

## **Presentazione di un test di valutazione del livello di allenamento enzimatico all'anaerobiosi nel maratoneta: il « test acidificante » (\*)**

**Gian Giacomo Corbucci, Giuseppe Montanari, Massimo Cozzi**

### **G. Montanari**

*Direttore Centro Biomedico F.I.D.A.L. di Gubbio*

### **G.G. Corbucci**

*Responsabile Ricerca Centro Biomedico F.I.D.A.L. di Gubbio*

### **M. Cozzi**

*Segretario Settore Tecnico F.I.D.A.L.*

Fin dal primo approccio che il Centro Biomedico FIDAL di Gubbio ha avuto con la medicina dello sport, l'intento principale cui abbiamo teso è stato quello di supportare, con valutazioni di ordine clinico e biochimico, l'opera del Tecnico sportivo. Riteniamo infatti che la visione globale dell'atleta, proiettabile verso i risultati prestativi ottenibili, sia prerogativa fondamentale di questa figura vuoi per cultura, vuoi per esperienza e per quotidianità di frequentazione del terreno di allenamento.

Partendo da queste premesse abbiamo preso in esame le tecniche di « training » più aggiornate e i risultati da esse prodotti, paragonando le une e gli altri con i concetti di fisiologia dominanti. Il rapporto fra il binomio suddetto in primo luogo, e fra esso e la nostra esperienza (3 anni) su atleti di livello nazionale, praticanti la maratona, ci ha indotti a indagare autonomamente sulla validità dell'affermazione che la maratona sia una specialità aerobica (5). Attorno a questa affermazione si possono notare varie sfumature

---

(\*) Comunicazione presentata nel Convegno di Cascina del 1981.

fra Autore e Autore: alcuni affermano l'aerobiosi per l'80-85% del lavoro prodotto (6 - 7 - 12 - 13), mentre altri giungono ad affermare il 99,61% (2 - 3).

L'analisi dei tempi di passaggio e dei parziali, rilevati nelle maratone degli ultimi anni, evidenzia:

— una velocità chilometrica che si discosta sempre più da quella sub-critica per avvicinare e talora raggiungere quella critica;

— l'inversione dei ritmi, attualmente più sostenuti nella seconda parte della maratona;

— il numero sempre crescente di maratoneti provenienti dalle specialità di mezzofondo e mezzofondo veloce;

— la tendenza a inserire nel programma di allenamento di questi atleti sedute, basate su ritmi e prove ripetute, a velocità critica.

A tutto questo è da aggiungere la dimostrazione, fornita dalla Scuola di St. Louis, che l'accumulo di acido lattico a livello muscolare non sia da considerare come indice di fatica ma di lavoro (11 - 14).

Tutte queste considerazioni ci hanno indotto a dubitare fortemente della veridicità dell'equivalenza maratona-aerobiosi. Questo nostro dubbio, certamente al di fuori della ortodossia sportiva, non ci ha però arrecato un eccessivo trauma, poiché altre correzioni sono state apportate, proprio in questi ultimi anni, ad affermazioni ritenute immutabili. E ci riferiamo a tutti quei fattori ritenuti come sicuramente limitanti la possibilità di sforzo, quali: insufficienza respiratoria, anche modesta; deficit della capacità di trasporto dell'ossigeno (1). Nei riguardi del primo abbiamo oggi la prova contraria di almeno due atleti nazionali portatori di asma endogeno; per il secondo, l'osservazione di atleti impegnati dignitosamente in una maratona in periodo di anemizzazione relativa, è osservazione alla portata di ogni medico sportivo. A queste osservazioni va inoltre correlato il dato da noi rilevato, in accordo con altri Autori (5 - 7 -

16), che la differenza artero-venosa di saturazione in O<sub>2</sub> si presenta, sia prima che subito dopo sforzo, sufficientemente alta da garantire ulteriore estrazione tessutale di ossigeno che si dovesse rendere necessaria. Questi fatti e altre osservazioni, effettuate su atleti in periodo di scarso rendimento agonistico, hanno contribuito ad accentrare la nostra attenzione sui meccanismi cellulari di trasporto trans-membrana e utilizzazione dell'O<sub>2</sub>, piuttosto che su quelli di assunzione respiratoria, trasporto intravasale e perfusione tessutale; il principale fattore limitante sarebbe perciò quello metabolico.

Riteniamo, pertanto, soprattutto influenti le variazioni della situazione della membrana cellulare, per l'azione stressante della fatica muscolare, dell'impegno psicologico, di eventuali fattori fisici destabilizzanti precedenti lo sforzo e legate anche all'accumulo inevitabile di vari metaboliti. Per queste ragioni riteniamo che la cellula non possa continuare un suo funzionamento ideale, dall'inizio alla fine della gara di maratona, basandoci unicamente sul concetto teorico che la massima capacità di assunzione dell'ossigeno si mantiene in equilibrio (steady-state) con quelle che possono essere le richieste metaboliche teoriche dell'atleta.

E' stato da noi dimostrato in altro lavoro (8) che un eccesso di ossigeno a livello cellulare può causare una diminuzione della sua utilizzazione nella cellula e che l'iperossia relativa può assumere addirittura un significato di tossicità cellulare (17).

Pertanto la cosiddetta « massima capacità aerobica a livello di steady-state », che è stata definita da Bellotti e Barletta (4) come la « capacità di correre ad una andatura in cui la richiesta energetica è totalmente coperta dall'assunzione di ossigeno dall'esterno e cioè fino a un regime di velocità oltre il quale si entra nel campo del metabolismo anaerobico lattacido », potrebbe essere ridefinita come: la capacità di correre ad una andatura in cui la richiesta energetica è totalmente coperta dalle possibilità cellulari di utilizzazione dell'ossigeno disponibile.

Il dato teorico dominante sarebbe quindi che l'allenamento standard, finalizzato al potenziamento dei meccanismi aerobici, vada a sfociare in un risultato non solamente quantitativo (di aumento del volume mitocondriale), ma anche e soprattutto in un risultato qualitativo di aumento delle capacità e della quantità dei corredi enzimatici cellulari (10). L'aumento di « resistenza alla velocità » quindi, andrebbe riferito non tanto all'assenza di metabolismo lattacido, quanto piuttosto alle aumentate capacità di smaltimento e/o di riutilizzo dell'acido lattico accumulato durante lo sforzo.

Sulla base di tutti i dati, le esperienze e le ipotesi esposti, abbiamo voluto verificare autonomamente le capacità di accumulo e la velocità di caduta del tasso di lattati nel maratoneta.

## Materiale e metodi

Sono stati selezionati nove maratoneti di livello nazionale, abbastanza omogenei come qualità di prestazioni e di allenamento. Gli atleti sono stati convocati presso il nostro Centro nello stesso periodo di tempo e, dopo tre giorni di wash-out farmacologico, di dieta uniforme e di allenamento comune, sono stati sottoposti alla stessa prova di sforzo, consistente in:

— correre, su pista, doppie ripetute di m. 1.000 (1.000 + 1.000 ognuna) a velocità critica (2'55" x 1.000 in media), superiore quindi ai propri ritmi di gara.

Le prove erano inframmezzate da un doppio ritmo di recupero:

- a) m. 200 lenti dopo ogni m. 1.000;
- b) 120 - 150 secondi di defaticamento lento, dopo ogni doppia.

Circa due ore prima del test veniva effettuato un primo prelievo, di base, per il dosaggio dei lattati.

Agli atleti veniva posta a dimora, nella vena basilica, una cannula in teflon (14 G) subito prima dello sforzo.

Attraverso la cannula venivano effettuati rapidi (20" c.a) prelievi di ml. 2

di sangue, per il dosaggio dei lattati, con il seguente ritmo:

- 1) subito al termine dei primi 2.000 metri;
- 2) subito al termine dei secondi 2.000 metri;
- 3) subito al termine dei terzi 2.000 metri;
- 4) dopo 15' di recupero in defaticamento lento;
- 5) dopo 30' di recupero in defaticamento lento.

Il recupero veniva effettuato sulla stessa pista.

Era stata scelta la lunghezza dei 1.000 metri perché copribile in tempi inferiori ai 3' (tempo indicato da Zaciorskij (18) per il massimo incremento anaerobico) solamente mantenendo una velocità sovracritica. Altrettanto dicasi per gli intervalli di recupero distribuiti, nel ritmo e nella durata, in modo da mantenere il massimo incremento dell'anaerobiosi prevedibile.

Il dosaggio dei lattati ematici veniva determinato mediante il test enzimatico all'UV secondo Kühnle (15).

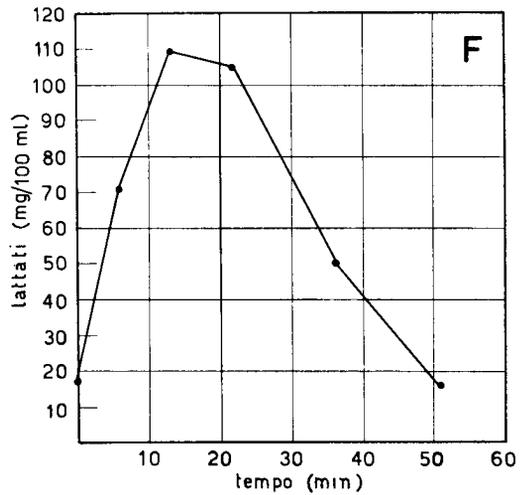
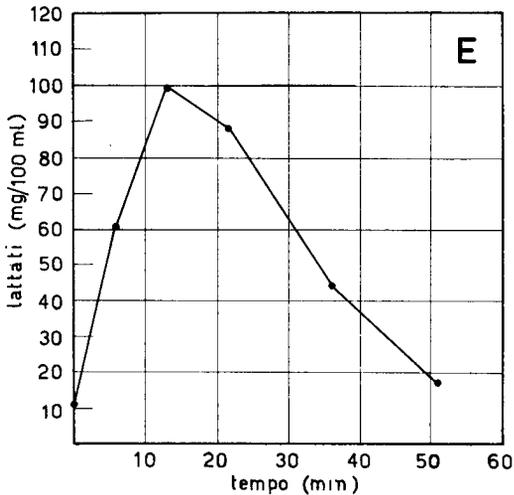
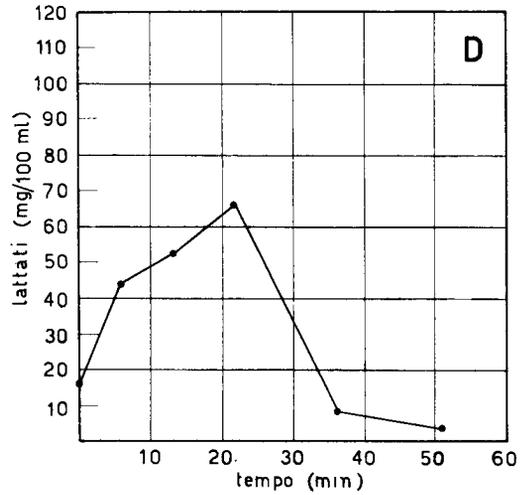
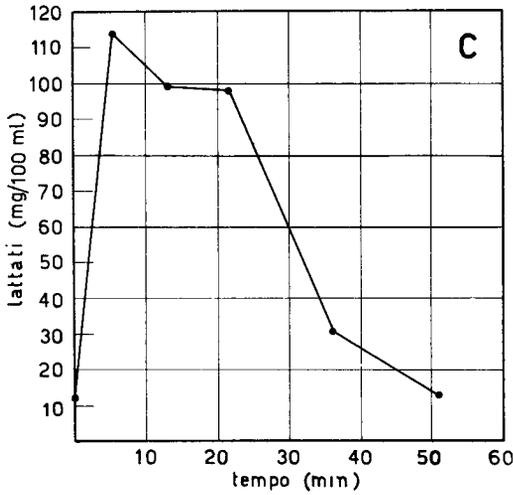
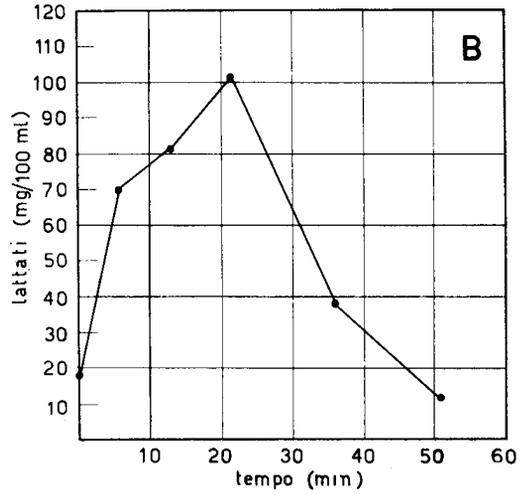
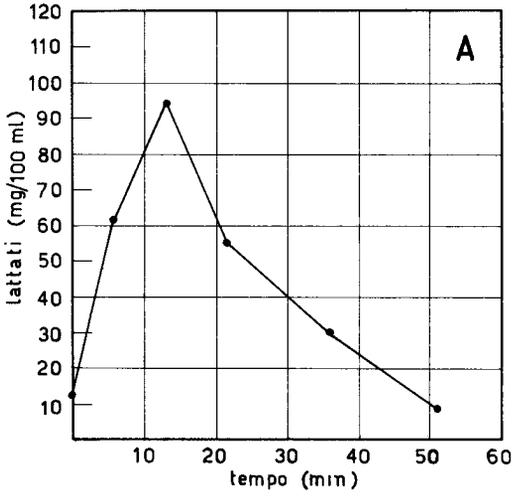
## Risultati

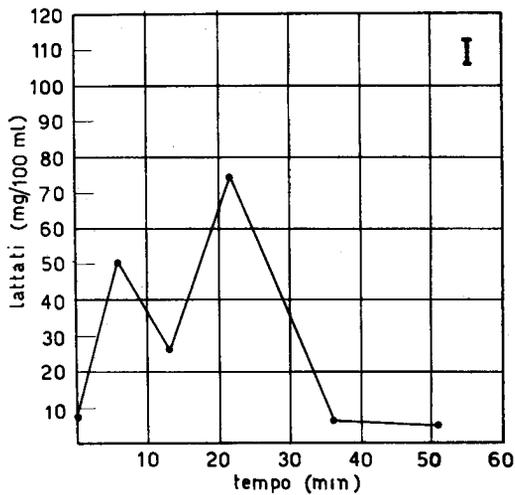
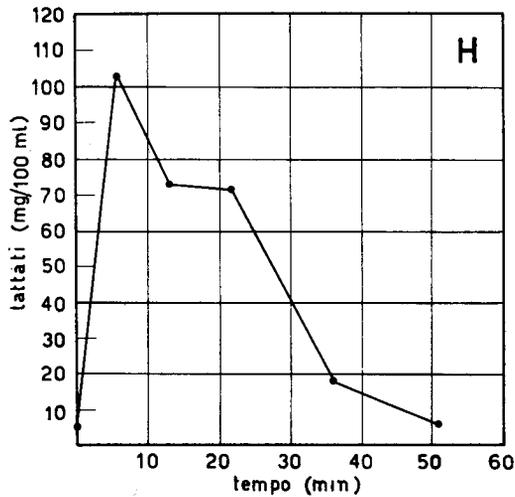
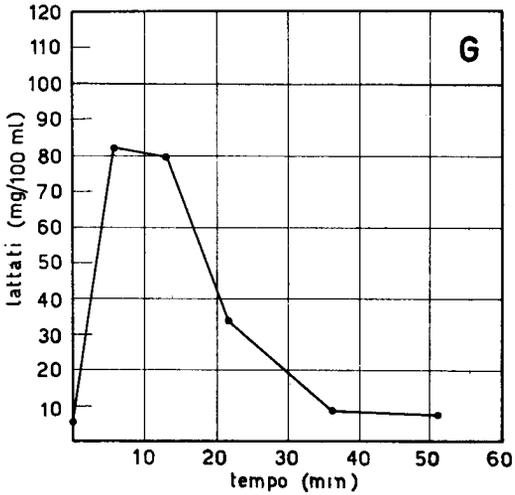
Vengono riportate di seguito le grafiche di andamento nel tempo dei livelli di lattati, atleta per atleta.

## Discussione

Già a un primo sommario esame risulta evidente un andamento delle curve da « prova acidificante » (Corbucci, Montanari) (9) analogo nei vari atleti. La diversa altezza dei picchi dipende, naturalmente, dal diverso impegno espresso dai singoli maratoneti per raggiungere e mantenere la velocità sovracritica e dalle condizioni standard di allenamento dei periodi precedenti (preparazione per la sola maratona o anche per il mezzofondo).

Test di valutazione nel maratoneta



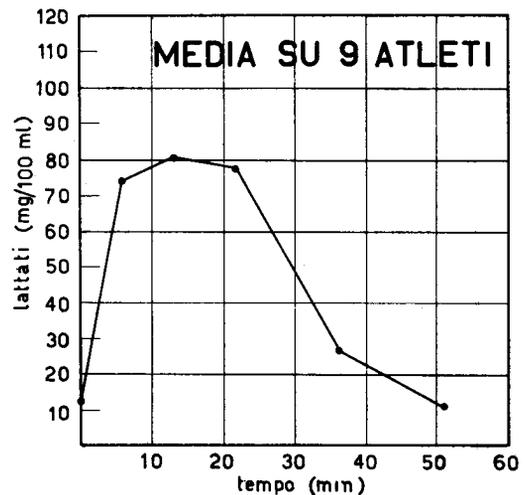


Per quanto attiene invece ai due atleti (H e I) il diverso andamento delle curve dipende dalle scadenti condizioni di forma per il primo (portatore, allora, di patologia dolorosa osteo-articolare) e, il secondo, dall'aver sbagliato il primo recupero e la seconda prova, per problemi legati a malfunzionamento dell'agocannula.

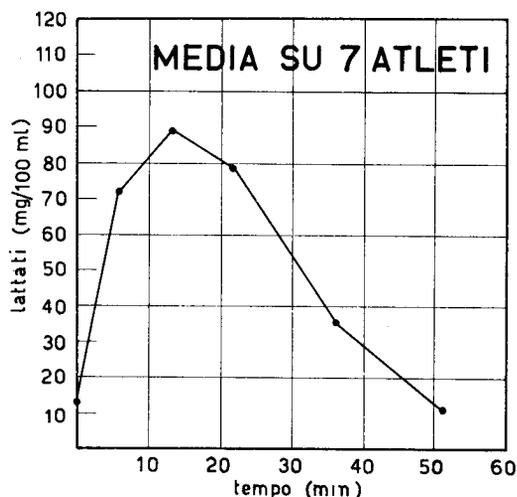
Nonostante queste variabili, imprevedibili nella stesura del protocollo e influenzanti il risultato generale con una certa significatività, non abbiamo voluto classificare come « drop out » queste due prove e le abbiamo immesse nella media generale, che riportiamo in grafico.

L'andamento della curva rivela immediatamente alcune peculiarità:

- 1) la presenza di una lattacidemia di base sempre entro i valori normali, in tutti gli atleti;
- 2) la brusca impennata (fino a c.a 7 volte il valore di base) durante la prima prova del test;
- 3) il modesto incremento (c.a 9,4%) del picco dei lattati durante la seconda prova;
- 4) il modesto ma visibile decremento della curva durante la terza prova. Que-



sto decremento diviene poi nettamente significativo (c.a 11%) qualora si depuri la media dall'inquinamento apportato dai due atleti H e I, come è evidente.



### Considerazioni

Riteniamo che i risultati ottenuti possano dare luogo ad alcune considerazioni di qualche interesse:

— la facilità e la rapidità con cui il maratoneta entra in produzione di ac. lattico a valori di velocità anche modestamente sovracritica;

— la rapidità con cui tali valori si stabilizzano, in permanenza dello sforzo sovracritico;

— e, quello che ci sembra il dato fondamentale, la capacità di smaltimento e/o riutilizzazione metabolica dell'ac. lattico che, in tempi brevi, diviene più spiccata della capacità di produzione dello stesso. E' specialmente questo ultimo dato che ci suggerirebbe una situazione di esaltazione enzimatica, in grado di aggredire con rapidità e efficienza non solo substrati legati al metabolismo aerobico, ma anche quelli di derivazione anaerobica come l'ac. lattico.

E' da mettere immediatamente in rilievo un dato che, solo in un secondo tempo, si è imposto alla nostra attenzione e cioè: gli atleti che presentavano

la curva più vicina a quella standard avevano dimostrato la migliore resistenza alla velocità nei periodi precedenti o seguenti immediatamente il test. Al contrario, quelli che si discostavano dalla curva standard accusavano problemi legati ai ritmi di allenamento e non portavano a termine le gare di maratona (nel periodo già indicato) o giungevano al traguardo molto provati.

A questo punto si imponeva una seria verifica del dato riscontrato; noi l'abbiamo effettuata per il periodo di sei mesi, confrontando i risultati del « test acidificante » con:

— risultati atletici, specialmente attinenti a resistenza alla velocità;

— rientro nello standard abbinato a miglioramento di durata, per gli atleti che ne erano fuori;

— uscita dallo standard abbinata a scadimento di durata, per gli atleti inizialmente dentro.

La rilevazione dei dati anzidetti, in pieno periodo di gare, ha puntualmente confermato la nostra impressione primitiva per cui, pur continuando la verifica onde accrescere la significatività statistica, ci sentiamo fin d'ora rassicurati nel considerare il « test acidificante » come un utile indice di valutazione della condizione di allenamento del maratoneta.

Il nostro desiderio di verifica si è spinto ancora oltre, fino a decidere di mettere in comparazione il nostro test con un test fisiologico già sperimentato, basato sul comportamento della frequenza cardiaca durante uno sforzo programmato (Conconi).

La verifica è stata effettuata in collaborazione con una équipe dell'Istituto di Biochimica dell'Università di Ferrara.

Mentre noi ci occupavamo della parte relativa a scansioni dei tempi e a prelievi ematici per il dosaggio dei lattati, secondo il nostro schema di sforzo, l'équipe di Ferrara procedeva alla rilevazione delle frequenze cardiache mediante registratore elettrocardiografico portatile (mini-holter).

Il risultato della comparazione dei dati si è risolto nella individuazione di una coincidenza fra massimo incremento dei lattati (relativi quindi alla prima dop-

pietta di sforzo) e flessione della curva delle frequenze. Questo risultato potrebbe essere legato, a nostro avviso, allo spostamento verso destra della curva di dissociazione dell'O<sub>2</sub> in presenza di una diminuzione del pH per accumulo di ac. lattico (Mitchell, Sproule, ecc.).

Questo risultato non ci è sembrato comunque di grande interesse rispetto ai nostri scopi; infatti, il nostro interesse è incentrato soprattutto sulla seconda parte della curva, cioè quella discendente. Da questa parte infatti possiamo ricavare la capacità metabolica dell'atleta nei confronti dei prodotti dell'anaerobiosi.

Sempre da questa parte riteniamo sarà possibile ricavare anche un indice di resistenza alla velocità, quando una più numerosa casistica ci permetterà di individuare tale indice con uno scarto statisticamente accettabile.

Siamo perfettamente consapevoli del fatto che i risultati ottenuti e le idee che ne abbiamo desunto desteranno notevoli perplessità per la loro eterodossia; a tale uopo possiamo solamente riaffermare che:

#### a) *sul piano metodologico*

— il protocollo seguito è esattamente esposto nel testo del lavoro;

— i soggetti sottoposti a test erano atleti selezionati, di livello nazionale;

— la sperimentazione è stata eseguita alla presenza dei Tecnici Responsabili della squadra nazionale di maratona, che hanno personalmente cronometrato i tempi.

#### b) *sul piano scientifico-valutativo*

— l'acquisizione del dato che la produzione di acido lattico è indice di lavoro e non di fatica (10), dovrebbe indurre a ripensamenti su numerose affermazioni precedenti;

— le tecniche di allenamento usate, anche se conducono al risultato di coinvolgere il metabolismo anaerobico lattacido, sono certamente esatte poiché gli inoppugnabili risultati di gara non sono la migliore riprova.

Pertanto sembrerebbe logico concludere che l'opera dei Tecnici sportivi ha ottenuto i risultati voluti, nonostante

il fatto che le basi scientifiche suggerite potrebbero risultare non completamente rispondenti alla realtà.

Al di là di queste considerazioni, che verranno certamente meglio chiarite da successivi studi, resta il fatto che una corretta utilizzazione del « test acidificante » può fornire al Tecnico valide indicazioni, quali:

— utilità di intraprendere un programma di allenamento per « resistenza alla velocità » in soggetti che, avvicinandosi alla media parabolica, dimostrino un atteggiamento metabolico (compliance metabolica) recettivo;

— verifica dei progressi ottenuti, a livello metabolico, dopo un certo periodo di training;

— situazione di allenamento (metabolico) al termine del periodo di training programmato e prima della stagione di gare;

— individuazione di difetti (quantitativi o qualitativi) di allenamento in atleti di valore ma che presentino scadimento inspiegabile di livello prestativo, al di fuori di incidenti relativi all'apparato muscolo-scheletrico e/o all'assetto psicologico e motivazionale.

Resta inteso che le indicazioni fornite dal test assumeranno tutto intero il loro valore solamente se iscritte nel complesso bagaglio di informazioni in possesso del Tecnico sportivo. Altrettanto dicasi per le variazioni di programma di allenamento che risultasse necessario apportare; esse possono essere indicate solamente dall'allenatore, anche se scaturite da un sempre proficuo colloquio con il Medico sportivo.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) Abramson D.I., Tuck S. Jr. et al.: *Relationship between a range of tissue temperature and local oxygen uptake in the human forearm. III Changes observed after anaerobic work, in the postexercise period.* J. Clin. Invest., 37, 1126, 1958.
- (2) Arcelli E.: *Importanza di un modello teorico delle caratteristiche fisiologiche del maratoneta.* *Atleticastudi*, 7/8, 3, 1977.
- (3) Astrand P.O.: *Aerobic and anaerobic work capacity.* *Medicine and Sport*, 9, 55, 1976.
- (4) Barletta O., Bellotti P.: *L'allenamento del corridore di mezzofondo e fondo.* *Atleticastudi*, 10, 4, 1974.

- (5) Boutienko B.J.: *De quelques lois régissant l'entraînement sportif*. Document I.N.S., 380.
- (6) Chanon R.: *L'entraînement à la course*. Ed. Universitaires, 1970.
- (7) Cooper K.H.: *A means of assessing maximal O<sub>2</sub> intake*. J.A.M.A., 203, 201, 1968.
- (8) Corbucci G.G., Montanari G. et al.: *In tema di «teoria patogenetica unitaria» dello shock: attuali orientamenti e personale contributo*. Acta Anaesth., 31, 997, 1980.
- (9) Corbucci G.G., Montanari G., Cozzi M.: *Proposta di un test di valutazione del rendimento atletico basato sulla risposta piastrinica allo sforzo protratto*. In corso di pubblicazione.
- (10) Edwards H.T., Hill D.K. et al.: *Metabolic changes associated with the slowing of relaxation in fatigued mouse muscle*. J. Physiol., 251, 287, 1975.
- (11) Fitts R.H., Holloszy J.O.: *Lactate and contractile force in frog muscle during development of fatigue and recovery*. Am. J. Physiol., 231, 430, 1976.
- (12) Flandrois R., Charbonnier J.P.: *Bases physiologiques de l'entraînement à l'exercice musculaire*. Lyon Med., 238, 19, 1977.
- (13) Guillet R., Genety J. et al.: *Abrégé de médecine du Sport*. Masson Ed., Paris, 1979.
- (14) Holloszy J.O., Booth F.W.: *Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle*. Am. Rev. Physiol., 38, 273, 1976.
- (15) Kühnle H.F. et al.: *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.*, 15, 177, 1977.
- (16) Lacour J.R.: *Etude physiologique de la course à pied*, in « Les courses », Vigot Frères Ed., 1976.
- (17) Montanari G., Corbucci G.G., Cozzi M. et al.: *Variazioni nell'utilizzazione dell'O<sub>2</sub> mediante l'uso di un antinfiammatorio non steroideo*. Athleticastudi, 10/11/12, 39, 1980.
- (18) Zaciorskij V.M. *Le qualità fisiche dello sportivo*. Athleticastudi, Dicembre 1974.

#### **Indirizzo degli Autori:**

*Prof. Giuseppe Montanari  
Ospedale di Gubbio  
Piazza 24 Martiri  
06424 Gubbio (PG)*