

LA CORSA DEI 100 METRI: UN'IPOTESI SULL'INTERVENTO DEI DIVERSI MECCANISMI ENERGETICI

ENRICO ARCELLI E MARINA MAMBRETTI
FACOLTÀ DI SCIENZE MOTORIE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

In passato si è sempre pensato che nella corsa dei 100 metri dell'atletica leggera l'energia derivasse principalmente dal meccanismo energetico anaerobico alattacido. Il calo di velocità che, nel finale di corsa, è presente in tutti gli atleti, era considerato proprio come dovuto all'esaurimento della fosfocreatina sia da Murase et al. (1976), sia da Newsholme (1989).

Già 30 anni fa, però, Kindermann e Keul (1977) avevano constatato che, al termine dei 100 m, era di ben 13 mmol.L⁻¹ il lattato ematico degli atleti di alto livello; questo indicava che vi era un intervento piuttosto consistente del meccanismo anaerobico lattacido.

Su atleti che, oltre che i 100 m, correvano tratti parziali della distanza (40 m, 60 m e 80 m) e che, subito dopo lo sforzo, venivano sottoposti, oltre che a prelievi di sangue, anche a biopsie muscolari, Hirvonen et al. (1987) avevano successivamente dimostrato che dopo i 40 m era quasi nullo l'apporto energetico del meccanismo anaerobico alattacido e che, invece, era notevole fin dall'inizio l'intervento del meccanismo anaerobico lattacido. D'altro lato, il meccanismo energetico aerobico contribuisce senza dubbio in misura ridotta, tanto più che inizialmente è molto basso il consumo di ossigeno ed è troppo breve la durata della gara per consentire una salita significativa di tale consumo prima del traguardo. Secondo Arcelli et al. (2006), il meccanismo anaerobico lattacido fornisce la maggior parte dell'energia: fra la metà e i due terzi nell'insieme dei 100 m e il 75% o più nella seconda metà.

Obiettivo del presente articolo è di fare un'ipotesi sull'intervento dei tre principali meccanismi energetici nei diversi momenti della prova, dalla partenza fino all'arrivo.

Per quello che riguarda il meccanismo anaerobico lattacido e anaerobico alattacido, il lavoro di Hirvonen et al. (1987), in ogni caso, come già è stato esposto, non fornisce dati che si possono riferire a ciascun istante dei 100 m, ma semmai ai valori medi di quattro tratti: dalla partenza ai 40 m; dai 40 ai 60 m; dai 60 m agli 80 m; e dagli 80 m ai 100 m. Nella

Figura 1 viene riportata, con colonne di uguale altezza, la potenza lattacida dei migliori atleti studiati da Hirvonen et al. (1987). In loro c'è un aumento della concentrazione del lattato di 0,56-0,59 mmol.s⁻¹.L⁻¹; considerando pari a 3 ml.kg⁻¹ ogni incremento del lattato ematico di 1 mmol.l⁻¹ rispetto al basale, questo corrisponde a circa 35 W.kg⁻¹ in ciascuno dei quattro tratti.

Quanto al meccanismo energetico alattacido, si è già detto che il suo apporto è nullo dai 40 m all'arrivo. Dalla partenza ai 40 m, invece, sempre tenendo conto di quanto sostenuto da Hirvonen et al. (1987), ma anche dai dati quantitativi ricavati da Arcelli et al. (2006), esso è mediamente attorno a 50 W.kg⁻¹, come riportato nella Figura 2.

Per il meccanismo energetico aerobico, invece, in base a dati ricavati da McArdle et al. (1998), si può ritenere che esso aumenti linearmente da circa 2 W.kg⁻¹ alla partenza fino a circa 3 W.kg⁻¹ all'arrivo, come indicato nella Figura 3.

La Figura 4 riporta la somma dell'apporto dei tre meccanismi energetici in base a quanto detto poco sopra. Soltanto per il meccanismo aerobico, in ogni caso, è indicata la potenza relativa a ciascun istante della prova: per i due meccanismi energetici anaerobici, si hanno i valori medi per ciascuno dei quattro tratti in cui è stata suddivisa la gara nello studio di Hirvonen et al. (1987).

Al fine di cercare di conoscere l'effettivo contributo dei tre meccanismi energetici in ogni momento dei

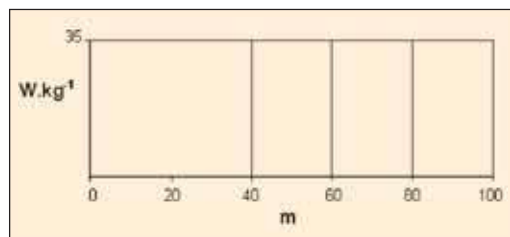


Figura 1 – Potenza lattacida nel corso dei 100 m; secondo i dati di Hirvonen et al. (1987), essa risulta identica dalla partenza ai 40 m, dai 40 ai 60 m, dai 60 m agli 80 m e dagli 80 m all'arrivo.

100 m, si è fatto riferimento alla figura 7 di di Prampero et al. (2005) nella quale viene fornito l'andamento della potenza metabolica nei primi 4 s di uno sprint in un atleta con un primato di poco più di 11 s sui 100 m. Il valore di potenza metabolica è stato calcolato da di Prampero et al. (2005) supponendo che il costo della corsa in accelerazione sia simile a quello della corsa in salita a velocità costante, su una pendenza che è tanto maggiore quanto più elevata è l'accelerazione e che poi si riduce fino ad avvicinarsi sempre di più a quello della corsa in piano via via che l'accelerazione si approssima allo zero, vale a dire alla velocità costante. La potenza metabolica di tale atleta è stata poi estrapolata fino all'undicesimo secondo (curva più alta della **Figura 5**), indicando un calo di essa pari a circa il 12% nel tratto finale nei confronti di quella al quarto secondo. Nel corso di una gara di 100 m dell'atletica leggera, dopo la fase di accelerazione iniziale che, negli atleti dei massimi livelli, si protrae per circa i 40 m (per 30-50 m secondo Volkov

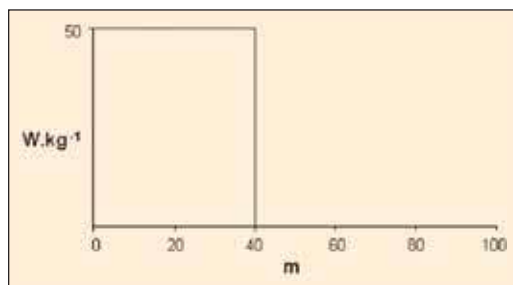


Figura 2 – Potenza alattacida nel corso dei 100 m; secondo Hirvonen et al. (1987), essa ha un valore piuttosto elevato dalla partenza fino ai 40 m ed è poi nulla.

e Lapin, 1979, e secondo Moravec et al., 1988), infatti, vi è una fase nella quale le variazioni di velocità sono minime e una fase finale, nella quale, invece, c'è un calo di velocità che, nel corso delle manifestazioni più importanti, è stato valutato come compreso fra lo 0,9 e il 7,0% della massima velocità (Moravec et al. 1988; Mero, Komi e Gregor, 1992).

Si noti che nell'estrapolazione della curva proposta da di Prampero et al. (2005) si raggiunge l'asintoto (circa 38 W.kg⁻¹) attorno al quinto secondo. Si può supporre che questo dato confermi che proprio attorno al quinto secondo (più o meno quando l'atleta raggiunge i 40 m, come già indicato da Hirvonen et al., 1987) si sia esaurito l'intervento del meccanismo energetico alattacido.

Si potrebbe ritenere, insomma, che, da tale momento in poi, la potenza metabolica sviluppata sia dovuta esclusivamente alla somma dell'intervento del meccanismo lattacido e di quello aerobico. Tenendo conto

che quest'ultimo meccanismo energetico fornisce al quinto secondo (si veda la **Figura 3**) un contributo di circa 2,5 W.kg⁻¹, si può ritenere che l'intervento del meccanismo anaerobico lattacido sia attorno a 35,5 W.kg⁻¹, un valore molto vicino a quello calcolato in precedenza per tutta la durata dei 100 m.

In base a ciò, nella **Figura 5**, la potenza metabolica del centometrista è stata suddivisa in tre aree: quella aerobica, quella lattacida e quella alattacida (ATP + CP). Si può constatare quanto indicato dalla **Figura 4** non sia per niente in contrasto con quanto indicato nella **Figura 5**.

Se quest'ultima figura rappresentasse effettivamente quello che succede dal punto di vista dell'intervento dei tre meccanismi energetici nel corso dei 100 m, andrebbero cambiate molte delle convinzioni che ci sono attualmente per quello che riguarda l'energetica dei 100 m. Dalla **Figura 5**, infatti, si constata che:

- Nella fasi iniziale dei 100 m si sviluppano i valori maggiori di potenza; ciò può essere determinato dal fatto che esistono le condizioni biomeccaniche più favorevoli (il centro di gravità, infatti, si trova più avanti del punto di appoggio del piede di spinta addirittura prima che si abbia il contatto di tale piede con il terreno o subito dopo che il contatto è avvenuto) e, assieme, dal fatto che – dopo pochi istanti dalla partenza - l'energia deriva dalla somma di quella alattacida e di quella lattacida (oltre che – in misura minima – di quella aerobica).
- Nei primissimi istanti (dalla partenza a 0,4 s), invece, la potenza totale sviluppata è ridotta; è verosimile che ciò dipenda – per lo meno in parte - dal fatto che, mentre la potenza del meccanismo alattacido è massima già dopo 0,1 s, quella del meccanismo lattacido raggiunge il valore più elevato più tardivamente. Anche tale meccanismo lattacido, ad ogni modo, in base a quanto ipotizzato finora, interviene molto più rapidamente di quanto normalmente si pensa (nella **Figura 5** raggiunge i valori più elevati già dopo 0,8 s).
- Nei primi secondi della prova – se l'andamento dei

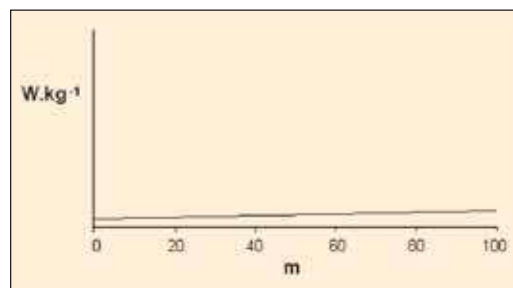


Figura 3 – Andamento della potenza aerobica nel corso dei 100 m in base a dati ricavati da McArdle et al. (1998).

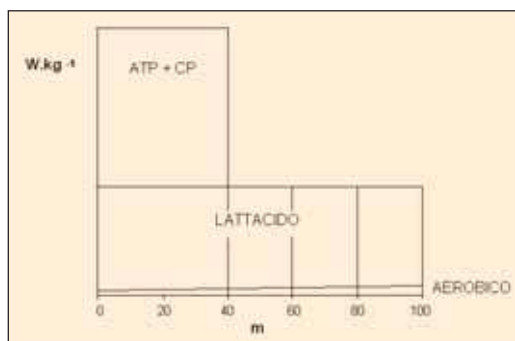


Figura 4 – Potenza totale calcolata dalla somma della potenza lattacida (Figura 1), della potenza alattacida (Figura 2) e della potenza aerobica (Figura 3). Il valori di potenza lattacida e di potenza alattacida sono quelli medi su quattro tratti: dalla partenza ai 40 m; dai 40 m ai 60 m; dai 60 m agli 80 m; e dagli 80 m ai 100 m.

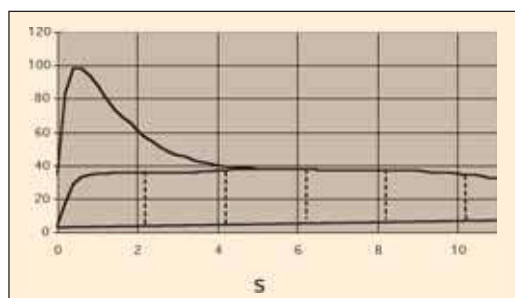


Figura 5 – La potenza metabolica totale, quale è stata ricavata dalla figura 7 della ricerca di di Prampero et al. (2005) e stata suddivisa nella componente energetica alattacida (ATP + CP), in quella lattacida e in quella aerobica. Il lavoro lattacido è suddivisa da linee tratteggiate verticali la prima delle quali dopo 2 s e ciascuna delle altre ad intervalli di circa 2 s; fra una linea tratteggiata e l'altra è compresa un'area che corrisponde all'energia derivata dall'aumento nel sangue di 1 mmol.L⁻¹ di lattato nel sangue, vale a dire a circa 61 J.kg⁻¹.

vari contributi energetici è quello supposto - vi è un calo molto rapido della potenza del meccanismo alattacido; il suo valore (l'ampiezza verticale dello spazio indicato con "ATP +CP" nella Figura 5), infatti, già dopo circa 1,5 s dalla partenza si è dimezzato; il meccanismo alattacido arriva all'esaurimento attorno ai 5 s.

- E' proprio nel momento in cui l'energia deriva in netta prevalenza dal meccanismo anaerobico lattacido, ossia dopo circa 5 s dalla partenza (vale a dire attorno ai 40 m per gli sprinter migliori), che spesso viene raggiunta la massima velocità di cor-

sa; essa sarà poi mantenuta per alcune decine di metri, salvo poi calare nell'ultimo tratto di gara; la massima potenza sviluppata e la massima velocità di corsa, dunque, non coincidono, la prima è infatti raggiunta nel tratto iniziale, mentre la seconda - come si è detto - ai 40-50 metri ed è mantenuta, come massimo, fino agli 80-90 m.

- Poiché l'energia derivata dall'aumento nel sangue di 1 mmol.L⁻¹ di lattato nel sangue corrisponde, secondo di Prampero (1985), a circa 3 ml.kg⁻¹, vale a dire a circa 61 J.kg⁻¹, le linee verticali che nella Figura 5 suddividono l'area del meccanismo energetico lattacido indicano a quanta energia corrisponde l'aumento di 1 mmol.L⁻¹ di lattato nel sangue; la prima di esse si completa dopo poco più di 2 s, ciascuna delle altre ad intervalli di circa 2 s. Il lattato totale prodotto nel corso dei 100 m, in tale esempio, risulta essere pari, in totale, a poco più di 5,5 mmol.L⁻¹ e la concentrazione ematica del lattato all'arrivo, dunque, sarebbe di circa 6,5 mmol.L⁻¹. Negli sprinter di livello mondiale i livelli di lattato sono molto più elevati (Hautier et al.,1994; Locatelli e Arzac, 1995), così come, del tutto verosimilmente, lo sono i livelli di potenza alattacida massima e di potenza lattacida massima nei confronti dei valori (quasi 70 W.kg⁻¹ e, rispettivamente, circa 35,5 W.kg⁻¹) dell'atleta al quale si fa qua riferimento e che ha un primato personale sui 100 superiore agli 11 s.

- Secondo Newsholme (1989) si definisce *fatica* la situazione in cui l'atleta non è più in grado di continuare ad esprimere lo stesso livello di potenza e lo deve diminuire; ciò significa, per esempio, che deve ridurre la velocità se gareggia in una disciplina ciclica; nel caso dei 100 m, si può dire che le *fatiche* siano due. La prima di esse, secondo le ipotesi avanzate in questo articolo, è attorno ai 40 m, quando si esaurisce il meccanismo energetico alattacido, o ancora prima, quando esso si è già vistosamente impoverito. La seconda fatica, invece, si ha nel tratto finale della gara, quando in tutti gli atleti cala la velocità di corsa; ma non è ancora chiaro se a determinare la riduzione di velocità sia una "fatica" del sistema nervoso centrale (cui consegue una minore efficienza dei muscoli e, quindi, un intervento inferiore anche del meccanismo energetico anaerobico lattacido), oppure una "fatica" muscolare.

Bibliografia

- **Alberti G.P e Arcelli E.:** L'intervento dei diversi meccanismi energetici nella corsa dei 100 metri. Pagg. 333-334. Atti del convegno di medicina dello sport di Chieti del 16-18 giugno 2007.
- **Arcelli E., La Torre A., Dotti A. e Alberti G.P.:** Origine dell'energia e spesa energetica nei 100 metri, *Atleticastudi*, 1: 3-10, 2006.
- **di Prampero P.E.:** La locomozione umana su terra, in acqua, in aria. Edi-Ermes editore, Milano, 1985.
- **di Prampero P.E., Fusi S., Sepulcri L., Morin J.B., Belli A. e Antonutto G.:** Sprint running: a new energetic approach. *J. Exp. Biol.*, 208: 2809-2816, 2005.
- **Hautier C.A., Wouassi D., Arsac L.M., Bitanga E., Thiriet P. e Lacour J.R.:** Relationships between postcompetition blood lactate concentration and average running velocity over 100-m and 200-m races. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 6: 508-513, 1994.
- **Hirvonen J., Rehunen S., Rusko H. e Harkonen M.:** Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56: 253-259, 1987.
- **Kindermann W. e Keul J.:** Lactate acidosis with different form of sports activities. *Can. J. Appl. Sport Sci.*, 172-182, 1977.
- **Locatelli E. ed Arsac L.:** The mechanics and energetics of the 100m sprint. *New Studies in Athletics*, 10 (1): 81-87, 1995.
- **Mero A., Komi P.V. e Gregor R.J.:** Biomechanics of Sprint Running, *Sports Medicine*, 13: 376-392, 1992.
- **Moravec P., Ruzicka J., Susanka P., Dostal E., Kodejs M. e Nosek M.:** The 1987 International Athletic Foundation/IAAF Project Report: time analysis of the 100 meters events at the II World Championship in Athletics. *New Studies in Athletics*, 3: 61-96, 1988.
- **Murase Y., Hoshikawa T., Yasuda N., Ikegami Y. e Matsui H.:** Analysis of the changes in progressive speed during 100-meter dash. In Komi P.V. (editor), *Biomechanics V-B*, University Park Press, Baltimore, USA, 1976.
- **Newsholme E.A.:** Metabolic causes of fatigue in track events and the marathon. Atti del convegno "Advances in myochemistry, 2nd edition", 1989.
- **Volkov N.I. e Lapin V.I.:** Analysis of the velocity curve in sprint running. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 11: 332-337, 1979.

