

Alcuni test per le prove di resistenza

*(Relazione tenuta in occasione del convegno "I test di valutazione, il loro utilizzo nella programmazione dell'allenamento sportivo")
svoltosi a Lucca il 18 febbraio 1995 ed organizzata da C.R. FIDAL Toscana e G.S. Virtus Lucca*

Enrico Arcelli

Membro Comitato Tecnico Scientifico della FIDAL

Quali sono i test più utili per le prove di mezzofondo e di fondo dell'atletica leggera? E, più in generale, quali sono i test più utili per le prove cicliche con una durata compresa fra alcune decine di secondi e qualche ora, come quelle elencate nella tabella 1?

Oltre a quelli relativi ad alcune caratteristiche di forza muscolare, dei quali si occupano altri relatori, ritengo che i dati più interessanti da rilevare siano quelli che riguardano:

- (1) la spesa energetica alle diverse velocità;
- (2) l'efficienza del meccanismo energetico anaerobico lattacido;
- (3) l'efficienza del meccanismo energetico aerobico.

1) LA SPESA ENERGETICA ALLE DIVERSE VELOCITÀ

I test che danno i valori di spesa energetica alle varie velocità, possono sicuramente essere molto utili al tecnico, soprattutto se gli danno la possibilità di apportare correzioni tecniche che determinano un calo del costo; diminuzioni della spesa apparentemente di piccola entità (per

Tabella 1 - Prove cicliche, della durata compresa fra alcune decine di secondi e qualche ora, alle quali si fa riferimento nella presente relazione

ATLETICA LEGGERA, CORSA: 400 m, 800 m, 1.500 m, 5.000 m, 10.000 m, maratona.

ATLETICA LEGGERA, MARCIA: 20 km, 50 km.

NUOTO: 100 m, 200 m, 400 m, 1.500 m.

PATTINAGGIO SU GHIACCIO: 500 m, 1.000 m, 1.500 m, 5.000 m, 10.000 m.

CANOA: 200 m, 500 m, 1.000 m.

CANOTTAGGIO: 2.000 m.

esempio dell'1 o 2 per cento) possono in realtà consentire di avere incrementi delle prestazioni che, per il tecnico, sono senza dubbio assai significativi; la tabella 2, per esempio, si riferisce alla corsa. Attualmente le valutazioni dei costi energetici sono difficilmente eseguibili, soprattutto perché richiedono attrezzature costose e personale qualificato. Sarebbe invece auspicabile che potessero venire realizzate di routine e che potessero essere anche accompagnate da indicazioni di tipo biomeccanico. Un dato molto importante è anche quello del costo energetico nell'ultima parte della competizione; in questa fase, infatti, si verifica un aumento del costo energetico in molti atleti.

Tabella 2 - Vantaggio per la prestazione determinato dal fatto di avere una corsa meno costosa dell'1 o del 2 per cento alla velocità attorno ai 20 km/h: nel primo caso un atleta, con la stessa spesa energetica, impiega 1,8 secondi in meno per ciascun km, nel secondo caso 3,5 secondi in meno.

	velocità km/h	tempo per km	
		min	sec
con la spesa iniziale	20,000	3	00
spesa ridotta dell'1%	20,200	2	58,2
spesa ridotta del 2%	20,400	2	56,5

2) TEST PER LA VALUTAZIONE DEL MECCANISMO ANAEROBICO LATTACIDO

Del meccanismo anaerobico lattacido possono essere presi in considerazione:

- il valore più elevato che viene raggiunto dopo un singolo sforzo alla massima intensità (picco), in particolare dopo una gara o dopo un singolo sforzo di allenamento;
- l'andamento dello smaltimento del lattato nel periodo successivo a un impegno che ha portato alla produzione di una discreta o di una elevata quantità di lattato.

La figura 1 indica l'andamento della concentrazione nel sangue del lattato nel periodo successivo ad uno sforzo della durata di alcune o varie decine di secondi; al picco del lattato si arriva dopo qualche minuto; tale tempo è necessario per far sì che si raggiunga un equilibrio fra la concentrazione di lattato dentro ai muscoli che lo hanno prodotto e quella nel sangue.

Sempre nella figura 1 si nota che, dopo che è stato toccato il picco, la concentrazione del lattato nel sangue comincia a decrescere dal momento che il lattato stesso esce dal sangue e viene utilizzato dalle fibre muscolari (prevalentemente da quelle lente, ossia di tipo ST), dal miocardio, dal fegato e dai reni.

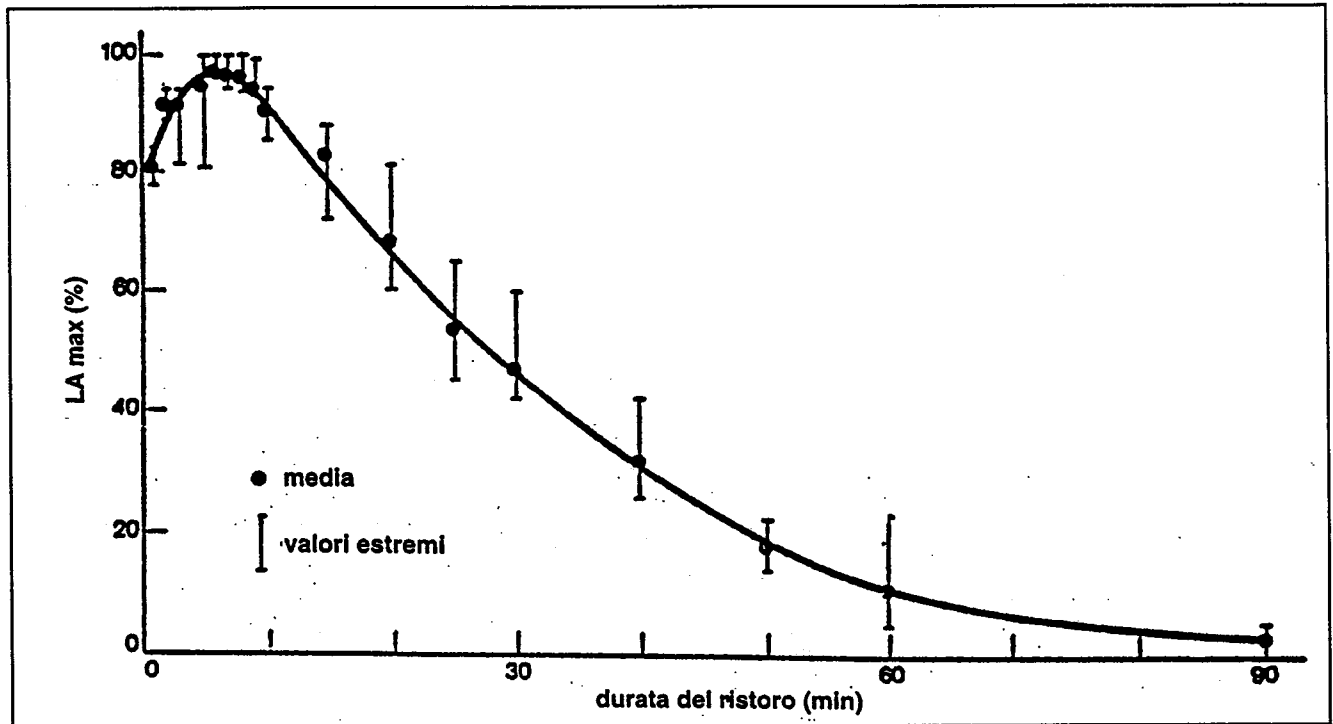


Figura 1 - Andamento della concentrazione del lattato nel sangue (espressa come percentuale del valore massimo rilevato) durante il ristoro, espresso in minuti; il tempo zero corrisponde alla cessazione dello sforzo (da: di Prampero, 1985).

2.1 IL PICCO DEL LATTATO

C'è da tenere presente che, in base ai dati della letteratura, si può affermare che le prove di corsa dei 400, degli 800 e dei 1.500 metri dell'atletica leggera sono quelle nelle quali si hanno i picchi di lattato più alti (fig. 2). In linea di massima si può dire (Arcelli 1995) che le più elevate concentrazioni di lattato si hanno quando il gesto tecnico fa intervenire una notevole massa muscolare; è per questo che nella corsa e nel canottaggio, i picchi di lattato sono sensibilmente più elevati (fig. 2) di quelli del nuoto o della canoa, discipline nelle quali i muscoli più impegnati, quelli della parte alta del tronco, hanno una massa ridotta. Per la precisione ciò che conta è il rapporto fra la massa dei muscoli che producono lattato e la massa ematica. Ai fini del raggiungimento di alti picchi di lattato nel sangue, molto importante è naturalmente anche il fatto di possedere muscoli con un'alta percentuale di fibre veloci glicolitiche (FTG).

Le donne ai più alti livelli mondiali producono tanto lattato quanto i migliori uomini, come si dirà più avanti.

2.1.1 Il picco del lattato ematico dopo un test di allenamento

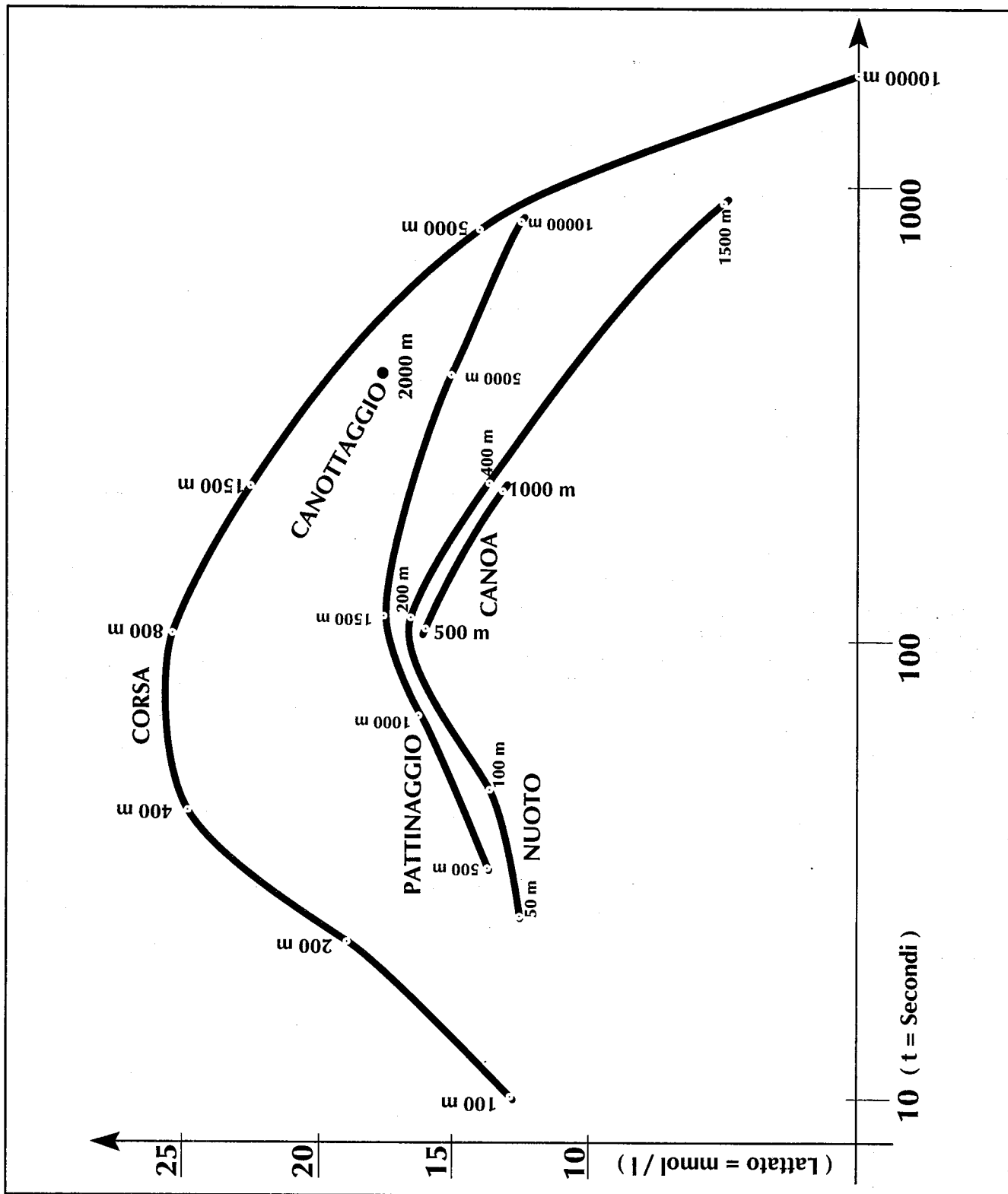
Ha senso confrontare il picco del lattato ematico trovato in un certo atleta soltanto con quelli trovati in passato nel-

lo stesso atleta (o in altri atleti) dopo un lavoro dello stesso tipo. Se, per esempio, si eseguono varie prove ad alcuni minuti di distanza l'una dall'altra e ciascuna di esse determina la produzione di lattato nei muscoli, il picco del lattato nel sangue è sensibilmente più elevato di quello che si avrebbe se venisse fatta una sola prova. Non avrebbe senso, quindi, confrontare fra di essi i dati di lattato determinati dopo che sono state eseguite certe distanze con certi intervalli con quelli rilevati dopo una prova singola, ma anche con varie prove eseguite con schemi differenti (per il numero delle prove o per la distanza compiuta o per l'intervallo fra una prova e l'altra) nei confronti di quelli con i quali si vuole fare il paragone. In ogni caso, per avere un dato più significativo, si ritiene consigliabile compiere una sola prova della durata di poche decine di secondi (nel caso della corsa, per esempio, i 300 metri) con il massimo impegno.

2.1.2 Concentrazioni di lattato ematico nei 400, negli 800 e nei 1.500 metri dell'Atletica Leggera

Nel caso dell'Atletica - in base a quanto si è detto - le prove nelle quali si raggiungono le più alte concentrazioni di lattato sono quelle che durano da poche decine di secondi a pochi minuti. In genere gli atleti raggiungono picchi di lattato più alti dopo la gara che dopo un test di allenamento. In ogni caso, le concentrazioni del lattato nel

Figura 2 - Concentrazione massima di lattato nel sangue (in millimoli per litro), in funzione della durata della gara (in secondi) rilevata da vari ricercatori in diverse prove di cinque differenti discipline sportive, corsa, canottaggio, pattinaggio su ghiaccio, nuoto e canoa. Da Arcelli 1995.



sangue sono mediamente tanto più elevate quanto migliore è la prestazione. Gli atleti di maggiore livello, infatti, sanno ricavare una maggiore quantità di energie dal meccanismo energetico anaerobico lattacido. Nelle tabelle 3, 4 e 5, per esempio, si nota come i valori del lattato ematico si abbassino passando da prestazioni di livello mondia-

Tabella 3 - Concentrazione media di lattato ematico (in mmol/l) in funzione del tempo ottenuto nei 400 m dagli atleti (seconda colonna) e dalle atlete (terza colonna).

tempi min sec	lattato uomini mmol/l	lattato donne mmol/l
44	25,7	---
46	22,2	---
48	19,0	26,4
50	16,1	23,5
52	13,4	20,7
54	10,9	18,2
56	8,6	15,9
58	6,4	13,7
60	4,4	11,7

Tabella 4 - Concentrazione media di lattato ematico (in mmol/l) in funzione del tempo ottenuto nei 800 m dagli atleti (seconda colonna) e dalle atlete (terza colonna).

tempi min sec	lattato uomini mmol/l	lattato donne mmol/l
1: 42	25,8	---
1: 46	23,2	---
1: 50	20,7	---
1: 54	18,5	25,6
1: 58	16,3	23,5
2: 02	14,4	21,5
2: 06	12,5	19,6
2: 10	10,8	16,9
2: 14	9,1	16,3
2: 18	7,6	14,8

Tabella 5 - Concentrazione media di lattato ematico (in mmol/l) in funzione del tempo ottenuto nel 1.500 m, dagli atleti (seconda colonna) e dalle atlete (terza colonna).

tempi min sec	lattato uomini mmol/l	lattato donne mmol/l
3: 30	23,7	---
3: 40	20,6	---
3: 50	17,9	24,1
4: 00	15,5	21,7
4: 10	13,3	19,5
4: 20	11,4	17,4
4: 30	9,6	15,5
4: 40	8,0	13,7
4: 50	6,5	12,0

le, a prestazioni di livello nazionale e, infine, a prestazioni decisamente modeste. In tali tabelle si vede anche come, a parità di tempo ottenuto, le donne abbiano valori sensibilmente più alti. I dati di tali tabelle, comunque, andranno confermati attraverso la raccolta diretta di valori su atleti di diverso valore; essi, infatti, sono ottenuti (Arcelli, 1994) partendo da estrapolazioni da quelle di Lacour e coll. (1990); in letteratura, del resto, non sono disponibili molti dati di questo tipo.

2.1.3 L'intervallo fra il termine della gara e il picco del lattato

Secondo P.L. Fiorella (comunicazione personale), questo è normalmente il ritardo con il quale viene raggiunto il picco del lattato nelle corse dell'atletica leggera:

- fra i 2 e i 4 minuti nelle gare di sprint breve al coperto, nei 100 metri e nei 110 metri con ostacoli;
- fra i 4 e gli 8 minuti nelle gare di velocità dei 200 e dei 400 metri;
- fra i 4 e i 6 minuti se l'andatura è costante (oppure qualche minuto più tardi se la gara è tattica e c'è lo sprint finale) nelle gare del mezzofondo veloce (800 e 1.500 metri);
- già immediatamente dopo l'arrivo nelle prove che durano vari minuti e sono corse a velocità costante.

2.2 LA CONCENTRAZIONE EMATICA DEL LATTATO NEL RECUPERO

Negli atleti può avere un notevole interesse anche la valutazione di come si abbassa la concentrazione ematica del lattato nelle fasi di recupero dopo una gara (o dopo un test), soprattutto perché una eliminazione del lattato più lenta del normale può indicare una scarsa efficienza di alcune componenti del meccanismo aerobico. Anche in questo caso può essere utile in uno stesso atleta il confronto fra l'andamento della scomparsa del lattato dal sangue in due momenti diversi della stagione o in due diverse stagioni.

3. TEST DI VALUTAZIONE PER IL MECCANISMO ENERGETICO AEROBICO

Fra i test di valutazione per il meccanismo energetico aerobico, i principali sono quelli che riguardano il massimo consumo di ossigeno, la soglia aerobica e la soglia anaerobica.

Il dato fisiologico che per anni è stato il principale fra quelli valutati dai fisiologi agli atleti praticanti discipline di resistenza è stato quello del massimo consumo di ossigeno; fino a qualche tempo fa, la valutazione diretta di esso è stata fatta esclusivamente in laboratorio, mentre ora è possibile eseguirla anche sul campo; essa, però, richiede apparecchiature costose.

Per il tecnico, comunque, sono più utili altri test da campo che, per di più, hanno anche il vantaggio di potere essere eseguiti con maggiore facilità. Mi riferisco in particolare al test di Conconi (del quale si occuperà un altro relatore) e al test di Faraggiana - Gigliotti.

Vorrei altresì proporre un test molto semplice, da eseguire a tavolino, che è derivato da quello di Moritani e che può dare qualche utile informazione al tecnico quando non ha la possibilità di eseguire altri test.

3.1 IL TEST DI FARAGGIANA-GIGLIOTTI

Questo test (Faraggiana D. 1991; Arcelli E. 1989) è stato applicato ai corridori (mezzofondo e fondo) e ai marciatori. Consiste nel compiere su pista 4 o 5 volte una certa distanza, in genere i 2.000 metri nei migliori corridori e, invece, distanze più brevi negli altri corridori e nei marciatori. Ciascuna prova viene corsa a velocità costante; ogni successiva prova, però, viene corsa più velocemente della precedente; all'atleta viene rilevata la frequenza cardiaca per tutta la durata del test e viene fatto, al termine di ciascuna prova, un prelievo di sangue per valutare la concentrazione in esso del lattato.

3.1.1 La scelta della distanza

La durata di ciascuna prova deve essere di almeno 5 - 6

minuti per far sì che si crei un equilibrio fra il lattato muscolare e quello del sangue. Per il corridore di buon livello ciò significa che la distanza da scegliere sarà quella dei 2.000 metri; le ragazze più giovani potranno fare i 1.600 metri e lo stesso vale per i marciatori. È preferibile non scegliere distanze (per esempio i 1.500 metri) che non corrispondono a un numero intero di giri; è infatti preferibile che i prelievi di sangue possano essere eseguiti sempre nello stesso punto della pista.

3.1.2 La scelta del numero delle prove e delle andature da tenere in ciascuna prova

Nel caso degli atleti del mezzofondo veloce (o di un giovane marciatore o di una marciatrice) è importante soprattutto la determinazione della soglia anaerobica, quella corrispondente a una concentrazione di lattato nel sangue di 4 millimoli per litro (mmol/l); le prove potranno essere cinque o, negli atleti meno allenati, anche soltanto quattro; in ogni caso, l'ultima prova deve essere sicuramente corsa a una velocità più alta di quella che corrisponde a tale soglia. Nel caso dei corridori delle distanze più lunghe (in particolare dei maratoneti) e dei marciatori seniores è necessario determinare anche la soglia aerobica (2 mmol/l); soltanto nell'ultima prova questi atleti devono correre a livello delle 4 mmol/l o appena sopra. In ogni caso ogni successiva prova deve essere corsa, in linea di massima, a un'andatura di 5 secondi per km più veloce della precedente. Se si fa riferimento ai 2.000 metri e a un dato corridore che ha una presumibile velocità di soglia anaerobica attorno ai 18,5 km/h (pari a un'andatura di circa 3'15" per km), se è mezzofondista la penultima prova — ossia la terza quando le prove sono quattro o la quarta se le prove sono cinque — dovrà essere completata in 6'30"; le prove dovranno essere corse in questi tempi: 7'00" - 6'50" - 6'40" - 6'30" - 6'20"; se si deciderà per l'esecuzione di solo quattro prove, dovrà essere abolita quella in 7'00". Il corridore delle distanze lunghe, invece, farà cinque prove, l'ultima delle quali a 6'30", ossia in questi tempi: 7'10" - 7'00" - 6'50" - 6'40" - 6'30"; in questo caso è molto probabile che vengano trovati sia i valori di soglia aerobica che quelli di soglia anaerobica.

3.1.3 L'esecuzione di ciascuna prova

È importante che ciascuna prova venga corsa con l'andatura il più possibile costante. Esistono cardiografizzatori che possono essere programmati per dare un segnale acustico a intervalli ben precisi; se sulla pista vengono posti dei segnali (per esempio birilli) ogni 25 metri, l'atleta può così essere aiutato a tenere un'andatura assolutamente costante. Un'alternativa può essere quella di calcolare i tempi di passaggio ogni 200 metri e di segnalare poi all'atleta l'anticipo o il ritardo rispetto a quei tempi.

3.1.4 Intervallo per il prelievo

In genere sono sufficienti poche decine di secondi per effettuare il prelievo di sangue. I risultati del test non vengono alterati se l'intervallo è compreso fra i 20 e i 50 secondi.

3.1.5 Elaborazione dei dati

Dai tempi effettivamente realizzati dall'atleta (tabelle 6 e 7), si risale alla sua velocità media in ciascuna prova e si fa poi un grafico che ha in ascissa la velocità (in km/h), nell'ordinata di sinistra la concentrazione del lattato (in mmol/l) ed eventualmente nell'ordinata di destra la frequenza cardiaca registrata nelle ultime decine di secondi di ciascuna prova (in battiti per minuto). I singoli punti

della concentrazione del lattato vengono uniti l'uno all'altro da una curva; vengono considerate pari a 2 mmol/l la soglia aerobica e a 4 mmol/l la soglia anaerobica; vengono poi calcolate le corrispondenti velocità (fig. 3). Anche i punti della frequenza cardiaca possono venire da una curva per potere calcolare i dati di frequenza cardiaca alla soglia aerobica e a quella anaerobica.

3.2 PROPOSTA PER LA DETERMINAZIONE DELLA SOGLIA ANAEROBICA ATTRAVERSO UN TEST DA TAVOLINO

Con il test di Moritani, grazie a un grafico come quello della fig. 4 che abbia in ascissa la distanza (in metri) e in ordinata il tempo (in secondi), è possibile calcolare in un dato corridore dell'atletica (Arcelli, 1989) la "velocità cri-

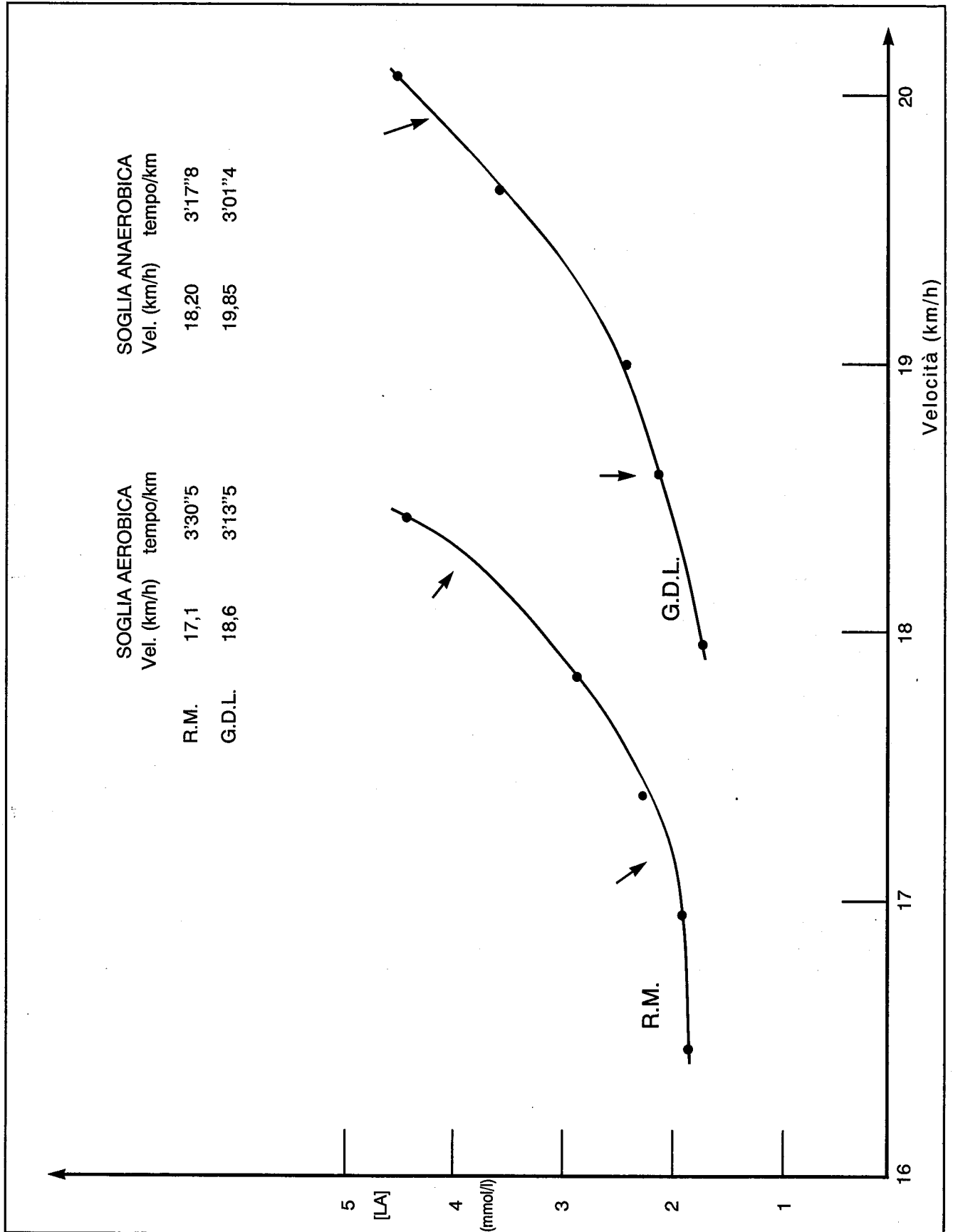
Tabella 6 - Per il soggetto R.M. vengono indicati i tempi impiegati effettivamente nelle cinque prove di 2.000 metri, le velocità medie, la concentrazione di lattato al termine di ciascuna prova e la frequenza cardiaca nell'ultimo tratto della prova stessa. I dati di concentrazione di lattato sono stati utilizzati per costruire la curva di sinistra della fig. 3.

tempo sui 2.000 m min sec	velocità media km/h	concentrazione del lattato nel sangue mmol/l	frequenza cardiaca puls/min
7' 20"	16,364	1,8	157
7' 06"	16,901	1,9	163
6' 56"	17,308	2,4	169
6' 45"	17,778	2,8	174
6' 33"	18,321	4,5	179

Tabella 7 - Per il soggetto G.D.L. vengono indicati i tempi effettivamente impiegati nelle cinque prove di 2.000 metri, le velocità medie, la concentrazione di lattato al termine di ciascuna prova e le frequenze cardiache nell'ultimo tratto della prova stessa. I dati di concentrazione di lattato sono stati utilizzati per costruire la curva di destra della fig. 3.

tempo sui 2.000 m min sec	velocità media km/h	concentrazione del lattato nel sangue mmol/l	frequenza cardiaca puls/min
6' 41"	17,955	1,7	146
6' 27"	18,605	2,0	158
6' 19"	18,997	2,3	163
6' 08"	19,565	3,3	169
5' 59"	20,056	4,5	173

Figura 3



tica", una velocità che è molto vicina a quella della soglia anaerobica e che è, in pratica, la pendenza della retta che unisce fra di loro i punti che rappresentano i tempi ottenuti sulle varie distanze.

La fig. 4, per esempio, fa riferimento a due corridori dell'atletica, per uno dei quali (Henry Rono, tab. 8) è possibile calcolare una "velocità critica" di circa 21 km/h, mentre per un altro (amatore, tab. 9) la "velocità critica" risulta essere di 15,2 km/h.

Quella che propongo è una semplificazione di tale test; in essa non occorre neppure fare ricorso a un grafico, ma è sufficiente applicare una formula e fare dei calcoli piuttosto semplici.

3.2.1 I dati di partenza

I dati che servono per tale test, sono i

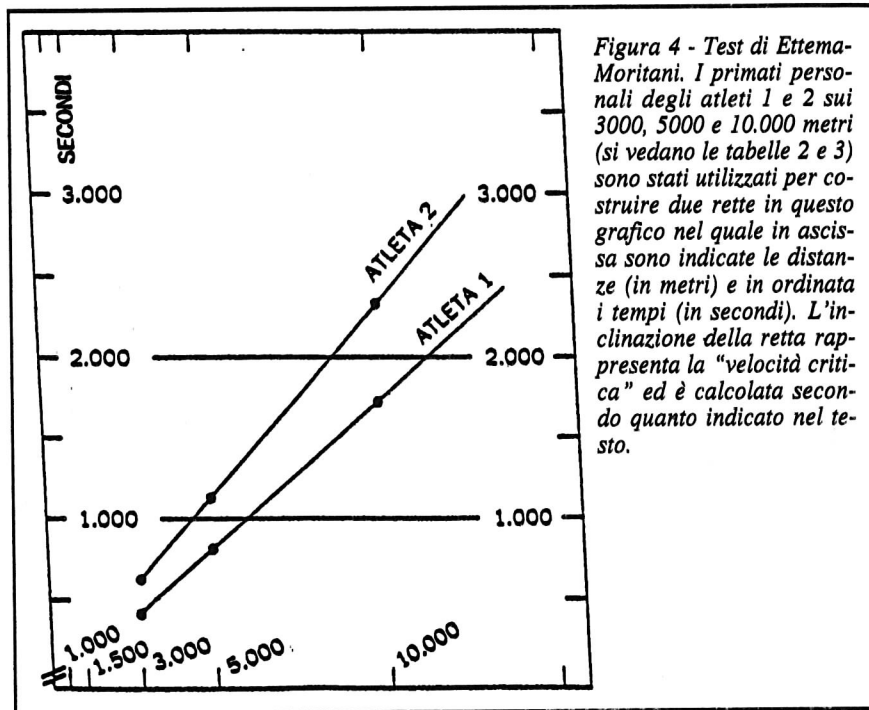


Figura 4 - Test di Ettema-Moritani. I primati personali degli atleti 1 e 2 sui 3000, 5000 e 10.000 metri (si vedano le tabelle 2 e 3) sono stati utilizzati per costruire due rette in questo grafico nel quale in ascissa sono indicate le distanze (in metri) e in ordinata i tempi (in secondi). L'inclinazione della retta rappresenta la "velocità critica" ed è calcolata secondo quanto indicato nel testo.

Tabella 8 - I primati personali dell'atleta 1 (il keniano Henry Rono) sui 3.000, 5.000 e 10.000 metri — che nel 1978 costituirono altrettanti record del mondo — vengono espressi in secondi (terza colonna); di essi viene calcolata la velocità media (quarta colonna).

Distanza (metri)	Primato personale		Velocità (km/ora)
	(min e sec)	(sec)	
3.000	7'32"1	452,1	23,889
5.000	13'08"4	788,4	22,831
10.000	27'22"3	1642,3	21,920

Tabella 9 - I migliori tempi dell'atleta 2 sui 3.000, 5.000 e 10.000 metri (seconda colonna) vengono espressi in secondi (terza colonna); di essi è calcolata la velocità media in km/ora (quarta colonna).

Distanza (metri)	Primato personale		Velocità (km/ora)
	(min e sec)	(sec)	
3.000	10'46"	646	16,718
5.000	18'21"	1101	16,349
10.000	38'36"	2316	15,544

tempi impiegati su due distanze diverse; la più breve di tali distanze deve essere di almeno 400 metri, meglio ancora se di 500 o 600 metri; la più lunga deve essere di 200 metri (meglio però di 400 metri) più lunga. Si può fare riferimento ai primati personali ottenuti in gara oppure a test di allenamento; è importante che siano stati ottenuti in date vicine, per esempio in un ambito di 4 settimane, e che esprimano il vero valore dell'atleta (i tempi ottenuti in una gara "tattica" vanno scartati, così come quelli di un test di allenamento eseguito senza il massimo impegno).

3.2.2 L'elaborazione dei dati

Le distanze devono essere espresse in metri e i tempi in secondi (2'03"5 sugli 800 metri, dunque, deve essere indicato con 123,5 secondi). La formula per calcolare la "velocità critica" (in metri al secondo) è questa:

$$\text{velocità critica} = \frac{\text{distanza lunga (m)} - \text{distanza breve (m)}}{\text{tempo maggiore (sec)} - \text{tempo minore (sec)}}$$

Se si vuole avere la velocità critica in km/h, è sufficiente moltiplicare il valore in m/sec per 3,6.

È anche possibile calcolare la "capacità di lavoro anaerobico", in pratica i metri di corsa che possono essere compiuti con l'utilizzo dei meccanismi energetici anaerobici; si deve inserire il valore di "velocità critica" (in m/sec.) in questa formula:

$$\text{capacità di lavoro anaerobico (m)} = \text{distanza lunga (m)} - [\text{velocità critica (m/sec)} \times \text{tempo maggiore (sec)}]$$

3.2.3 Quando è il caso di utilizzare questo test

Ha senso utilizzare questo test quando non si hanno gli strumenti necessari (cardiofrequenzimetro e/o apparecchio per la determinazione della concentrazione del lattato) o in ogni caso non si ha la possibilità di compiere i test da campo come quello di Conconi o di Faraggiana - Gigliotti. Sebbene con la calcolatrice si abbiano velocità ben precise e con molti decimali, i dati ricavati vanno sempre presi con molto buon senso. Sono in corso ricerche per confrontare i dati ottenuti con tale test con quelli ricavati con altri test.

BIBLIOGRAFIA

- ARCELLI E.: "La maratona: allenamento e alimentazione", edizioni Correre, Milano 1989;
 ARCELLI E.: "La spesa energetica totale e il lavoro lattacido negli 800 m." *Atletica Leggera*, n. 412, pagg. 23 - 26, settembre 1994;
 ARCELLI E.: "Acido lattico: quello che l'allenatore deve sapere", edizioni di *Atletica Leggera*, Vigevano 1995;
 FARAGGIANA D.: Evaluation of the state of efficiency of maratonists. Relazione tenuta a Vierumaki, al XVI Congresso dell'Associazione Europea dei Tecnici di Atletica (E.A.C.A.), gennaio 1991;
 LACOUR J.R., BOUVAT E., BARTHELEMY J.C.: Post-competition blood lactate concentration as indicator of anaerobic energy expenditure during 400 m and 800 m races. *Eur. J. Appl. Physiol.*, &1: 172 - 176, 1990.

*Indirizzo dell'Autore:
 Enrico Arcelli
 Via G.B. Vico, 5
 21100 Varese*