

**Zeitschrift:** Macolin : mensile della Scuola federale dello sport di Macolin e di Gioventù + Sport  
**Herausgeber:** Scuola federale dello sport di Macolin  
**Band:** 47 (1990)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Le basi biologiche dell'allenamento di resistenza  
**Autor:** Hegner, Jost  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-999925>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Le basi biologiche dell'allenamento di resistenza

di Jost Hegner, responsabile dell'insegnamento della biologia dello sport al corso allenatori del CNSE

*Nella teoria dell'allenamento, con il termine resistenza si intende la «capacità di resistenza psicofisica contro la stanchezza». Con questo si intende quella capacità che permette di limitare il più a lungo possibile l'effetto dei sintomi di affaticamento durante sforzi mentali, sensoriali, emozionali e fisici.*

*Da un punto di vista fisiologico, si può stabilire, a seconda della componente di massa muscolare implicata nel lavoro muscolare, la differenza fra resistenza locale (meno di 1/6) e resistenza generale (più di 1/6 dell'intera massa muscolare).*

*Da un punto di vista del metabolismo muscolare si distingue fra resistenza aerobica e anaerobica.*

lizzatori). L'attività enzimatica dipende, fra gli altri,

- dalla quantità di enzimi-chiave
- della quantità di substrati da trasformare,
- dal pH intracellulare.

L'attività enzimatica determina il flusso energetico nella cellula muscolare; dunque: maggiore l'attività enzimatica, maggiore la componente energetica che può essere liberata nell'unità di tempo nella cellula muscolare.

### Il metabolismo come fonte di energia

Durante un lavoro muscolare, nelle miofibrille, l'energia chimica viene trasformata in energia meccanica (e calore). In ogni contrazione, il muscolo deve ricorrere agli ioni di fosfato ricchi di energia e all'ATP (Adenosinatri-fosfato). L'ATP è presente nel sarco-plasma in una parte limitata. Esso viene scisso in ADP (Adenosinadifosfato) e in uno ione di fosfato con produzione di energia attraverso l'intervento della miosin-ATP-ase.

La riserva di ATP è limitata se esaurisce dopo poche contrazioni se non vi sono altri legami grazie alla cui degradazione di fornisce energia per la resintesi di ADP in ATP. Il metabolismo viene messo in funzione, controllato e regolato attraverso enzimi (biocata-



Una passeggiata è «ossigenante» nel senso che stimola le funzioni del metabolismo aerobico.

Il metabolismo energetico rappresenta la forza trainante. Attraverso la scissione di

Fosfocreatina	in fosfato + creatina	(Processo alattacido-anaerobico)
Glucosio anaerobico	in acido lattico (lattato)	(Processo lattacido: glicolisi-anaerobica)
Glucosio e acidi grassi liberi	in CO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O	(Processo aerobico: fosforilazione ossidativa)

viene liberata energia, la quale è necessaria per la resintesi della «batteria-ATP».

Se, per un lavoro intensivo (una prestazione elevata), la cellula muscolare consuma molta energia nell'unità di tempo, allora deve ricorrere a meccanismi energetici anaerobici. Essa deve accettare il fatto che il deposito (di fosfocreatina) si esaurisce in poco tempo, e che, durante la glicolisi anaerobica, il lattato prodotto blocca il metabolismo intracellulare.

In pratica, la cellula muscolare tende a produrre energia il più possibile attraverso il metabolismo aerobico. Tuttavia, questa fosforilazione presuppone che la fibra muscolare sia rifornita di ossigeno in quantità sufficiente.

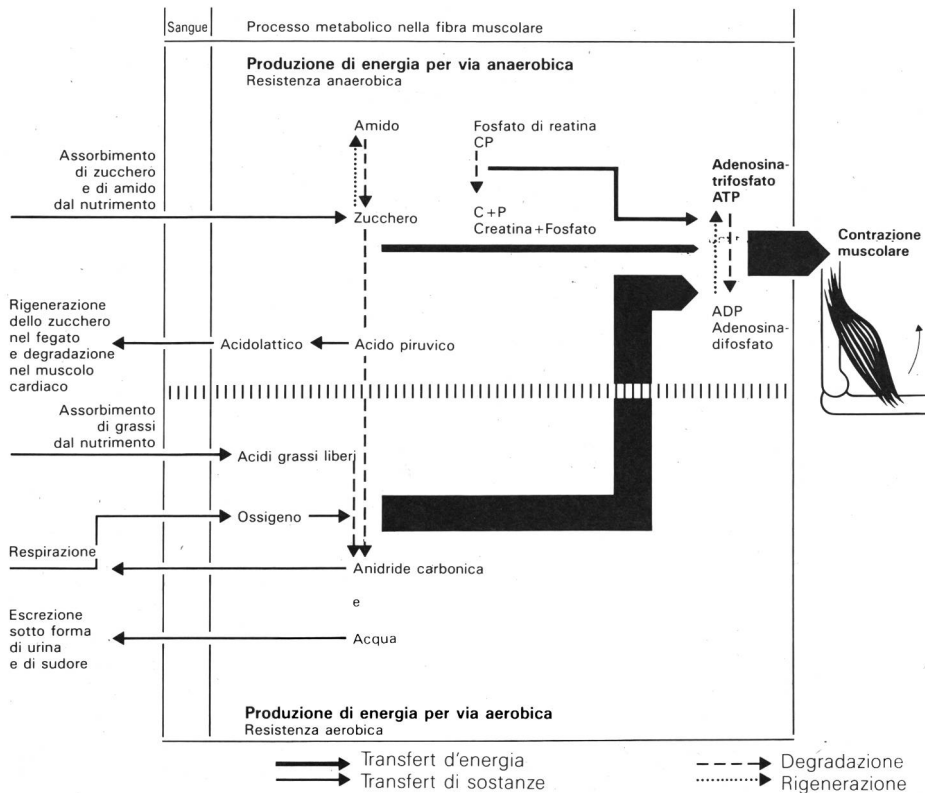


Fig. 1: Rappresentazione semplificata dei processi metabolici di produzione d'energia (Weiss U., 1978, p. 50). Lo spessore delle frecce indicanti le vie di trasporto energetiche dipende dalla loro capacità. Questo spessore è inversamente proporzionale al valore del flusso energetico.

Substrato + massima tipo di degradazione	flusso massimale mikromol/g/sec	Utilizzazione in % del massimo	Durata dello sforzo
ATP, CP anaerobico-lattacido	1,6-3,0	100	7-10 sec.
Glicogeno anaerobico-lattacido	1,0	30	40-90 sec.
Glicogeno aerobico	0,5	15	60-90 min.
Acidi grassi	0,25	7,5	ore

Tab. 1: Da Zintl F., 1988, p. 49: flusso energetico (velocità massima di produzione di energia) nelle diverse forme di metabolismo

All'inizio di uno sforzo, la presenza di ossigeno nella muscolatura è insufficiente. In condizioni di riposo fisico, ca. il 90% dei capillari è ostruito e il sangue circola prevalentemente negli altri organi. L'adattamento dell'organismo all'attività fisica provoca, fra gli altri, l'attivazione del sistema cardiopolmonare, l'aumento del trasporto di ossigeno e l'apertura dei capillari nella muscolatura impegnata nello sforzo fisico. Se (all'inizio del lavoro fisico) la componente di ossigeno nella fibra muscolare non è (ancora) sufficiente, o

se l'intensità dello sforzo è così elevata che, nonostante una circolazione massimale, la componente di ossigeno non riesce a coprire il bisogno energetico, la fibra muscolare è costretta a trasformare l'acido piruvico, prodotto della degradazione del glucosio, in lattato (glicolisi anaerobica). Il piruvato e il lattato hanno un effetto tossico nella muscolatura già a partire da una concentrazione relativamente bassa. Tuttavia, il lattato presenta la proprietà di poter lasciare la cellula: esso viene ripreso dal sangue e viene trasformato dal muscolo cardiaco (e

altri organi ancora) con la produzione di energia. La circolazione sanguigna porta una parte dell'acido lattico al fegato: qui il lattato viene riconvertito in glucosio grazie a un processo di sintesi. In questo modo esso viene eliminato e scompare dall'organismo. Migliore il grado d'allenamento di un atleta, maggiore è la percentuale di eliminazione di lattato, vale a dire più velocemente può essere rimosso il lattato prodotto. La capacità di eliminare il lattato è sviluppata in modo ancora insufficiente nell'infanzia e nel periodo giovanile. Questo è uno dei motivi per cui nell'allenamento e nelle competizioni giovanili bisognerebbero evitare sforzi che provocano un'accumulazione eccessiva di acido lattico (ad esempio, corse dai 200 fino ai 1000 m a un ritmo elevato).

### Nuovi concetti nella discussione sulla resistenza

Nella terminologia che si riferisce alla resistenza, seguendo il suggerimento di Probst, noi utilizziamo già da alcuni anni concetti che si sono imposti già da tempo nella letteratura inglese:

- Potenza aerobica
- Capacità aerobica
- Potenza anaerobica
- Capacità anaerobica.

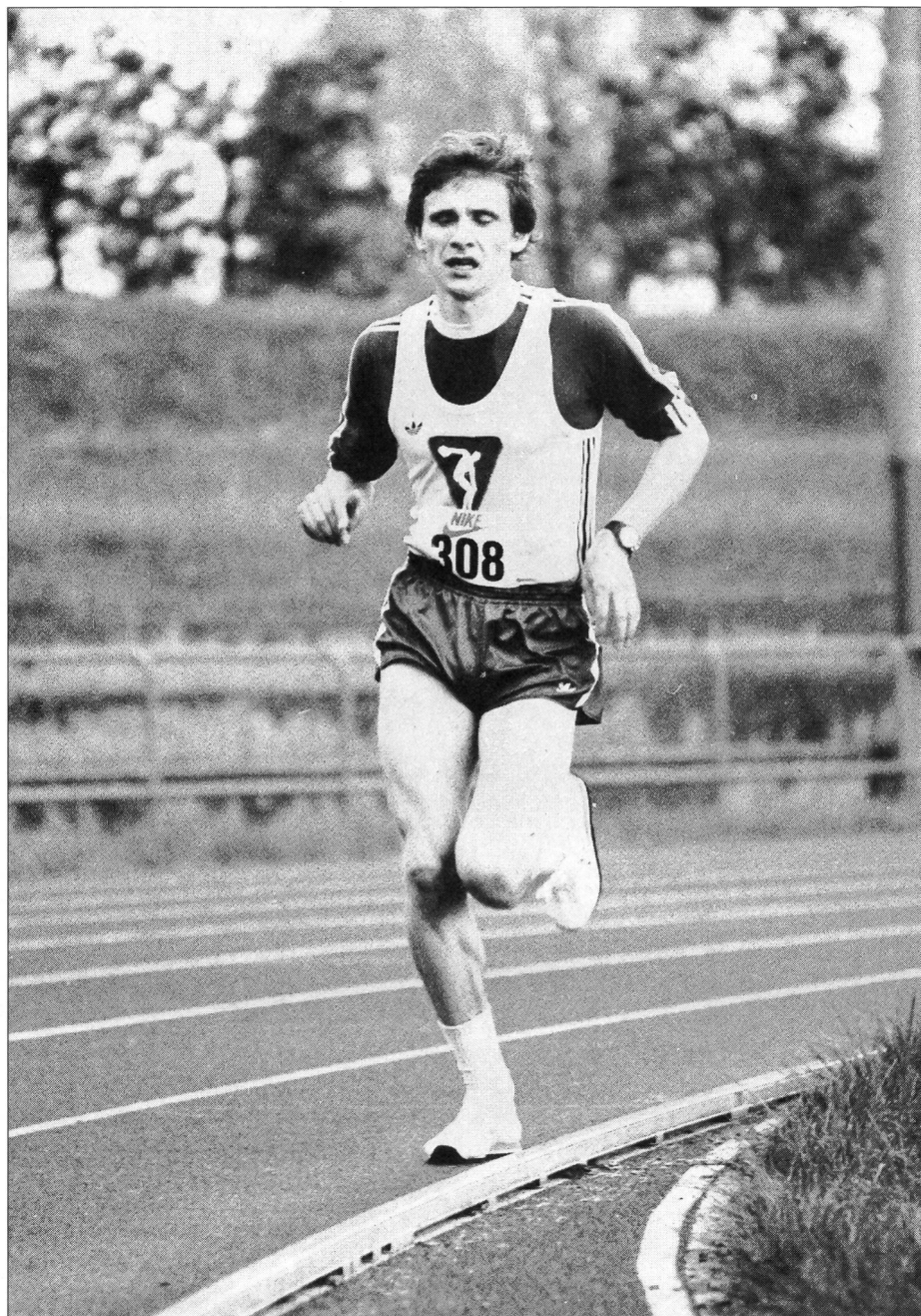
### Potenza aerobica

La potenza aerobica è un criterio di misura per il valore di prestazione che un individuo può fornire in condizioni di metabolismo aerobico. Essa determina a che velocità noi possiamo svolgere un'attività, ad esempio correre, andare in bicicletta, nuotare, senza essere sopraffatti dall'accumulo di acido lattico.

Unità di misura:

Joule/secondi = Watt

La potenza aerobica rappresenta il fattore principale che limita la prestazione nelle discipline di resistenza. Essa esercita un'influenza determinante anche nelle altre discipline sportive. Nei giochi, la potenza aerobica permette all'atleta di svolgere il lavoro fisico senza ricorrere alla glicolisi anaerobica, vale a dire senza accumulare valori elevati di acido lattico, nonché di riprendersi completamente dallo sforzo nelle brevi interruzioni di gioco. Una buona potenza aerobica rappresenta un presupposto essenziale per poter sostenere sforzi elevati in allenamento, per una rigenerazione veloce fra le singole unità di allenamento e per un adattamento accelerato e un aumento ottimale della prestazione nel processo di allenamento.



Una competizione di mezzofondo rivela la potenza aerobica di un atleta.

L'allenabilità dipende in grande misura dalla potenza aerobica. Per concludere, la potenza aerobica forma la base per prestazioni, dove il metabolismo ossidativo non può coprire l'intero fabbisogno di energia, in quanto il debito di ossigeno (che subentra all'inizio con la produzione di energia per via anaerobico-lattacida) può essere eliminato solamente grazie al metabolismo aerobico.

Inoltre, v'è da segnalare il fatto che l'allenamento della potenza aerobica assume un ruolo centrale anche nella prevenzione di malattie cardiovascolari e di insufficienza motoria.

La potenza aerobica dipende da due parametri fisiologici:

- dallo sfruttamento periferico della componente di ossigeno, vale a dire dall'attività degli enzimi-chiave

responsabili del metabolismo aerobico nei mitocondri (differenza arterio-venosa) e

- dalla capacità di trasporto dei sistemi legati alla fornitura di ossigeno (sistema cardiocircolatore e sangue). Essa si esprime nella capacità massi-

male di ricezione di ossigeno dell'organismo, il  $\dot{V}O_2 \text{ max.}$ , e si manifesta a livello della «soglia anaerobica» (vedi tab. 2).

Più sviluppata la potenza aerobica, più ossigeno può trasformare un atleta nella muscolatura.

### La capacità aerobica

Alla potenza aerobica si può contrapporre la capacità aerobica. Quest'ultima dipende dal valore della riserva energetica cellulare e permette all'atleta di svolgere lavoro fisico di lunga durata.

Unità di misura: joule.

La capacità aerobica viene aumentata grazie a sforzi fisici di lunga durata, durante i quali si giunge ad un esaurimento provvisorio delle fonti di energia cellulari.

Infatti, attraverso un allenamento di resistenza di lunga durata si riesce ad aumentare in modo vistoso le riserve di substrato cellulari. Questo vale sia per il glucosio così come per i lipidi. I valori di entrambi i substrati aumentano già dopo un allenamento di bicicletta di 6-8 settimane (ad es. per i lipidi si è osservato un aumento del 100%). Nei ciclisti professionisti, le miofibrille rappresentano solamente il 60% del volume muscolare. Negli individui non allenati, questo valore sale fino all'80%. Dunque, nei ciclisti professionisti, quasi il 40% del volume delle fibre muscolari è riservato all'apparato metabolico! (Hoppeler/Lüthi, 1988).

### La soglia aerobica e anaerobica

Negli anni settanta fu introdotto nella diagnostica della prestazione il termine «soglia anaerobica» e fu così posto l'accento sui cambiamenti del metabolismo muscolare durante sforzi ad intensità crescente.

La soglia aerobica determina il limite del metabolismo energetico interamente aerobico. I valori di lattato sanguigno attorno a questa soglia si aggirano alle 2 mmol/l.

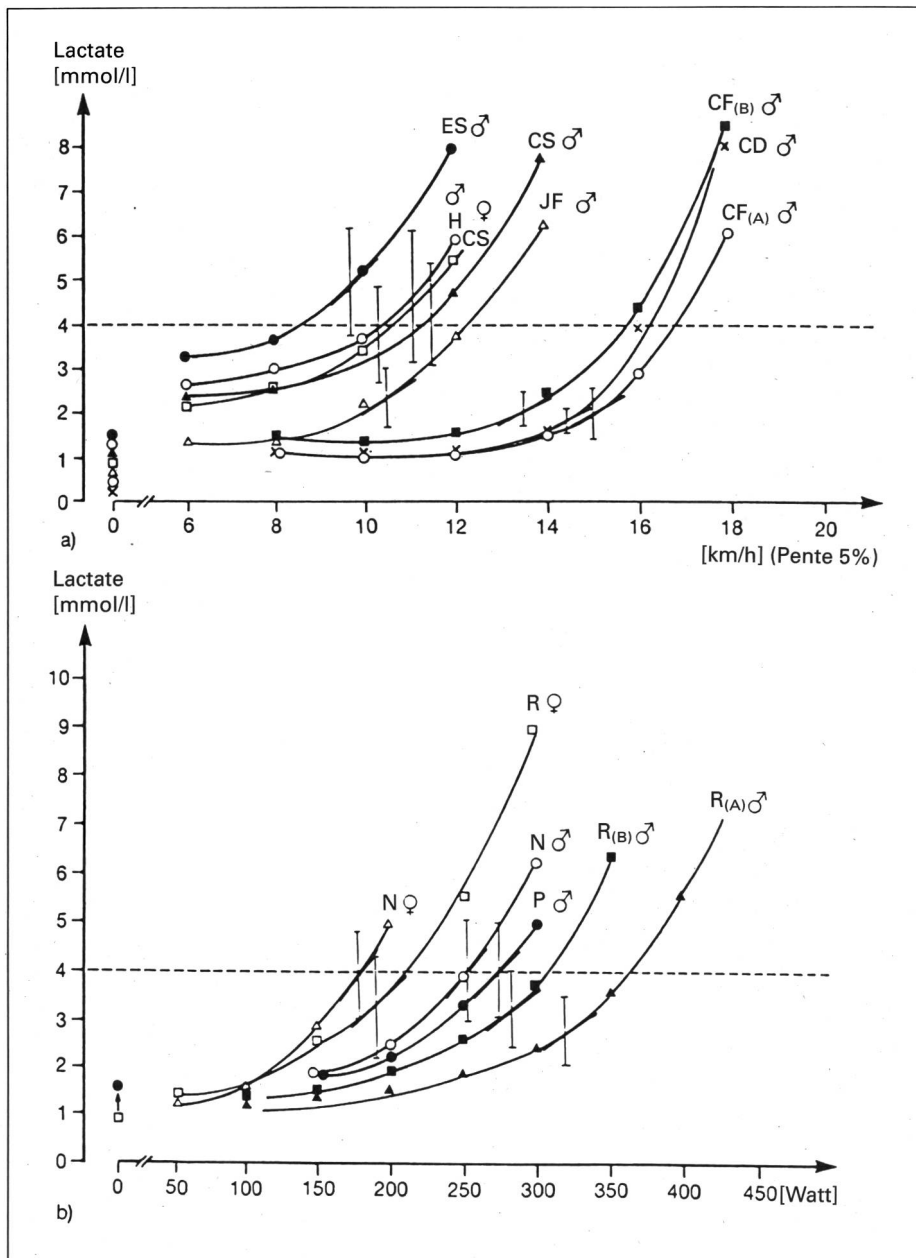
Se l'intensità dello sforzo supera il valore della soglia aerobica, il fabbisog-

Livello di prestazione: ml/kg/min.	$\dot{V}O_2 \text{ rel. max. in}$ (relazione al peso corporeo)
Individui non allenati (U + D)	30-35
Sportivi fitness (D)	38
(U)	45
Sportivi di resistenza	55-65
Atleti di resistenza (internazionale)	65-80
Valori massimali	80-90

Tab. 2: Valori relativi di  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  nei diversi livelli di prestazione (D: donne; U: uomini).



Durante lo sprint finale si supera la soglia anaerobica.



Il lavoro energetico deve essere ricoperto parzialmente dalla glicolisi anaerobica. Viene così prodotto lattato, il quale passa nel sangue e viene poi eliminato da diversi organi (fegato, cuore, muscolatura non impegnata nello sforzo).

Nel settore di passaggio aerobico-anaerobico, la produzione e l'eliminazione di lattato si mantengono in equilibrio. V'è dunque una situazione di «steady-state».

La soglia anaerobica descrive l'intensità di sforzo, dove il valore massimale di eliminazione e la capacità di diffusione del lattato si trovano in equilibrio (Hollmann/Hettinger, 1976).

Per descrivere la situazione di «steady-state» di lattato massimale si utilizza anche il concetto «maxlass».

Se la soglia anaerobica viene superata con un aumento dell'intensità dello sforzo, il nostro organismo non riesce ad eliminare tutto il lattato prodotto. I valori di lattato sanguigno salgono immediatamente in modo elevato (cfr. fig. 2).

Seguendo la definizione classica di Mader, la concentrazione di acido lattico sanguigno a livello della soglia anaerobica si aggira attorno alle 4 mmol/l.

Fig. 2: Soglia anaerobica individuale durante gli sforzi con il cicloergometro o sul tappeto mobile:

a) tappeto mobile: SP=studente di sport, H=giocatore di pallamano; K=atleta di discipline veloci; MS=atleta di mezzofondo; F(J)=calciatore juniores; LS=atleta di fondo.

b) Cicloergometro: S=nuotatore; R=vogatore.

(Fonte: Schürch 1987, 22)

Per l'allenamento pratico e per studi sulla biologia dello sport, questa definizione della soglia non soddisfa pienamente.

Si consiglia dunque, a seconda delle possibilità, di determinare la soglia anaerobica individuale. Questa è definita come il punto di una curva indicante la concentrazione di lattato dove inizia l'aumento critico di questo acido.

La soglia anaerobica può essere determinata con la misurazione dei valori di lattato sanguigno durante uno sforzo ad intensità crescente oppure attraverso l'osservazione dei valori delle pulsazioni anch'essa durante sforzi ad intensità crescente in modo regolare (Test-Conconi, Intervalltest e test con il cicloergometro di Probst). Sia il valore del  $\dot{V}O_2$  max., sia quello della soglia anaerobica possono essere migliorati grazie ad un processo di allenamento. L'aumento del  $\dot{V}O_2$  max. dovuto all'allenamento è relativamente basso (fino a 15-20%), mentre la soglia anaerobica può essere modificata in modo rilevante grazie all'allenamento (fino al 50-70%) (Grosser et al. 1986, 115).

Una soglia anaerobica più elevata permette allo sportivo di sollecitare una percentuale maggiore di  $\dot{V}O_2$  max. Ne consegue la tabella seguente:

- La soglia anaerobica viene superata:
- da un individuo non allenato
  - attorno al 50-70% del  $\dot{V}O_2$  max.
  - velocità di corsa: dai 10 ai 12 km/h
  - da uno studente di sport
  - attorno al 70-80% di  $\dot{V}O_2$  max.
  - velocità di corsa: dai 14 ai 16 km/h
  - da un atleta di punta
  - attorno al 85-95% di  $\dot{V}O_2$  max.
  - velocità di corsa: fino ai 24 km/h.

### La potenza anaerobica

La potenza anaerobica è una misura del valore della prestazione, che un individuo può fornire in condizioni di metabolismo anaerobico.

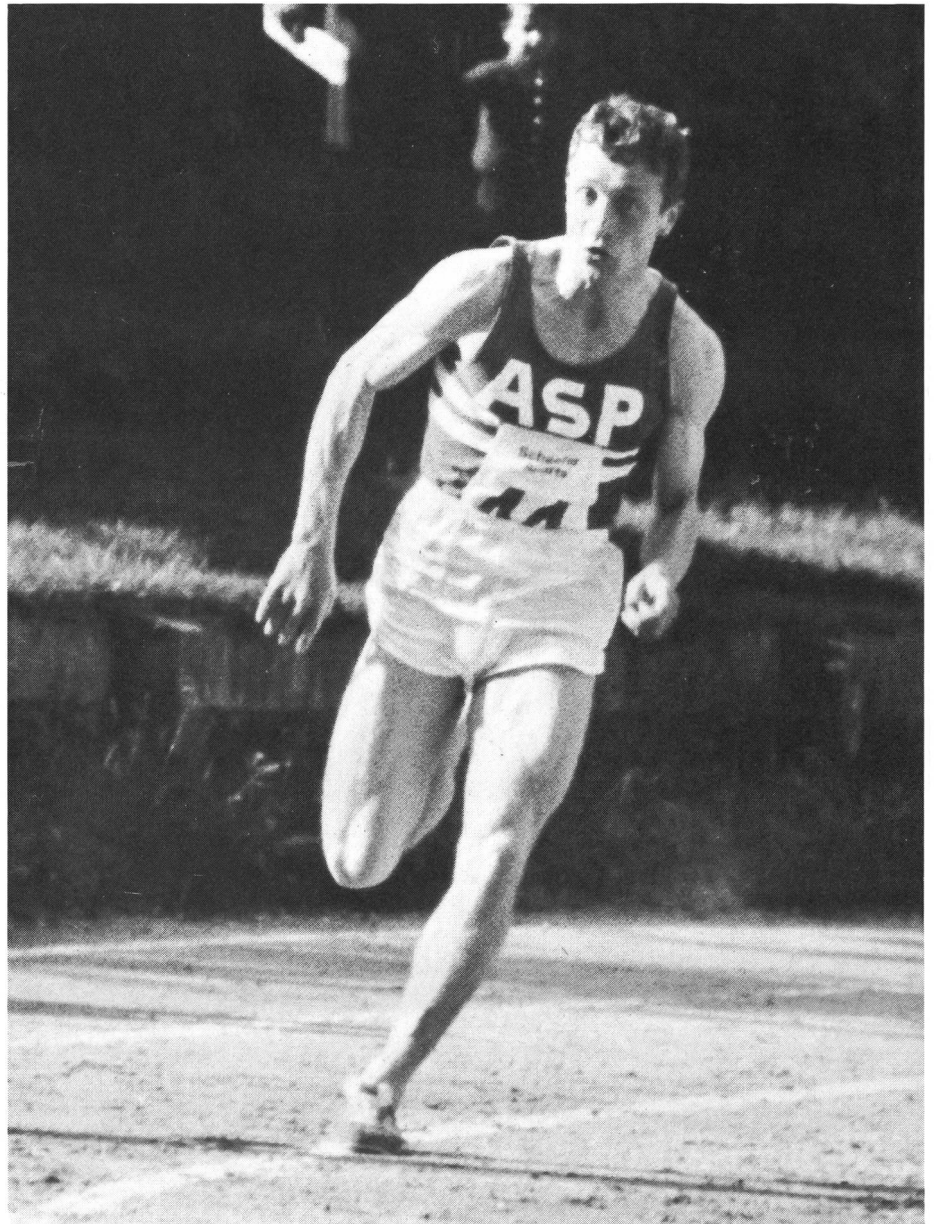
Unità di misura: Joule/sec. = Watt

### La capacità anaerobica

La capacità anaerobica è una misura della quantità di lavoro che si può fornire in condizioni di metabolismo anaerobico. Essa dipende dalla riserva di glicogeno e viene limitata dalla tolleranza dell'atleta nei confronti del lattato.

A dipendenza del grado di allenamento si possono raggiungere e tollerare valori di lattato superiori alle 20 mmol/l.

Sforzi fisici, che provocano valori di lattato superiori alle 10-14 mmol/l,



Una gara dei 400 m viene svolta prevalentemente in condizioni di metabolismo anaerobico.

esercitano un effetto negativo sulla potenza aerobica.

Dopo un allenamento lattacido della resistenza alla velocità, che può portare a concentrazioni di lattato dalle 15 fino alle 24 mmol/l, la capacità di apprendimento di sequenze motorie complesse può essere disturbata nelle 48 ore successive (Liesen 1986).

Viste le conseguenze negative collegate con la concentrazione elevata di lattato, l'allenamento della capacità anaerobica deve essere pianificato e allestito in modo accurato e prudente. Soprattutto in alcune discipline di gioco, gli atleti effettuano troppo frequentemente sforzi di tipo anaerobico elevati e di lunga durata, i quali provocano un aumento eccessivo del valore di lattato sanguigno. Queste «torture» non sono solamente superflue, visto che nelle rispettive forme di gioco non si raggiungono mai valori di lattato superiori alle 10 mmol/l, ma sono anche controproducenti, in

quanto l'allenamento della capacità anaerobica nuoce alla potenza aerobica. Non bisogna dunque sorprendersi per il fatto che giocatori, che si allenano spesso in modo troppo duro, ottengono valori modesti nel test-Conconi o nel Intervall-test. Essi hanno una potenza aerobica insufficiente, la quale permetterebbe loro di fornire l'energia necessaria per le loro prestazioni per via aerobica e di rigenerarsi velocemente e interamente durante le interruzioni di gioco.

La capacità anaerobica è anche quella componente della capacità di prestazioni fisiche che, nel periodo giovanile, può essere migliorata solamente con un investimento di allenamento e uno sforzo psichico estremamente elevati. Un allenamento speciale di questa capacità deve essere effettuato solamente in caso di un bisogno giustificato e sulla base di una potenza aerobica sufficientemente sviluppata. □