si nota l'aumento graduale della concentrazione del lattato nel sangue.

Quindi, il mantenimento di una elevata velocità nel lavoro alternato richiede, oltre che la preparazione del sistema cardiovascolare, un adattamento muscolare al consumo di ossigeno e al metabolismo aerobico. Quest'ultimo consente di diminuire la percentuale d'attivazione della fonte glicolitica nel rifornimento energetico.

Dunque, ora torniamo ai concetti di "velocità" e di "rapidità", allo scopo di definire una metodologia dell'allenamento:

1. La velocità e la rapidità mostrano tra loro una notevole correlazione allorchè l'opposizione esterna da vincere è modesta, il movimento è semplice e quando sia l'intensità che la durata del lavoro sono basse.

2. I fattori determinanti e limitanti la velocità e la rapidità sono diversi e, quindi, richiedono diversi metodi e mezzi per il loro sviluppo.

3. La velocità dei movimenti (locomozioni), diversamente dalla rapidità, non ha limiti di sviluppo. Lo sviluppo della rapidità è limitato dalle caratteristiche individuali dell'atle-

I FATTORI CHE DETERMINANO LA VELOCITÀ DELLE AZIONI TECNICO-TATTICHE NEI DIVERSI SPORT	
Disciplina sportiva	Capacità
PALLAVOLO	Resistenza alla forza (in particolare nei salti)
TENNIS	Forza esplosiva, massima potenza anaerobica
LOTTA	Forza massima e forza esplosiva, resistenza alla forza e resistenza alla forza rapida
GIOCHI SPORTIVI (con campi grandi)	Resistenza alla forza esplosiva, massima potenza anaerobica
SCHERMA	Velocità di reazione, resistenza statica, resistenza dinamica
PUGILATO	Resistenza alla frequenza, resistenza alla velocità, resistenza alla forza esplosiva

ta, cioè dal genotipo, mentre le riserve per lo sviluppo della velocità sono praticamente inesauribili, in quanto le possibilità di sviluppo della forza e della resistenza e di perfezionamento della coordinazione sono molto numerose.

La rapidità è una qualità generale del sistema nervoso centrale e si manifesta pienamente nella reazione motoria e nei movimenti più semplici senza sovraccarico. Le caratteristiche della rapidità, in tutte le sue forme di manifestazione, sono geneticamente condizionate e, quindi, la sua possibilità di sviluppo è limitata. La velocità dei movimenti (locomozioni) è una capacità motoria specifica dell'uomo che può essere sviluppata attraverso un allenamento speciale.

Nella letteratura scientifica si sono affermati alcuni concetti sulle capacità motorie dell'uomo (forza, velocità, resistenza) che sono stati comodi per la classificazione e per la pianificazione dell'allenamento. In questo modo si è perso via via il concetto che le capacità motorie dell'uomo fossero, principalmente criteri per la valutazione qualitativa della sua motricità. La forza, la velocità e la resi-

stenza sono state, così, trasformate nel concetto di "qualità fisiche" dell'uomo. Si è giunti fino a ritenere che ciascuna di esse fosse regolata dal proprio meccanismo fisiologico; quindi, si arrivava alla conclusione logica che la preparazione fisica degli atleti dovesse avere un carattere sintetico, cioè si affermava che fosse possibile sviluppare separatamente ogni qualità per poi sintetizzarla. Purtroppo la fisiologia e la biochimica hanno accettato questo approccio semplicistico e hanno favorito una diffusione della concezione analitico-sintetica della preparazione fisica dell'atleta. Attualmente la pratica sportiva e le ricerche scientifiche più avanzate dimostrano che le idee classiche della teoria e metodologia dell'allenamento sono diventate antiquate.

Alla luce di queste più recenti acquisizioni è importante riaffermare che nelle diverse condizioni dell'attività sportiva l'effetto di lavoro è determinato dallo stesso organo esecutivo (apparato muscolare), dagli stessi centri di regolazione, con la partecipazione attiva di tutti i sistemi funzionali dell'organismo. L'evoluzione non ha dotato l'organismo umano di

meccanismi strettamente specializzati per eseguire tutti i tipi di movimento. Invece, essa ha creato un sistema universale con grandi possibilità funzionali e con grandi riserve di resistenza alle azioni esterne. Questa universalità si manifesta nella capacità di adattamento alle condizioni esterne attraverso l'ipertrofia dei sistemi e degli organi interessati.

Non esistono dei meccanismi speciali responsabili solo per la velocità oppure solo per la forza o solo per la resistenza, ogni tipo d'attività sportiva viene garantito dagli stessi sistemi funzionali dell'organismo. Durante il processo di allenamento questi sistemi vengono specializzati secondo il regime di lavoro specifico dello sport praticato; quindi, l'aumento della capacità di lavoro dipende non dallo sviluppo di "certe" qualità, ma dalla specializzazione dell'organismo in direzione dell'aumento della forza, della velocità e della resistenza. Questa conclusione porta al cambiamento della teoria e metodologia del processo di allenamento e, in particolare, della preparazione fisica condizionale.