

<b>Zeitschrift:</b>	Gioventù e sport : rivista d'educazione sportiva della Scuola federale di ginnastica e sport Macolin
<b>Herausgeber:</b>	Scuola federale di ginnastica e sport Macolin
<b>Band:</b>	38 (1981)
<b>Heft:</b>	10
<b>Artikel:</b>	Criteri fisiologici di valutazione funzionale e di selezione dell'atleta
<b>Autor:</b>	Cerretelli, Paolo
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1000459">https://doi.org/10.5169/seals-1000459</a>

### 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

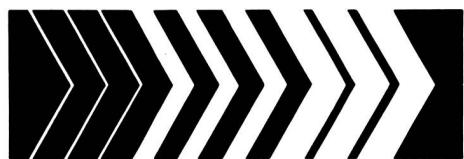
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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:** 14.01.2026

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



# RICERCA-ALLENAMENTO-GARA

## Criteri fisiologici di valutazione funzionale e di selezione dell'atleta

Paolo Cerretelli

Dagli atti del convegno «Razionalizzazione dell'attività sportiva universitaria» – Roma, 1979

La valutazione funzionale di un soggetto a fini sportivi e la selezione attitudinale dell'atleta che ne costituisce un aspetto particolare si basano sull'analisi di numerose variabili morfologico-antropometriche, fisiologico-ambientali e psicologiche.

Il presente articolo verte esclusivamente sugli aspetti fisiologici della valutazione funzionale che, dal lato della ricerca, appaiono anche i più stimolanti. Essi, tra l'altro, sono i soli suscettibili di analisi quantitativa prestandosi pertanto ad un'eventuale verifica con i risultati della prestazione nel campo. La scelta dei criteri da adottare per la valutazione dell'atleta non può prescindere dalla conoscenza di alcune nozioni fisiologiche fondamentali quali: a) l'entità e la qualità delle sorgenti energetiche disponibili nell'organismo ed utilizzabili per il lavoro muscolare; b) i fattori limitanti la massima prestazione fisica nei suoi diversi aspetti; c) il costo energetico delle varie attività sportive. La conoscenza delle suddette nozioni costituisce la base per una descrizione delle prove più idonee alla esplorazione funzionale dell'atleta con l'indicazione dei criteri da adottare in casi specifici.

### Le sorgenti energetiche per il lavoro muscolare

Il muscolo dispone di sorgenti energetiche anaerobiche ed aerobiche o ossidative. Il processo energetico primario è di natura anaerobica ed è stato identificato nella scissione dei fosfati cosiddetti «ad alta energia», in particolare dell'adenosintrifosfato (ATP) e della fosfocreatina (PC). Tali composti costituiscono la forma di energia chimica esclusiva attraverso cui sono possibili i pro-

cessi vitali della cellula tra i quali la contrazione della fibra muscolare.

A seguito di impulsi provenienti dalla corteccia motrice via i motoneuroni spinali si verifica nel muscolo una serie di eventi che conducono alla contrazione, attraverso i seguenti stadi:

- liberazione di ioni calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dal reticolo sarcoplasmatico;
- formazione del complesso actomiosinico;
- idrolisi dell'ATP in adenosindifosfato (ADP) e fosfato inorganico ( $\text{P}_i$ ), fase che corrisponde alla liberazione di energia ( $\Delta H = 11 \text{ kcal per mole di ATP idrolizzato}$ );
- modificazioni fisico-chimiche in cui si realizza la trasformazione dell'energia chimica derivata dall'idrolisi dell'ATP in energia meccanica. L'ADP prodotto viene prontamente riconvertito in ATP per effetto della simultanea scissione della fosfocreatina (PC) la cui resintesi, ad opera dei processi ossidativi o della glicolisi anaerobica avviene con alquanto ritardo. Per effetto della serie di eventi energetici descritti ed illustrati nella Fig. 1, la concentrazione della PC del muscolo si riduce progressivamente in proporzione all'intensità del livello metabolico: il soggetto contrae obbligatoriamente un debito di  $\text{O}_2$ , cosiddetto «alattacido». In presenza di  $\text{O}_2$  ed in condizioni di equilibrio, l'energia necessaria per la resintesi dell'ATP può essere tratta, entro determinati limiti di potenza, dalle reazioni ossidative, senza produzione di acido lattico. In condizioni di insufficiente apporto di  $\text{O}_2$ , la resintesi dell'ATP può essere realizzata parzialmente dalla glicolisi anaerobica con produzione di acido lattico. Il soggetto contrae un debito di ossigeno definito «lattacido». Va peraltro rilevato che una mole di glucosio, mentre per via aerobica conduce alla resintesi di 36 moli di ATP, per via anaerobica ne ricostituisce solo 2, con una riduzione del rendimento del processo dal 60 al 4%.

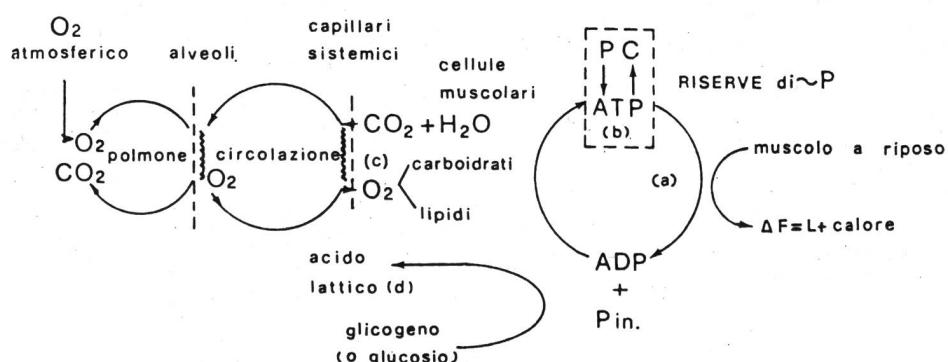


Fig. 1: Schema di processi energetici nel muscolo

## I fattori limitanti la medesima prestazione fisica

Il limite alla massima prestazione fisica di un individuo può essere dedotto dalla *capacità* (o entità) dei singoli meccanismi energetici di cui dispone (riserve di PC, di glicogeno e di substrati ossidabili) e dalla massima *potenza* che ciascuno dei suddetti meccanismi è in grado di sviluppare. I dati di capacità e potenza dei singoli processi energetici di cui dispone l'organismo sono presentati nella tabella 1 (Margaria, 1967). La massima potenza meccanica assoluta (esplosiva) che l'organismo umano è in grado di sviluppare mediante il meccanismo alattacido ( $W_{pmax}$ ) risulta molto elevata, variando a seconda del soggetto e del metodo di determinazione, da circa 2,5 a 16 volte quella sviluppabile per via aerobica. La massima potenza anaerobica lattacida è di circa 1,5 volte più elevata della massima potenza aerobica del soggetto. I fattori limitanti la massima potenza aerobica ( $V_{O2max}$ ) possono essere classificati come segue:

**fattori polmonari** 1) la ventilazione polmonare; 2) la diffusione dei gas attraverso la membrana alveolo-capillare;

**fattori ematici** 3) il trasporto dell' $O_2$  e del  $CO_2$  da parte del sangue;

**fattori cardiocircolatori** 4) la gettata cardiaca; 5) la circolazione periferica

**fattori tissutali** 6) la capacità di diffusione dell' $O_2$  dai capillari ai tessuti e, viceversa, del  $CO_2$  dai tessuti al sangue; 7) la capacità di utilizzazione dell' $O_2$  da parte dei tessuti.

In generale, è la gettata cardiaca (o volume/minuto di sangue che scorre attraverso il cuore ( $Q$ )) il fattore primario limitante la prestazione aerobica in quanto impone un limite al trasporto del combustibile, l'ossigeno. Non si può escludere, tuttavia, che entro certi limiti, e per taluni esercizi, siano la circolazione periferica ed i fattori tissutali a determinare il livello della massima prestazione aerobica del soggetto. La meccanica respiratoria in quanto limite potenziale alla massima ventilazione polmonare, non sembra giocare un ruolo determinante.

## Il costo energetico delle principali attività sportive

Tutti gli esercizi fisici possono essere ricondotti a particolari categorie per ciascuna delle quali si impongono prestazioni energetiche abbastanza simili e pertanto, come sarà indicato in seguito, metodi di valutazione funzionale analoghi.

	Debito di ossegno				
	Potenza (kcal/kg.h)	Capacità (cal/kg)	Massimo (ml/kg)	Tempo minimo per la contrazione totale del (sec)	Velocità di pagamento t 1/2
Meccanismo alattaci	48	100	22	8	22 sec.
Meccanismo ossidativo	13	—	—	—	—
Meccanismo lattacido	25	220	45	40	15 min.

È possibile fare una distinzione fra:

- Esercizi esaurienti in un tempo brevissimo (I tipo), da qualche frazione di secondo a poche decine di secondi;
- Esercizi che conducono all'esaurimento in tempi brevi, da 1 a 10 minuti circa (II tipo);
- Esercizi che possono essere sostenuti a lungo, da 10 minuti a parecchie ore in una condizione di quasi-equilibrio (III tipo).

In ciascuno dei suindicati esercizi si manifesta una prevalenza quantitativa dell'una o dell'altra tra le sorgenti energetiche anaerobiche od aerobiche descritte.

**I tipo:** Nell'ambito di questo gruppo di esercizi è opportuna un'ulteriore distinzione fra esercizi che consistono in azioni uniche, sia pure preparate da una serie di movimenti accessori (salto in alto, in lungo, con l'asta, lancio di attrezzi sportivi) che

coinvolgono gruppi limitati di muscoli, e prove che comportano azioni ripetitive di gran parte dei muscoli del corpo (corse di velocità a piedi ed in bicicletta, ecc.). In tutte queste prove il meccanismo energetico prevalente se non esclusivo, è la scissione dei fosfati ad alta energia che, come si è detto, rendono possibile una prestazione «esplosiva» per la quale i meccanismi ossidativo e lattacido sarebbero inadeguati in quanto troppo lenti ad instaurarsi.

I soggetti più dotati per questo tipo di esercizi sono quelli con massime muscolari voluminosi (maggiore riserva di fosfato ad alta energia) e con una maggior proporzione di fibre muscolari cosiddette «rapide», caratterizzate dal lato metabolico in senso prevalentemente anaerobico, e quindi suscettibili di una più rapida variazione di livello energetico. Tali qualità muscolari consentono di

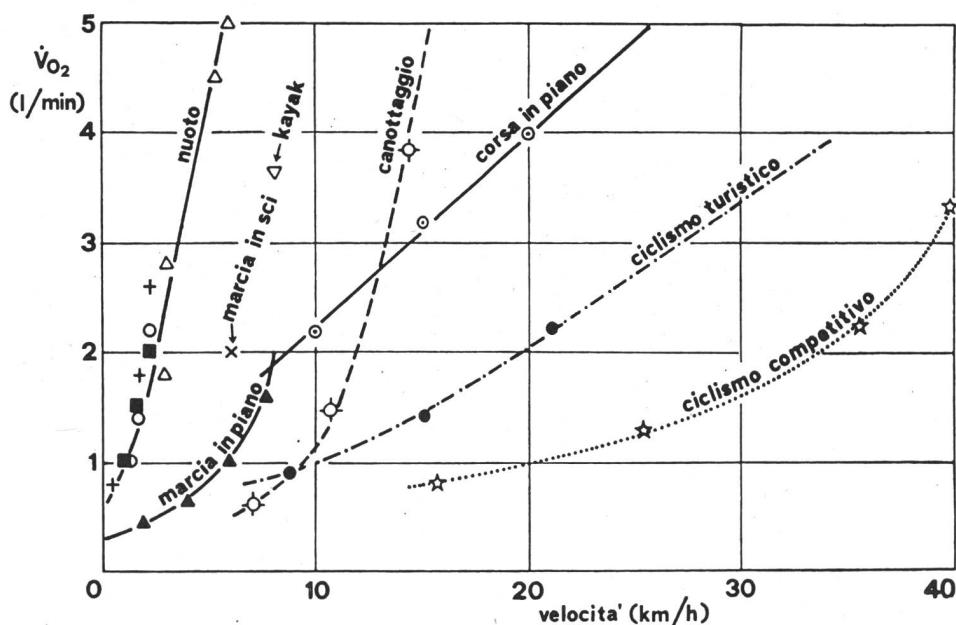


Fig. 2: Costo energetico ( $V_{O_2}$ ) in vari tipi di locomozione in funzione della velocità in un soggetto adulto del peso di 70 kg (da Cerretelli, 1973)



sviluppare una più elevata potenza per tempi brevissimi e/o di prostrarre una data prestazione sovramassimale (che richiede cioè un livello energetico superiore alla massima potenza aerobica) per un periodo di tempo maggiore. Nel più protracto

fra gli esercizi arbitrariamente classificati del I tipo, la corsa dei 200 metri, le riserve alattacide sono in parte integrate dalla glicolisi anaerobica mentre anche i processi ossidativi contribuiscono per circa il 20% al dispendio totale.

**II tipo:** In tali esercizi, oltre all'energia di origine alattacida ed all'energia di provenienza ossidativa, un importante contributo deriva dalla glicolisi anaerobica. Il soggetto, al termine di questo genere di esercizi si trova ad aver contratto la totalità del debito di ossigeno di cui è capace, sia della frazione alattacida che di quella lattacida. I soggetti fisiologicamente più idonei a questo genere di esercizi sono coloro che associano ad un'elevata capacità dei due meccanismi anaerobici, alattacido, una elevata massima potenza aerobica, che permette loro di ridurre nel corso di una data prestazione sovramassimale il tasso di deplezione del glicogeno per via anaerobica. Ciò rende possibile in minor accumulo di idrogenioni (derivante dalla produzione di acido lattico) e pertanto un ritardato raggiungimento del limite di acidità della cellula oltre il quale gli enzimi regolatori, fosforilasi e fosfofruttochinasi, risultano inattivati con conseguente blocco del meccanismo lattacido.

**III tipo:** Le prestazioni protratte (maratona, fondo su sci, fondo nel nuoto e nel ciclismo, ecc.) richiedono un flusso energetico elevato ad equilibrio. Quanto maggiore è la massima potenza aerobica del soggetto tanto più elevata sarà la prestazione che egli sarà in grado di fornire.

Sulla base dei dati di costo energetico della marcia (Margaria, 1938) e della corsa (Margaria e Coll., 1963) e nota la massima potenza aerobica del soggetto, risulta possibile il calcolo del tempo minimo necessario per percorrere una determinata distanza in una prestazione di marcia e/o di corsa. Nella Fig. 2 (Cerretelli, 1973) è indicato il costo energetico necessario ad un soggetto adulto di 70 kg di peso corporeo per spostare il proprio corpo, in funzione della velocità, in diversi tipi di locomozione. Si rileva che, a parità di velocità, il costo energetico del nuoto è circa 5 volte più elevato di quello della marcia; che il costo della corsa (circa 1 kcal per kg di peso corporeo e per km di percorso) è indipendente dalla velocità e che il costo della corsa in bicicletta varia a seconda del tipo di attrezzo, dalla metà ad un quarto del costo della corsa a piedi.

#### Le prove di valutazione dell'atleta

Come può essere desunto dai paragrafi precedenti, un'elevata prestazione muscolare è resa possibile dalla convergenza di vari processi energetici, operanti ad un livello di eccellenza.

La valutazione di un soggetto può avere differenti finalità: a) quella di esaminarne le *attitudini sportive*, o b) quella più specifica e selettiva di colloarlo in una *graduatoria di merito*, su basi esclusivamente fisiologiche, in funzione di una determinante prestazione atletica. Nel primo caso saranno adottate prove indicative delle qualità atletiche di

base del soggetto (funzionalità cardiocircolatoria, respiratoria, muscolare, ecc.), nel secondo caso, oltre alle prove precedenti, si ricorrerà ad altri test più specifici, quali la misura della massa, della forza e della potenza di differenti gruppi muscolari, la determinazione del peso specifico del corpo, l'esame della coordinazione visivo-motoria e neuromuscolare, la determinazione della latenza di determinati riflessi, ecc.

Un soggetto caratterizzato, ad esempio, da un'elevata massima potenza aerobica per unità di peso corporeo, potrà essere avviato con probabilità di successo a specialità atletiche di fondo, caratterizzate da un'importante componente antigravitoria (corsa), mentre un altro soggetto, dotato di elevata potenza aerobica totale ma di bassa potenza per unità di peso corporeo potrà essere indirizzato verso specializzazioni in cui la componente antigravitoria sia limitata o nulla, come il nuoto, il canottaggio, il ciclismo su pista. Al contrario, un soggetto dotato di elevata potenza anaerobica, ma caratterizzato da una limitata potenza aerobica, sarà indirizzato preferibilmente verso prove di corsa veloce (sprint), sempre che un'analisi dei riflessi lo indichi idoneo a tale tipo di prestazione: un soggetto di tali caratteristiche non sarà avviato invece a specializzazioni che richiedono un'elevata potenza aerobica che non può essere acquisita neppure con un allenamento intenso. Una graduatoria di meriti ad esempio fra canottieri o saltatori, nell'ambito cioè di gruppi che abbiano già raggiunto un livello di eccellenza nella rispettiva specializzazione, potrà essere perfezionata da un'analisi biomeccanica rispettivamente della voga e del salto, a mezzo di traduttori di forza (Celentano e Coll., 1974), di piattaforme sensibili alle forze nelle tre direzioni dello spazio, verticale, anteroposteriore e latero-laterale (Cavagna, 1975).

La valutazione fisiologica di uno sportivo nell'ambito di un laboratorio di Medicina Sportiva può essere effettuata:

- 1) determinando la massima forza muscolare;
- 2) con prove della funzione respiratoria;
- 3) con prove della funzione cardiocircolatoria;
- 4) con esami del metabolismo energetico;
- 5) con esami della coordinazione neuro-muscolare;
- 6) con esami della funzione nervosa.

#### **1) Misura della massima forza o tensione muscolare**

Può essere effettuata nel corso di contrazioni isometriche (il muscolo si contrae senza accorciarsi contro una resistenza esterna fissa) o di contrazioni dinamiche in cui il muscolo si contrae vincendo una resistenza esterna, ad esempio, sollevando un peso. La misura deve essere effettuata in condizioni rigidamente standardizzate per quanto concerne la lunghezza iniziale del muscolo, l'as-

setto delle leve ossee e la posizione del soggetto nei riguardi del dispositivo di misura. In generale si misura la massima tensione sviluppata da diversi gruppi muscolari e si esprimono i risultati (con un indice globale) in funzione dell'età, del sesso e del grado di allenamento. La forza sviluppata aumenta bruscamente nel maschio all'epoca della pubertà per rimanere pressoché costante fino ai 40 anni di età e poi lentamente discendere. Nella femmina, essa risulta di circa il 40% inferiore che nel maschio (Asmussen, 1968).

Anziché della tensione sviluppata, la prestazione meccanica del muscolo può essere valutata con un'indagine elettromiografica. Integrando i potenziali d'azione registrati alla superficie del muscolo durante la contrazione, si può ottenere un'indicazione quantitativa media dell'attività elettrica che risulta linearmente correlata con la tensione sviluppata in condizioni isometriche (Bigland e Lippold, 1954).

#### **2) Prove della funzionalità respiratoria**

Possono essere catalogate in diversi gruppi a seconda della variabile esaminata.

2.1) Misura dei volumi polmonari statici. Tra questi, la capacità vitale (massimo volume d'aria che il soggetto è in grado di espirare partendo da un'inspirazione forzata), è un parametro di valore pressoché nullo ai fini di un giudizio atletico; al contrario, unitamente alla misura del volume pol-

monare residuo (volume di aria presente nei polmoni al termine di un'espiazione forzata) costituisce una variabile importante ai fini della previsione di rendimento in attività aquatiche (nuoto e immersione in apnea libera).

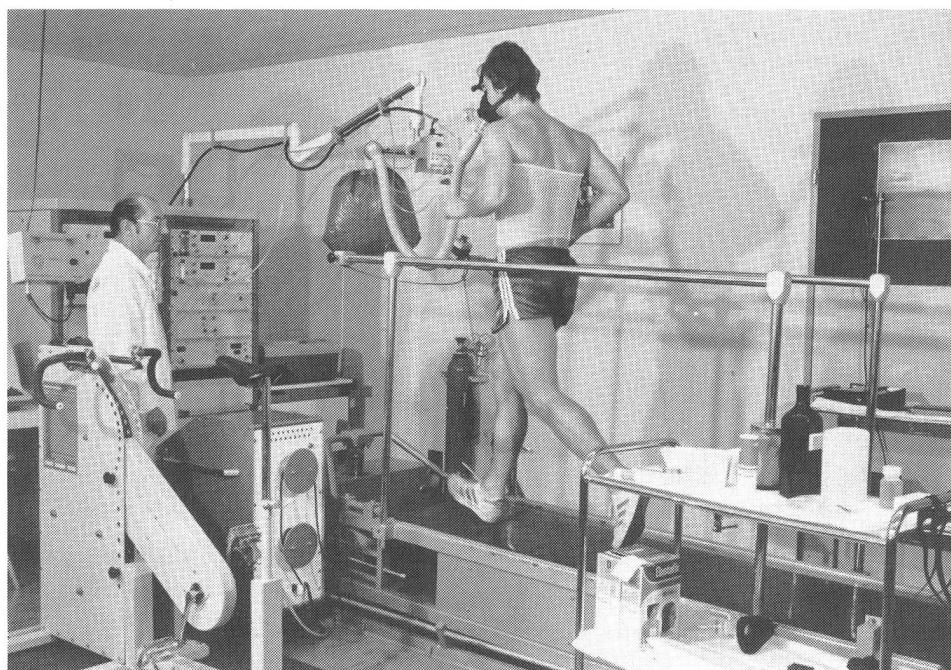
2.2) Misura di alcuni volumi polmonari dinamici, quali la massima ventilazione volontaria, la massima ventilazione da sforzo, il volume massimo espirato nel primo secondo di un'espiazione forzata, la resistenza opposta dalle varie aeree al flusso. Si tratta di indici rispettivamente di efficienza della pompa respiratoria e di pervietà delle vie aeree al flusso dell'aria, aventi peraltro più un valore negativo (esclusione di candidati da determinate attività) che positivo.

2.3) Misura della cinetica del ritorno alla norma della ventilazione polmonare e della frequenza respiratoria, utili indici di allenamento atletico.

2.4) Misura della massima capacità di diffusione dei gas respiratori attraverso la membrana alveolo-capillare del polmone, un indice correlato positivamente con la massima potenza aerobica del soggetto.

2.5) Determinazione della resistenza all'ipossia (bassa pressione parziale dell'O<sub>2</sub> che si riscontra a grandi altezze), di notevole interesse per la valutazione funzionale dell'alpinista.

2.6) Misura della pressione parziale e del grado di saturazione in O<sub>2</sub> del sangue arterioso specie nel corso del lavoro muscolare intenso, sia in normos-



sia che in ipossia, un indice globale della funzionalità respiratoria (meccanica e scambi gassosi).

### 3) Prove di efficienza della funzione cardiocircolatoria

Lo studio più approfondito della funzione cardiocircolatoria può essere effettuato solo con la misura della gettata cardiaca ( $Q$ ) sotto sforzo. Purtroppo la misura di  $Q$  richiede tecniche cruente (cateterismo cardiaco) oppure attrezzi molto complessi per effettuare rilievi indiretti con metodi respiratori. Il fisiologo ha dovuto pertanto ricorrere ad altri indici della funzione cardiaca basati sul rilievo della frequenza cardiaca (f.c.) e del rapporto fra f.c. e consumo di ossigeno del soggetto ( $V_{O_2}$ ). Purtroppo la f.c. è una variabile influenzata da fattori soggettivi fisiologici (tipo di muscoli coinvolti nell'esercizio, entità della componente isometrica della contrazione), psicologici (fattori emotivi) ed ambientali (temperatura) che ne rendono l'utilizzazione pratica molto aleatoria. Ciononostante vi sono indici, quali quello della kinetica del ritorno alla norma della f.c. dopo sforzo, o del rapporto f.c./ $V_{O_2}$  che sono utilizzati per stabilire il livello di allenamento, specie nel corso di indagini longitudinali.

La massima f.c. da sforzo si riduce in funzione dell'età da circa 220 a 120 pulsazioni/min. nell'ambito di età da 5 a 90 anni. L'ampiezza della variazione ( $\Delta$ ) della f.c. max. - f.c. rip è un indice del metabolismo di base.

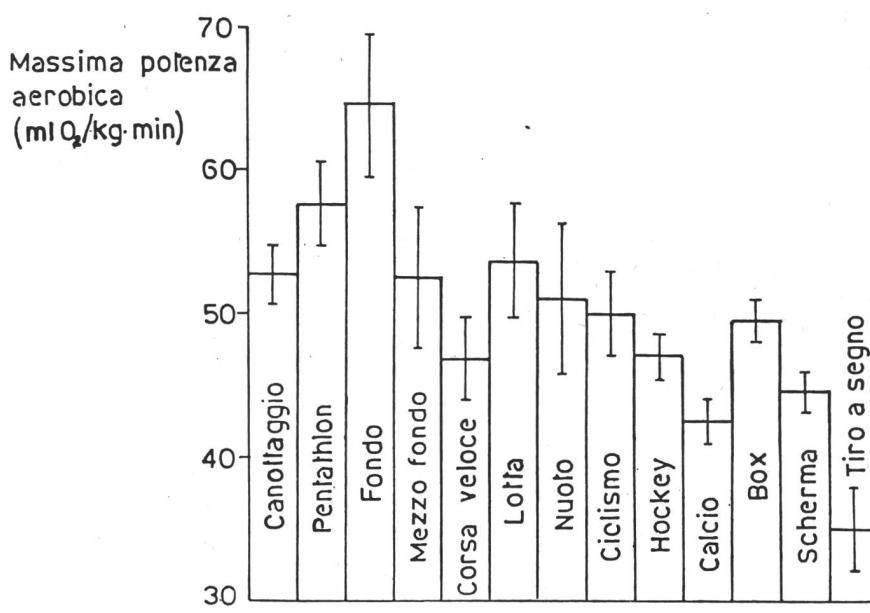
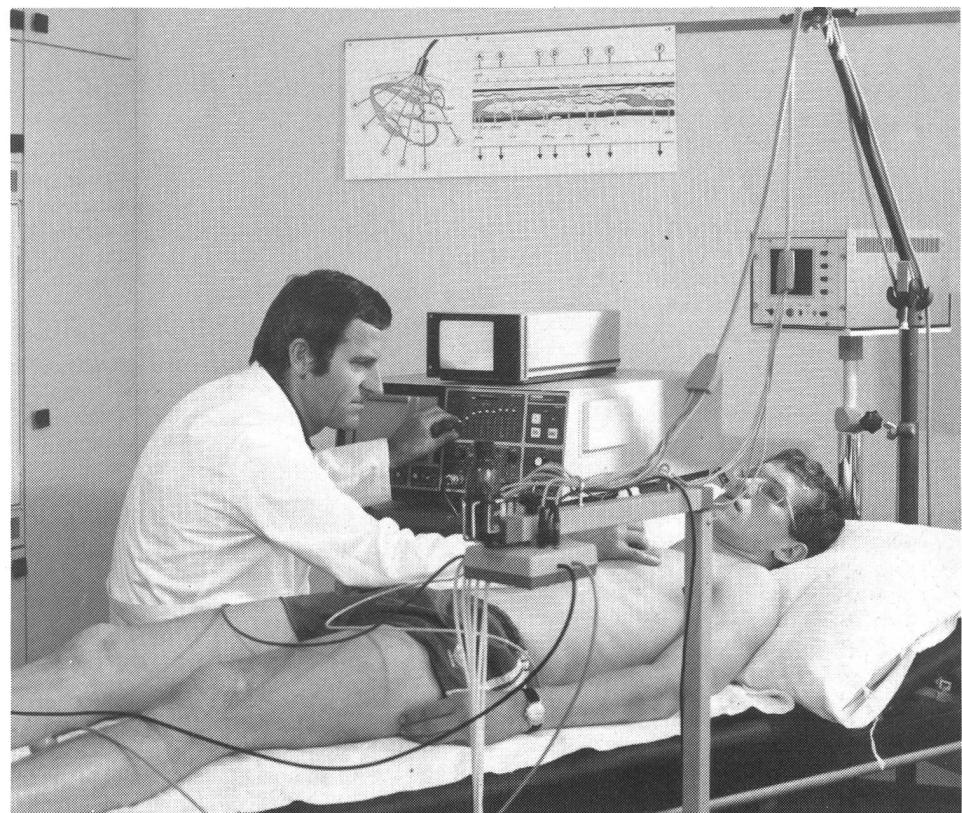


Fig. 3: Massima potenza aerobica (ml O<sub>2</sub>/kg·min) in atleti olimpici praticanti varie specializzazioni sportive (da di Prampero e Coll., 1970)

### 4) Esami del metabolismo energetico

Lo studio della capacità dell'organismo di compiere lavoro aerobico o anaerobico può essere effettuato con una serie di prove le più indicative delle quali possono considerarsi:

4.1) La misura del massimo consumo di O<sub>2</sub> della massima potenza aerobica (V<sub>O2</sub> max) particolarmente idonea per l'esame di sportivi dediti ad attività atletiche intense e protratte. Un elevato valore di V<sub>O2</sub>max ha il significato di un'ottima funzionalità globale degli apparati respiratorio, cardiocircolatorio e muscolare. Le tecniche di misura possono essere dirette od indirette. Queste ultime, di più facile realizzazione, si basano sulla misura della f.c. del soggetto nel corso del 3°-4° minuto dall'inizio di 2 o più esercizi moderati o submassimali di intensità nota e standardizzata (Margaria e Coll., 1965).

Soggetti adulti sani di sesso maschile presentano, in media, valori di V<sub>O2</sub>max di circa 3 l·min<sup>-1</sup> pari a 40 ml di O<sub>2</sub> per kg di peso corporeo e per minuto (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>).

Nelle femmine, tali valori risultano inferiori del 30% e del 10%, rispettivamente. Il dato di V<sub>O2</sub> per kg risulta sostanzialmente identico anche tra

gruppi di soggetti sedentari etnicamente diversi. L'atleta presenta valori di  $V_{O2\text{max}}$  variabili in relazione alla specializzazione praticata, da 80 a 45  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . L'allenamento atletico può condurre ad un incremento di  $V_{O2\text{max}}$  nel sedentario di circa il 20%, una misura del tutto insufficiente per trasformare quest'ultimo in atleta fondista anche di modesta capacità.

4.2) L'Harvard step-up test (HST). Si tratta di una prova avente significato simile a quello della massima potenza aerobica descritta in precedenza con la quale presenta un elevato indice di correlazione.

4.3) La misura della massima potenza anaerobica ( $W \sim P_{\text{max}}$ ). Può essere effettuata seguendo varie procedure ad esempio calcolando la massima potenza sviluppata dal soggetto durante un balzo, a partire dalla forza esercitata su una piattaforma sensibile in funzione del tempo (Davies e Rennie, 1968), determinando la massima velocità di salita su una scala (Margaria e Coll., 1966) o alternativamente determinando la massima potenza meccanica sviluppata dal soggetto durante uno sforzo sovramassimale della durata di pochi secondi effettuato al cicloergometro (Ikuta e Ikai, 1972). Tutte queste prove sono in grado di valutare le potenzialità del meccanismo anaerobico lattacido e sono quindi idonee per la selezione e la valutazione di soggetti dediti ad esercizi brevi ed esaurienti, in particolare corse veloci.

4.4) La determinazione del massimo debito di  $O_2$  lattacido. Questa prova viene eseguita misurando

il livello massimo di acido lattico nel sangue dopo uno sforzo esauriente. Tale prova può essere integrata dalla misura del massimo tasso di incremento dell'acido lattico nel sangue (massima potenza lattacida).

4.5) L'esame integrato della funzione cardiocircolatoria del soggetto da cui si possono ricavare alcune importanti variabili a partire da coppie di variabili correlate, oggetto di misura diretta.

## 5) Esami della coordinazione neuro-muscolare

Si tratta di esami relativamente complessi che possono permettere di valutare il rendimento con cui si pratica un dato esercizio. Si giovan di tecniche cinematografiche, della cronofotografia e dell'uso di piattaforme sensibili alle forze impresse dal piede sul suolo durante il ciclo del passo, il salto in alto, in lungo ed i vari tipi di lancio (peso, giavellotto, martello).

## 6) Esami della funzione nervosa

Sono richiesti per l'esplorazione funzionale di atleti dediti ad attività complesse in cui gioca un ruolo preminente la prontezza e la precisione dei movimenti (piloti di mezzi veloci, sciatori, saltatori). L'esame più comune è la misura dei tempi di reazione semplici e complessi: si determina in pratica l'intervallo che intercorre tra uno stimolo

(meccanico, luminoso, acustico) e la risposta motoria. Lo studio di tali variabili, oltre ad indagare lo stato del recettore, delle vie afferenti ed effettive e dell'effettore, può condurre ad una valutazione della funzione di integrazione corticale. Altri esami più complessi consistono nello studio della conduzione dell'eccitamento nervoso nel riflesso monosinaptico e lo studio della funzionalità di interneuroniche complesse (ad esempio, nell'analisi del riflesso dell'ammiccamento in risposta ad uno stimolo luminoso).

Come si può rilevare da questa sia pur sommaria elencazione, le tecniche di indagine funzionale sviluppate nell'ambito della Fisiologia Sportiva sono finalizzate al tipo di funzione esplorata ed in generale, se correttamente applicate, risultano molto attendibili. Alcune di esse richiedono attrezature importanti e costose, ma una serie sufficientemente probativa di misure può essere realizzata con mezzi semplici, alla portata di qualsiasi medico sportivo od educatore fisico. Pertanto se ne deve auspicare una maggior diffusione sia nelle comunità sportive che nell'ambito scolastico.

## Bibliografia

- Asmussen, E.: The neuromuscular system and exercise. In: «Exercise Physiology», H. B. Falls Ed., Acad. Press, N.Y. 1968, pp.: 3-42.
- Bigland, B e O. C. J. Lippold: The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles. J. Physiol. (London) 123: 214-224, 1954.
- Cavagna, G. A.: Force platforms as ergometers. J. Appl. Physiol. 39: 174-179, 1975.
- Celentano, F., G. Cortilli, P.E. di Prampero e P. Cerretelli: Mechanical aspects of rowing. J. Appl. Physiol. 36: 642-647, 1974.
- Cerretelli, P.: «Fisiologia del Lavoro e dello Sport». S.E.U., Roma, 1973.
- Davies, C. T. M. e R. Rennie: Human power output. Nature 217: 770-771, 1968.
- di Prampero, P.E., F. Piñera-Limas e G. Sassi: Maximum muscular power (aerobic and anaerobic) in 116 athletes performing at the XIXth Olympic Games in Mexico. Ergonomics 13: 665-674, 1970.
- Ikuta, K. e M. Ikai: Study on the development of maximum anaerobic power in man with bicycle ergometer. Res. J. Physic. Educat. 17: 151-157, 1972.
- Margaria, R.: Sulla fisiologia e specialmente sul consumo energetico della marcia e della corsa a varie velocità ed inclinazione del terreno. Atti Accad. Naz. Lincei, Memorie, Serie VI 7: 299-368, 1938.
- Margaria, R.: Aerobic and anaerobic energy sources in muscular exercise. In: «Exercise at Altitude», R. Margaria Ed., Excepta Medica Foundation, 1967, pp. 15-32.
- Margaria, R., P. Aghemo e E. Rovelli: Indirect determination of maximal  $O_2$  consumption in man. J. Appl. Physiol. 20: 1069-1073, 1965.
- Margaria, R., P. Aghemo e E. Rovelli: Measurement of muscular power (anaerobic) in man. J. Appl. Physiol. 21: 1662-1664, 1966.
- Margaria, R., P. Cerretelli, P. Aghemo e G. Sassi: Energy cost of running. J. Appl. Physiol. 18: 367-370, 1963.

