

S

2012/3-4

studi e statistiche  
management

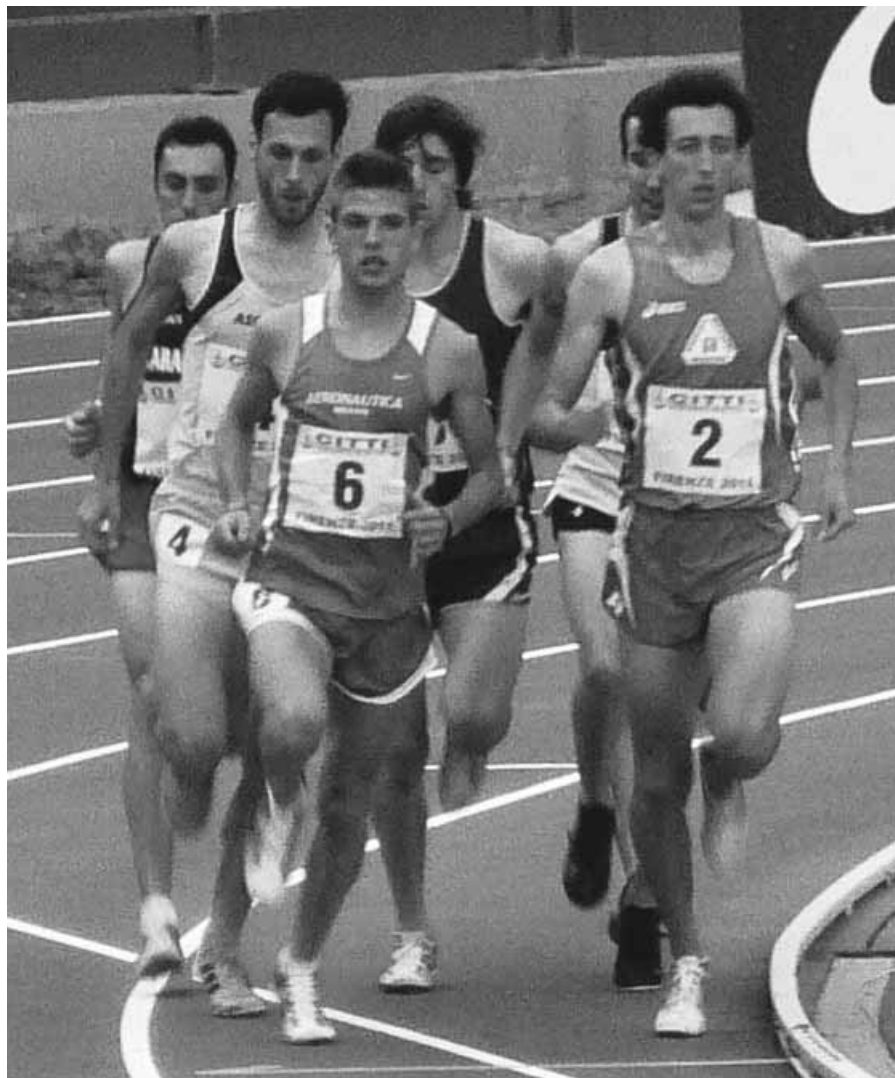
## Il meccanismo energetico lattacido nei 1500 metri

Enrico Arcelli<sup>(1)</sup>, Fabrizio Anselmo<sup>(2)</sup>, Ivan Ferraresi<sup>(3)</sup>, Gloria Carrara<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano

<sup>(2)</sup> Laurea in Scienze e Tecniche delle Attività fisiche e sportive, Université de Bourgogne-Dijone; tecnico specialista del mezzofondo

<sup>(3)</sup> Laurea magistrale in Scienze dello Sport, Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano



Questo articolo si occupa degli aspetti energetici della corsa dei 1500 m, in particolare di quelli relativi al meccanismo anaerobico lattacido. L'obiettivo primario di questa ricerca, condotta su 17 mezzofondisti di differente valore tecnico, è il calcolo del contributo alla spesa energetica partendo dal valore della concentrazione ematica del lattato, riscontrata al termine della gara. Viene altresì valutata la potenza lattacida media. In 13 mezzofondisti il lattato ematico è stato valutato anche dopo prove di 500 m e di 1000 m effettuate in allenamento, in due giorni differenti, alla stessa andatura tenuta in gara.

### Materiale e metodi

#### SOGGETTI

Nella Tabella 1 sono riportati i dati di età, peso corporeo e statura dei soggetti. Si tratta di 17 atleti agonisti con un valore tecnico molto vario, come era noto già prima della competizione in base ai loro primati personali sui 1500 m.

#### VALUTAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE EMATICA DEL LATTATO.

Un campione di lattato ematico è stato prelevato dal lobo dell'orecchio o ad un polpastrello di un dito a tutti e 17 i soggetti pochi minuti prima della competizione e 3 e 6 minuti dopo il termine di essa. Entro i 14 giorni successivi, 13 di loro hanno compiuto in allenamento, a distanza di pochi giorni, una prova di 500 m ed una di 1000 m ad un ritmo del tutto simile a quello tenuto nella competizione. Anche in questo caso, è sta-

	ETÀ (anni)	PESO (kg)	STATURA (cm)
1	23	62	179
2	28	61	176
3	27	66	185
4	31	76	187
5	24	60	175
6	24	66	184
7	36	73	186
8	29	73	183
9	36	63	178
10	20	62	178
11	19	63	175
12	19	57	177
13	22	73	183
14	21	56	173
15	19	63	175
16	19	75	180
17	19	64	164
MEDIA	24,5	65,5	178,7
SD	5,8	6,3	5,8
SEM	1,4	1,7	1,5

Tabella 1. Misure antropometriche (età, statura e peso corporeo) dei 17 soggetti valutati. Nelle ultime tre righe sono indicati la media, la deviazione standard (SD) e l'errore standard della media (SEM).



ta prelevata ed analizzata una goccia di sangue (sempre col medesimo protocollo temporale di 3 e 6 minuti). Nelle varie rilevazioni, il sangue è stato analizzato tanto con il lattometro LactatePro della ditta Arkay, quanto con l'Accusport della Roche Diagnostics (Schweiz). Tra i valori ottenuti di concentrazione ematica di lattato, si è tenuto conto di quello più elevato.

#### CONTRIBUTO ENERGETICO DEL MECCANISMO LATTACIDO.

Dal valore della concentrazione ematica di lattato è possibile calcolare il contributo del meccanismo energetico lattacido. Esso è ricavato moltiplicando l'incremento della concentrazione di lattato nel sangue rispetto al livello basale (qui considerato pari a 1 mmol/L, come indicato da Lacour et al., 1990, e da Hill, 1999) per l'*equivalente calorico del lattato*, pari, secondo di Prampero (1981) a 3 mL/kg per ciascuna mmol/L. In pratica, il contributo energetico del meccanismo lattacido, in mL/kg, si ottiene togliendo 1 al valore del lattato (in mmol/L) e moltiplicando per 3.

#### POTENZA LATTACIDA.

La potenza lattacida (in mL/kg/min), si ottiene, invece, dividendo il contributo energetico del meccanismo lattacido per la prestazione ottenuta in gara espressa in minuti, vale a dire per il tempo in secondi diviso per 60.

#### SPESA ENERGETICA TOTALE PER CORRERE

LA DISTANZA DEI 1500 METRI.  
La spesa per percorrere i 1500 m, è stata ottenuta con la formula di Rittweger et al. (2009),

secondo cui la spesa energetica totale, espressa in joule per chilogrammo di peso corporeo (J/kg), per percorrere una certa distanza (in m) è data dalla somma di tre componenti:

- il costo non aerodinamico,  $E_{na}$ ; esso è pari a 3,8 per la distanza in metri; nei 1500 m questa componente è uguale a  $3,8 \times 1500 \text{ J/kg} = 5700 \text{ J/kg}$ ; secondo di Prampero (1985). Il costo non aerodinamico è pari all'energia che l'atleta spende, rispettivamente: (a) per sollevare e per accelerare il corpo ad ogni passo, nella fase di spinta; (b) per gli attriti che il piede incontra ad ogni passo; (c) per il lavoro interno; (d) per le contrazioni muscolari necessarie per mantenere la postura; e (e) per il lavoro compiuto dai muscoli respiratori e dal cuore;
- il costo per vincere la resistenza dell'aria,  $E_a$ , pari a 0,01 per la distanza  $d$  in metri e per il quadrato della velocità  $v$  (espressa in m/s); nel caso dei 1500 m, è uguale a  $15 \cdot v^2$ ;
- il costo per accelerare il corpo,  $E_k$ , pari a 2 per il quadrato della velocità, ossia a  $2 \cdot v^2$ .

Secondo Rittweger et al. (2009), perciò, la spesa totale in J/kg per correre i 400 m è data da:

$$E_{na} + E_a + E_k = 5700 + 15 \cdot v^2 + 2 \cdot v^2 = 5700 + 17 \cdot v^2$$

Quando la spesa totale sia espressa in mL/kg, questa formula diventa:

$$270,14 + 0,81 \cdot v^2$$

Soggetti	Tempo (s)	Velocità (m/s)	[La] <sub>b</sub> (mmol/L)
1	219,11	6,84	12
2	220,70	6,79	15,9
3	220,92	6,78	9,4
4	222,62	6,73	10,8
5	230,95	6,49	17,2
6	237,66	6,31	17,9
7	237,80	6,31	13,8
8	240,50	6,23	17,3
9	240,70	6,23	15,6
10	241,66	6,20	13,1
11	246,52	6,08	15
12	255,62	5,86	19,5
13	256,18	5,85	15,4
14	261,10	5,74	15,9
15	264,98	5,66	13,3
16	274,08	5,47	15,3
17	274,54	5,46	19,3
Media	243,86	6,18	15,10
SD	18,18	0,46	2,80
SEM	4,41	0,11	0,68

Tabella 2. Per i 15 soggetti, sono indicati il tempo impiegato sui 1500 m (in s), la velocità media di gara (in m/s) e il picco di concentrazione ematica di lattato dopo la prova ([La]<sub>b</sub> in mmol/L). Nelle ultime tre righe sono indicati la media, la deviazione standard (SD) e l'errore standard della media (SEM).

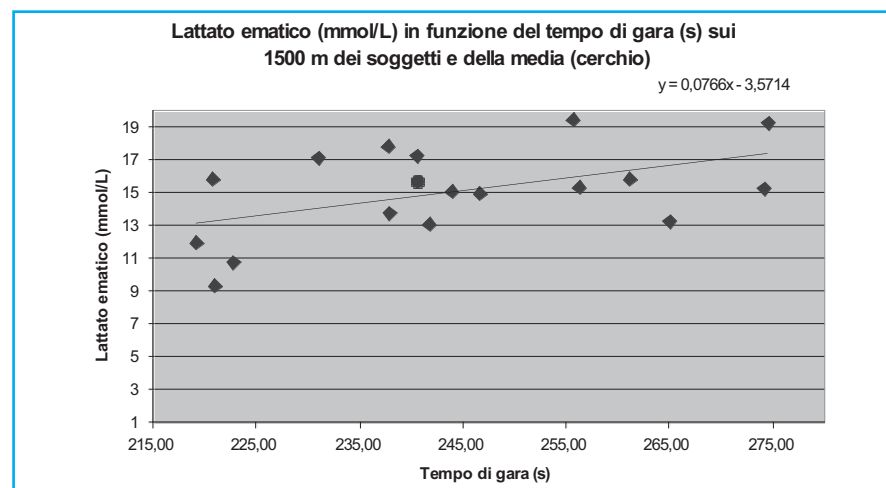


Figura 1 - Concentrazione ematica del lattato dopo i 1500 m in funzione del tempo ottenuto in gara dai 17 soggetti. Il cerchio rappresenta il valore medio di lattato ematico e di tempo di gara.

## Risultati

CONCENTRAZIONE EMATICA  
DI LATTATO DOPO LA GARA  
DEI 1500 METRI.

Nella Tabella 2 sono riportati, per ciascuno dei soggetti valutati, il tempo impiegato sui 1500 m (in s), la velocità media (in m/s) e la concentrazione ematica di lattato (in mmol/L) dopo la gara. Nella Figura 1, i dati di concentrazione ematica del lattato dopo la prova di 1500 m, sono posti in funzione del tempo ottenuto.

SPESA ENERGETICA TOTALE  
PER CORRERE I 1500 METRI,  
CONTRIBUTO DEL  
MECCANISMO ENERGETTICO  
LATTACIDO E POTENZA  
LATTACIDA.

Nella Tabella 3 sono indicati, per ciascuno dei soggetti valutati, i valori di spesa energetica totale (calcolati con la formula di Rittweger et al.-2009), il contributo energetico lattacido (espresso sia in mL/kg, sia come percentuale della spesa totale) e la potenza lattacida. La Figura 2 indica l'andamento della potenza lattacida in funzione del tempo nei 1500 m.

CONCENTRAZIONE EMATICA  
DI LATTATO DOPO LE PROVE  
DEI PARZIALI DI GARA DI 500  
E 1000 METRI.

Le Figure 3 e 4 riportano i dati di concentrazione ematica di lattato dei singoli soggetti, in funzione del tempo segnato nei 500 m e, rispettivamente, nei 1000 m corsi in allenamento. La concentrazione media di lattato dopo i 500 m (tabella 4) è significativamente inferiore a quello dei 1000 m, mentre quella dei 1000 m è

Soggetti	Spesa energetica totale (mL/kg)	Contributo lattacido (mL/kg)	Contributo lattacido (%)	Potenza lattacida (mL/kg/min)
1	307,8	33,0	10,7	9,0
2	307,3	44,7	14,5	12,2
3	307,2	25,2	8,2	6,8
4	306,6	29,4	9,6	7,9
5	304,1	48,6	16,0	12,6
6	302,2	50,7	16,8	12,8
7	302,2	38,4	12,7	9,7
8	301,4	48,9	16,2	12,2
9	301,4	43,8	14,5	10,9
10	301,1	36,3	12,1	9
11	299,9	42	14,0	10,2
12	297,8	55,5	18,6	13,0
13	297,7	43,2	14,5	10,1
14	296,7	44,7	15,1	10,3
15	296,0	36,9	12,5	8,4
16	294,2	42,9	14,6	9,4
17	294,2	54,9	18,7	12,0
MEDIA	301,1	42,3	14,1	10,4
SD	4,5	8,4	2,9	1,86
SEM	1,1	2,2	0,7	0,45

Tabella 3 - Per i 17 soggetti valutati, sono indicati la spesa totale calcolata in mL/kg con la formula di Rittweger et al. (2009), il contributo percentuale del meccanismo energetico lattacido (espresso sia in mL/kg, sia come percentuale della spesa totale) e la potenza lattacida (in mL/kg/min).

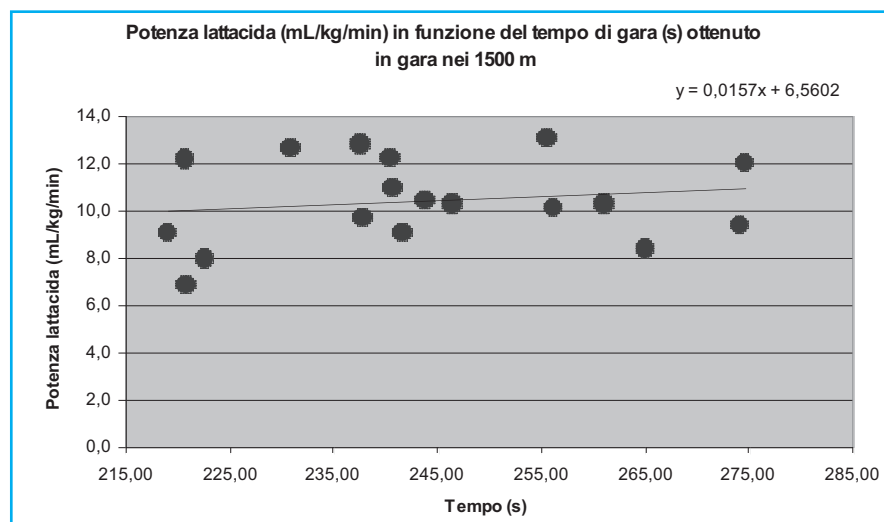


Figura 2 - Potenza lattacida in funzione del tempo ottenuto nei 1500 m dai soggetti testati quella media (mL/kg/min).



significativamente inferiore a quella dei 1500 m. La Figura 5 riporta la concentrazione ematica, oltre che alla partenza (valore basale), dopo i 500 m e i 1000 m corsi in allenamento e i 1500 m corsi in gara.

Se si calcola la differenza di lattato fra i 500 m e la partenza (per la quale si presuppone un valore basale di 1 mmol/L), fra i 1000 m e i 500 m e fra i 1500 m e i 1000 metri si constata che nel primo tratto si produce circa il 60% del lattato, nel secondo tratto poco meno del 25% e nei 500 m finali poco più del 16% (ultima colonna della Tabella 4).

### Discussione

CONFRONTO FRA I DATI DEL PRESENTE STUDIO E I DATI REPERITI IN LETTERATURA DI CONCENTRAZIONE EMATICA DI LATTATO NEI 1500 METRI.

La Figura 1 indica che la concentrazione di lattato tende ad aumentare (sia pure in misura minima) con l'aumento del tempo ottenuto. Questo è il contrario di quanto succede, per esempio, negli 800 m (Arcelli et al., in corso di pubblicazione). Anche nel caso che, con i dati reperiti in letteratura dopo gare di 1500 m (Tabella 5), si faccia un grafico in cui tali dati vengono posti in funzione del tempo (Figura 6), si constata come la concentrazione ematica di lattato tenda a scendere con l'aumentare del tempo di gara.

Il motivo di questa discrepanza fra l'andamento, in funzione del tempo di gara, dei dati di concentrazione di lattato ematico del presente studio e di quelli reperiti nella letteratura è probabilmente legato al fatto che i nostri

migliori atleti presentano valori piuttosto bassi di concentrazione ematica di lattato. I migliori quattro atleti (tempo medio nei 1500 m di 220,84 s), infatti, hanno in media, una concentrazione di lattato di 12 mmol/L, mentre in base alla retta della Figura 6

dovrebbero arrivare a 18 mmol/L. È possibile che un allenamento più assiduo e più impegnativo del meccanismo lattacido possa consentire a questi mezzofondisti un ulteriore miglioramento delle prestazioni. Si consideri, fra l'altro, che nel soggetto che ha ottenuto

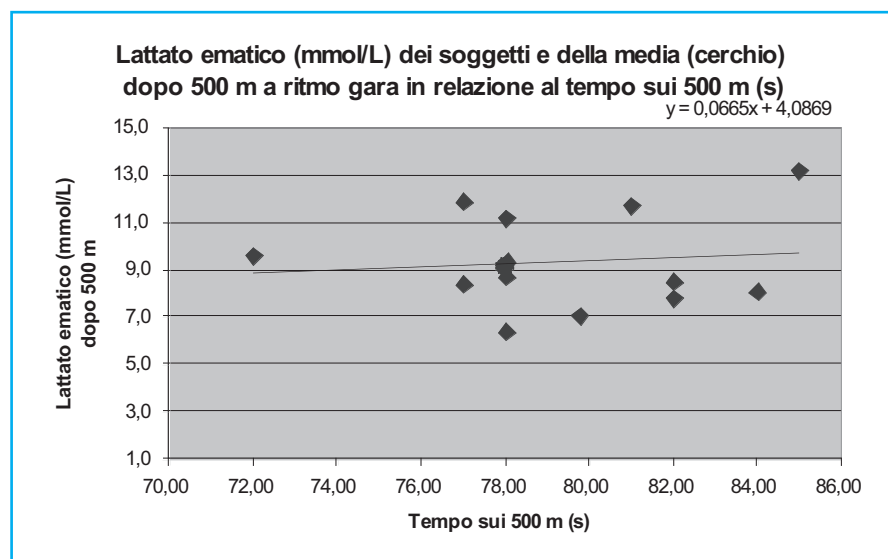


Figura 3 - Concentrazione ematica del lattato (in mmol/L) per ciascun soggetto in funzione del tempo sui 500 m (in s). Il cerchio rappresenta il valore medio.

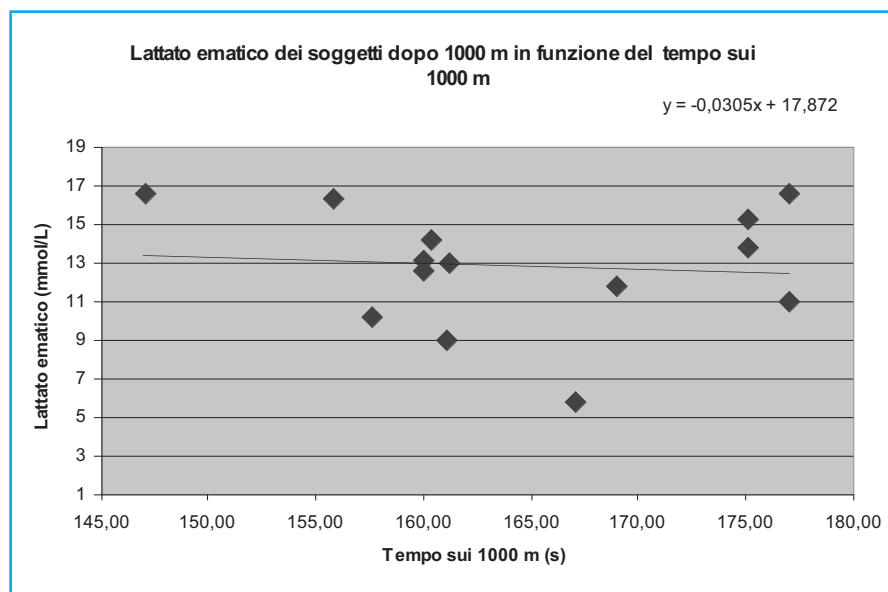


Figura 4 - Concentrazione ematica del lattato (in mmol/L) per ciascun soggetto in funzione del tempo sui 1000 m (in s). Il cerchio rappresenta il valore medio.

	[La] <sub>b</sub> media (mmol/L)	Δ [La] <sub>b</sub> (mmol/L) (%)
500 m	9,4±2,0	+ 8,4 (59,6%)
1000 m	12,8±3,2	+ 3,4 (24,1%)
1500 m	15,1±2,8	+ 2,3 (16,3%)

Tabella 4 - Concentrazione ematica media di lattato rilevata dopo le prove di 500 m e di 1000 m effettuate in allenamento e dopo la gara dei 1500 m. Nella terza colonna è indicato l'incremento del lattato ematico nelle tre frazioni di 500 m, espresso anche (fra parentesi) come percentuale del lattato ematico totale. Come si vede, circa il 60% del lattato è prodotto nel primo terzo di gara, mentre nell'ultimo terzo è prodotto poco più del 16%.

la prestazione cronometrica meno qualificata, si è riscontrata una concentrazione ematica di lattato di 19,3 mmol/L, la qual cosa dimostra come il suo meccanismo lattacido sia molto migliore di quello di quattro atleti che hanno corso i 1500 m in un tempo di quasi un minuto inferiore al suo, ma che sicuramente possedevano una notevole efficienza del meccanismo aerobico. Quest'ultimo meccanismo, del resto, fornisce nei 1500 m il contributo energetico più importante; da esso, infatti, per un tempo di 225 s deriva circa il 78% dell'energia (Arcelli et al., 2012), contro un valore medio del 14,1% proveniente dal meccanismo lattacido (si veda la Tabella 3).

L'ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE EMATICA DEL LATTATO NEL CORSO DEI 1500 METRI.

Sia Spencer e Gatin (2001) sia Duffield et al. (2005) hanno mi-

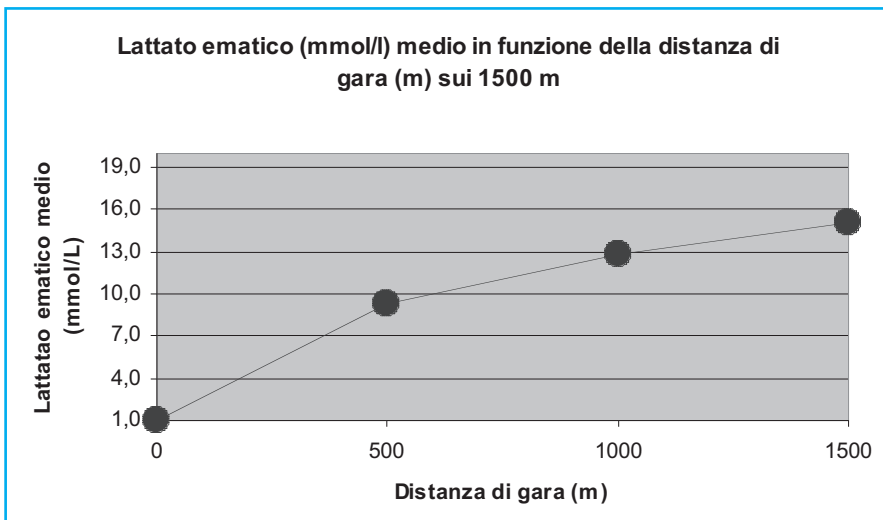


Figura 5 - Concentrazione media di lattato ematico (in mmol/L) medio in funzione della distanza di 0 m, 500 m, 1000 m e 1500 m.

Autori	Tempo (s)	Velocità (m/s)	[La] <sub>b</sub> (mmol/L)	N° dei soggetti
Lacour et al. (1990)	215,0	6,98	20,8	2 (6 prelievi)
Presente studio (2012)	243,86±18,18	6,18±0,46	15,10±2,80	17
Hill (1999)	245,8	6,10±0,16	15,6±4,3	9 (29 prelievi)
Ditroilo et al. (2012)	250,0±11,77	6,00	15,0±1,10	5
Duffield e Dawson (2003)	263±8,3	5,70	11,5±1,9	10
Billat et al. (2009)	270,0	5,56	13,0±1,2	7

Tabella 5. Dati, secondo vari autori, di concentrazione ematica di lattato negli uomini, in funzione del tempo ottenuto, dopo la gara dei 1500 m secondo le ricerche reperite in letteratura più i dati del presente studio.

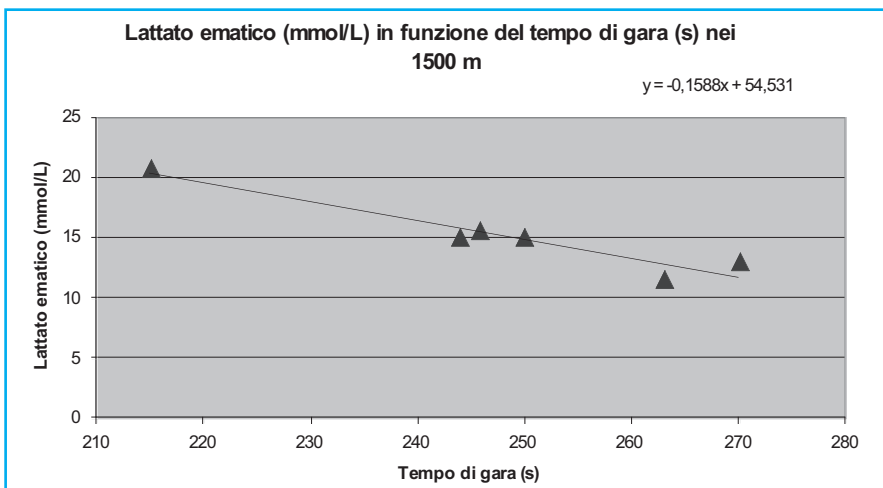


Figura 6 - Variazioni della concentrazione ematica di lattato in funzione del tempo di gara nei 1500 m secondo le ricerche reperite in letteratura più i dati del presente studio.

surato l'andamento del consumo di ossigeno nel corso di una prova di 1500 m. Alla partenza della gara esso è poco efficiente, per poi salire rapidamente e, poco prima di metà gara, il meccanismo energetico aerobico arriva a fornire circa l'80% dell'energia totale e si mantiene a tali livelli fino alla fine della prova. La concentrazione ematica del lattato dopo tratti di gara (di 500 m e, rispettivamente, di 1000 m) corsi allo stesso ritmo della competizione, invece, è stata misurata per la prima volta nel presente studio e questi dati, oltre a quelli rilevati dopo la gara stessa, dimostrano che la produzione del lattato ha un andamento all'in-

circa speculare a quello del meccanismo aerobico.

### Conclusioni

Per quanto il meccanismo aerobico sia il più importante nella prova dei 1500 m, lo è senz'altro anche quello anaerobico lattacido il quale, fra l'altro, potrebbe dare la possibilità di effettuare una volata finale più efficiente, anche se, in base ai dati della Tabella 4, quando inizia l'ultimo tratto di 500 m, ne è già stato utilizzato in media l'83,7%. Solitamente i corridori del mezzofondo veloce tendono a pensare che la prova diventi tanto più lattacida quanto più si procede nella gara; il rilievo delle

concentrazioni di lattato dopo tratti parziali della competizione dimostra invece che succede il contrario. Come già si era visto in un precedente studio (Arcelli et al., in corso di pubblicazione), nel quale il lattato era stato rilevato dopo una gara di 800 m ma anche dopo prove parziali di 300 m e 600 m corse allo stesso ritmo della competizione, anche in questo caso risulta che è nella prima parte della prova che la produzione di lattato è massima; mentre è minima nel finale, quando nei muscoli più impegnati nella gara l'accumulo di lattato raggiunge i valori più elevati, portando di conseguenza alle sensazioni di fatica più elevate.

## Bibliografia

Arcelli E.: Acido lattico e prestazione. Edizioni Cooperativa Dante, Vigevano, 1995.

Arcelli E., Bianchi A., Tebaldini J., Bonato M., La Torre A.: The production of acid lactic during 800-m. *New Studies in Athletics*, in corso di pubblicazione.

Arcelli E., Ferraresi I., Sassi F.: L'intervento dei tre meccanismi energetici nei 1500 metri. *Scienza & Sport* n. 16, pagg. 78-81, ottobre-dicembre 2012.

Billat V., Hamard L., Koral-sztejn J.P. Morton H. Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run. *Journal of Applied Physiology*, 107: 478-487, 2009.

di Prampero P.E.: Energetics of muscular exercise. *Review of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, 89: 143-262, 1981.

Ditroilo M, Castagna C, Lucertini F.: Post-Competition Blood Lactate Concentration in Regional Level and Master Athletes. *New Studies in Athletics*, 27: 1-2; 67-74, 2012.

Duffield R., Dawson B.: Energy system contribution in track running. *New Studies in Athletics*, 4: 39-44, 2003.

Duffield R., Dawson B., Goodman C.: Energy system contribution to 400metre and 800-metre track running. *Journal of Sports Sciences*, 23: 299-307, 2005.

Hill D.W. Energy system contributions in middle distance running events. *Journal of*

*Sports Sciences*, 17: 477-483, 1999.

Lacour J.R., Bouvat E., Barthélémy J.C. Post-competition blood lactate concentration as indicators of anaerobic energy expenditure during 400m and 800-m races. *European Journal of Applied Physiology*, 61:172-176, 1990.

Rittweger J., di Prampero P.E., Maffulli N., Narici M.V. Sprint and endurance power and ageing: an analysis of master athletic world records. *Proc. R. Soc. B* 276, 683-689, 2009.

Spencer M.R., Gustin P.-B.: Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33:157-162, 2001.