

## **UN TEST DA CAMPO PER LA VALUTAZIONE DELLE CAPACITA' DI LAVORO AEROBICO DI SOGGETTI PRATICANTI L'ATLETICA LEGGERA**

*FRANCESCO CONCONI\*, MICHELE FERRARI\*, PIER GIORGIO ZIGLIO\*,  
LUCIANO CODECA\*\*\**

\* Istituto di Chimica Biologica - Cattedra di Biochimica Applicata, Università degli Studi di Ferrara.

\*\* Divisione di Cardiologia dell'Arcispedale Sant'Anna di Ferrara.

### **INTRODUZIONE**

E' esperienza diretta degli autori che nell'ambiente dell'atletica si sente molto la mancanza di prove atte a valutare le «capacità prestative» di un individuo, ed il loro modificarsi con l'allenamento. La valutazione iniziale dell'atleta ed il suo indirizzo ad una determinata specialità è lasciata all'esperienza degli allenatori; la valutazione finale sia dell'atleta che dell'allenamento praticato è lasciata alle gare.

Sarebbe auspicabile sostituire le valutazioni istintive con dati numerici, facili da ottenere ed in grado di esprimere le capacità di lavoro aerobico e anaerobico di un individuo, nonché il loro modificarsi nel tempo.

Il test che proponiamo e che abbiamo sperimentato negli ultimi due anni su un centinaio di atleti di vari livelli e di varie specialità permette di valutare sul campo le capacità di lavoro aerobico.

### **LE TECNICHE DISPONIBILI PER LA VALUTAZIONE DELLE CAPACITA' DI LAVORO AEROBICO**

E' generalmente accettato che nell'uomo il catabolismo aerobico sostiene quasi completamente il lavoro muscolare protratto. Dalla combustione completa di glucosio e di acidi grassi a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O deriva cioè la quasi totalità dell'ATP richiesto nelle prestazioni di lunga durata. La valutazione della capacità massima di combustione aerobica ( $\dot{V}O_2$  max) è quindi giustamente ritenuta un ottimo indice delle capacità prestative del corridore di fondo. Però anche nelle gare di mezzofondo (800 e 1500 metri) la combustione aerobica contribuisce in percentuali elevate alla produzione dell'ATP richiesto: quindi la determinazione del  $\dot{V}O_2$  max è importante anche per la valutazione delle capacità prestative dei mezzofondisti.

La determinazione del consumo di ossigeno in condizioni di lavoro ad intensità massimale ( $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ) di un individuo sembra dunque basilare per la valutazione delle sue capacità prestantive, particolarmente quelle riguardanti il lavoro prolungato.

I « tests » impiegati per la valutazione del  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  si basano sull'impiego del tapis roulant o del cicloergometro; con questi strumenti l'atleta esegue lavori di intensità nota crescente; la stessa valutazione può essere eseguita con lo « step test ».

Durante queste prove il  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  può essere verificato 1) direttamente, in prove di lavoro di intensità massimale, 2) indirettamente. In questo secondo caso si determina la quantità di  $O_2$  consumato in due o tre prove di intensità lavorativa crescente mentre contemporaneamente si registrano le pulsazioni cardiache. Si estrapola quindi la retta che congiunge i valori ottenuti fino al numero massimo di pulsazioni previste per l'età (noto essendo il decrescere con l'età del numero massimo di pulsazioni); se ne deduce il massimo lavoro aerobico che il soggetto può eseguire (vedi Fig. 1).

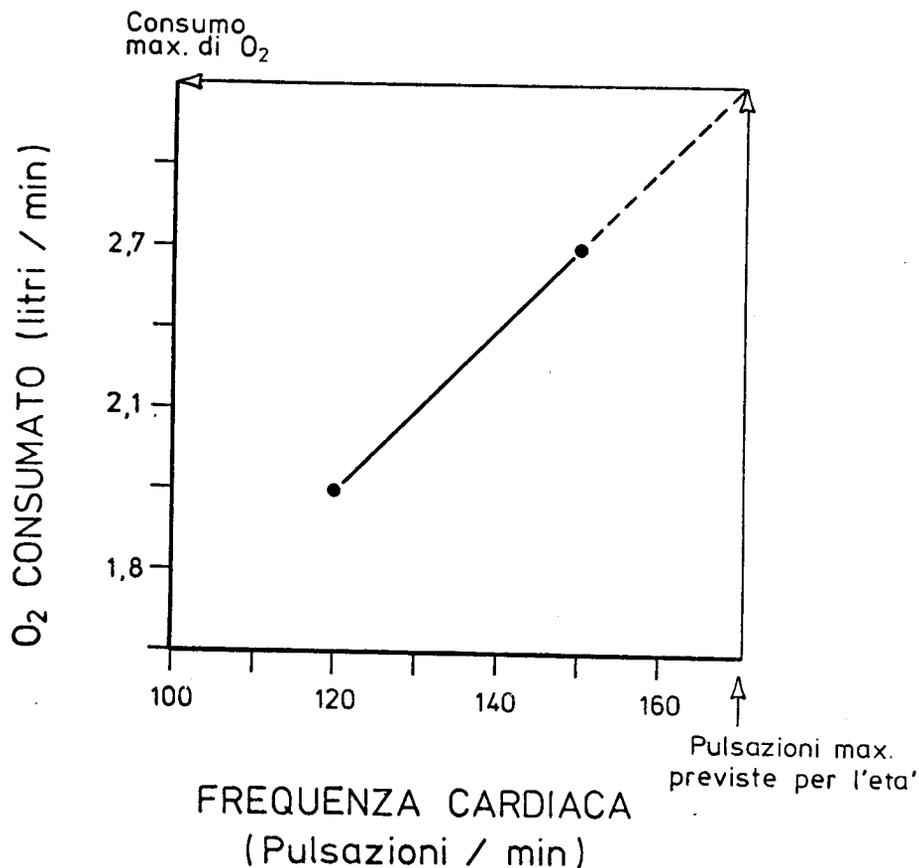


Fig. 1 - Determinazione indiretta del  $\dot{V}O_2 \text{ max}$ . Per spiegazioni vedi il testo.

Le determinazioni del  $\dot{V}O_2$  max, sia dirette che indirette, anche se indicative, sono certamente soggette ad errori.

Le valutazioni dirette, perché in assenza di motivazioni agonistiche è difficile far compiere ad un soggetto un lavoro veramente massimale; le valutazioni indirette perché il numero massimo di pulsazioni per un soggetto di una data età non è costante ma varia considerevolmente da individuo ad individuo, e anche nello stesso individuo a seconda dell'allenamento praticato (dati personali); ed inoltre si otterrebbero valori attendibili solo eseguendo numerose prove di lavoro ad intensità crescente, il che non viene fatto nella pratica routinaria.

Ma quand'anche le valutazioni fossero ineccepibili, la determinazione del massimo consumo di  $O_2$  in laboratorio è criticabile per i seguenti motivi:

1) E' riservata all'élite e non permette quindi di esaminare una vasta popolazione.

2) E' eseguita saltuariamente e, anche negli atleti migliori, non può quindi essere messa in relazione continua con l'allenamento praticato, come è invece auspicabile.

3) E' eseguita in condizioni di disagio (gli atleti sono al chiuso, in ambiente estraneo, imbrigliati dalla strumentazione).

4) Richiede spesso l'impiego di masse muscolari non usate nell'attività atletica normale e quindi non allenate a ricevere ed utilizzare  $O_2$ ; anche il tapis roulant richiede adattamento ed abitudine ed i dati non sono attendibili se il maggior lavoro viene ottenuto aumentando la pendenza, con conseguente impiego di muscoli non allenati.

5) MA SOPRATTUTTO IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO E' UN VALORE TEORICO. La differenza nella prestazione aerobica di due atleti in gare di durata non è da ricercare infatti nel  $\dot{V}O_2$  max, ma nelle percentuali di utilizzazione della intensità lavorativa massima teorica (Costill, 1972) (1).

L'esempio classico è quello di Derek Clayton il quale pur disponendo di una capacità aerobica massima di valore medio per atleti di livello internazionale (69,7 ml/Kg al minuto) è tuttavia in grado di sostenere in corsa prolungata velocità che gli richiedono l'impiego dell'86% del suo  $\dot{V}O_2$  max ( $\dot{V}O_2$  utilizzabile: 59,9 ml/Kg al minuto). In contrasto un secondo fondista con capacità aerobiche massimali considerevolmente superiori (78,1 ml/Kg al minuto) è in grado di tollerare per lunghi periodi soltanto velocità di corsa corrispondenti al 64% del suo  $\dot{V}O_2$  max ( $\dot{V}O_2$  utilizzabile: 49,9 ml/Kg al minuto).

Sarebbe quindi in pratica molto più interessante valutare non il massimo consumo di ossigeno di un individuo bensì *la massima velocità aerobica utilizzabile in pratica soprattutto nella corsa prolungata*. Il test che proponiamo permette questa determinazione.

---

(1) Costill, D.L., J.A.M.A., 221, 1024, 1972.

## IL TEST PROPOSTO: ALCUNE PREMESSE TEORICHE

I trattati di fisiologia della contrazione muscolare (Åstrand e Rodahl, 1970 ad esempio) (2) riferiscono l'esistenza di un rapporto lineare tra frequenza delle pulsazioni cardiache e quantità di ossigeno consumata nell'unità di tempo (e quindi anche con l'intensità del lavoro aerobico svolto).

E' anche noto che, soprattutto ad intensità di lavoro elevate, si produce nei muscoli acido lattico. Questo fenomeno significa che solo una parte del glucosio catabolizzato è demolito a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ; la parte restante essendo demolita solo fino ad acido piruvico e ad acido lattico. Quindi, a ritmi molto elevati, la produzione di ATP è in parte ottenuta con la glicolisi anaerobica.

A quale intensità di lavoro aerobico si produce acido lattico nel muscolo? In teoria è possibile:

A) che soltanto una volta raggiunto il massimo delle capacità aerobiche (cioè il massimo delle pulsazioni) si verifichi la produzione intramuscolare di acido lattico. Oppure B) che la produzione di acido lattico si determini prima che le capacità di lavoro aerobico abbiano raggiunto il massimo.

Un inserimento sub-massimale della glicolisi anaerobica potrebbe rappresentare il fattore limitante la totale utilizzazione delle capacità di combustione aerobica (sia per l'acidificazione locale che per il rapido esaurimento delle riserve di glicogeno muscolare). Da questo punto di vista i due maratoneti citati nell'esempio del paragrafo precedente potrebbero avere una diversa percentuale di utilizzazione del proprio  $\text{VO}_2$  max proprio in dipendenza di un inserimento più o meno « precoce » dei meccanismi anaerobici.

Non siamo a conoscenza di dati sperimentali a sostegno dell'una o dell'altra delle due possibilità avanzate qui sopra.

La determinazione del rapporto esistente tra velocità di corsa e frequenza delle pulsazioni cardiache dovrebbe teoricamente risolvere l'alternativa. Infatti nel caso A) una volta raggiunto il massimo delle pulsazioni si dovrebbe verificare un aumento di intensità lavorativa di origine anaerobica. Nel caso B) invece tale aumento si dovrebbe presentare prima della frequenza cardiaca massima.

Questa alternativa è stata risolta con il test da campo che qui proponiamo.

## COME ESEGUIAMO IL TEST

Il test da campo che proponiamo, mette in relazione velocità di corsa e frequenza delle pulsazioni cardiache; può essere eseguito sia strumentalmente che manualmente.

Dopo « riscaldamento », l'atleta esegue il test su una normale pista di atletica, percorrendo da dieci a quindici giri. La velocità di corsa viene aumentata ad ogni giro: dalle velocità iniziali modeste l'atleta

---

(2) Åstrand e Rodahl, Testbook of Work Physiology-McGraw Hill, New York, 1970.

passerà gradualmente alla velocità paramassimale, mantenuta nell'ultimo giro. Dai tempi parziali impiegati a percorrere frazioni successive di 200 metri, si deduce la velocità di corsa.

Le frequenze cardiache del soggetto durante la prova, vengono determinate con un elettrocardiografico dinamico (Medilog, Oxford Instruments).

A parte forniamo alcuni suggerimenti per la corretta *esecuzione manuale* del test.

## I RISULTATI

### A) RAPPORTO TRA FREQUENZA CARDIACA E VELOCITA' DI CORSA. L'« INNESCO ANAEROBICO ».

Nella Fig. 2 vengono riferiti i rapporti tra pulsazioni cardiache al minuto (registrati in questi due casi strumentalmente) e la velocità

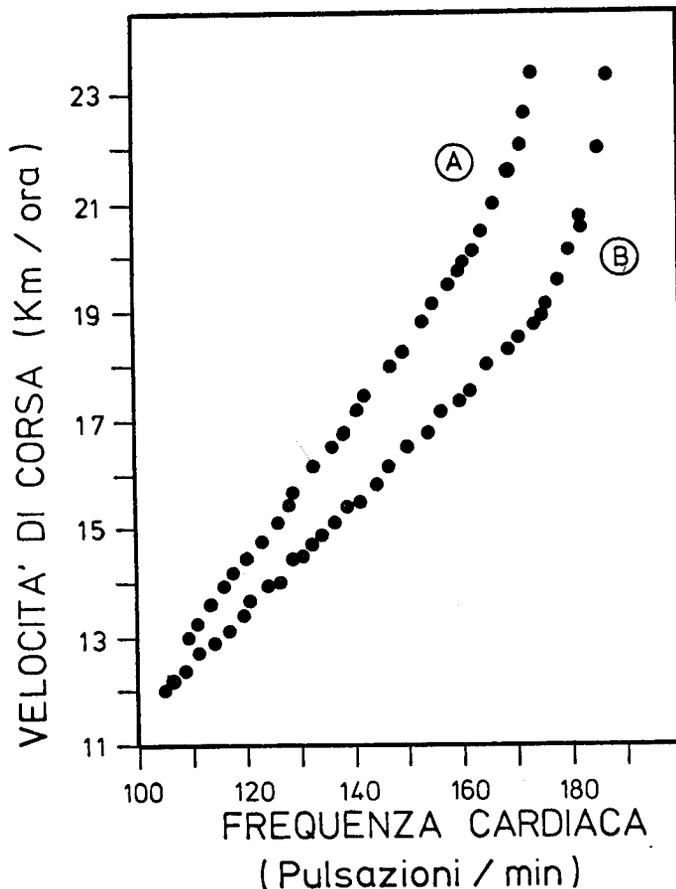


Fig. 2 - Rapporto tra frequenza cardiaca e velocità di corsa in 2 atleti praticanti la corsa piana.

di corsa, in due atleti di buon livello nazionale. Il rapporto è evidentemente lineare per velocità comprese tra 13 e 19,7 Km/ora nell'atleta A) e tra 12 e 18,9 Km/ora nel caso B). In entrambi gli atleti la linearità del rapporto è perduta ad intensità di lavoro elevate, alle quali si osservano incrementi di velocità superiori all'incremento delle pulsazioni.

Ciò potrebbe dipendere:

1) dalla già citata super-produzione di ATP dovuta all'aggiunta della glicolisi anaerobia al catabolismo aerobico. 2) Da un brusco incremento della gittata sistolica. 3) Da un brusco incremento dell'estrazione tessutale di ossigeno.

Le possibilità 2) e 3) sono da escludere sulla scorta di quanto riferito in letteratura; infatti la gittata sistolica raggiunge il massimo ad intensità di lavoro corrispondenti a circa il 40% della massima, e si mantiene poi costante fino alle frequenze più elevate (Åstrand e Rodahl, 1970) (3). Anche l'incremento della differenza in  $pO_2$  tra sangue arterioso e sangue venoso che si associa all'aumento dell'intensità lavorativa e che è conseguenza di una estrazione tessutale di ossigeno progressivamente migliore (Åstrand et al., 1964) (4), non può essere chiamato in causa poiché la migliore estrazione tessutale di  $O_2$  si instaura gradualmente dalle velocità più basse a quelle più elevate, e non bruscamente solo a quelle elevate come i dati raccolti richiederebbero.

L'allontanamento dalla linearità del rapporto tra pulsazioni e velocità di corsa a ritmi elevati sembra dunque imputabile alla extra-produzione di ATP conseguente alla sovrapposizione della glicolisi anaerobia al catabolismo aerobico. A documentazione di ciò stanno i dati raccolti in alcuni atleti, nei quali abbiamo messo in relazione velocità di corsa, frequenza delle pulsazioni e livelli ematici di acido lattico (Fig. 3).

Dalla figura è evidente come in coincidenza dell'allontanamento dalla linearità del rapporto frequenza cardiaca-velocità di corsa si sia anche verificato un brusco incremento dei valori di acido lattico circolante. Anche in letteratura vengono riferiti analoghi comportamenti della lattacidemia, con bruschi incrementi alle velocità elevate (Costill, 1970 (5), Shepard et al., 1968) (6).

Si noti che la velocità alla quale si verifica l'allontanamento dalla linearità del rapporto pulsazioni-velocità si associa con la comparsa della sensazione di « acido muscolare » riferito dagli atleti esaminati. L'insieme dei dati raccolti e quelli disponibili in letteratura, uniti alle sensazioni soggettive degli atleti, suggeriscono al di là di ogni ragionevole dubbio che l'allontanamento dalla linearità da noi documentata è dovuto alla sovrapposizione nel muscolo in attività della glicolisi anaerobia alla combustione aerobia già in atto. Conseguentemente indicheremo l'allontanamento dalla linearità del rapporto pulsazioni-velocità come « impennata anaerobica ».

(3) Åstrand e Rodahl, *Testbook of Work Physiology* - McGraw-Hill, New York, 1970.

(4) Åstrand P.O., Cuddy T.E., Saltin B., Stenberg J., *J. Appl. Physiol.*, 20, 253, 1964.

(5) Costill D., *J. Appl. Physiol.*, 28, 251, 1970.

(6) Shepard et al., *Bull. World Health Organ.*, 38, 765, 1968.

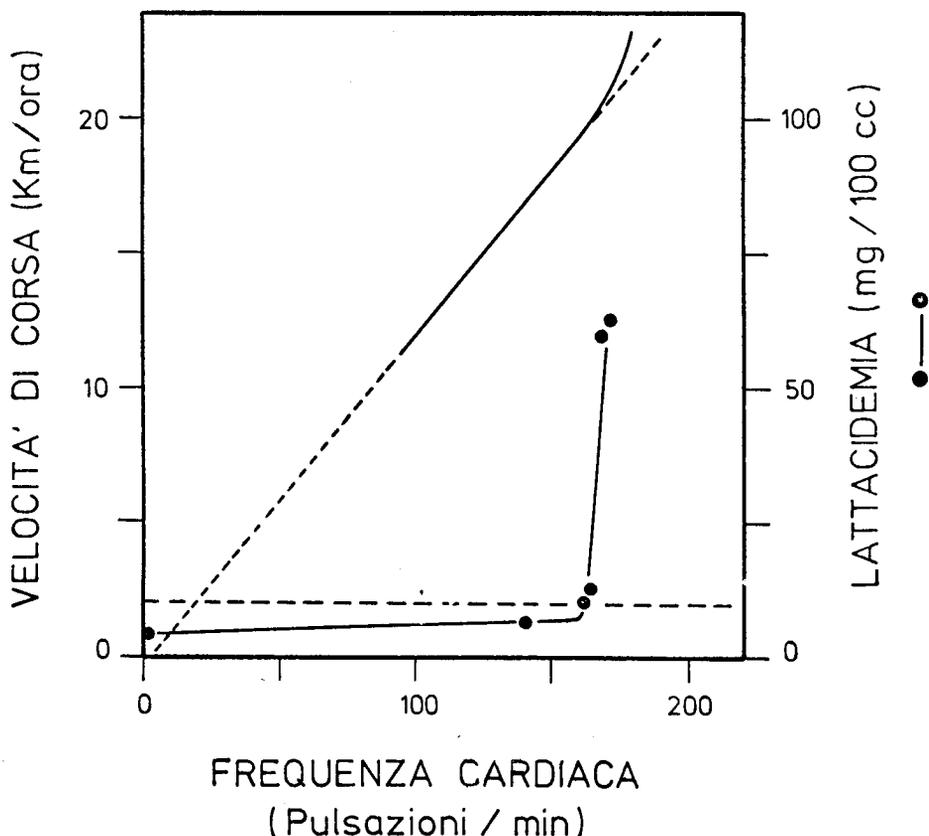


Fig. 3 - Rapporto tra velocità di corsa, frequenza cardiaca e livelli ematici di acido lattico. Le determinazioni dell'acido lattico ematico sono state effettuate con il Test Combination Boehringer. Il prelievo dei campioni di sangue è avvenuto alla piega del gomito dopo prove condotte su distanze oscillanti tra i 3.000 e i 10.000 metri alle velocità indicate, 5 minuti dopo l'interruzione dello sforzo: l'acido lattico prodotto dal muscolo raggiunge infatti il massimo di concentrazione ematica in circa 5 minuti (I. Åstrand, Acta. Physiol. Scand., 49, 1960). La linea tratteggiata indica il limite superiore dei valori normali.

### L'« IMPENNATA ANAEROBICA » SI AGGIUNGE AL LAVORO AEROBIO PRIMA CHE QUESTO ABBA RAGGIUNTO IL MASSIMO

La Tab. 1 riferisce le pulsazioni alle quali si è verificata l'impennata anaerobica in un gruppo di atleti da noi esaminati. Vengono anche riferite le pulsazioni massime previste per l'età del soggetto e le massime documentate in pratica durante il test ma per lavori sub-massimali. L'analisi dei dati presentati nella Tab. 1 e dei due grafici riferiti nella Fig. 2 evidenzia che l'inserimento dei meccanismi anaerobici si verifica sempre a frequenze cardiache inferiori alla massima. Delle due ipotesi prospettate nella sezione « premesse teoriche » quella che dunque

si verifica nella realtà è l'ipotesi B) cioè quella secondo cui la glicolisi anaerobia si aggiunge al lavoro in ossigeno prima che questo abbia raggiunto il massimo, prima cioè che il massimo delle pulsazioni venga ottenuto.

Si noti come in alcuni atleti l'impennata anaerobica sia vicina al massimo delle pulsazioni, in altri più lontana (vedi Tab. 1: P. max - P. inn.).

Tab. 1 - Frequenze cardiache massime teoriche (Margaria, R. - Fisiologia muscolare e meccanica del movimento - Biblioteca EST, Mondadori, 1975, pagg. 51-53), frequenze cardiache massime rilevate e le pulsazioni all'« innesco », in 38 soggetti praticanti la corsa piana.

PULSAZIONI AL MINUTO					
Atleta	Anno di nascita	Massime teoriche	Massime rilevate (P. max)	All'« innesco » (P. inn.)	Differenza (P. max - P. inn.)
1) A.P.	1944	186	165	158	7
2) A.L.	1960	200	200	187	13
3) A.F.	1951	192	169	162	7
4) A.A.	1951	192	182	173,5	8,5
5) B.G.	1950	191	180	163	17
6) B.M.	1940	182	169	161	8
7) B.	1953	194	164	156	8
8) B.D.	1948	190	155	144	11
9) B.C.	1957	198	177	167	10
10) B.E.	1958	199	176	168,5	7,5
11) C.A.	1950	191	185	170	15
12) C.M.	1948	191	191	178	13
13) C.P.	1951	192	180	171	9
14) C.L.	1948	189	188	170	18
15) C.S.	1949	190	186	170	16
16) C.C.	1958	199	193	175,5	17,5
17) C.	1950	191	179	174	5
18) D.S.	1952	193	183	177	6
19) De B.D.	1955	196	188	178,5	9,5
20) F.M.	1953	194	180	170	10
21) G.M.	1957	198	183	176	7
22) G.C.	1955	197	183	179	4
23) G.D.	1956	198	184	172	12
24) L.	1942	184	184	170	14
25) L.G.	1951	192	186	180	6
26) L.R.	1950	191	171	165	6
27) M.M.	1951	192	174	168	6
28) M.A.	1950	191	186	173	13
29) M.M.	1955	197	171	164	7
30) M.L.	1951	192	186	172	14
31) N.	1952	193	180	172	8
32) P.P.	1938	181	179	174	5
33) P.L.	1956	198	194	186	8
34) P.R.	1951	192	180	173	7
35) P.	1950	191	181	168,5	12,5
36) S.C.	1953	194	186	178	8
37) V.F.	1953	194	172	163	9
38) P.D.	1935	178	167	157	10

## L'« IMPENNATA ANAEROBICA » E' IL FATTORE LIMITANTE PRINCIPALE LA PRESTAZIONE DEL MARATONETA

Come già accennato in precedenza, l'inserimento dei meccanismi di contrazione lattacida, che si verifica all'« impennata anaerobica », potrebbe rappresentare il limite di utilizzazione delle capacità aerobiche nei maratoneti.

Abbiamo verificato questa possibilità in un gruppo di maratoneti, in occasione del raduno indetto dalla F.I.D.A.L. a Ferrara, la settimana precedente l'incontro pentagonale di maratona di Reggio Emilia (12-6-1977).

I risultati ottenuti sono espressi nella Tab. 2. La Tabella riporta i valori ottenuti nei 9 maratoneti convocati e anche in altri 6 maratoneti.

Tab. 2 - Velocità d'« innesco » e velocità sulla maratona.

VELOCITA' DI « INNESCO » E VELOCITA' NELLA MARATONA			
Atleti	Vel. « innesco »	Vel. maratona vicina al test	Vel. maratona migliore
1 A.C.	19,100	18,177	18,434
2 AN.	18,950	18,111	18,221
3 BI.	18,600	17,640	18,083
4 CA.	18,300	17,534	17,591
5 CE.	19,100	17,859	18,239
6 CU.	18,000	17,484	17,760
7 DE B.	18,700	17,573	17,573
8 LO.	18,300	17,543	17,591
9 NI.	18,900	17,611	17,849
10 AM.	18,300	—	17,681
11 BA.	19,200	—	18,635
12 MAG.	19,560	19,023	19,023
13 MAN.	19,000	—	18,531
14 MAZ.	19,000	—	18,248
15 PAOLO	17,100	16,472	16,472

N.B.: Velocità espresse in Km/ora.

Nella maratona corsa subito dopo il test le condizioni climatiche sfavorevoli (temperatura ed umidità molto elevate) e motivi tattici (la gara era a squadre), hanno consigliato ritmi più blandi di quelli possibili ai maratoneti. Abbiamo quindi paragonato i dati ottenuti con le prestazioni della maratona precedente (Spilamberto, corsa 40 giorni prima del test, vedi Fig. 4). Nella Fig. 5 invece i dati del test sono confrontati con i risultati ottenuti dai maratoneti esaminati nella miglior maratona. Sulla linea continua delle Figg. 4 e 5 si disporrebbero i valori degli atleti che riuscissero a correre la maratona alla velocità di innesco.

Si noti che nella maratona di Spilamberto (Fig. 4) nessun atleta ha superato la velocità di « innesco » (tutti i valori sono inferiori alla linea continua); tutti gli atleti hanno gareggiato a velocità inferiori di circa il 5% (linea tratteggiata) rispetto a quella di « innesco ». Analoghe osservazioni si derivano dall'analisi della Fig. 5 (miglior maratona):

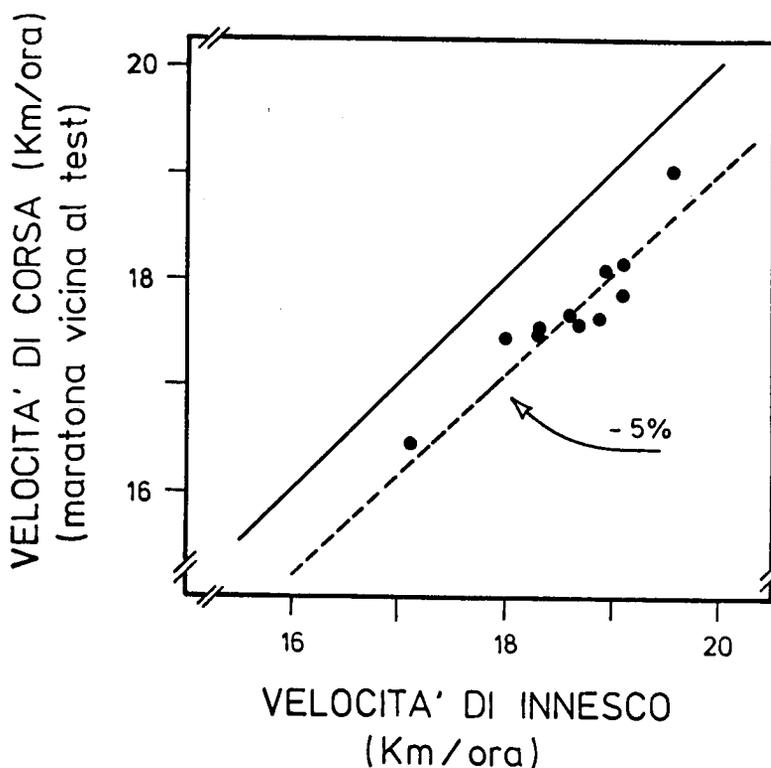


Fig. 4 - Rapporto tra velocità d'« innesco » e velocità di una maratona corsa in un periodo vicino a quello dell'esecuzione del test.

la velocità di gara è in questo caso più vicina a quella di « innesco » (ne è inferiore di circa il 3%). E' possibile che nell'occasione della miglior prestazione gli atleti disponessero di una velocità di « innesco » superiore a quella verificata in occasione del raduno di Ferrara. E' nostra impressione comunque che se le gare di maratona fossero più frequenti e meglio frequentate lo stimolo agonistico da un lato e le maggiori occasioni dall'altro permetterebbero agli atleti di correre a velocità più vicine a quelle di « innesco » da noi riscontrate.

L'insieme dei dati raccolti ci ha permesso di constatare l'esistenza di un rapporto diretto tra la velocità di « innesco anaerobico » e velocità tenuta nella maratona. Mentre la valutazione del  $\dot{V}O_2$  max non dà indi-

cazioni sulle capacità prestantive del maratoneta (Costill, 1972) (7), queste si possono desumere dall'« impennata anaerobica », che, dai dati raccolti, sembra coincidere con la *massima velocità aerobica utilizzabile in pratica*, e può quindi essere usata per predire la *velocità massima di gara*.

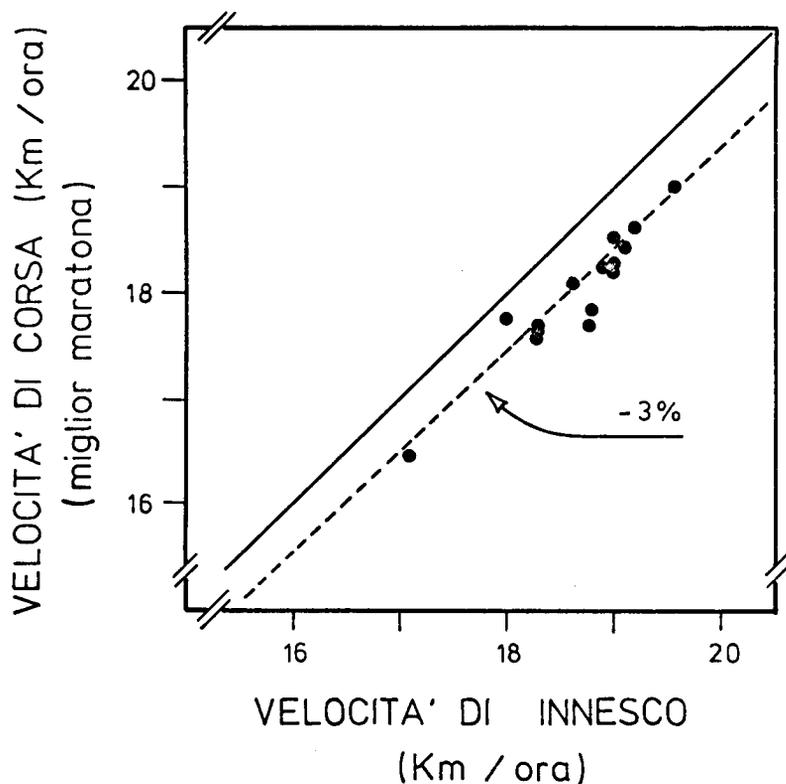


Fig. 5 - Rapporto tra velocità d'« innesco » e velocità nella miglior maratona degli atleti esaminati.

Abbiamo eseguito il test anche su 12 marciatori. Il rapporto tra velocità di marcia e pulsazioni cardiache è risultato analogo a quello documentato per i corridori (andamento rettilineo a velocità modeste, « impennata » alle velocità più elevate) (Fig. 6). Benché i dati raccolti siano indicativi dell'esistenza anche per questa specialità atletica di un rapporto diretto tra velocità di « innesco anaerobico » e velocità di gara, i risultati ottenuti non sono definitivi in quanto il test è stato eseguito troppo lontano dalle gare per essere messo in relazione con esse.

(7) Costill D.L., J.A.M.A., 221, 1024, 1972.

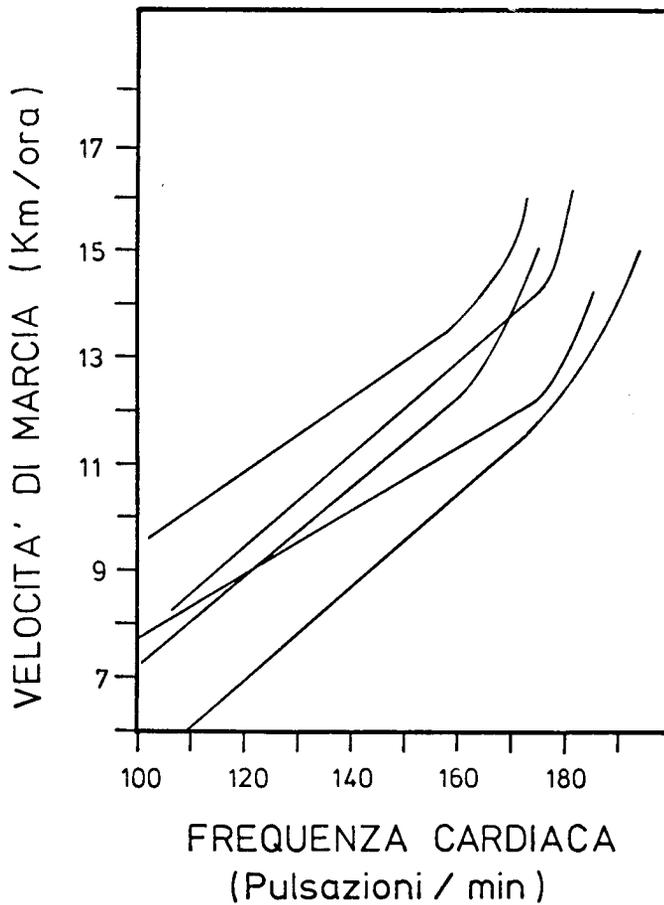


Fig. 6 - Rapporto tra velocità di marcia e frequenza cardiaca in 5 marciatori.

#### PREDIZIONE DELLA VELOCITA' DI GARA NEI MARATONETI. FATTORI LIMITANTI

Benché i dati ottenuti permettano di suggerire al maratoneta il suo ritmo di gara (consigliamo in condizioni ottimali una velocità ridotta del 5% rispetto a quella di « innesco »), bisogna però tener conto dei numerosi fattori che interferiscono con la prestazione, limitandola. Tra questi ricordiamo:

1) Le variazioni di ritmo durante la gara che, costringendo l'atleta ad « innescare » la glicolisi anaerobia, incidono marcatamente sulle riserve di glicogeno.

## 2) Peso corporeo e « dieta dissociata ».

Questa dieta particolare ha per scopo l'accumulo nei muscoli di grandi quantità di glicogeno. Viene eseguita prima della maratona e determina, come effetto collaterale, un aumento ponderale di 2-3 Kg. e conseguentemente una diminuzione della velocità di « innesco ». Lo svantaggio dell'aumento del peso corporeo è però controbilanciato dai vantaggi che la dieta dissociata comporta: ritardato « esaurimento » dell'atleta e compenso alla disidratazione per rilascio dell'acqua legata al glicogeno. Comunque il progressivo calo ponderale che si verifica in gara toglie progressivamente l'handicap iniziale durante lo svolgimento della maratona.

3) La resistenza offerta dall'aria al procedere del corridore (aumenta con il quadrato della velocità).

E' evidente che il vento a favore o contrario richiederà da parte dell'atleta un lavoro rispettivamente minore o maggiore per mantenere la stessa velocità di gara. Il vento dunque falserà la predizione del tempo di gara.

4) Variazione della pendenza del percorso. Il test è eseguito su percorsi piani; un percorso non pianeggiante impedisce quindi l'esatta predizione del ritmo di gara più adatto all'atleta.

E' in teoria possibile calcolare quanto i fattori limitanti sopra esposti incidono sulla velocità di « innesco », modificandola. In pratica però i calcoli sono ulteriormente complicati dalle variazioni individuali che permettono ai vari atleti di superare con diversa efficienza le 4 limitazioni sopra elencate. Ad esempio, atleti con corsa « più radente » risentiranno meno dell'aumento di peso di altri atleti con corse « più dispendiose ». Variazioni individuali sono certo riscontrabili anche nelle capacità di sostenere variazioni di ritmo (forse in relazione al tipo di fibre muscolari di cui l'atleta dispone), di superare dislivelli con diversa efficienza (sia in discesa che in salita), o di vincere l'aumentata resistenza dell'aria in caso di vento contrario.

## 5) Allenamento adeguato.

La velocità di « innesco anaerobico » ha validità nel predire la velocità di maratona *solo in soggetti che abbiano praticato adeguati allenamenti alla grande distanza*. L'abitudine alla distanza intera della maratona sembra importante sia per adattamenti dell'apparato locomotore e dell'apparato cardiocircolatorio, ma soprattutto per adattamenti del biochimismo muscolare, epatico e delle cellule adipose. Questi ultimi sembrano consistere principalmente in un più precoce ed intenso catabolismo lipidico durante la gara del maratoneta allenato, che salvaguarda in tal modo le riserve del glicogeno muscolare ed epatico (Holloszy et al., 1977) (8) a tutto vantaggio della prestazione prolungata.

---

(8) Holloszy J.O., Rennie M.J., Hickson R.C., Conlee R.K., Haghery J.M. in « The Marathon: physiological, medical epidemiological and psychological studies ». Ed. New York Acad. Sci., New York 1977.

## ALTRE INFORMAZIONI DEDUCIBILI DAL RAPPORTO PULSAZIONI-VELOCITA' DI CORSA

Il rapporto pulsazioni-velocità di corsa nell'atleta praticante la corsa a piedi, oltre che per la velocità alla quale si verifica la « impenata anaerobica », si caratterizza anche per la pendenza della parte rettilinea del grafico e per la posizione della retta sul grafico stesso. A quest'ultimo riguardo è opportuno segnalare che a parità di « pendenza » tanto più la retta è spostata a sinistra (cioè tanto più tende ad incrociare l'asse delle ascisse vicino all'origine), tanto più potranno essere sostenute velocità elevate con frequenze cardiache modeste.

Abbiamo verificato grandi variabilità individuali dei 3 parametri (Fig. 7). Variazioni sono state osservate anche nello stesso individuo,

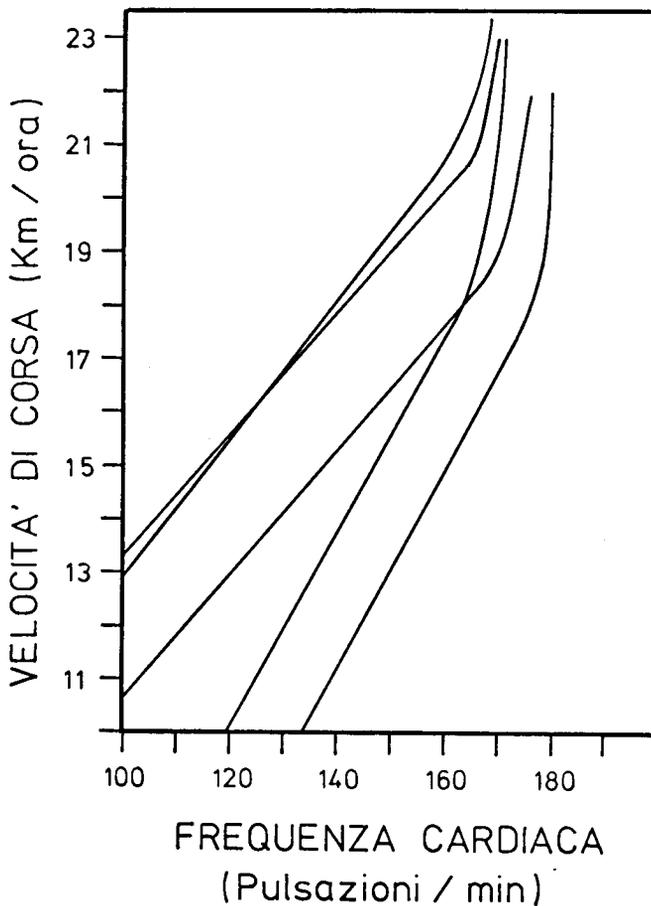


Fig. 7 - Variabilità del rapporto tra velocità di corsa e frequenza cardiaca in 5 soggetti praticanti la corsa piana.

nel tempo, a secondo dell'allenamento praticato. *E' da notare che il test dà valutazioni globali delle capacità prestantive dell'atleta.* Il rapporto pulsazioni-velocità è infatti la risultante dei molti fattori che intervengono nel determinare la prestazione atletica (scambi respiratori, efficienza del sistema cardiocircolatorio, emoglobina disponibile, caratteristiche del globulo rosso, vascolarizzazione muscolare, diffusione dell'ossigeno, captazione dell'O<sub>2</sub> da parte della mioglobina, tipi di fibre presenti nell'individuo esaminato, meccanismi che presiedono glicolisi e lipolisi e loro coordinamento sia a livello muscolare che generale, e molti altri meccanismi più fini). Oltre che dell'insieme di questi fattori il test tiene anche conto di fattori quali l'efficienza della corsa e il peso corporeo dell'atleta in esame.

## IL TEST PER UN ALLENAMENTO « GUIDATO »

L'applicazione del test a studi longitudinali condotti su atleti che seguono diversi tipi di preparazione, permetterà di stabilire quali allenamenti modificano, migliorandoli, i 3 parametri sopra indicati (« innesco », pendenza e posizione della retta nel grafico).

Il rapporto tra tipo di allenamento praticato e miglioramento dell'uno o dell'altro dei 3 parametri, già in parte da noi verificato, è ancora troppo preliminare per poter essere segnalato ufficialmente.

E' inoltre ovvio fin da ora che il test può essere vantaggiosamente usato anche per *determinare le capacità aerobiche dei mezzofondisti*, ed il loro modificarsi con l'allenamento praticato.

## TEST ED ALTRI SPORTS

Oltre alla corsa ed alla marcia altre discipline sportive, che richiedono l'intervento preponderante dei meccanismi aerobici, si prestano ad essere valutate con il test che proponiamo. Tra di esse il ciclismo, il nuoto, la canoa, il canottaggio ed il pattinaggio, sembrano prestarsi particolarmente bene alla determinazione del rapporto velocità-frequenza delle pulsazioni cardiache. Infatti in questi sports che comportano velocità elevate la frazione di lavoro deputato a vincere la resistenza del mezzo sarà rilevante, aumenterà progressivamente con il crescere della velocità, ed il rapporto pulsazioni-velocità sarà quindi iperbolico anziché rettilineo. Anche in questi sports il test potrà trovare applicazione sia nel determinare la condizione atletica « attuale », sia nel seguire e guidare con l'allenamento il miglioramento dei 3 parametri già indicati ai paragrafi precedenti per la corsa.

Il test può trovare infine impiego nel determinare in soggetti post-infartuati o a rischio d'infarto, *il miglioramento delle capacità di lavoro aerobico, durante programmi di riabilitazione fisica.*

## RIASSUNTO

Viene presentato un test che permette la valutazione sul campo delle capacità di lavoro aerobico in corridori di lunghe distanze. Il test si basa sulla determinazione del rapporto tra pulsazioni cardiache e velocità di corsa, e può essere eseguito sia manualmente che strumentalmente con l'impiego di elettrocardiografi o di cardiofrequenzimetri (vedi nota tecnica allegata). Sono presentati i risultati (ottenuti con entrambe le tecniche) in un centinaio di atleti.

L'informazione principale ottenuta con l'applicazione del test è la velocità di corsa alla quale la glicolisi anaerobia si aggiunge a quella aerobia, e quindi la velocità massima che può essere mantenuta in gare di lunga durata, senza apprezzabile produzione di acido lattico; il test può essere impiegato nel predire la velocità di gara di un maratoneta. La determinazione del rapporto della velocità di corsa-frequenza cardiaca permette di stabilire, oltre alla velocità d'«innesco anaerobico» altri due parametri, pendenza della retta e sua posizione nel grafico. I 3 parametri variano da soggetto a soggetto e nello stesso atleta a seconda dell'allenamento praticato. Il test può quindi essere applicato vantaggiosamente per seguire nel tempo e in molti atleti il modificarsi delle capacità prestantive, e con buona probabilità, nel guidare l'allenamento praticato.

Oltre che nella corsa e nella marcia il test può essere applicato ad atleti che pratichino attività sportive sostenute in larga quota dalle combustioni aerobiche quali il ciclismo, il nuoto, il canottaggio e la canoa, il pattinaggio, lo sci da fondo ed altri.

Il test può infine essere utile per valutare l'efficacia dei programmi riabilitativi seguiti da soggetti post-infartuati o a rischio d'infarto miocardico.

## COME SEGUIRE IL TEST MANUALMENTE. NOTA TECNICA

### 1) *Velocità di corsa durante l'esecuzione del test*

Il test si esegue su una normale pista di atletica. Vanno eseguite una serie di prove a velocità crescenti: ogni prova deve essere effettuata a velocità costante. Le prove potranno essere comprese tra ritmi da 5'/Km a 3'/Km.

### 2) *Come determinare la velocità di corsa durante le prove*

Supponiamo di verificare la velocità di corsa, desumendola dai tempi impiegati a percorrere frazioni successive di 200 metri. Si potrà calcolare la velocità di corsa dividendo 720 per i secondi impiegati a percorrere mezzo giro di pista.

Esempio. Tempo sui 200 metri: 45". Velocità =  $720 : 45 = 16$  Km/ora.

### 3) *Come determinare le pulsazioni al minuto durante le prove*

Le pulsazioni vanno misurate entro i primi 15" dalla fine della prova. Si misurano le pulsazioni per 10". Si noti che la prima pulsazione av-

vertita segna l'inizio della misurazione e non va contata. E' importante che una volta eseguita la misurazione della frequenza cardiaca l'atleta riparta subito e si stabilizzi per un giro di campo (400 metri) alla velocità precedente. L'incremento di ritmo sarà quindi effettuato nei 400 metri successivi, alla fine dei quali si potrà procedere alla nuova determinazione della frequenza cardiaca. Con questi accorgimenti si impedisce che la frequenza cardiaca si abbassi tra una prova e l'altra.

#### 4) *Accorgimenti per le prove*

E' molto importante mantenersi in condizioni standard in tutto per quanto possibile, in particolare per la distanza dai pasti, l'abbigliamento, le calzature. Le prove vanno inoltre eseguite almeno tre giorni dopo una gara o un allenamento particolarmente intenso, quando il lavoro sia stato « recuperato ». Prima del test è necessario eseguire un normale « riscaldamento ». E' opportuno anche annotare, per ulteriori calcoli, il peso corporeo dell'atleta.