

LA RESISTENZA

Gianfranco CARABELLI

La resistenza è la qualità fisica che permette di mantenere uno sforzo prolungato, durante il quale, appunto, si resiste all'insorgenza dei sintomi della fatica, facendo ricorso a tutte le possibili fonti di energia muscolare e psichica. Per un primo approccio alla comprensione dei fenomeni fisiologici e biologici che consentono prestazioni di durata, possiamo dire che esistono più forme di resistenza, rappresentate dalla interrelazione fra la durata dello sforzo, la forza impiegata, la velocità tenuta.

condita di quella qualità che prevale sulle altre possiamo avere 5 forme di resistenza.

- 1) resistenza di breve durata
- 2) resistenza di media durata
- 3) resistenza di lunga durata
- 4) resistenza alla forza
- 5) resistenza alla velocità.

Un'altra distinzione che può essere utile alla comprensione della presenza della resistenza in quasi tutte, se non in tutte, le discipline sportive è la successiva. Essa si basa sulla constatazione che nello stesso gesto non tutti i muscoli coinvolti nel movimento sono impegnati in egual misura ed, anzi, alcuni ne rimangono esclusi.

Di conseguenza si hanno forme di:

3) resistenza globale (generale) se vi partecipano più dei 2/3.

Come si è detto in precedenza, nelle prestazioni di resistenza i muscoli fanno ricorso a tutte le fonti energetiche.

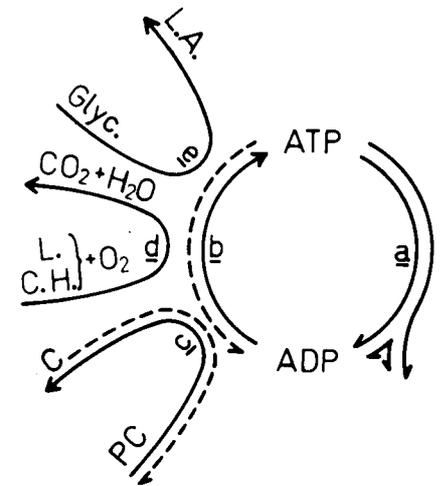
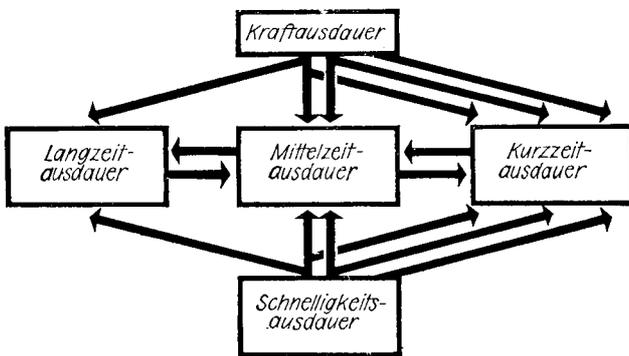


Fig. 1 - Capacità di resistenza e reciproci rapporti - *Kraftausdauer*: Resistenza alla forza - *Langzeitausdauer*: Resistenza lunga - *Mittelzeitausdauer*: Resistenza media - *Schnelligkeitsausdauer*: Resistenza alla velocità - *Kurzzeitausdauer*: Resistenza breve

Fig. 3 - Schema dei processi energetici della contrazione muscolare: C.H., glucidi; L., lipidi; Glyc., glicogene; L.A., acido lattico. Le reazioni associate direttamente alla contrazione sono indicate in tratto doppio, quelle che avvengono solo nel riposo in tratteggio (da Di Prampero, 1972)



Dalla figura 1) risulta evidente che la resistenza può essere intesa come un insieme di qualità espresse contemporaneamente nella stessa prestazione. A se-

- 1) resistenza locale, quando solo 1/3 della muscolatura partecipa al lavoro;
- 2) resistenza regionale, se vi partecipano i 2/3;

Kurzzeit		Mittelzeit		Langzeit							
	100m	200m	400m		1500m	Schwimmen					
					2000m	Rudern					
400m	800m	1500m		3000m	5000m	Leichtathletik					
				Hindernis	10000m						
					20km-Gehen	Kanu					
					Marathon						
1000m			1000m		10000m	Radsport					
Mal-fahren	2000m	1000m Einzelzeit-fahren	4000m Einzelzeit-fahren		700km Etappenrennen						
		4000m Mannschaftsfahr.				Eislauf					
500m		1500m	3000m	5000m	10000m						
					10 km	Skilauf					
					15 "						
					30 "						
					50 "						
	3	6	3	7	4	9	5	8	3	16	13

Fig. 2 - Classificazione delle diverse prestazioni di resistenza - *Kurzzeit*: Tempo breve - *Mittelzeit*: Tempo medio - *Langzeit*: Tempo lungo - *Schwimmen*: Nuoto - *Rudern*: Canottaggio - *Leichtathletik*: Atletica - *Kanu*: Canoa - *Radsport*: Ciclismo - *Eislauf*: Pattinaggio - *Skilauf*: Sci fondo.

Quelle anaerobiche alattacide e lattacide e quelle aerobiche. Ognuna di queste fonti energetiche ha tempi e durate ottimali di erogazione di energia.

Tracciando linee verticali sulla figura 4 si vede che le fonti di energia lattacida e aerobica (glicolitica e respiratoria) intervengono contemporaneamente nel processo di erogazione di energia per la ricarica dell'ATP, e, di conseguenza, per la contrazione muscolare; ma si può sicuramente affermare che il processo glicolitico (anaerobico lattacido) è prevalente negli sforzi di breve durata (max 50"), mentre il processo respiratorio (aerobico) prevale negli sforzi di lunga durata: 1-2 ore e più. Il meccanismo anaerobico alattacido (CP) si manifesta immediatamente all'inizio della prestazione, consente anche il raggiungimento di una elevata velocità, ma si esaurisce in pochi secondi.

Da un punto di vista fisiologico si hanno due forme di resistenza:

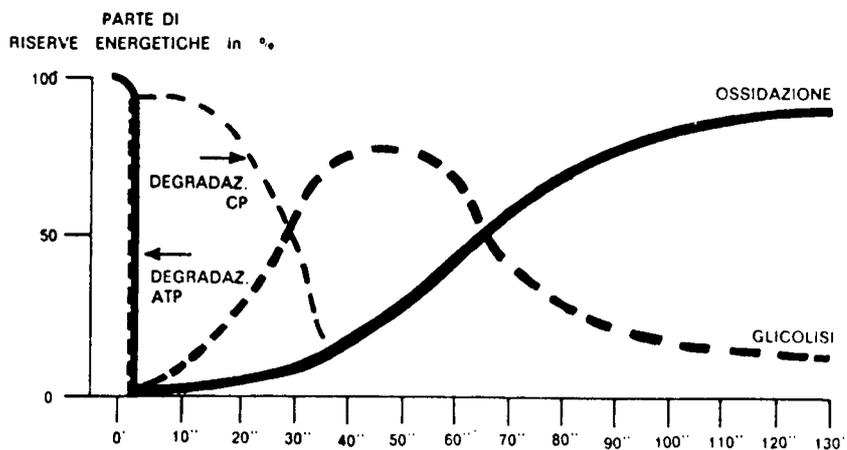


Fig. 4 - Ripartizione dei substrati produttori di energia nell'erogazione energetica. In un intenso sforzo fisico vengono dapprima esauriti i depositi dell'ATP. Essi possono procurare energia soltanto per un brevissimo tempo, ma con l'esaurimento del deposito di ATP vengono intaccati anche i depositi del creatinfosfato. Con i depositi dei fosfati ricchi di energia si possono raggiungere, al massimo, 20 secondi di lavoro intenso. Con l'inizio dello sforzo vengono tuttavia sollecitate anche le richieste energetiche a carico della glicolisi. Essa raggiunge il suo massimo dopo 40-50 secondi e poi viene sempre meno interessata all'erogazione energetica. Le erogazioni ossidative prendono sempre più parte e diventano, infine, la fonte fondamentale ed esclusiva dell'energia nel lavoro muscolare (Keul).

— *resistenza specifica*
rappresentato dal rapporto tra resistenza aerobica e resistenza anaerobica, necessario all'atleta per cimentarsi in modo ottimale nella propria gara.

Nelle gare di atletica leggera, per esempio, le percentuali fra componente aerobica e anaerobica sono così ripartite:

Gara	Aerob. %	Anaerob.
100	—	100
200	2	98
400	10	90
800	35	65
1500	50	50
5000	65	35
10000	90	10
maratona	98	2

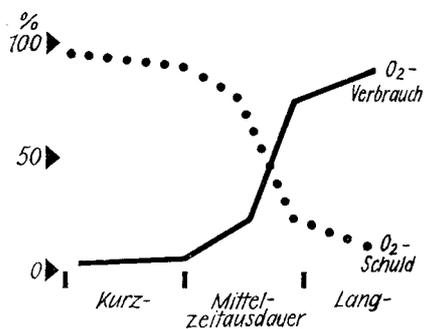


Fig. 5 - Rapporto % tra il consumo di O_2 e il debito di O_2 durante il lavoro

— *resistenza aerobica (generale)* tipica delle gare di fondo (10.000 mt., maratona, sci di fondo, ciclismo su strada, canottaggio ecc.) dove il lavoro compiuto è quasi nella totalità aerobico, ossia proveniente dalla combustione dei grassi e dei glucidi;

— *resistenza anaerobica (lattacida)* tipica delle gare di mezzofondo, dovuta alla capacità di lavorare a lungo in condizioni di acidosi, conseguenza della produzione dell'acido lattico che si forma nei muscoli e che si riversa nel torrente sanguigno.

Questi sono gli estremi, non opposti, bensì concorrenti in una prestazione di durata che può essere, come si è detto, breve, media, lunga.

A questo punto si può dare una definizione generale della resisten-

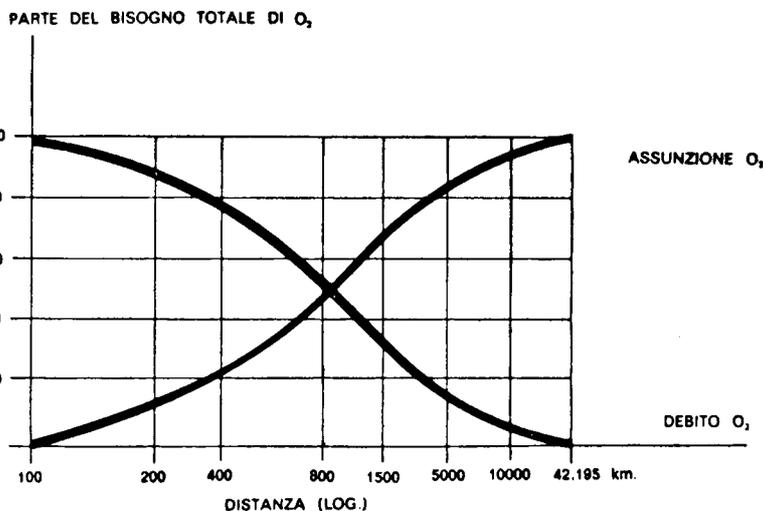


Fig. 6 - Ripartizione dell'assunzione e del debito, nel totale fabbisogno di ossigeno, in diverse distanze di gara, secondo Münchinger.

za, più specifica di quella introduttiva. Infatti, facendo riferimento alla facoltà che ha un atleta di ottenere una determinata prestazione, si può dire che la resistenza è la qualità che consente di mantenere la velocità ottimale per percorrere una distanza stabilita e — con Zaciorski — senza che i sintomi della fatica determinino un calo di rendimento. Per velocità ottimale si intende la massima velocità consentita a quell'atleta per quella distanza o per quel tempo di lavoro. Necessita qui introdurre un terzo tipo di resistenza e cioè quello di

Ciò non significa che la resistenza specifica è data da un rapporto costante fra componente aerobica e anaerobica, bensì che questo rapporto varia da atleta a atleta, a seconda delle caratteristiche bio-fisiologiche e psicologiche che gli sono proprie. Si tratta quindi di trovare la giusta confluenza fra via aerobica e via anaerobica di ciascun atleta per conseguimento di un risultato. Per esempio, negli 800 mt. dell'atletica leggera P. Snell ottenne il r.m. correndo in 1'44"3. M. Fiasconaro corse la stessa distanza in 1'43"7.

Senza dubbio l'atleta neozelandese pervenne al record mondiale sulla distanza incrementando prevalentemente, quanto meno in un periodo piuttosto lungo della preparazione, le sue capacità di resistenza aerobica. Fiasconaro ottenne il r.m. sugli 800 mt. incrementando prevalentemente la resistenza anaerobica. I due record, se si considerano i fattori che concorrono al conseguimento di una prestazione, si possono ritenere biologicamente sovrapponibili.

Metodi di allenamento per l'incremento della resistenza aerobica (sport ciclici).

La resistenza aerobica è, per definizione, data dalla capacità di compiere uno sforzo prolungato di moderata intensità in condizioni di equilibrio di O_2 .

Nella fig. 5 vediamo l'andamento del consumo di O_2 in un lavoro aerobico. Scopo della resistenza aerobica è quello di prolungare e di elevare il livello della massima potenza aerobica in modo tale che l'atleta, relativamente alla propria età, sesso, grado di allenamento,

acquisisca una base di resistenza generale che gli consenta di correre a lungo, per es. 1h-1h e 30 min. in condizioni aerobiche, senza cioè accumulare acido lattico.

Questo obiettivo si raggiunge con il metodo della corsa continuata a velocità uniforme, le cui variabili sono:

- distanza/durata
- velocità (Km/ora)

In una prima fase, quella in cui ci si deve prefiggere di protrarre il più a lungo possibile il tempo di mantenimento del lavoro in condizioni di equilibrio di O_2 (Steady-state) si mantiene fissa la variabile velocità e si incrementa la variabile distanza (5-10-15-20 Km e più, a seconda della specialità praticata). Successivamente, quando lo scopo dell'allenamento consiste nell'elevare il livello di steady-state, si

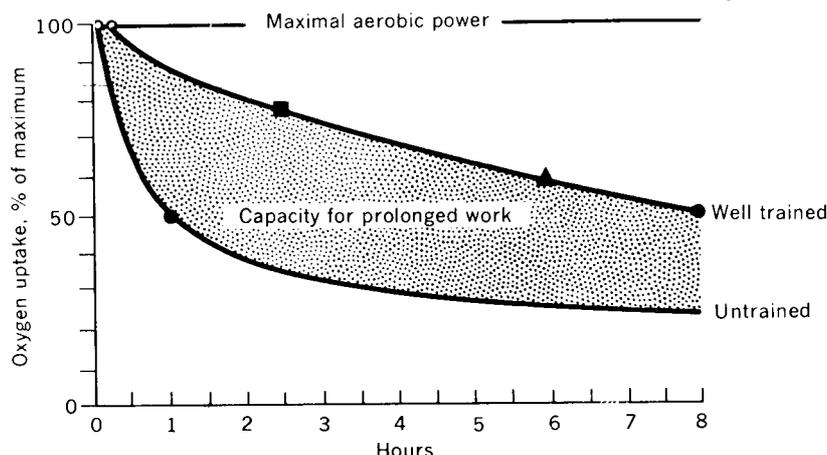
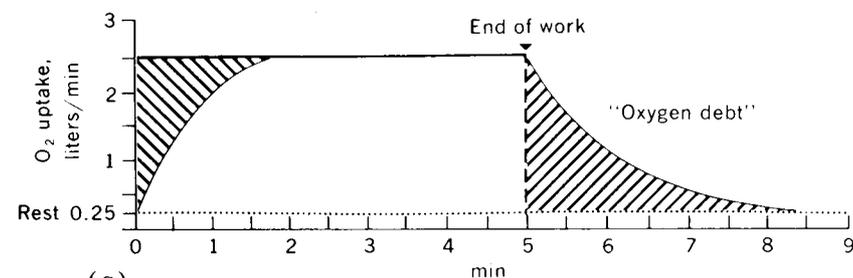
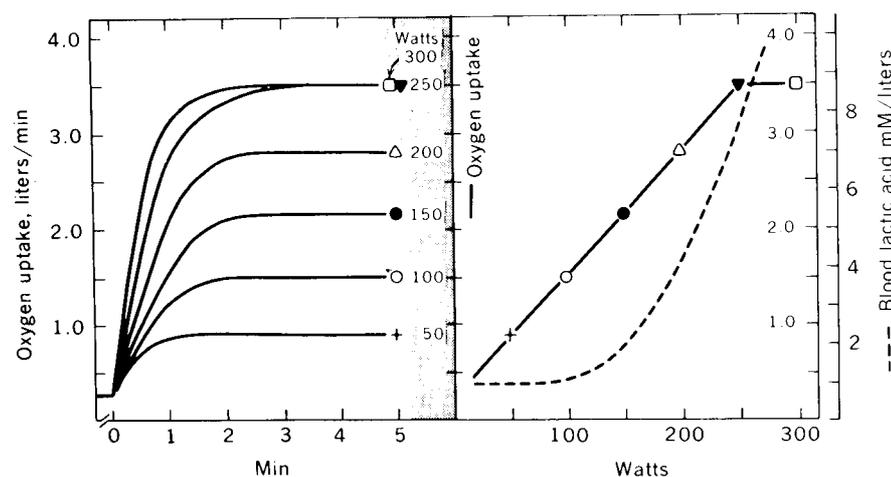


Fig. 8. Illustrazione grafica basata su poche osservazioni, raffigurante approssimativamente la percentuale della massima capacità aerobica di un soggetto durante un lavoro di diversa durata, in relazione al grado di allenamento.



(a)



(b)

(c)

Fig. 7 (a) - Durante i primi minuti di lavoro il consumo di ossigeno sale, per poi stabilizzarsi non appena raggiunge un livello tale da soddisfare il fabbisogno dei tessuti; al termine del lavoro si assiste ad una graduale diminuzione del consumo di ossigeno e al pagamento del « debito di ossigeno » contratti. (b) - Rappresentazione schematica dell'incremento del consumo di ossigeno durante un esercizio al cicloergometro con differenti carichi di lavoro (raffigurati dentro l'area tratteggiata) da 5 a 6 min.

mantiene fissa la variabile distanza e si incrementa progressivamente la velocità.

Nella Fig. 8 si vede come nell'allenamento le capacità di lavoro in condizioni aerobiche per es. in 1 ora e 30 min. aumentino dal 40% all'85% della massima potenza aerobica.

L'incremento di velocità non può certamente avvenire senza limiti. A seconda del grado di allenamento, prima o poi si verifica un accumulo di acido lattico; quando raggiunge livelli elevati (190-210 mg./100 cc) l'atleta è costretto a sospendere il lavoro.

In proposito, è opportuno precisare che in una prestazione, anche di debole intensità, si verifica sempre una formazione di acido lattico. Tuttavia, mentre l'a.l. che si forma durante un lavoro di debole intensità viene smaltito (ossidato) durante il lavoro stesso, durante un lavoro di elevata intensità non tutto l'a.l. viene ossidato e quindi una parte di esso si accumula nei muscoli e aumenta in misura proporzionale alla durata dello sforzo.

Dato che lo scopo dell'atleta è quello di arrivare per gradi ad incrementare la resistenza specifica, data dalla percentuale ottimale

fra resistenza aerobica e resistenza anaerobica, una volta ottenuti gli aumenti voluti nella capacità di lavoro in condizioni aerobiche, è necessario, gradatamente, iniziare un lavoro che preveda anche accumulo di acido lattico, caratteristica principale della resistenza anaerobica. Il passaggio da un lavoro all'altro non deve essere brusco, ché sarebbe brutale e addirittura controproducente, specie su un organismo giovane notoriamente inadatto a sopportare pesanti allenamenti anaerobici. Vengono infatti attualmente adottate forme di allenamento intermedie fra l'uno e l'altro tipo di resistenza.

Sempre rimanendo nei metodi dell'allenamento continuato, abbiamo due varianti principali:

- *allenamento lungo vario* (Fartlek);
- *allenamento « corto veloce »* (metodo della corsa continua con distanze più ridotte a velocità superiori).

Entrambe portano ad un accumulo di acido lattico.

Nel primo caso (Fartlek), in cui le variazioni possono essere dovute a variazioni altimetriche del terreno oppure a variazioni di velocità durante l'allenamento, si hanno momenti in cui la maggiore intensità del lavoro richiede l'intervento del meccanismo anaerobico lattacido con conseguente accumulo di acido lattico. Esso viene smaltito (ossidato) durante le fasi di lavoro di minore intensità, come i tratti in

discesa oppure i tratti di corsa lenta (Fig. 9).

Nel cosiddetto « corto veloce » il lavoro è sempre uniforme e relativamente prolungato, ma svolto ad una velocità tale che al termine si ha un notevole accumulo di acido lattico.

Metodi di allenamento per l'incremento della resistenza anaerobica (negli sport ciclici).

I metodi di allenamento per la resistenza anaerobica si basano essenzialmente sull'allenamento frazionato, costituito da tratti di corsa di media ed alta intensità e da pause di recupero.

Le variabili del lavoro frazionato, detto anche ad intervalli, sono:

- *intensità dell'esercizio;*
- *durata dell'esercizio;*
- *durata degli intervalli di recupero;*
- *numero delle ripetizioni.*

Mentre in ultima analisi le modificazioni indotte dall'allenamento basato sulla corsa lunga e lenta e sulle altre varianti, cioè gli adattamenti fisiologici e biochimici, sono caratterizzati da un incremento dei parametri flussimetrici e da una maggiore attività degli enzimi mitocondriali (maggiore apporto di O₂ ai tessuti muscolari e maggiore capacità dei tessuti stessi di utilizzare l'O₂ disponibile) l'allenamento intervallato induce adattamenti più complessi che variano in modo specifico a seconda delle combinazioni con cui si legano le 4 variabili sopra elencate.

Certamente, scopo dell'allenamento ad intervalli è quello di adattare l'atleta a sostenere elevate

intensità di lavoro. Il frazionamento dell'allenamento in fasi di lavoro e in pause di recupero è dovuto appunto al fatto che elevate intensità non possono essere tenute a lungo; l'intervallo deve servire a consentire un ritorno dei parametri biochimici (concentrazione dell'acido latt.) e fisiologici (frequenza cardiaca) alle condizioni idonee per ripetere le prove. Bisogna comunque tener presente che nelle fasi di recupero, anche se l'atleta non è in movimento, frequentemente viene svolto un lavoro fisiologico maggiore che durante le fasi attive di corsa.

Fra le variabili che compongono le tessere con cui si programma l'allenamento intervallato si può stabilire una gerarchia, nel senso che le prime condizionano le altre.

Infatti, l'intensità dell'esercizio, cioè la velocità della prova, condiziona la durata della prova stessa; così la durata del recupero e il numero delle prove.

Le combinazioni possibili sono tante. A scopo esemplificativo presentiamo la seguente classificazione.

La Fig. 10 mostra come nella programmazione di un ciclo di allenamento sulle prove intervallate sia necessario dare risalto ad una variabile per volta, in modo tale che dalla quantità si passi alla qualità del lavoro e non viceversa. Generalmente, la quantità del lavoro è data dalla distanza del singolo lavoro per il numero globale dei lavori fatti in una seduta (volume). La qualità è invece determinata dalla velocità del lavoro e dall'intervallo di recupero fra una prova e l'altra (intensità).

I.T. FRIBURGHESE

Durata della pausa: 45 ÷ 90''

Frequenza cardiaca alla ripresa dello sforzo: 120 batt./min.

Numero ripetizioni: 6 ÷ 12 e più

INTERVALL-TRAINING FRIBURGHESE

Distanza	Tempo
100	14''—16''
200	29''—34''
400	68''—74''

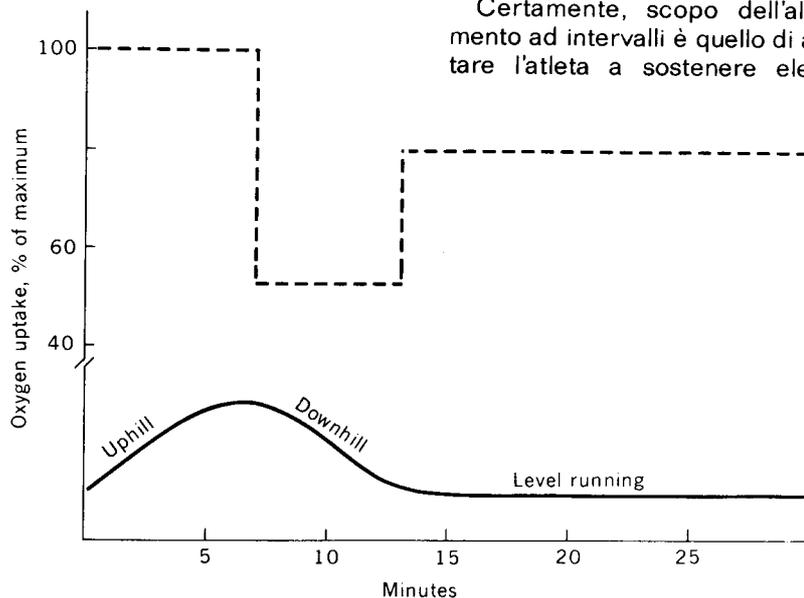


Fig. 9 - Consumo di ossigeno in percentuale del massimo durante l'allenamento di corsa su terreno vario (Karlsson, 1967).

Metodo ad intervalli			
Medio	Lungo	Breve	
2'—8'	8'—15'	15'—2'	
Varianti			
Distanza	Intensità	Intervallo	numero prove
F	F	F	V
F	F	V	F
F	V	F	F

F = parametro fisso
V = parametro variabile

Periodo agonistico e di controllo	
Varianti	
Lunghezza	Velocità
Più breve che in gara	Più veloce del ritmo di gara
Lunghezza di gara con scopi tattici	Velocità di gara oppure più lenta
Più lungo che in gara	Più lento della velocità di gara

Tests: La distanza di gara viene percorsa frazionata con velocità di gara o con velocità più alta possibile.

Fig. 10

Esempi classici di metodi ad intervalli sono:

- *intervall-training*
- *prove intervallate lunghe e medie*
- *ritmi di gara*
- *ritmi più veloci di quelli di gara*
- *prove di velocità.*

L'intervall-training merita una considerazione particolare in quanto è il più diffuso e se ne conoscono meglio gli effetti fisiologici. Esso è costituito da:

- *distanza 100-200-400 mt.,*
- *tempo,*
- *f. cardiaca 180-120,*
- *numero prove.*

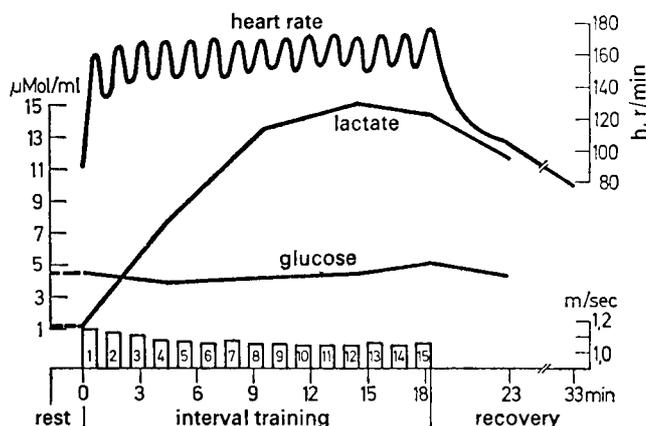


Fig. 11 - L'intervall-training richiede un intervento della via glicolitica. Se l'intensità del lavoro e la pausa sono bilanciate si ha un aumento della capacità anaerobica. Alla stessa intensità di lavoro una pausa più breve (da 90 a 45-30 sec.) ha come effetto un più rapido aumento di lattato. Durante la fase attiva la frequenza cardiaca raggiunge valori superiori ai 170/min (n. = 10).

piano annuale di allenamento per le specialità di resistenza, le varie forme di allenamento devono succedersi secondo un ordine che risponda alle esigenze di incremento delle qualità di base (resistenza generale) prima e specifiche poi.

E' opportuno sottolineare che in un programma annuale di allen-

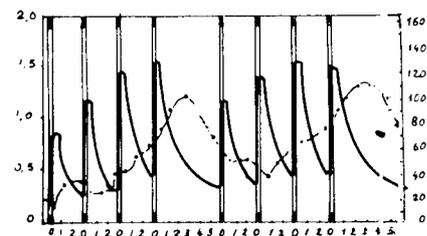


Fig. 12 - Modificazione del consumo di O₂ e del tasso di acido lattico nel sangue nella corsa di 60 m con ripetizioni (2 serie di 4 ripetizioni ciascuna). Linea intera = modificazioni del livello del consumo di O₂; linea tratteggiata = modificazioni del tasso di acido lattico nel sangue (secondo N.I. Volkov). Sull'ascissa è riportato il tempo in minuti; sull'ordinata di sinistra il fabbisogno di O₂ in l/mm; sull'ordinata di destra, il contenuto di acido lattico nel sangue in mg/100g.

amento alcune qualità vengono incrementate in ben precisi periodi della fase di preparazione, ma l'incremento raggiunto deve essere mantenuto durante tutto l'anno, con opportuni richiami dilazionati nel tempo, a seconda della natura della qualità.

Per esempio, la corsa lunga e lenta per la resistenza aerobica, nei

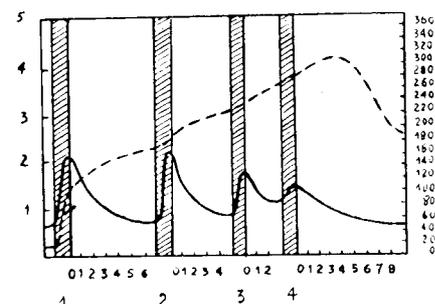


Fig. 13 - Modificazioni del consumo di O₂ e del tasso di acido lattico nel sangue in corse ripetute di m 400x4 volte e con pause di recupero di durata crescente (secondo N.I. Volkov). Sull'ascissa è riportato il tempo in minuti; sull'ordinata di sinistra, il fabbisogno di O₂ in l/m; sull'ordinata di destra, il contenuto di acido lattico nel sangue in mg/100g. La linea tratteggiata descrive l'andamento del contenuto di acido lattico; la linea continua, il fabbisogno di O₂.

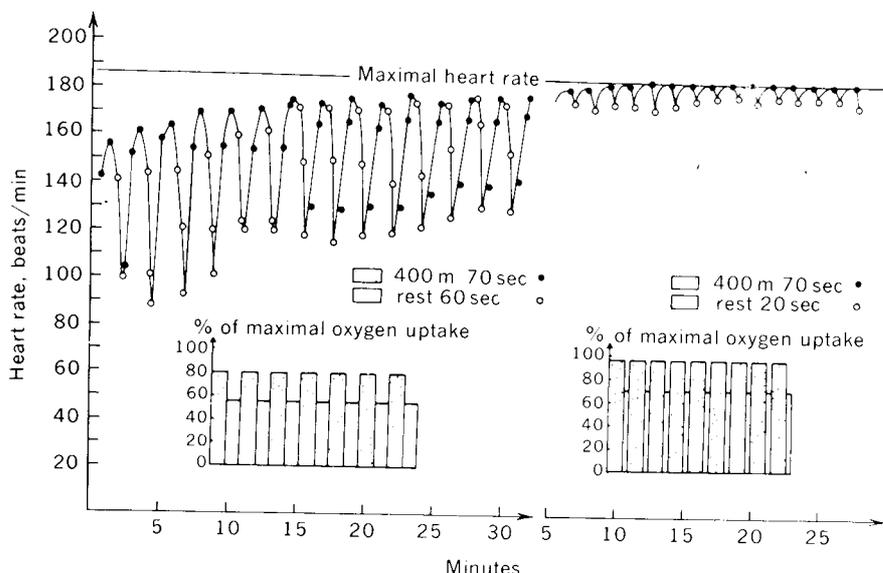


Fig. 14 - Un'analisi dell'effetto di differenti pause di recupero sul consumo di ossigeno durante la corsa sul nastro trasportatore con velocità e durata di lavoro costanti. La maggiore durata della pausa produce un significativo minor consumo di ossigeno; la frequenza cardiaca, confrontata con gli esperimenti in cui vi è un più breve recupero, ha maggiore escursione e valori comunque più bassi. Nell'altro caso i valori si avvicinano ai massimali (Karlsson, 1967).

E' importante notare che una sola qualità può coesistere con tutte le altre anche nella stessa seduta di allenamento, ed è la velocità pura (max 6-8 sec.). Infatti, anche all'inizio della preparazione, al termine di allenamenti lunghi a ritmo lento, quasi tutti gli atleti concludono le sedute con alcune prove di 50-60 mt. ad alta velocità.

L'utilità di queste prove è di ordine neuro-muscolare, in quanto sottopongono i muscoli che hanno lavorato in condizioni aerobiche, a forti treni di stimoli, sostenuti con il meccanismo anaerobico lattacido; inoltre, così facendo, l'atleta non perde le qualità tecniche indispensabili per una corretta azione di corsa, spesso compromessa dalla lentezza con cui vengono condotti gli allenamenti per la resistenza aerobica.

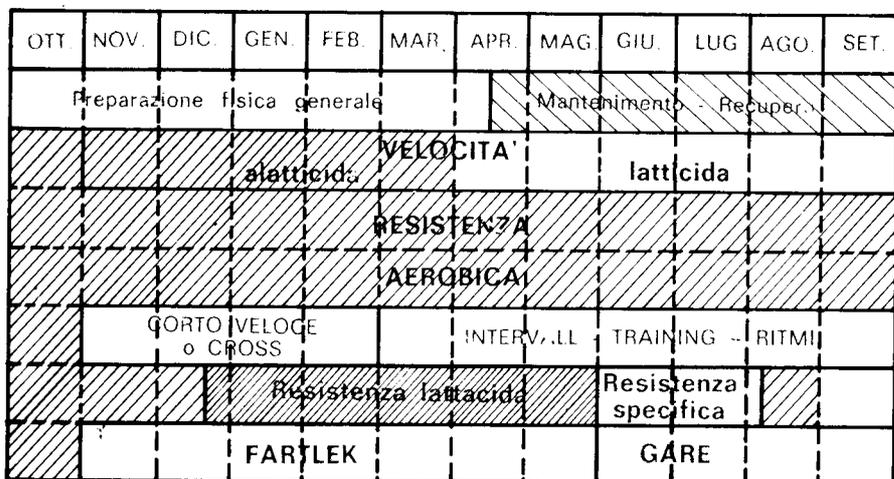


Fig. 15 - Esempio di programma annuale di allenamento per il mezzofondo 800-1500 m.

primi due mesi della preparazione (ottobre-novembre) rappresenterà il 90-70% dell'intero allenamento settimanale. Successivamente, specie per i mezzofondisti, si riduce al 30-20% per lasciare posto ad altre forme di allenamento per altre qualità (velocità, ritmi, fartlek ecc.), ma non verrà mai trascurata completamente.

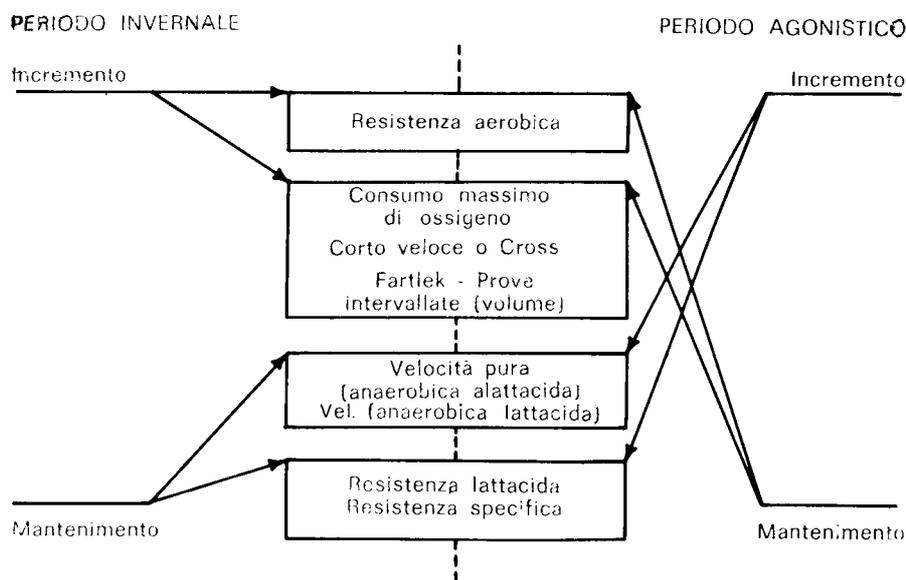


Fig. 16 - Incremento e mantenimento nella programmazione (periodo invernale, periodo agonistico) di un piano annuale di allenamento delle qualità di resistenza di un mezzofondista.