

Il miglioramento delle componenti aerobiche dei 400 metri

Enrico Arcelli¹, Marina Mambretti¹,
Giuseppe Cimadoro² e Giampiero Alberti²

¹Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano

²Istituto Esercizio Fisico, Salute e Attività Sportiva, Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano

Il contributo del meccanismo energetico aerobico nella corsa dei 400 m è stato valutato in un misura molto differente dai vari autori, come si può vedere dalla *Tabella 1*: dal 18% secondo Foss e Keteyan (1998), fino al 67-70% secondo Weyand et al. (1994).

Secondo Arcelli et al. (2007), l'intervento del meccanismo aerobico, quale è stato indicato dai diversi studiosi, è influenzato da questi fattori:



	Contributo aerobico	Contributo anaerobico
Foss e Keteyan (1998)	18%	82%
Newsholme et al. (1992)	25%	75%
Lacour et al. (1990)	28%	72%
Hill (1999)	37-38%	62-63%
Nummela & Rusko (1995)	37-46%	54-63%
Duffield et al (2005)	41-45%	55-59%
Spencer & Gastin (2001)	43%	57%
Weyand et al. (1994)	67-70%	30-36%

Tabella 1 - Contributi del meccanismo energetico aerobico e dei meccanismi energetici anaerobici nella prova di corsa dei 400 metri secondo alcuni autori. Vengono dapprima riportati i dati con i valori più bassi di aerobico e poi tutti gli altri in ordine crescente (da Arcelli et al., 2008).

- dalle caratteristiche fisiologiche degli atleti studiati; gli sprinter, infatti, hanno maggiori attitudini anaerobiche e, dunque, ricavano una percentuale inferiore di energia dal meccanismo aerobico nei confronti degli atleti più portati alle prove del mezzofondo;
- dal fatto che ci si riferisce a quattrocentisti uomini o donne; quando due atleti, uno di sesso maschile, l'altro di sesso femminile, ottengono nei 400 metri l'identica prestazione (per esempio 50 secondi), secondo Arcelli (1995) nella donna c'è una maggiore produzione di acido lattico e un minore intervento del lavoro aerobico. Questo, però, non vale se vengono considerate prestazioni che non sono uguali dal punto di vista cronometrico, ma di valore tecnico analogo, tali, per esempio, da occupare posizioni simili nelle classifiche maschili e, rispettivamente femminili, a livello mondiale o nazionale; in questo secondo caso, infatti, le atlete utilizzano una percentuale leggermente superiore di energia aerobica;
- dal criterio seguito per calcolare la spesa totale per correre i 400 metri e l'intervento dei meccanismi energetici.

Soprattutto, però, secondo Arcelli et al. (2008), in base al calcolo teorico dell'intervento dei tre meccanismi energetici, il contributo aerobico è tanto inferiore quanto più elevato è il livello prestativo degli atleti (si veda la *Tabella 2*).

Obiettivi di questo articolo sono: (a) quello di trovare un'indicazione quantitativa dei vantaggi sulla prestazione che possono derivare dall'incremento delle componenti aerobiche; e (b) quello di suggerire metodiche di allenamento appropriate per ottenere un miglioramento del meccanismo aerobico stesso.



Tempo sui 400 m (sec)	Spesa energetica ml.kg ⁻¹	Contributo anaerobico ml.kg ⁻¹	Contributo anaerobico %	Contributo aerobico ml.kg ⁻¹	Contributo aerobico %
44	119,2	90,1	75,6	29,1	24,2
46	111,1	79,7	71,7	31,4	28,3
48	104,4	70,1	67,1	34,3	32,9
50	98,5	61,3	62,2	37,2	37,8
52	93,4	53,2	56,9	40,2	43,1

Tabella 2 - Caduta della spesa energetica totale e del contributo anaerobico quando si passi da una prestazione di 44" ad una di 48" e ad una di 52" sui 400 metri. Il riferimento è a quattrocentisti uomini. Come si vede, la riduzione del contributo anaerobico è sensibilmente maggiore di quella della spesa totale. Ciò spiega perché quanto migliori sono le prestazioni tanto maggiore è l'apporto anaerobico e tanto minore è quello aerobico (da Arcelli et al., 2008).



1. Effetti sulle prestazioni derivati dal miglioramento del meccanismo aerobico

Nella *Tabella 3* viene riportato il miglioramento della prestazione sui 400 m quando un atleta, grazie all'allenamento, riesca ad incrementare media-

mente, nel corso della gara, l'utilizzo di ossigeno di $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Tale miglioramento è maggiore per i tempi meno validi. È pari, infatti, a circa mezzo secondo in un atleta che vale 44 secondi sui 400 m; è, invece, di quasi un secondo per quello che vale 52 secondi. Nella terza colonna è indicato, invece, il progresso nei tempi sui 400 m quan-

Tempo sui 400m (s)	Miglioramento aerobico (s)	Miglioramento lattacido (s)
44	0,54	1,11
46	0,63	1,24
48	0,73	1,38
50	0,85	1,52
52	0,97	1,67

Tabella 3 - Vantaggio per le prestazioni nei 400 metri, in secondi, che si determina dopo un miglioramento del meccanismo aerobico pari a $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, oppure del meccanismo lattacido pari a 1 mmol.l^{-1} in più di lattato.

do, sempre in virtù dell'allenamento compiuto, un corridore aumenta la disponibilità di energia lattacida, tanto da incrementare di 1 mmol.l^{-1} il lattato che riesce a produrre durante la prova.

Anche in questo caso il miglioramento cronometrico è minore negli atleti del livello più elevato: è di 1,1 s in chi vale 44 secondi ed di 1,7 s in chi vale 52 secondi.

2. Come allenare il meccanismo aerobico nei quattrocentisti

Ai fini dell'allenamento più razionale del meccanismo aerobico, è utile considerare separatamente le componenti centrali da quelle periferiche (Arcelli e Dotti, 2000).

2.1. L'allenamento delle componenti aerobiche centrali

Le componenti centrali, in particolare la gettata pulsatoria (vale a dire la capacità del cuore di "pompare" molto sangue ad ogni battito), può es-



sere allenata in maniera efficace con lavori che determinano un innalzamento della frequenza cardiaca fino a valori molto vicini a quelli massimi di ciascun soggetto (Arcelli e Dotti, 2000). I quattrocentisti di solito raggiungono tali frequenze cardiache quando compiono le cosiddette ripetute lattacide; essi, dunque, del tutto verosimilmente, hanno meno necessità di eseguire allenamenti specifici per le componenti aerobiche centrali, quali per esempio le salite di varie decine di metri (Arcelli e Dotti, 2000).

2.2. L'allenamento delle componenti aerobiche periferiche

Le componenti aerobiche periferiche (ovvero la capacità dei muscoli più impegnati nella corsa di utilizzare la percentuale più elevata dell'ossigeno che giunge ad essi) sono tanto più sviluppate quanto maggiore è nelle fibre la densità mitocondriale, vale a dire lo spazio percentuale che, nelle fibre stesse, è occupato dai mitocondri. Soprattutto per gli atleti del mezzofondo prolungato e del fondo, lo stimolo più adatto per incrementare la densità mitocondriale è dato dal "corto veloce" e dalle ripetute su tratti da alcune centinaia di metri ad alcuni chilometri, l'uno e le altre corsi a velocità attorno a quella della soglia anaerobica. Tali mezzi di allenamento, infatti, sembrano rappresentare uno stimolo molto adatto per l'aumento del numero dei mitocondri in un buon numero di fibre di tipo I e una certa quantità di fibre del sottotipo IIa, le più impegnate nelle prove dai 5000 metri alla maratona. Questi lavori, infatti hanno la caratteristica di:

1. durare da varie decine di secondi ad alcuni o vari minuti;
2. portare alla produzione di quantità di lattato per minuto che non sono elevate, tanto da determinare livelli di lattato ematico di solito compresi fra 3 e 6-7 mmol.l^{-1} ;

2.3. La corsa progressiva, frazionata e intermittente

Nel caso dei 400 metri e del mezzofondo veloce (in particolare degli 800 m), l'efficienza del meccanismo aerobico periferico può essere migliorata

se si ottiene anche un aumento della densità mitocondriale nella maggior quantità possibile di fibre di tipo II, comprese quelle di sottotipo IIx.

È però più difficile ottenere ciò se si utilizzano tratti di corsa tipici del “corto veloce” o le ripetute delle quali si è parlato più sopra, nelle quali si deve necessariamente tenere un’andatura in cui le fibre veloci intervengono in maniera contenuta. Se, invece, si corre ad una velocità alla quale le fibre di tipo II (sia di sottotipo IIa, sia di sottotipo IIx) intervengono in gran numero, per esempio quella con la quale in gara si corrono i 400 metri, o si fa uno sforzo di durata limitata, oppure, se l’impegno dura alcune decine di secondi, si determina la produzione di elevate quantità di lattato; non si possono dunque sottoporre le fibre di tipo II ad uno stimolo adatto a determinare un aumento della densità mitocondriale.

Per questo motivo, per il miglioramento delle componenti aerobiche periferiche più adatte per i 400 metri e per il mezzofondo veloce è stato proposto (Arcelli, 1996) di compiere ripetute su tratti in salita di alcune centinaia di metri. Quando si corre in salita, infatti, in ciascuna spinta si deve compiere più lavoro di quello che si farebbe in piano quando si corresse ad una velocità che porta ad una pari spesa energetica. Da un lato, infatti, la spinta deve sollevare in misura maggiore il centro di gravità, mentre dall’altro lato è anche inferiore il recupero elastico. L’aumentata spinta, a sua volta, deriva dall’intervento di una maggiore quantità di fibre muscolari. Se, per esempio, con l’aiuto di un cardiofrequenzimetro, si scelgono nella corsa in salita intensità simili a quelle con le quali si farebbero le ripetute in piano per la potenza aerobica, certamente è superiore – nei confronti della corsa in piano – la quantità delle fibre di tipo II impegnate.

In chi non lo abbia mai praticato, gli adattamenti a tale tipo di lavoro – specie nelle prime sedute – sono rapidissimi, nel senso che da un allenamento al successivo i tempi ottenuti su un certo percorso in salita tendono a scendere sensibilmente; anche dal punto di vista muscolare le sensazioni sono quelle di un rapido adattamento a tale tipo di lavoro.

In ogni caso, il miglioramento delle componenti aerobiche può avvenire parallelamente a quelli delle altre componenti e, dunque, si può sommare ad essi.

Secondo Vittori (1995), gli allenamenti per migliorare la potenza aerobica sono il fondamento metodologico del *primo periodo preparatorio* del quattrecentista. Allo scopo, egli suggerisce di utilizzare i seguenti mezzi:

- a) corsa continua veloce,
- b) corsa continua progressiva,
- c) corsa frazionata.

La frequenza di utilizzazione dei primi due mezzi dovrebbe diminuire dai 19 anni in poi, fino ad essere utilizzata soltanto come mezzo occasionale.

Indicazioni metodologiche di scuola francese indicano la possibilità di utilizzo anche del cosiddetto *lavoro intermittente* nelle sue varianti 30-30, 15-15 e 15-30, talvolta presenti in successione esecutiva. La difficoltà organizzativa di questo mezzo di allenamento risiede nel quantificare esattamente la velocità di corsa nelle fasi ad intensità elevata e, in rapporto a tale intensità, il numero delle sequenze e la loro durata. Di solito si utilizzano da 2 a 4 sequenze a seconda della loro durata che varia da 6 a 12 minuti. Sempre in relazione al metodo intermittente, è stata proposta nel 1998 da Cometti (Assadi e Cometti, 2007) anche una variante che vede, nelle fasi di lavoro ad intensità elevata (anche se non in tutte), la sostituzione parziale o totale della corsa con l’inserimento di esercizi di balzi orizzontali, verticali, o forme di skip in andatura più o meno rimbalzata.

Sempre secondo Vittori (1995), nei previsti tre cicli di allenamento, il carico di lavoro dovrebbe avere la seguente evoluzione: in fase iniziale dovrebbe essere toccato piuttosto presto il volume massimo, con una intensità ad esso proporzionale; in seguito, ferma restando la quantità, si farà crescere la velocità di percorrenza.

Nel *primo ciclo* dovrebbero essere dedicate due unità di allenamento alla corsa continua (una veloce e l’altra progressiva) e tre alle prove frazionate, oppure viceversa. Nel *secondo ciclo* si sostituirà la corsa continua veloce con una unità di



“resistenza veloce”, mentre resteranno 3 le sedute di prove frazionate. Nel *terzo ciclo*, in prossimità delle competizioni, si inseriranno, al posto della corsa progressiva, delle prove di resistenza più specifica, in gergo definite di “resistenza mista” (potenza aerobica e capacità lattacida); rispetto alle prove frazionate, esse sono caratterizzate da un aumento della velocità e delle pause. Ciò consentirà all’atleta di raggiungere una condizione più adeguata alle esigenze competitive, ma senza eccedere nella intensità degli stimoli. Si raddoppieranno le sedute dedicate alla resistenza veloce

mentre si ridurranno a due quelle delle prove frazionate, scegliendo, eventualmente, distanze più brevi.

Nel *secondo periodo*, gli allenamenti di potenza aerobica, costituiti soltanto da prove frazionate, vengono limitati ai primi due cicli, nei quali si distribuiscono, rispettivamente, due ed una seduta alla settimana. Già nel *primo ciclo*, una delle due unità subisce una progressiva trasformazione, con l’aumento della velocità di percorrenza e dei tempi di pausa; questo la porterà a diventare, nel *secondo ciclo*, un classico allenamento lattacido.

Bibliografia

- Arcelli E. (1995) Acido lattico e prestazione. Cooperativa Dante editrice, Vigevano,.
- Arcelli E. (1996) Le ripetute in salita di alcune centinaia di metri nell'allenamento dell'ottocentista. *Atletica leggera*, Vigevano, 423: 64-65, settembre.
- Arcelli E. e Dotti A. (2000) *Mezzofondo veloce. Dalla fisiologia all'allenamento*. Atletica Studi, s.1.
- Arcelli E., La Torre A., Dotti A. e Alberti G. (2006) Origine dell'energia e spesa energetica nei 100 metri, *Atletica Studi*, 1: 3-10.
- Arcelli E., Mambretti M., Cimadoro G. e Alberti G. (2008) The aerobic mechanism in the 400 metre run. *New Studies in Athletics*, n. 1. In corso di pubblicazione.
- Assadi H., Cometti G. (2007) L'intermittent. CEP - UFR STAPS; Dijon.
- Cometti G. (1998) *Esercizi e circuiti per l'allenamento e il potenziamento muscolare*. Calzetti & Mariucci. Perugia.
- Duffield R., Dawson B. e Goodman C. (2005) Energy system contribution to 400-metre track running. *Journal of Sports Sciences*, 23: 299-307.
- Foss M.L. e Kateyan S.J. (1998) *Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport*, 6th edition, Dubuque, McGraw-Hill (citati da Hill, 1995).
- Hill D.W. (1999) Energy system contributions in middle distance running events. *Journal of Sports Sciences*, 17: 477-483.
- Lacour J.R., Bouvat E. e Barthélémy J.C. (1990) Post-competition blood lactate concentration as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races, *European Journal of Applied Physiology*, 61:172-176.
- McArdle W.D., Katch F.I. e Katch V.L. (1998) *Fisiologia applicata allo sport*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano, tabella 7.1, pag. 132.
- Medbo J.I., Mohn A.C., Tabata I., Bahr R. e Vaage O. (1988) Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of Applied Physiology*, 64: 50-60.
- Newsholme E.A. et al. (1992) Physical and mental fatigue, metabolic mechanism and importance of plasma amino acids. *British Medical Bulletin*, 48: 477 (citati da McArdle et al., 1998).
- Nummela A. e Rusko H. (1995) Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 16: 522-527.
- Reis V.M. e Miguel P.P. (2007) Changes in the accumulated oxygen deficit and energy cost of running. *New Studies in Athletics*, 22, 2: 49-56.
- Spencer M.R. e Gastin P.B. (2001) Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33:157-162.
- Vittori C. (1995) Le gare di velocità. La scuola italiana di velocità: 25 anni di esperienza. *Atletica Studi*, s.2.
- Weyand P.G., Cureton K., Conley D. e Sloniger M. (1993) Percentage anaerobic energy utilized during track running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, S105.
- Weyand P.G., Cureton K.J., Conley D.S., Sloniger M.A. e Liu Y.L. (1994) Peak oxygen deficit predicts sprint and middle-distance track performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (9): 1174-1180.