

Allenamento delle diverse componenti aerobiche nel corridore. Differenze fra il cross e le altre specialità del mezzofondo e del fondo

Enrico Arcelli

Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano

Relazione tenuta a Legnano il 9 dicembre 2006, nell'ambito del convegno "Endurance training: from research to field", tenuto in occasione dei campionati europei di cross di S. Giorgio su Legnano.

Si può dire che la prestazione nelle prove di corsa media e lunga dipenda essenzialmente:

- dalla disponibilità di energia,
- dall'utilizzo dell'energia stessa.

Oltre che a componenti psicologiche e motivazionali, questo secondo fattore è legato, in particolare, al costo della corsa alla velocità alla quale si gareg-

gia; nel caso del cross, da tale punto di vista sono comunque molto importanti le caratteristiche del percorso. In tutte le prove, conta anche la distribuzione dello sforzo, soprattutto nel senso che, per esempio, nei 1500 m e nelle prove più lunghe il tempo ottenuto è tanto migliore quanto più uniforme è la velocità tenuta in gara, mentre negli 800 m esistono fattori in virtù dei

quali è preferibile che il tratto iniziale sia compiuto a velocità più elevata della velocità media della gara (Arcelli, Dotti, Invernizzi e La Torre, 2007).

Per quello che riguarda la disponibilità di energia, si fa riferimento alla quantità di ATP che può venire prodotta nell'unità di tempo dai muscoli che intervengono nella corsa e che, dunque, viene messa a disposizione dai muscoli stessi per lavorare. A parità di utilizzo (ossia, in base a quanto si è appena detto, a parità soprattutto di costo della corsa e di distribuzione dello sforzo), può correre ad una velocità superiore chi dispone di più ATP nell'unità di tempo.

A sua volta, la quantità di ATP prodotta nell'unità di tempo dipende dall'efficienza, nelle singole fibre muscolari, del meccanismo energetico aerobico e da quelli anaerobici; fra questi ultimi, in particolare, l'intervento quantitativo del lattacido è assai maggiore di quello alattacido. La *tabella 1* riporta quelli che, in base alle conoscenze più recenti, sono le percentuali con cui i meccanismi energetici aerobico e anaerobico lattacido partecipano alla produzione dell'energia negli atleti d'alto livello prestativo. Come si può notare, le componenti aerobiche sono quantitativamente molto importanti in tutte le prove di mezzofondo e di fondo dell'atletica. La storia dell'atletica, del resto, ci racconta di molti atleti che – verosimilmente proprio per caratteristiche aerobiche eccezionali (oltre che per la capacità di adattarsi alle diverse velocità di corsa che le

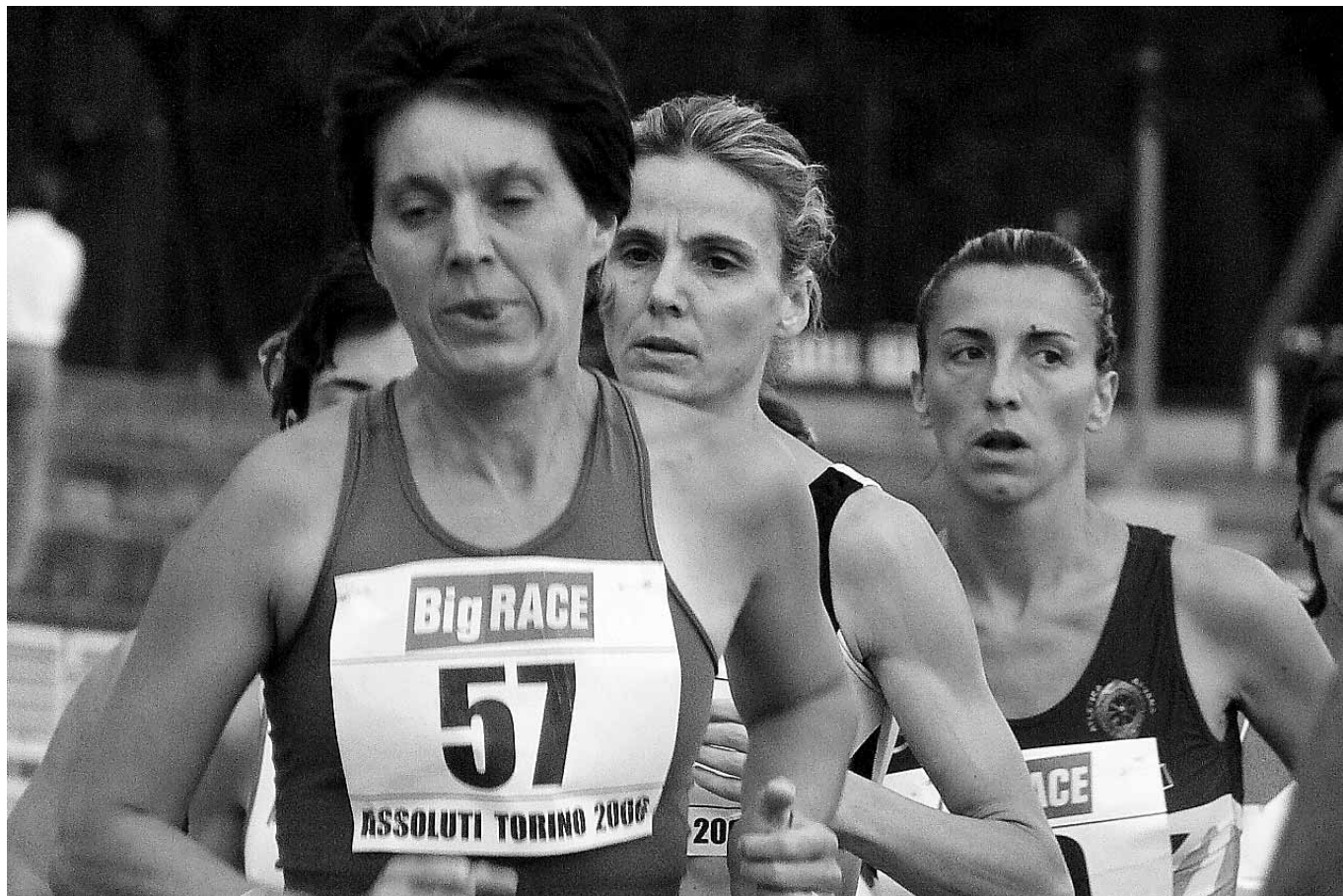
differenti prove richiedono) – sono stati capaci di emergere in diverse prove del mezzofondo e del fondo. L'etiope Heile Gebreselassie, per esempio, è stato il più forte corridore di sempre sui 10.000 m, ma è stato anche capace di vincere un campionato mondiale indoor dei 1500 m; ora è un maratoneta fortissimo (nella corsa dei 42,2 chilometri, fra l'altro, ha cambiato il suo modo di correre). Lo svizzero André Bucher, a sua volta, è diventato campione mondiale degli 800 m nel 2001 dopo essere stato nazionale svizzero nei 10.000 m e nel cross. In Italia abbiamo avuto gli esempi di Paola Pigni, di Silvana Cruciana e di Margherita Gargano, atlete che

	ENERGIA AEROBICA	ENERGIA LATTACIDA
800 metri	50%	40%
1500 metri	75%	20%
5000 metri	95%	4%
10.000 metri	99%	0,5%
mezza maratona	100%	0%
maratona	100%	0%

Tabella 1 - Intervento percentuale del meccanismo energetico aerobico e di quello anaerobico lattacido nel fornire l'energia per il completamento delle gare di corsa dagli 800 m alla maratona negli atleti di alto livello prestativo.

hanno ottenuto ottimi tempi dagli 800 m in su. La Pigni è stata anche semifinalista nei 400 m agli Europei, mentre Cruciana e Gargano sarebbero state anche ottime nella maratona se questa specialità fosse stata compresa

nel programma olimpico ai loro tempi. Maratonete molto titolate quali Laura Fogli e Maria Guida all'inizio della loro carriera erano ottocentiste, mentre Ornella Ferrara ha vinto un titolo italiano giovanile nella staffetta 4 x 400





m. Giuseppe D'Urso è diventato un grande campione degli 800 m (medaglia d'argento ai Campionati Mondiali del 1993) dopo avere gareggiato da giovane nelle prove più lunghe, compresi i 3000 m con siepi. E gli esempi potrebbero continuare a lungo.

Le componenti aerobiche centrali e periferiche

Quando si tratta di scegliere i criteri in base ai quali allenare le componenti aerobiche, si possono senz'altro seguire molti criteri differenti. Secondo me, diventa molto più razionale l'allenamento del meccanismo aerobico se ci si basa sulla fisiologia. Da anni, soprattutto quando mi riferisco all'allenamento aerobico (negli articoli, nei libri, durante le lezioni o nelle rela-

zioni ai convegni), divido le componenti *centrali* da quelle *periferiche*. Se non sbaglio, ne parlai per la prima volta in un articolo comparso su *Atletica Leggera* ben 23 anni fa (Arcelli, 1984). Si tenga presente che:

- con *componenti aerobiche centrali* si fa riferimento all'apporto di ossigeno ai muscoli;
- con *componenti aerobiche periferiche*, invece, all'utilizzo dell'ossigeno da parte dei muscoli che intervengono nel gesto specifico, nel nostro caso della corsa.

Fra chi parla di allenamento, quasi nessuno adotta questa distinzione fra "centrale" e "periferico". Qualcuno mi ha detto che essa complica le cose. Può darsi che, in effetti, in un pri-

missimo momento obblighi ad un approfondimento di temi di fisiologia che sembrano lontani da quelli dell'allenamento. Ma poi, a parer mio, la strada va in discesa, nel senso che diventa assai più facile capire quali sono i mezzi di allenamento davvero più utili nelle diverse situazioni (e scartare quelli che non lo sono).

Perché infatti:

- le *componenti aerobiche centrali* migliorano soprattutto (si tratta, ovviamente, di una semplificazione) quando il cuore "pompa" ad ogni minuto una quantità maggiore di sangue, quando cioè migliora la "gettata cardiaca"; a parità di tutto il resto, infatti, quanto più sangue arriva ai muscoli, tanto maggiore è anche la quantità di ossigeno che giunge ad essi;
- le *componenti aerobiche periferiche*, al contrario, migliorano quando aumenta la percentuale dell'ossigeno che – fra quello che arriva ai muscoli – è utilizzata dai muscoli stessi; tale percentuale (anche qui si tratta di una semplificazione) sale quando nei muscoli aumenta il numero e il volume dei mitocondri, vale a dire la "densità mitocondriale" (percentuale del sarcoplasma che è occupata da questi organuli); ricordo che nei mitocondri – grazie alla combinazione dell'ossigeno con gli zuccheri e i grassi – avviene la produzione dell'ATP con il meccanismo energetico aerobico.

L'allenamento del meccanismo aerobico

Per quello che riguarda l'allenamento delle *componenti aerobiche centrali*, è senza dubbio necessario che ci sia una buona sollecitazione del cuore. Spesso si dice che si deve superare la VAM, la velocità aerobica massima, vale a dire la velocità più bassa alla quale viene raggiunto il massimo consumo di ossigeno. Ritengo che ciò che davvero conti è che si raggiungano valori elevati della frequenza cardiaca. Quanto più è già stata allenata questa caratteristica, tanto più vicino ai valori massimi della propria frequenza cardiaca si deve portare l'atleta. Con questo obiettivo, vanno bene le ripetute in piano ad alta intensità. Tuttavia, ritengo – e anche questo lo sostengo da anni (Arcelli, 1984) – che ancora più efficaci sono le ripetute in salita, su tratti di alcune decine di metri e compiute a velocità vicine alla massima di cui si è capaci, in modo tale che la frequenza cardiaca sia innalzata il più velocemente possibile.

Quanto alle *componenti aerobiche periferiche*, si può dire che l'aumento del numero e della dimensione dei mitocondri avviene se si produce una piccola quantità di lattato nella fibra (per esempio pari a 3-6 mmol/L), ossia se si corre a velocità vicine alla soglia anaerobica. È bene che le durate siano come minimo di varie decine di secondi, meglio se di alcuni minuti. Questo, in pratica, significa fare ripetute sui 1000-2000 m poco so-

pra la velocità della soglia anaerobica, oppure sui 3000 m (o su distanze superiori) a tale velocità o soltanto un poco più lenta; ma anche un tratto unico, sempre attorno ad una velocità attorno alla soglia anaerobica ("corto-veloce").

È bene tenere presente che una velocità un po' più bassa fa intervenire una quantità maggiore di fibre lente (ST), mentre una velocità più elevata coinvolge un maggior numero di fibre di tipo II (FT). Le fibre di quest'ultimo tipo, dunque, sono tanto più importanti quanto più breve è la distanza di gara compiuta e, di conseguenza, negli 800 m è vantaggioso che molte fibre FT acquistino caratteristiche più tipicamente aerobiche, ossia con mitocondri numerosi e voluminosi. Il problema è che se si corre così veloci da fare intervenire un buon numero di fibre di tipo II, la du-

rata dell'impegno è obbligatoriamente breve e si sconfigna facilmente nel territorio lattacido; se, invece, la durata è sufficientemente lunga da stimolare in maniera efficace la "produzione" di nuovi mitocondri, intervengono soprattutto fibre di tipo I poiché la velocità deve essere inferiore.

Come si possono allenare bene, allora, le fibre di tipo II dal punto di vista aerobico?

Nella corsa in salita, rispetto a quella in piano, è maggiore, ad ogni spinta, il numero di fibre FT che interviene. Se si fanno ripetute in lieve salita della durata di pochi o alcuni minuti, si determina in quelle fibre la produzione di quantità di lattato (moderate) che portano all'aumento della densità mitocondriale. Ecco perché per il miglioramento delle componenti aerobiche sono state proposte le ripetute in salita, in questo caso

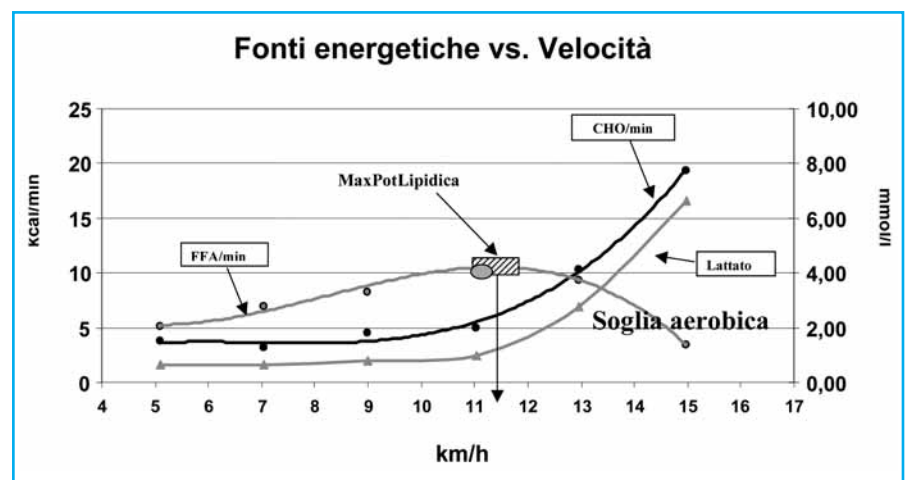


Figura 1 - Variazione del consumo per minuto di grassi (curva a campana indicata con "FFA/min") e di carboidrati (curva indicata con "CHO/min") e concentrazione di acido lattico nel sangue (curva indicata con "Lattato") in funzione della velocità, in ascissa. L'ordinata di sinistra (in kcal per min) si riferisce al consumo di grassi e di carboidrati; l'ordinata di destra (in millimoli per litro) alla concentrazione ematica di lattato. Per la curva del consumo di grassi per minuto è indicato ("MaxPotLipidica") anche l'ambito in cui viene raggiunto il livello più elevato di tale consumo.



di alcune centinaia di metri con pendenza blanda, sia per gli ottocentisti (Arcelli, 1996; Arcelli e Dotti, 2000), sia per i quattrocantisti (Arcelli, Mambretti e Alberti, in corso di stampa).

La potenza lipidica del maratoneta

Ben diverse sono le considerazioni che si devono fare quando si pensa all'allenamento dell'aerobico per la maratona. Si sa che nella corsa i muscoli possono consumare zuccheri oppure grassi: sopra la velocità di soglia anaerobica, quasi tutta l'energia deriva dagli zuccheri (figura 1); alla velocità della maratona, dagli zuccheri deriva fra i due terzi e i tre quarti dell'energia, mentre il resto viene dai grassi (O'Brien et al., 1993). Poiché la maratona si corre ad una velocità inferiore a quella della soglia anaerobica, in essa è fondamentale la capacità di consu-

mare molti grassi. Uno dei fattori che limitano la prestazione del maratoneta, infatti, è rappresentato dal fatto che da solo il glicogeno (quello muscolare più quello epatico) non basta a garantire tutta l'energia per correre i 42,2 chilometri. Se, però, fin dall'inizio della gara si consumano molti grassi, succede che – a pari velocità di corsa – si risparmia glicogeno (Arcelli e La Torre, 1994). In tal modo i depositi del glicogeno non si esaurisce prima della fine della gara e non si va “in crisi”.

Da tale punto di vista, quello che è fondamentale è avere valori elevati di potenza lipidica, vale a dire la capacità di consumare molti grassi per ogni minuto (Arcelli e La Torre, 1994). È questa una caratteristica che può essere migliorata attraverso l'allenamento. Si sa che i muscoli consumano grassi sia che arrivano con il sangue dagli adipociti, sia che sono già conte-

nuti nelle fibre muscolari (figura 2).

L'allenamento adeguato è in grado di migliorare l'utilizzo dei lipidi derivati dall'una e dall'altra fonte; soprattutto amplia i depositi nelle fibre di tipo IIa. Ciò succede se si corre ad intensità che determinano un buon consumo di grassi/min e un elevato consumo totale di grassi, tale da provocare uno svuotamento dei depositi di grasso endomuscolare. I tipi di allenamento efficaci per migliorare la potenza lipidica sono (Arcelli e Canova, 2002):

- il medio;
- le sedute lunghe.

Nell'un caso come nell'altro, per migliorare la potenza lipidica, le sedute devono progressivamente allungarsi, affinché possano essere consumati i grassi già presenti nelle fibre, grassi che aumentano con l'allenamento stesso. La potenza lipidica non migliora se si compiono

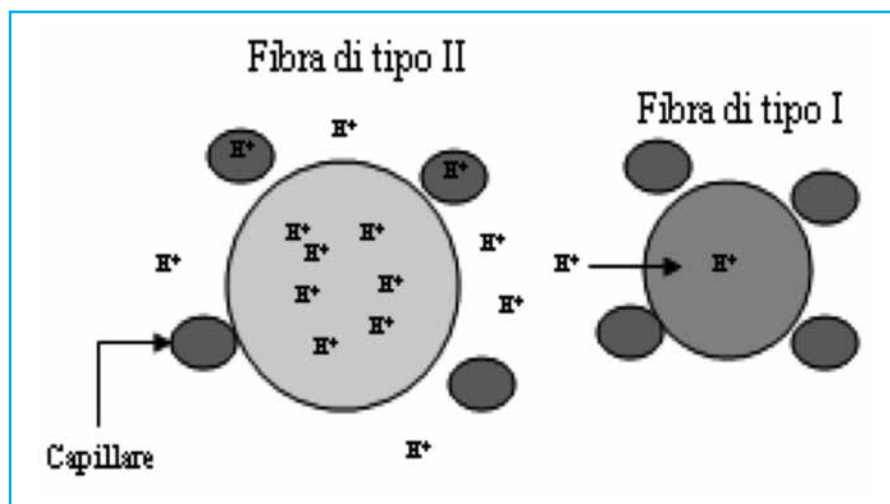


Figura 2 - Rappresentazione schematica di quello che avviene nel muscolo degli ioni H^+ . Essi vengono prodotti in una fibra di tipo II, da cui escono per entrare nei liquidi extracellulari. Da qui possono finire nei capillari ed essere così trasportati dal sangue in tutto l'organismo, oppure in fibre vicine, per esempio in una fibra di tipo I.



tratti troppo brevi (“brevi” in assoluto e in rapporto alle proprie abitudini) e se si tengono velocità più lente del 15% di quella della maratona, a meno che si compiano sedute estremamente lunghe (Arcelli e Canova, 2002).

Le componenti anaerobiche lattacide nelle prove di mezzofondo

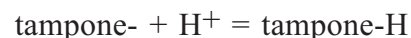
L'intervento del meccanismo anaerobico lattacido determina la formazione di acido lattico, vale a dire di ioni H^+ e di ioni LA. Gli ioni H^+ rendono le fibre muscolari più acide, ossia abbassano il pH. Quando, nella singola fibra, si arriva ad una certa concentrazione di H^+ (quando, cioè, si raggiunge quello che è chiamato “pH critico”), vi è l'inibizione di alcuni enzimi, come la fosforilasi e la fosfofruttochinasi. Si tratta di enzimi fonda-

mentali proprio per l'utilizzazione degli zuccheri a partire dalle tappe iniziali; viene così bloccata completamente la glicolisi, il processo grazie al quale viene prodotta energia con il meccanismo energetico anaerobico lattacido. Succede, insomma, che la fibra cessa di funzionare quando in essa si eleva la concentrazione degli H^+ . Si tratta, in pratica, di un sistema di controllo che protegge la fibra da abbassamenti eccessivi del pH, tali da determinare deterioramenti irreversibili delle strutture.

Nella fibra muscolare, ad ogni modo, esistono meccanismi (tanto maggiormente efficaci quanto più la fibra stessa è allenata dal punto di vista lattacido) grazie ai quali l'aumento di concentrazione degli H^+ non è pari alla produzione di essi (Juel, 1998). I principali sono l'intervento dei tamponi e la fuoriuscita di ioni H^+ dalla fibra su-

bito dopo che si sono formati.

I tamponi sono sostanze presenti nella fibra che sono capaci di “far scomparire” una parte degli ioni H^+ ; la capacità di tamponamento aumenta nella fibra con l'allenamento e, oltre che dai fosfati e dai bicarbonati, dipende dalla presenza di sostanze proteiche quali la carnosina, la creatina e altre piccole molecole contenenti l'aminoacido istidina. Schematizzando molto le cose, si può ritenere che una carica negativa del tampone annulli la carica positiva dello ione idrogeno; in pratica è come se succedesse questo:



Quanto all'uscita degli ioni H^+ dalle fibre, quella parte che di essa che avviene per semplice diffusione è tanto più veloce quanto più bassa è la concentrazione di H^+ all'esterno della fibra, ossia nei liquidi extracellulari e nel sangue. Da questo punto di vista c'è da tenere presente che anche nei liquidi extracellulari e nel sangue ci sono dei tamponi: mancano quelli di natura proteica, mentre sono molto importanti soprattutto i bicarbonati. È altresì facile comprendere che l'uscita di H^+ dalle fibre per semplice diffusione è agevolata dalla rapida scomparsa degli H^+ stessi dai liquidi interstiziali e dal sangue.

Il passaggio dello ione H^+ (da solo o assieme agli ioni LA) attraverso la membrana della fibra muscolare (sarcolemma), in ogni caso, può anche essere attivo, avviene cioè anche grazie a specifici trasportatori, i *carriers*, proteine che possono essere imma-

ginate come delle navette che vanno avanti e indietro a cavallo del sarcolemma: quando sono all'interno, nel citoplasma, caricano gli ioni H^+ (ed eventualmente anche gli ioni LA^-); attraversano poi il sarcolemma e scaricano gli ioni all'esterno di esso (nei liquidi extracellulari); tornano successivamente nel citoplasma e ripetono di continuo questo va vieni. Uno degli effetti dell'allenamento lattacido è proprio quello di far aumentare la concentrazione di questi *carriers* (Juel, 1998).

In pratica, dunque, il destino degli H^+ (e degli LA^-) è quello di uscire dalla fibra e di andare nei liquidi extracellulari; da qui possono finire (*figura 3*):

- in un'altra fibra, nella quale le concentrazioni di questi ioni è bassa, per esempio in una fibra di tipo I; gli ioni LA^- che vanno nelle fibre di tipo I sono ritrasformati in piruvato e "bruciati";
- nei capillari e, da qui, entrare nella circolazione generale e passare quindi in vari organi; di solito dal cuore e da altri muscoli gli ioni LA^- sono trasformati in piruvato e "bruciati" nei mitocondri, mentre dal fegato e dai reni sono ritrasformati in glucosio.

La durata della gara e il pH critico

Si è detto che quando in una certa fibra gli ioni H^+ arrivano ad una certa concentrazione (vale a dire ad un certo valore di pH, quello che è detto "pH cri-

tico"), sono inibiti alcuni enzimi fondamentali per i processi di produzione di energia. In pratica, per semplificare le cose, suggerisco di pensare che quella fibra sia momentaneamente "fuori uso" e che il muscolo possa continuare a lavorare ad una simile intensità soltanto se un'altra fibra prende il suo posto ("turn-over"). Se, però, non ci sono più fibre altrettanto valide, la potenza espressa si riduce. Nei 400 m, per esempio, due studiosi tedeschi (Letzelter ed Eggers, 2006) hanno constatato che, a livello dei finalisti dei Campionati Mondiali, quando la gara venga sud-

divisa in otto frazioni di 50 m, la seconda di esse è la più veloce e poi vi è via via un decremento di velocità. Tale decelerazione è accompagnata da un cambiamento della meccanica della corsa e, secondo Nummela, Vuorimaa e Rusko (1992), la diminuzione della velocità e i mutamenti della meccanica della corsa sono appunto dovuti ad una diminuzione della capacità dei muscoli di esprimere forza; ciò, del tutto verosimilmente, è dovuto proprio al fatto che, nel corso della gara, un numero crescente di fibre muscolari è stato messo "fuori uso" a causa del fatto che

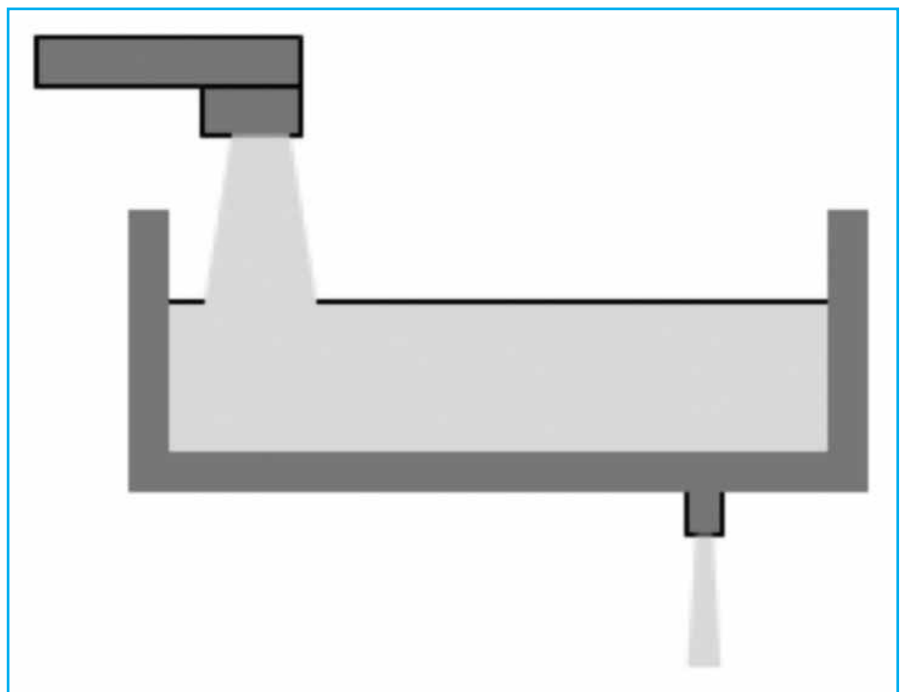


Figura 3 - Si può rappresentare il raggiungimento del "pH critico" in una fibra muscolare con il riempimento di acqua di una vasca. L'acqua che esce dal rubinetto rappresenta la produzione di ioni H^+ ; la quantità di acqua prodotta nell'unità di tempo (= H^+ prodotti per secondo) è molto maggiore se si fa riferimento ad una gara come i 400 m o gli 800 m in cui la potenza lattacida è assai elevata, piuttosto che ad una gara come i 10.000 m, nella quale, invece, l'energia prodotta per ogni secondo con il meccanismo anaerobico lattacido è molto inferiore. D'altro lato, in una gara della durata di poche o alcune decine di secondi (come i 400 m o gli 800 m) è molto minore la quantità di lattato che può uscire dalla fibra mentre la gara è in corso (= acqua che lascia la vasca attraverso lo scarico) di quella che può uscire nel corso di una gara che dura vari minuti (come i 5.000 m o i 10.000 m).

in esse è stato raggiunto il “pH critico” (Arcelli, Mambretti e Alberti, in corso di stampa).

Nella *figura 3* paragono il raggiungimento del “pH critico” al riempimento di una vasca da parte dell’acqua versata da un rubinetto; l’acqua che esce dal rubinetto rappresenta, in pratica, la produzione di H^+ . Dalla vasca una parte di acqua può uscire attraverso uno scarico, così come dalla fibra una certa quantità di H^+ può essere allontanata dalla fibra. Come è facile intuire, il riempimento della vasca (= raggiungimento del “pH critico”) dipende da vari fattori:

- si pensi, per esempio, ad una gara ad alta intensità come sono i 400 m; la produzione di H^+ per ogni secondo è molto elevata (ossia la potenza lattacida molto alta) e la gara dura poche decine di secondi: è come se nella vasca l’acqua arrivasse con un getto molto forte (flusso alto), in una quantità/minuto molto maggiore di più di quella che può uscire dallo scarico nello stesso tempo; la vasca, dunque, si riempie velocemente (= si arriva in fretta al “pH critico”);
- si pensi, invece, ad una gara ad intensità molto inferiore come sono i 10.000 m; essa ha una durata assai maggiore e una potenza lattacida molto più bassa (flusso di acqua dal rubinetto assai inferiore a quella dei 400 m) e, dunque, una produzione di lattato per minuto assai più limitata; la quantità di acqua che lascia la vasca nell’unità di tempo, di conseguenza, rappresenta

una discreta percentuale di quella versata nella vasca; la vasca si riempie perciò lentamente (= al pH critico si arriva in tempi assai più lunghi, per esempio all’arrivo della gara, poiché si può creare un certo equilibrio fra l’interno e l’esterno).

Tutto questo vuole evidenziare che quanto più breve e intensa è la prova (per esempio i 400 m oppure, fra le prove del mezzofondo, gli 800 m), tanto inferiore è, in proporzione, la quantità di H^+ che riesce a lasciare le fibre quando ancora la gara è in corso; in queste gare, dunque, sono maggiormente importanti i tamponi interni alle fibre. Quanto più è lunga la prova del mezzofondo (5.000 m e 10.000 m), al contrario, tanto maggiormente importante è che gli H^+ siano allontanati rapidamente dalla fibra, vale a dire che tanto maggiormente contano i carriers, oltre che l’allontanamento rapido degli ioni H^+ dai liquidi extracellulari e dal sangue.

L’allenamento delle componenti anaerobiche lattacide

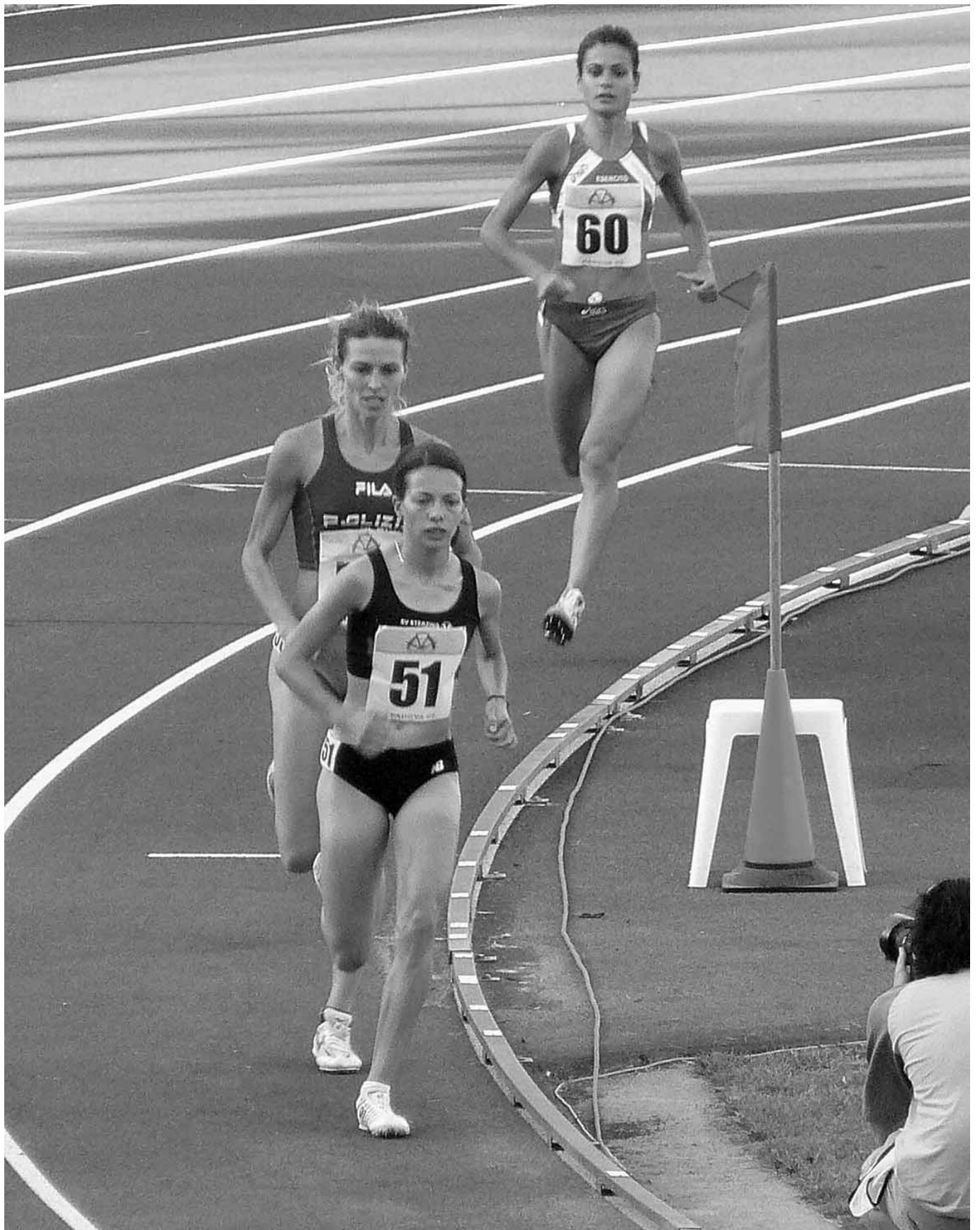
Tutte queste considerazioni quali indicazioni ci portano per quello che riguarda l’allenamento per il lattacido?

In base a quanto si è detto, risulta evidente che è tanto maggiormente importante l’aumento dei tamponi nelle fibre quanto più è breve la distanza del mezzofondo. In allenamento, dunque, è utile che vengano raggiunti li-

velli elevati di acidità (bassi valori di pH) nei muscoli impegnati nella gara, per esempio con ripetute ad alta intensità e lunghi intervalli. Al contrario, è tanto più importante favorire l’allontanamento degli H^+ dalle fibre (ossia la produzione dei carriers), oltre che dai liquidi extracellulari e dal sangue, quanto più lunga è la distanza. In allenamento, di conseguenza, risulta vantaggioso compiere lavori in cui si alternano momenti di produzione di lattato (non altissima) a momenti di recupero, cioè ripetute a discreta intensità e intervalli piuttosto brevi.

Per quello che riguarda la maratona, va detto che anche nel corso di essa i muscoli producono un po’ di lattato. Gli ioni H^+ e LA^- devono uscire via via che si formano ed essere smaltiti. Da questo punto di vista, va ricordato che il lattato non è una scoria inutile e dannosa: esso, anzi, viene utilizzato come fonte di energia dal cuore, dal fegato, dai reni e dai muscoli. È il caso che venga sottolineato come nel maratoneta ci sia questo utilizzo di lattato come fonte di energia da parte dei muscoli, in particolare da parte di quelli meno impegnati nella corsa e diversi da quelli che li producono, secondo quello che è stato definito “effetto shuttle” (Brooks, 1987).

Il lattato, insomma, è per i muscoli un piccolo serbatoio supplementare di energia, oltre ai due dei carboidrati (glicogeno muscolare e glucosio ematico) e ai due dei grassi (acidi grassi che arrivano con il sangue e trigliceridi già presenti nei mu-



scoli). È per questo che può essere definito “il quinto serbatoio” (Arcelli e Canova, 2002).

Le qualità per il cross

Alcuni degli atleti della cui duttilità (capacità di emergere in prove differenti del mezzofondo e del fondo) si è parlato più sopra, sono stati campioni anche nel cross. Lo è stato Heile Gebreselassie. Lo sono stati Paola Pigni (che ha vinto due Cross della Nazioni, il precursore del Campionato Mondiale di cross), così come lo sono state Cruciatà e Gargano. Ma alcuni ottimi corridori dei 10.000 m non sono riusciti ad essere altrettanto validi nelle corse campestri.

Come mai non tutti i corridori riescono ad eccellere in una prova di corsa che, in fondo, ha una durata simile a quella nella quale erano in grado di primeggiare e che, dunque, dovrebbe garantire ai muscoli un apporto (altrettanto elevato) di ATP nell'unità di tempo?

Si è detto che la prestazione, nelle prove di corsa, dipende – oltre che dalla disponibilità di energia – anche dall'utilizzo di essa, in particolare dal costo della corsa alla velocità alla quale si corre. Ci sono vari fattori che nel cross influiscono considerevolmente sul costo della corsa. Se ne possono elencare qui alcuni:

- non sempre ci sono gli attriti non ideali fra la scarpa e il terreno, per esempio perché gli strati superficiali (bagnati, fangosi, friabili, ovvero non coerenti) non permettono la mi-

glior presa da parte dei chiodi;

- si devono superare ostacoli naturali o artificiali, la qual cosa implica il possesso di certe caratteristiche tecniche e neuromuscolari, oltre ad un supplemento di fatica al quale non si è abituati;
- i percorsi (per la presenza di salite e di discese, di curve e di controcure, di cambiamenti delle caratteristiche della su-

perficie eccetera) obbligano a variazioni continue della spinta e della lunghezza del passo.

In linea generale, si può pensare che, facendo il confronto di quello che succede in una prova di 10.000 m in pista e in una di cross su un'uguale distanza, in quest'ultima ci sia anche un intervento di fibre di tipo II in una percentuale talvolta sensibilmente superiore.

Bibliografia

- Arcelli E. (1984) Corse di mezzofondo e fondo. Componenti aerobiche centrali e periferiche. *Atletica Leggera*, n. 298, pagg. 50-52.
- 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 Canova R. (2002) *L'allenamento del maratoneta di alto e di medio livello*. Edizioni Correre, Milano.
- Arcelli E. e Dotti A. (2000) *Mezzofondo veloce. Dalla fisiologia all'allenamento*. FIDAL, Atletica Studi, Roma, s.1.
- Arcelli, Dotti, Invernizzi e La Torre (2007) La distribuzione dello sforzo negli 800 metri. *Atletica Studi*, Roma, n. 2, pp. 3-10.
- Arcelli E. e La Torre A. (1994) La gara dei 50 chilometri di marcia: spesa energetica e origine dell'energia. *Atletica Studi*, n. 3, pp. 215-218.
- Arcelli E., Mambretti M. e Alberti G.P. L'allenamento aerobico nei 400 metri. *Atletica Studi*, in corso di stampa.
- Juel C. (1998) Muscle pH regulation: role of training. *Acta Physiol. Scand.*, 162: 359-366,.
- Letzelter S. e Eggers R. (2006) L'andamento della velocità nei 400 m delle atlete e degli atleti di classe mondiale, *Atletica Studi*, 2: 19-28.
- Nummela A., Vuorimaa T. e Rusko H. (1992) Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. *Journal of Sports Sciences*, 10 (3): 217-228.
- O'Brien M.J., Viguie C., Mazzeo R.S. e Brooks G.A. (1993) Carbohydrate dependence during marathon running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25 (9): 1009-1017.