

## **SIGNIFICATO BIOLOGICO DELLA RELAZIONE VELOCITÀ/DISTANZA DI GARA: IDENTIFICAZIONE DELLA DISTANZA DI GARA OTTIMALE.**

**Marco Ranucci, Giuseppe Miserochi**

### **M. Ranucci**

*Centro di Medicina Sportiva Medisport*

### **G. Miserochi**

*Direttore della Scuola di Specializzazione in Medicina dello Sport, Università di Milano*

### *Parole chiave*

Coefficiente "a", fibre muscolari, soglia anaerobica ventilatoria, miglior distanza di gara.

### **Introduzione**

In precedenti lavori (1, 2) è stato introdotto ed illustrato un metodo di valutazione delle doti biologiche di atleti fondisti e mezzofondisti, basato su un'analisi del calo di velocità con l'aumentare della distanza.

Tale metodo consiste nell'applicazione della funzione:

$$y = a \log(x) + b$$

ai dati relativi alle prestazioni dell'atleta sulle distanze degli 800, 1500 e 5000 mt., esprimendo come x la distanza di gara (Km) e come y la velocità (Km/h) corrispondente.

Il coefficiente "a", che rappresenta la pendenza della funzione, si è rivelato altamente discriminante nel definire l'adattamento dell'atleta ad uno specifico sforzo, e quindi nel determinare la "distanza di gara ideale" (1, 2).

tamento dell'atleta ad uno specifico sforzo, e quindi nel determinare la "distanza di gara ideale" (1, 2).

E d'altronde noto che tra atleti praticanti diverse distanze di gara, esistono delle differenze di parametri biologici misurabili con tecniche di laboratorio; in particolare è stata provata l'importanza della composizione in fibre muscolari (3), della valutazione della soglia anaerobica (AT) misurata come percentuale del massimo consumo di ossigeno (4).

Alla luce di queste considerazioni abbiamo voluto verificare se il coefficiente "a", elemento incruento di valutazione delle prestazioni sul campo, poteva essere correlato ad uno o ad entrambi gli indici di laboratorio sopra citati, giustificando quindi totalmente o in parte l'elevata spe-

cificità di tale parametro nel definire le caratteristiche individuali dell'atleta.

In questo lavoro sono pertanto stati esaminati due gruppi di atleti, allo scopo di analizzare il comportamento dei tre dati in esame: coefficiente "a", composizione in fibre muscolari, soglia anaerobica.

**Metodi**

Sono stati ammessi allo studio due gruppi di atleti, per un totale complessivo di 30 soggetti. Nel gruppo 1 sono stati inclusi 12 atleti di nazionalità straniera, la cui composizione in fibre muscolari era nota (3), e di cui sono state valutate le prestazioni su tre distanze di gara diverse. Da questi dati è stato ricavato, per ogni soggetto, il rispettivo coefficiente "a" della funzione velocità/distanza di gara. Nel gruppo 2 sono stati esaminati

18 atleti italiani di vario livello atletico, dediti a distanze variabili tra gli 800 mt. e la maratona. Per ogni soggetto erano noti i dati relativi alla funzione velocità/ distanza di gara e quindi il parametro "a".

Gli atleti sono stati sottoposti ad una prova di laboratorio durante la quale sono stati valutati i dati di massimo consumo di ossigeno ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) e soglia anaerobica (AT).

In letteratura sono descritti diversi metodi di misurazione di questo indice (5, 6, 7, 8, 9, 10); gli Autori che hanno eseguito valutazioni comparative (6, 9) indicano, comunque, come miglior metodo indiretto quello basato sulla valutazione della "soglia anaerobica ventilatoria", cioè, in una relazione tra ventilazione ( $V_E$ ) e consumo di ossigeno ( $\dot{V}O_2$ ), il carico di lavoro, espresso come  $\dot{V}O_2$ , al quale la ventilazione inizia a subire un incremento che non è più funzione lineare dell'incremento di  $\dot{V}O_2$ .

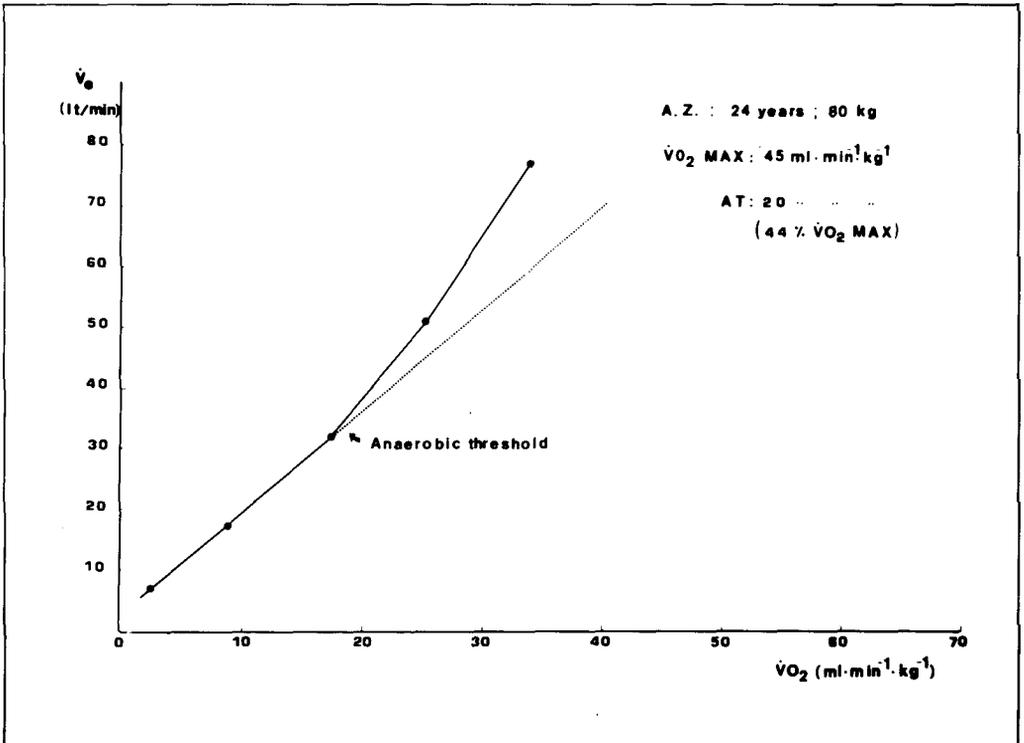


Fig. 1 - Determinazione della soglia anaerobica e sua espressione come percentuale del  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  in un soggetto.

Il dato di soglia anaerobica così ottenuto viene generalmente espresso come percentuale rispetto al  $VO_2$  max (fig. 1).

Abbiamo pertanto utilizzato un metodo basato su un test eseguito su cicloergometro (DYNAVIT) con carichi crescenti di lavoro, e misurazione istantanea dei dati di ventilazione e consumo di ossigeno, mediante adeguata apparecchiatura (OXITEST-BIOTEC, Bologna).

I dati sono stati inseriti in un calcolatore (HP 85) che sviluppava un algoritmo in grado di determinare in maniera ripetibile ed esente da condizionamenti soggettivi l'istante in cui la ventilazione si discostava dalla relazione lineare, per un valore pari ad almeno il 5% in più. Tale punto è stato da noi considerato come relativo alla soglia anaerobica.

Tabella 1

Atleta	V 800 mt. km/h	V miglio km/h	V 3 miglia km/h	«a»	ST %
Brown	25.79	23.69	21.52	-2.33	69
Castaneda	25.88	24.28	21.98	-2.16	79
Galloway	25.23	23.07	21.80	-1.84	96
Johnson	26.78	24.27	21.75	-2.75	60
Manley	25.87	23.99	21.66	-2.32	83
Moore	25.85	23.76	21.83	-2.19	93
Ndoo	25.38	23.35	21.56	-2.08	78
Pate	24.16	22.53	20.41	-2.07	92
Prefontaine	26.33	24.69	22.51	-2.11	77
Shorter	25.7	23.88	22.51	-1.73	80
Tuttle	25.17	23.27	21.71	-1.87	98
P.J.	25.88	23.58	19.92	-3.31	52

Tabella 2

Atleta	Distanza di gara abituale	«a»	AT %	ST % teorico
L.A.	10.000 mt.	-1.40	68	98
A.F.	maratona	-1.50	80	98
M.F.	5.000 mt.	-2.60	54	63
C.R.	10.000 mt.	-2.20	73	77
G.A.	5.000 mt.	-2.00	60	87
R.C.	maratona	-1.50	77	98
I.R.	3.000 mt.	-2.50	55	67
M.G.	10.000 mt.	-2.00	63	87
F.M.	maratona	-1.65	74	98
R.M.	1.500 mt.	-2.46	47	68
V.G.	1.500 mt.	-3.20	53	49
R.M.	1.500 mt.	-3.00	47	53
R.F.	1.500 mt.	-3.02	45	53
Z.A.	800 mt.	-3.25	37	48
B.A.	800 mt.	-3.62	38	43
P.M.	800 mt.	-3.55	52	44
C.G.	800 mt.	-3.70	45	42
F.G.	800 mt.	-3.41	46	46

I dati relativi al coefficiente "a" e composizione muscolare (gruppo 1) e coefficiente "a" e soglia anaerobica (gruppo 2) sono stati quindi valutati con criterio statistico.

**Risultati**

Nella tabella 1 sono illustrati i dati riguardanti gli atleti del gruppo 1. I dati di biopsia muscolare sono espressi come percentuale di fibre lente (ST%).

Per quel che riguarda i dati utilizzati invece per costruire la funzione velocità/distanza di gara, occorre precisare che le classiche distanze di gara dei 1500 mt. e 5000 mt. sono state sostituite dalle prove sul miglio e sulle tre miglia, che venivano più comunemente praticate dagli atleti in esame.

Nella tabella sono indicati i risultati sulle varie gare (espressi come velocità

media), il parametro "a" ottenuto e la composizione muscolare in percentuale di fibre lente.

I valori di coefficiente "a" e ST% sono stati correlati statisticamente. Ne è risultata una relazione di tipo potenziale, avente formula:

$$"a" = 84.777 ST^{-0.839} \quad (1)$$

dove il parametro "a" è espresso in valore assoluto.

Tale relazione possiede un buon coefficiente di correlazione statistica ( $r^2=0.768$ ), ed è rappresentata graficamente in fig. 2.

Nella tabella 2 sono illustrati i dati relativi agli atleti sottoposti a valutazione della soglia anaerobica e del parametro "a".

Per ogni atleta sono riportati i valori di AT e coefficiente "a", la distanza di gara abituale e la composizione teorica in fi-

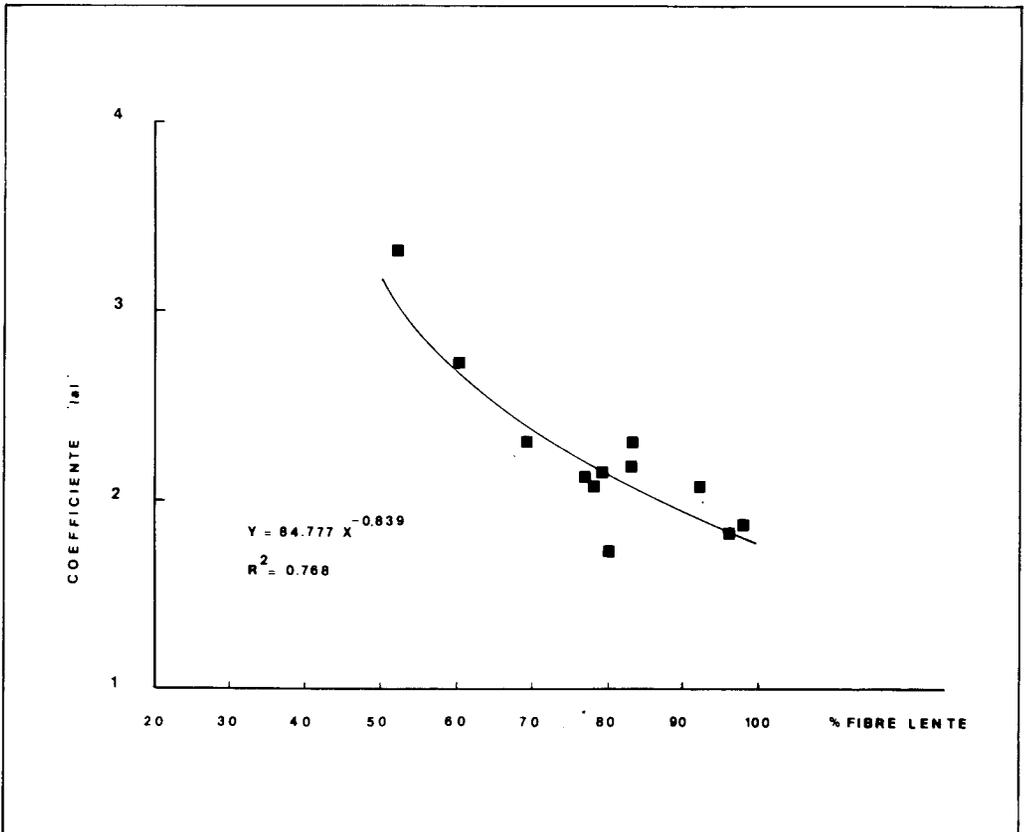


Fig. 2 - Relazione tra coefficiente «a» e composizione percentuale in fibre lente e sua espressione matematica.

bre lente, ricavata con metodo indiretto (applicando cioè la funzione (1) al parametro "a" di ciascun soggetto).

Sui dati riportati è stata eseguita una valutazione statistica tra coefficiente "a" e AT e tra AT e ST. Nel primo caso si è ottenuta una funzione del tipo:

$$a = 263.78 AT^{-1.164} \quad (2)$$

dove "a" è espresso in valore assoluto.

La funzione, rappresentata graficamente nella fig. 3, ha un coefficiente di correlazione  $r^2 = 0.743$ .

La relazione tra AT e ST è invece una funzione lineare del tipo:

$$ST = 1.444 AT - 13.638 \quad (3)$$

con  $r^2 = 0.797$ .

Tale funzione è naturalmente valida per i valori di ST e AT non superiori a 100.

## Discussione

I risultati fin qui descritti dimostrano l'esistenza di una relazione statisticamente significativa tra il coefficiente "a" e i due parametri biologici considerati (AT e ST). L'esistenza di questa correlazione rappresenta in effetti il legame tra un elemento di valutazione del motore biologico, così come esso si esprime sul campo di gara, e due indici delle doti qualitative di tale motore, valutati in laboratorio.

Sulla base di questa assunzione, alcune considerazioni teorico-pratiche sono conseguenti.

Innanzitutto appare ragionevole che anche i due dati AT e ST siano correlati tra di loro: ciò, in effetti, era stato già notato in letteratura (4), e la relazione rettilinea tra i due dati è tale che soggetti

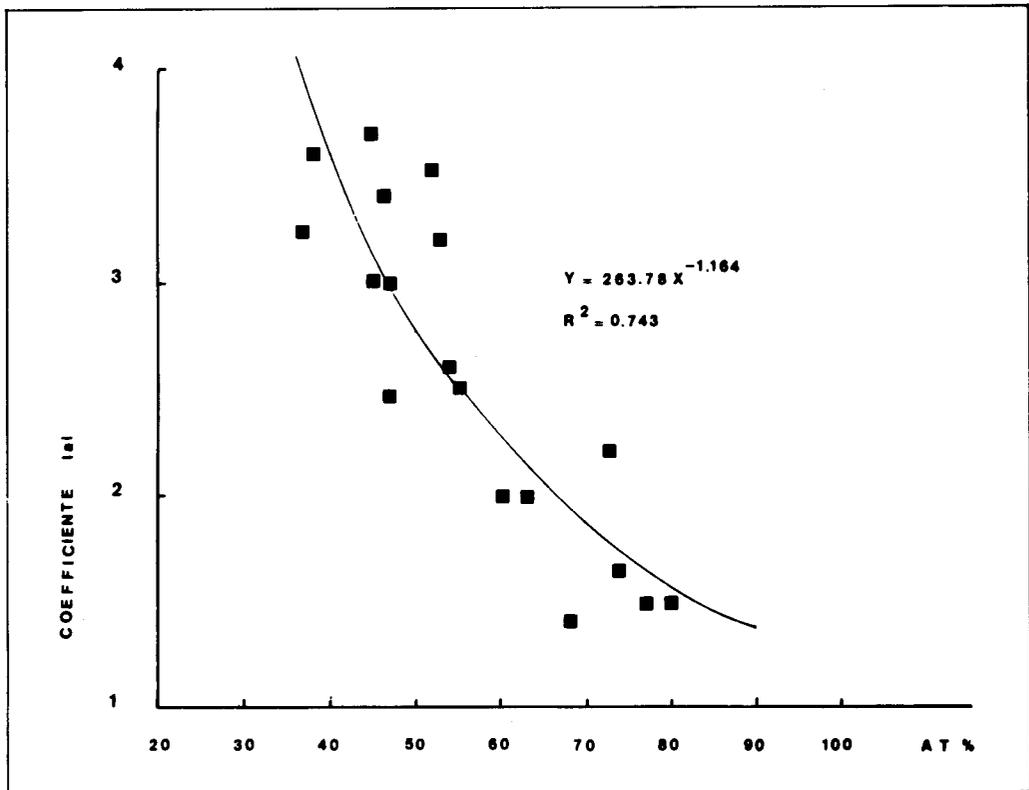


Fig. 3 - Relazione tra coefficiente «a» e soglia anaerobica percentuale, e sua espressione matematica.

con elevate percentuali di fibre lente hanno soglie anaerobiche percentuali maggiori rispetto a soggetti con prevalenza di fibre rapide.

In altri termini, come è d'altronde logico, a parità di potenza esprimibile, chi ha maggior quantità di fibre rapide inizia a produrre acido lattico a carichi minori rispetto a chi ha maggiori percentuali di fibre lente.

La relazione esistente tra i due parametri permette una stima indiretta della composizione muscolare, mediante la formula (3). Per quel che riguarda le correlazioni tra il coefficiente "a" e AT e ST, esse evidenziano valori di "a" minori (in senso assoluto) quanto più sviluppate sono le caratteristiche aerobiche pure del soggetto.

Tale valore è infatti tanto maggiore quanto minore è la percentuale di fibre lente e la soglia anaerobica, e viceversa. Queste osservazioni assumono un significato fortemente applicativo se consideriamo che il coefficiente "a" è fortemente specifico nel definire la miglior distanza di gara (MDG) (1, 2).

Applicando infatti la relazione "a" vs. MDG alle relazioni "a" vs. AT e "a" vs. ST si ottengono le relazioni AT vs. MDG e AT vs. MDG illustrate nella figura 4 A,B.

Queste relazioni si prestano ad alcune osservazioni:

1) La relazione AT/MDG dimostra una notevole specificità del parametro AT nel definire la MDG, per distanze fino ai 5000 mt. circa; oltre a questo valore tutti gli atleti sembrano distribuiti su valori di soglia anaerobica intorno al 70-80%.

2) La relazione ST/MDG si dimostra molto specifica fino a valori intorno ai 5000-10000 mt. (nella figura la linea tratteggiata rappresenta l'ideale prolungamento della funzione per ipotetici valori di ST superiori al 100%). È interessante notare come anche la relazione "a"/MDG, pubblicata nel precedente lavoro, ha una specificità elevata solo fino ai 5-10 Km.

Da questi dati risulterebbe, quindi, che atleti che praticano con successo le distanze dei 5000 e 10000 mt. possono cimentarsi validamente anche su prove di maggior durata.

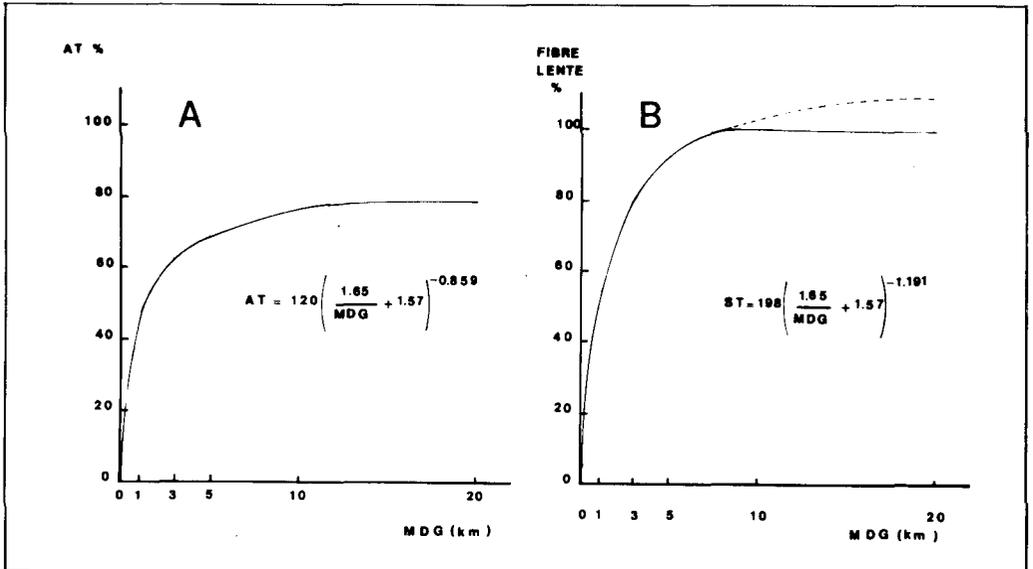


Fig. 4A - Relazione tra soglia anaerobica percentuale (AT%) e miglior distanza di gara (MDG).

Fig. 4B - Relazione matematica tra percentuale di fibre lente (ST%) e MDG. La relazione è valida fino a MDG pari a circa 8 km. Per valori superiori (linea tratteggiata) essa non ha più correlazione con ST%.

Globalmente, quindi, ci troviamo di fronte a tre elementi (coefficiente "a", AT, ST), tutti fortemente correlati con la risposta pratica che occorre fornire al giovane atleta: la scelta della miglior distanza di gara.

Questi tre dati rappresentano, quindi, tre gradini crescenti nella valutazione funzionale del giovane: nella loro applicazione occorre naturalmente tener conto dei pro e contro che ognuno di essi possiede:

1) la biopsia muscolare è un esame fortemente invasivo e attualmente non routinario nel nostro paese; essa d'altronde è l'unico metodo di valutazione diretta della composizione muscolare;

2) la misurazione della AT richiede attrezzature non estremamente sofisticate, ma è di non sempre facile esecuzione e

soggetta ad una certa variabilità tra le prove;

3) il calcolo del coefficiente "a" è semplice, si basa su prove eseguite nelle condizioni di sforzo reali, ma può essere applicato solo su soggetti che hanno già corso almeno qualche gara.

In sintesi quindi, la giusta scala di valutazione dovrebbe seguire, a nostro parere, lo schema illustrato in fig. 5. L'applicazione di tale metodica rappresenta un elemento di cruciale importanza nel definire le caratteristiche individuali dell'atleta.

**Indirizzo degli Autori:**

*Prof. Dr. G. Miserocchi  
Istituto di Fisiologia Umana I  
Via Mangiagalli, 32  
20133 Milano*

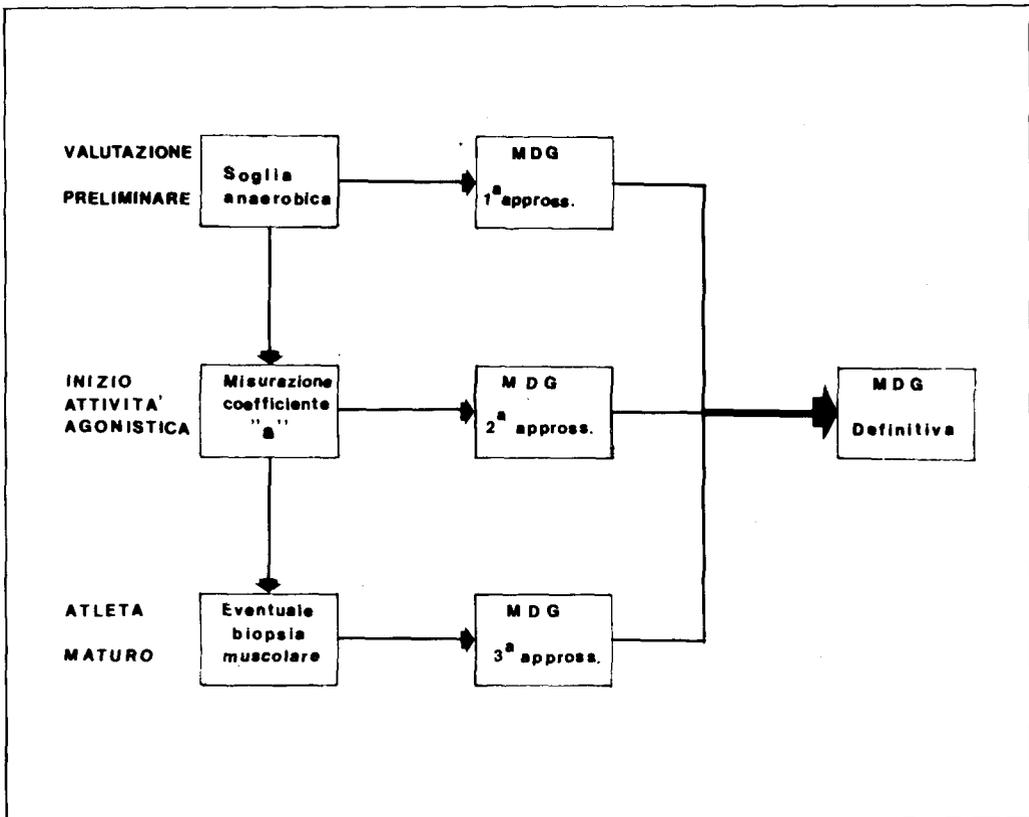


Fig. 5 - Schema di valutazione funzionale del giovane atleta, mediante tre indici di ricerca della miglior distanza di gara.

## Bibliografia

1. Ranucci M. and Miserocchi G.: The velocity vs race distance relationships in short to middle distance runners. *Bollettino della società Italiana di Biologia sperimentale*. Vol. LX 1984 Suppl.3.
2. Ranucci M. and Miserocchi G.: Anaerobic threshold as an index of specific endowment to a given race event in middle to long distance running. *Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale*. In press.
3. Costill D.L., Fink W.J. and Pollock M.L.: Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Med. SC. in Sport and Exercise* 8 (2): 96-100, 1976.
4. Ivy J.L., Withers R.T., Van Handel P.J., Elger D.H. and Costill D.L.: Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 48: 523-527, 1980.
5. Wasserman, Kariman, Whipp B.J., Koyal S.N. and Beaver W.L.: Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35 (2): 236-243, 1973
6. Caiozzo V.J., Davis J.A., Ellis J.F., Azus J.L., Vandagriff R., Prietto C.A. and McMaster W.C.: A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 53 (5): 1184-1189, 1982.
7. Orr. G.W., Green H.J., Hughson R.L. and Bennet G.W.: A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Exercise Physiol.* 52 (2): 1349-1352, 1982.
8. Yeh. M.P., Gardner Reed M., Adams T.D., Yanowitz F.G. and Crapo R.O.: Anaerobic threshold: problems of determination and validation. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 55 (4): 1178-1186, 1983.
9. Davis. J.A., Vodak P., Wilmore J.H., Vodak J. and Kurtz P.: Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* 41 (4): 544-550, 1976.
10. Whipp. B.J., Davis J.A., Torres F. and Wasserman K.: A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 50 (1): 217-221, 1981.

Questa ricerca è stata effettuata con un contributo CONI-ISEF.