

La corsa dei 100 chilometri: energetica e aspetti alimentari

Enrico Arcelli¹, Elena Casiraghi², Gabriele Boccolini³,

Antonio La Torre¹

¹ Dipartimento di Scienze dello Sport, Nutrizione e Salute, Facoltà di Scienze Motorie - Università degli Studi di Milano

² Dottorato di ricerca, Facoltà di Scienze Motorie - Università degli Studi di Milano

³ Laurea in Scienza dello Sport, Facoltà di Scienze Motorie - Università degli Studi di Milano

Scopo del presente articolo è considerare gli aspetti energetici della corsa dei 100 km e valutare quale ruolo può avere l'alimentazione seguita nel corso della competizione. Soprattutto si vorrebbe arrivare ad indicare quali e quanti carboidrati debbano essere assunti. A questo fine, il primo passo sarà quello della stima dell'energia totale che il corridore spende per percorrere i 100 km. Si cercherà, poi, di stabilire l'origine di questa energia, in particolare quanta di essa deriva da fonti già presenti nel corpo prima della gara (soprattutto dal glicogeno e dai grassi) e quanta dai carboidrati assunti nel corso della gara. A questo punto, tenendo anche conto dell'utilizzo dell'ossigeno durante la competizione, si tenterà di capire quali carboidrati esogeni e in quali quantità l'atleta debba assumere al fine di migliorare le sue possibilità prestative.

1. Costo energetico per compiere 100 chilometri

A quanto ci risulta, non esistono ricerche sul costo della corsa negli specialisti della prova dei 100 km. Per il calcolo della spesa energetica in questa specialità, ad ogni modo, si possono utilizzare i dati di "costo unitario" riferito ai maratoneti, tenendo presente che per "costo unitario" si intende la spesa per ciascun chilometro percorso di corsa e per ciascun chilogrammo di peso corporeo. Esso, secondo il classico lavoro di Sjodin e Svedenhag (1985), è nei maratoneti d'élite di $181,6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ (con un ambito fra $165,2$ e $197,6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$), mentre in quelli di buon livello di $196,4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ (con un ambito fra $174,4$ e $206,4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$).

Utilizzando un valore intermedio a quello dei due gruppi ($190 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$), si calcola che in una prova di 100 km la spesa to-

tale, espressa in litri per ciascun chilogrammo di peso corporeo dell'atleta (ma anche in chilocalorie, sempre per ogni chilogrammo di peso corporeo), è pari a circa:

$$190 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \times 100 \text{ km} \\ = 19 \text{ L} \cdot \text{kg}^{-1} = 95 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$$

2. Origine dell'energia

L'energia utilizzata dai muscoli del corridore della prova dei 100 km può essere **endogena** (già presente nel corpo dell'atleta alla partenza della gara), oppure **esogena** (assunta nel corso della gara).

L'**energia endogena** si può suddividere in:

- **GLICOGENO**: può originare dal fegato o, in misura maggiore, dai muscoli; secondo Schroder et al. (2008), in riferimento ad una ricerca su un corridore che compie 80 km, il glicogeno muscolare utilizzato è di 300 g e quello epatico di 100 g, per un totale di 400 g, pari a circa 1600 kcal, vale a dire, in un soggetto di 70 kg, a circa $23 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$; secondo O'Brien et al. (1993), i maratoneti, nel corso dei 42,2 km, possono utilizzare 375 g di glicogeno muscolare e circa 100 g di glicogeno epatico, per un totale di 475 g, pari a circa 1900 kcal, ossia, in un soggetto di 70 kg, a circa $27 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$. Si tenga presente che nei corridori allenati (dunque anche nei migliori maratoneti ed ultramaratoneti) la quantità di glicogeno muscolare è maggiore che nei soggetti sedentari (Greiwe et al., 1997). Anche in questo caso, si farà riferi-



mento ad un valore intermedio, ossia a $25 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ nel corso dei 100 km.

- **GRASSI:** nel caso dei grassi, a limitare la prestazione in uno sforzo molto prolungato non è tanto la quantità totale di calorie che da essi possono provenire, quanto la quantità per minuto, vale a dire la “potenza lipidica” (Arcelli e La Torre, 1994). Per i nostri calcoli si utilizzerà un consumo medio, nel corso dei 100 km, di $1 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$, pari a $9 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$, ossia a $0,128 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ nel soggetto di 70 kg.
- **PROTEINE:** nel corso della gara dei 100 km una parte dell’energia deriva anche dalle proteine, specie dagli aminoacidi a catena ramificata costituenti le proteine muscolari. Normalmente l’utilizzo delle proteine copre fino al 5-6% della spesa energetica totale, ma in qualche caso può arrivare, in particolare nell’ultimo tratto di gara, al 20% (Paul, 1989; Tarnopolski, 2004). Questo utilizzo è minimo negli atleti che sono ben allenati e che si alimentano correttamente; a ridurre l’ossidazione delle proteine da parte dei muscoli è la disponibilità di carboidrati,

sia endogeni, come quelli derivati dal glicogeno, sia esogeni, come quelli assunti in gara (Tarnopolski, 2004; Gibala, 2007). Nei nostri calcoli sarà trascurata la quantità di proteine consumate, poiché non influisce sulle considerazioni che verranno compiute; i consigli alimentari che verranno dati, ad ogni modo, influiranno sulla riduzione dell’ossidazione delle proteine.

Nella gara dei 100 km, in ogni caso, la maggior parte dell’energia deriva dai carboidrati endogeni e dai grassi. Si è detto che il glicogeno muscolare, sommato a quello epatico, in un corridore che sia molto ben allenato e che abbia seguito un’alimentazione corretta nei giorni e nelle ore precedenti, può fornire circa $25 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ in un soggetto di 70 kg. Se la spesa totale per percorrere i 100 km è di circa 95 kcal, significa che le rimanenti calorie devono necessariamente derivare dai grassi endogeni e dai carboidrati esogeni; essa corrisponde a:

$$95 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} - 25 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} = 70 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Se, come già detto, si suppone che la quantità di calorie derivate dai grassi sia di $1 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$, pari a $9 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$, oppure a $0,128 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, ne consegue che il tempo necessario affinché i muscoli dell’atleta possano disporre delle 70 $\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ è di:

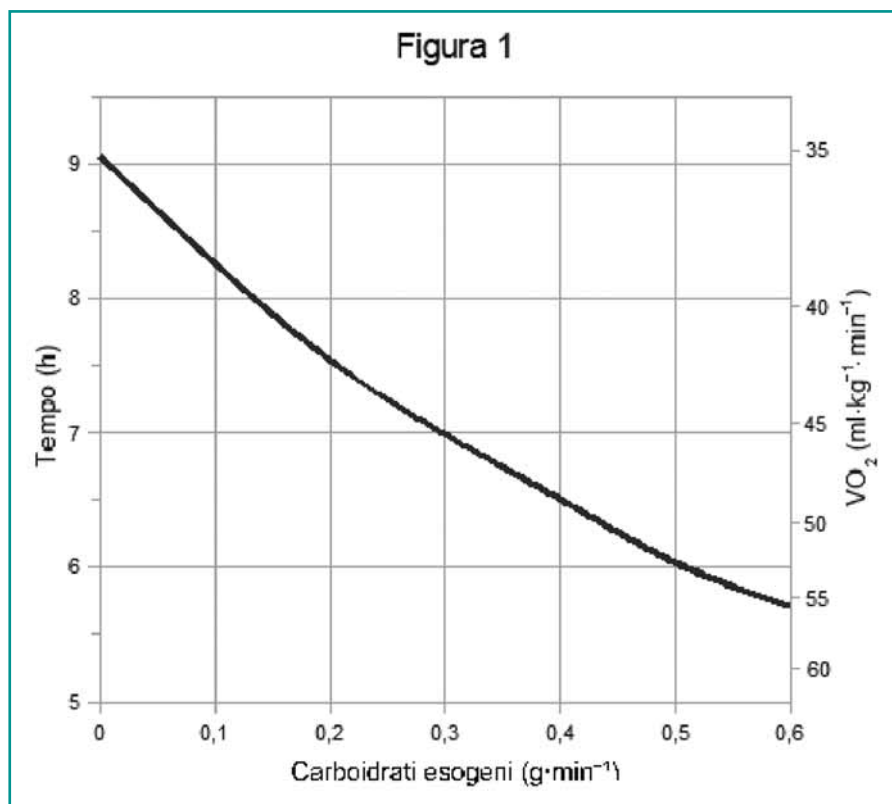
$$70 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} : 0,128 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 540 \text{ min} = 9 \text{ h}$$

Queste 9 h rappresentano il tempo che, dal punto di vista teorico, impiega per percorrere i 100 km un atleta che ricava l’energia soltanto da fonti endogene (glicogeno e grassi). Se il corridore ha un’aumentata disponibilità di energia, per il fatto che ne ricava anche dai carboidrati esogeni, il tempo teorico si riduce. La *figura 1* nell’ordinata di sinistra indica appunto il tempo minimo teorico sui 100 km in funzione dei carboidrati esogeni utilizzati per ogni minuto (in ascissa).

3. I vari fattori che possono influire sulla prestazione

Per ottenere i dati della *figura 1* sono stati ipotizzati per il corridore tre valori:

- (a) un costo unitario della corsa di $190 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$;
- (b) un utilizzo, nel corso dei 100 km, di una quantità totale di glicogeno di $25 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- (c) un utilizzo medio sempre nel corso dei 100 km, di una quantità di grassi/minuto di $0,128 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.



Il dato all'estremità sinistra della curva della *figura 1*, quello corrispondente al valore zero dell'ascissa, è di un atleta che, nel corso della gara, non assume carboidrati; il tempo di 9 h calcolato per lui, in ogni caso, è già piuttosto valido in campo maschile ed è decisamente buono in campo femminile. Da questa stessa figura si vede che la prestazione viene nettamente favorita quando vengono assunti carboidrati esogeni. Fornendo all'organismo $0,6 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$ di carboidrati (pari a $5,4 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$), per esempio, il tempo diventa di 5 h e 41 min, vale a dire molto migliore del primato mondiale attuale. Si tratta - va subito detto - di valori del tutto teorici, per il fatto che, come si dirà più avanti, non è di certo sufficiente la disponibilità di una certa quantità di energia per minuto per poter

mantenere la velocità che corrisponde a quel livello di potenza espressa; è anche necessario che, come minimo, l'organismo sia in grado di utilizzare una sufficiente quantità di ossigeno per minuto.

In apparenza nessuno dei tre valori ipotizzati - (a), (b) e (c) - è, ad ogni modo, straordinario, né è posseduto soltanto dai grandi campioni; può sembrare, anzi, che essi siano alla portata di molti atleti ben allenati. Vanno fatte, però, alcune osservazioni. La prima è che non vengono presi in considerazione vari fattori che possono determinare una "crisi" o un rallentamento dell'andatura, eventi sempre possibili in una disciplina come questa, a partire da quelli legati alla difficoltà di idratazione e di termoregolazione, all'errata distribuzione dello sforzo o a disturbi muscolo-scheletrici ed

addominali. Soprattutto il costo unitario della corsa più sopra ipotizzato, pur non essendo in assoluto fra i più economici, non tiene conto del fatto che, nella fase finale della gara, esso può aumentare anche in misura sensibile. È vero che Millet et al. (2000) in soggetti allenati che avevano corso un'ultramaratona di 65 km non hanno trovato alcuna variazione nel costo della corsa fra prima e dopo la prova (in entrambi i casi era, in media, di $186,8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$); ma è altresì vero che, per esempio, da un vecchio lavoro di Myles (1979) si possono calcolare in ultramaratone costi unitari medi superiori a quelli qui utilizzati come dato di riferimento: uno di $205 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ in un atleta che ha corso 80 km ad una velocità media di $11,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ed uno di $226,8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ in un altro atleta che ha corso $54,6 \text{ km}$ a $12,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Uno dei fattori che più di tutti influenzano la velocità che un atleta sa mantenere su una lunga distanza, ad ogni modo, è costituito senza dubbio dalle caratteristiche del proprio meccanismo aerobico, soprattutto dal massimo consumo di ossigeno e, in misura molto rilevante, dalla frazione di utilizzo di esso.

Nell'ordinata di destra della *figura 1* è indicato il consumo di ossigeno degli atleti in funzione della velocità media tenuta in gara, considerando sempre un costo unitario della corsa pari a $190 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$. Anche tale valore sembrerebbe piuttosto basso, alla portata di molti atleti; per correre i 100 km in 9 h, per esempio, esso è, all'incirca, di $35 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, dunque

ben lontano dai valori di massimo consumo di ossigeno dei più forti specialisti delle prove dai 5000 m alla maratona: quasi due volte e mezzo inferiore a quello dei migliori uomini e la metà delle migliori donne.

Va considerato, però, che la percentuale di utilizzo del massimo consumo di ossigeno è certamente inferiore al 70%. Non esistono dati sulla frazione di utilizzo dell'ossigeno da parte degli specialisti dei 100 km. Davies e Thompson (1986), però, indicano un valore del 67% (ambito fra il 53 e il 76%) in una corsa di 84,64 km.

Se la frazione di utilizzo del massimo consumo di ossigeno durante la gara dei 100 km fosse attorno al 60%, significherebbe che un consumo di ossigeno di $35 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, quello calcolato per correre in 9 h i 100 km, corrisponde ad un massimo consumo di ossigeno di $58 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e che per correre in 7 h occorre essere attorno a $77 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ come valore di massimo consumo di ossigeno, ossia molto vicino a valori tipici dei più grandi campioni del mezzofondo prolungato, della mezza maratona e della maratona.

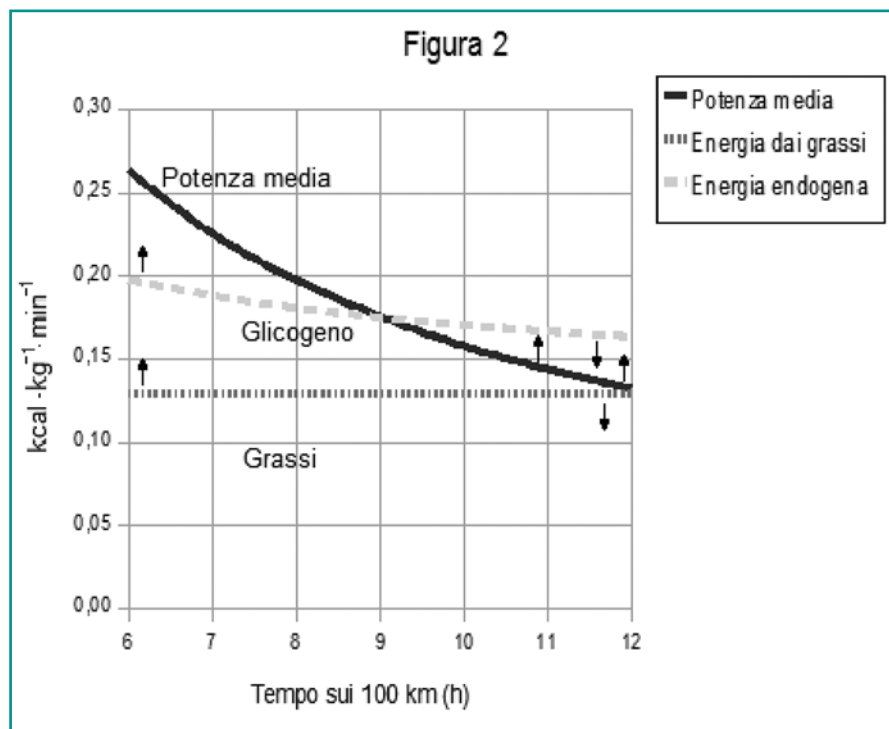
4. Quando l'assunzione di carboidrati è necessaria

Già più di 20 anni fa, dopo un'analisi delle ricerche pubblicate fino a quel momento, Sherman e Lamb (1988) sostenevano che l'ingestione di carboidrati durante un'attività fisica ad un'intensità fra il 65% e il 75% del massimo consumo di ossigeno migliora la prestazione se questa ha una durata superiore

alle 2 ore. I carboidrati assunti da un lato consentono di mantenere la glicemia nella norma anche a quel 25% circa di soggetti che, nel caso non assumano carboidrati, avvertono fatica legata all'ipoglicemia, a sua volta determinata dalla carenza di glicogeno nel fegato; dall'altro lato - per una pari intensità dell'impegno - consentono di risparmiare glicogeno per il proseguo dello sforzo e di avere una frazione più elevata del massimo consumo di ossigeno.

Se si fa riferimento in maniera specifica alla prova dei 100 km, la *figura 2* mostra che, per lo meno quando tale prova è corsa al di sopra di certe velocità, il rifornimento di carboidrati nel corso della gara diventa indispensabile per non rimanere senza scorte di energia. Essa è stata costruita facendo sempre riferimento ai valori ipotizzati (a), (b) e (c). Per tempi impiegati sulla distanza che sono compresi fra

6 h e 12 h (in ascissa), vengono indicati (in ordinata) i valori di potenza media nel corso dei 100 km e del contributo che deriva per ogni minuto dalle fonti endogene (rispettivamente dai grassi e dal glicogeno). Come si vede, fino a prestazioni attorno alle 9 h queste fonti endogene possono essere sufficienti a fornire la potenza media estrinsecata dagli atleti (la curva tratteggiata incrocia quella della potenza media in corrispondenza di quel tempo). Per tempi migliori, invece, esiste un gap che deve essere colmato dai carboidrati esogeni. Per correre in 6 h, per esempio, la differenza fra la potenza media e quella garantita dalle fonti endogene è di $0,0664 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, pari ad un utilizzo di carboidrati di $1,16 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$ o di oltre 400 g totali nel corso dell'intera gara; per correre in 8 ore, invece, tali valori sono rispettivamente di $0,30 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$ o di circa 150 g totali di carboidrati.



Va tenuto presente, però, che - rispetto a quelli ipotizzati - i migliori atleti del mondo potrebbero avere un valore di costo unitario della corsa un po' più basso e valori un po' più alti di glicogeno utilizzato e di potenza lipidica; la loro effettiva necessità di carboidrati, dunque, potrebbe essere inferiore. È possibile (se non probabile), d'altro lato, che gli atleti che corrono in tempi più vicini alle 12 h abbiano un costo medio della corsa più alto (la qual cosa innalza la curva della potenza media rispetto a quella indicata nella *figura 2*), mentre possono disporre di meno glicogeno totale e di una potenza lipidica inferiore (e questo, invece, abbassa le curve riferite al glicogeno e ai grassi nella *figura 2*). Ciò farebbe sì che sia utile anche per loro un rifornimento di carboidrati non soltanto per il mantenimento della glicemia, ma anche come combustibile per i muscoli. Anche la letteratura sembra indicare questo, pur se l'unico dato riferito specificamente ad una prova di 100 km è

di Fallon et al. (1998); in 7 uomini, con un tempo finale medio di 10,5 h (velocità media pari a $9,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), questi studiosi hanno trovato un'assunzione di carboidrati di 240 g di carboidrati, pari a $0,38 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$.

Altri dati sono riferiti a prove di 100 miglia. Glace et al. (2002a), durante un'ultramaratona di 160 km, disputatasi con temperatura molto elevata, hanno riscontrato un consumo medio di 1419 g di carboidrati, pari a $0,9 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$; essi affermano che gli atleti sembravano non riuscire ad assumere più calorie di quelle ingerite e che le energie esogene hanno aumentato il tempo di esaurimento. Il tempo medio nella prova è stato di 26,2 h (velocità media di $6,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, equivalente a 16,4 h sui 100 km). Gli stessi autori (Glace et al., 2002b), sempre in una prova di 160 km, questa volta in condizioni climatiche migliori, in 14 soggetti con un tempo medio finale di 24,3 h (velocità media di $6,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, equivalente a 15,2 h sui 100 km), hanno trovato un'as-

sunzione di carboidrati di circa 1500 g, pari a $1,03 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$.

Si tenga presente che, come minimo, la maggior disponibilità di carboidrati esogeni significa da un lato un aumento della frazione di utilizzazione dell'ossigeno e dall'altro lato che i muscoli ricorrono in misura minore all'utilizzo di proteine muscolari, con minor danno all'efficienza dei muscoli stessi (Paul, 1989; Tarnopolski, 2004; Gibala, 2007) e, del tutto verosimilmente, anche con un più facile mantenimento del costo unitario della corsa vicino ai livelli iniziali.

5. I carboidrati esogeni

Nelle specialità cicliche di lunga durata (ma anche nei giochi di squadra) la prestazione peggiora quando i depositi muscolari del glicogeno si svuotano (Costill, 1971; Kustrup et al., 2006); al fine di correre ad una buona velocità (in rapporto alle proprie possibilità), ma conservare del glicogeno per la parte finale della gara, dunque, è importante non soltanto iniziare l'attività fisica avendo tanto glicogeno nei muscoli e utilizzare la maggiore quantità possibile di grassi endogeni, ma anche ossidare un'elevata quantità di carboidrati esogeni.

Si tenga presente che, in ogni caso, i migliori specialisti della gara dei 100 km sono svantaggiati rispetto a quelli meno validi, sia dal punto di vista dell'utilizzo dei grassi, sia di quello dei carboidrati esogeni. La durata inferiore della loro gara, infatti, da un lato fa sì che, a parità di "potenza lipidica", essi possono ricavare energia dai grassi per un tempo inferiore e



che, dall'altro lato, possano utilizzare meno carboidrati esogeni totali a parità di quelli assorbiti nell'unità di tempo. Per quello che riguarda l'assunzione dei carboidrati esogeni nel corso della gara, inoltre, va tenuto presente che nella corsa, in linea di massima, quanto maggiore è la velocità, tanto minore è l'afflusso di sangue all'intestino; questo riduce notevolmente la capacità di assimilazione dei vari nutrienti, carboidrati compresi; di essi, dunque, diminuisce la quantità che arriva nel sangue per ogni minuto (Maughan et al., 1990).

Come primo approccio, in ogni caso, la scelta dei carboidrati da assumere è bene che si rivolga a quelli "ad alto indice glicemico", vale a dire a quelli che arrivano più velocemente nel sangue; da questo punto di vista la preferenza va data al glucosio e ai polimeri di esso, vale a dire alle maltodestrine, che, con la digestione, danno luogo a molecole di glucosio.

Secondo Jeukendrup (2008), l'assunzione di tali carboidrati in un soggetto che sta pedalando consente di ossidare, nel corso dell'attività fisica, fino a $1 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$ di carboidrati di origine esogena. Non si può andare oltre tali livelli per il fatto che questa è, appunto, la massima quantità di glucosio che può essere assorbita; il trasporto di tale molecola attraverso la parete intestinale, infatti, avviene attraverso specifici carriers (trasportatori) che, in pratica, arrivano a saturazione quando i carboidrati presi per bocca raggiungono $1 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$.

Ad ogni modo, si può sfruttare il fatto che l'assorbimento del fruttosio avviene attraverso un



different carrier (Ferraris e Diamond, 1997). Quando, infatti, il trasportatore del glucosio raggiunge la saturazione, quello del fruttosio può essere ancora attivo e può lavorare parallelamente, permettendo l'assorbimento di una certa quantità di tale monosaccaride, quantità che è un po' inferiore a quella che sa trasportare il carrier del glucosio, ma che, in ogni caso, va a sommarsi ad essa. Se si prendono contemporaneamente glucosio (o maltodestrine) e fruttosio, perciò, è possibile ottenere un'aumentata ossidazione di carboidrati esogeni; nel ciclista addirittura fino a $1,70-1,75 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$ (Jeukendrup, 2008). Dalle pubblicazioni di Jentjens e Jeukendrup (2005) e di Jeukendrup (2008) si constata che il glucosio (o le maltodestrine) debba essere in quantitativi un po' superiori (25% o più) a quelli del fruttosio. Esistono in commercio vari prodotti con tale composizione.

Per quello che riguarda la

scelta fra glucosio e maltodestrine, ci sono vari motivi per preferire queste ultime. Esse, innanzitutto, sono meno dolci e in genere ciò è gradito da parte degli atleti quando devono assumere notevoli quantità di carboidrati nel corso di una competizione di lunga durata; ma, soprattutto, se si usano le maltodestrine, vi è - a parità di peso e di apporto calorico - una diminuzione della osmolarità della bevanda, la qual cosa rende più rapido il passaggio attraverso lo stomaco.

Si noti che nel soggetto che sta pedalando la velocità di ossidazione dei carboidrati esogeni non dipende dai tempi di permanenza nello stomaco, né dalla capacità dei muscoli di estrarre i carboidrati dal sangue, ma è principalmente limitata dall'assorbimento di essi a livello dell'intestino (Jeukendrup e Jentjens, 2000). Nella corsa non è così. Il transito gastrico (anch'esso mediamente tanto più lento quanto più veloci si corre)

è sicuramente un fattore che rallenta l'assimilazione intestinale.

Queste assunzioni di alti dosaggi di carboidrati sono piuttosto impegnative, nel senso che implicano la combinazione di bevande e/o di gel e/o di sciroppi e/o di compresse. Nei periodi della gara in cui sono più elevati i valori di temperatura, di umidità dell'aria e di irraggiamento solare (quando, dunque, la sudorazione è più abbondante), è preferibile assumere i carboidrati diluiti in bevande.

Va altresì precisato che le ricerche che hanno fornito questi dati sull'assorbimento intestinale sono state effettuate in soggetti che pedalavano, in laboratorio (sul cicloergometro) o su strada (su biciclette da corsa). La pratica suggerisce che gli stessi quantitativi di carboidrati sono difficilmente assunti da chi sta correndo. Per i singoli corridori è indispensabile provare in allenamento le quantità e le qualità dei prodotti che possono essere tollerati nel corso dello sforzo.

6. Conclusioni

Ai fini del miglioramento delle prestazioni nella corsa dei 100 km, l'allenamento ha di certo la maggiore importanza; ma anche l'alimentazione ha un ruolo significativo (si veda la *tabella 1*), in particolare quella effettuata nel corso della competizione. Proprio di essa si è occupato fondamentalmente tale articolo. Il suo obiettivo, infatti, era di approfondire gli aspetti energetici della corsa dei 100 km proprio per capire (1) se l'integrazione con carboidrati nel corso della gara (cui, del resto, tutti gli ultra-

maratoneti ricorrono abitualmente) possa permettere un miglioramento della prestazione; e per cercare di stabilire (2) quali carboidrati dovessero venire assunti e (3) quale debba essere la quantità ottimale di essi. Pur avendo dovuto basare parte delle considerazioni su alcune ipotesi (per il fatto che non esistono in letteratura alcuni dei dati che sarebbero necessari), a due dei tre quesiti è stata data una risposta. Appare del tutto ragionevole ritenere che, in effetti, esistano dei motivi ben precisi che fanno sì che l'assunzione di carboidrati - per lo meno in molti casi - possa essere utile per ottenere un miglior tempo

sulla distanza. Si è potuto dare una risposta anche a proposito della scelta della giusta miscela dei carboidrati, quella che permette il massimo assorbimento intestinale e, di conseguenza, l'ossidazione della maggiore quantità di carboidrati esogeni per ogni minuto; la miscela maltodestrine-fruttosio, infatti, sembra essere la migliore. Per quanto riguarda la quantità di essi da assumere, invece, non è stato possibile fornire dati validi per tutti i corridori, anche perché variabili individuali molto spiccate, in rapporto anche e soprattutto alla capacità gastrica di sopportare certi dosaggi di essi.

Si ritiene, ad ogni modo, che

Tabella 1

fattori importanti per la prestazione sui 100 km	allenamento corretto	alimentazione corretta
• Economicità della corsa:		
- parte iniziale della gara		+
- parte finale della gara	+++	+
• Quantità di glicogeno nei depositi dei muscoli	++	++
• Consumo di ossigeno:		
- massimo consumo di ossigeno		++
- frazione di utilizzo	+++	+
• Potenza lipidica		+++
• Utilizzo dei carboidrati esogeni	-	+++

Tabella 1 - Fra i fattori dai quali dipende la prestazione dei corridori dei 100 km, vari possono essere influenzati favorevolmente da un corretto allenamento; esso può certamente influire sul costo unitario della corsa (in particolare nel senso di non farlo elevare eccessivamente nel finale della gara), sulle scorte di glicogeno nei muscoli, sul consumo di ossigeno (sia sul massimo consumo di ossigeno, sia sulla percentuale di utilizzazione di esso) e sulla quantità di grassi consumata per minuto (potenza lipidica). L'alimentazione può influire sulla quantità del glicogeno immagazzinata nei muscoli e sull'utilizzazione dei carboidrati esogeni, anche per quello che concerne l'utilizzo di una maggiore percentuale dell'utilizzazione dell'ossigeno e, probabilmente, sia pure in misura di certo ridotta, per quello che riguarda il mantenimento di una corsa economica nella parte conclusiva della gara poiché può consentire di avere più glicogeno nei muscoli e di non andare incontro ad un eccessivo consumo di proteine del muscolo stesso.

sarebbero molto utili alcune ricerche che approfondiscano le conoscenze della disciplina. Sarebbe anche il caso che i sin-

goli specialisti della prova dei 100 km vengano studiati per conoscere le loro caratteristiche fisiologiche e per capire quali

sono per ciascuno di loro le qualità sulle quali è bene agire al fine di migliorare la loro prestazione.

Bibliografia

- Arcelli E., La Torre A. (1994) La gara dei 50 chilometri di marcia: spesa energetica e origine dell'energia. *Atletica Studi*, n. 3, pagg. 215-218.
- Costill D.L., Bowers R., Branam G., Sparks K. (1971) Muscle glycogen utilization during prolonged exercise on successive days. *J. Appl. Physiol.*, 31: 834-838.
- Fallon K.E., Broad E., Thompson M.W., Reull P.A. (1998) Nutritional and fluid intake in a 100-km ultramarathon. *Int. J. Sport Nutr.*, 8(1): 24-35.
- Ferraris R.P., Diamond J. (1997) Regulation of sugar transport. *Physiol. Rev.*, 77: 257-302.
- Gibala, M.J. (2007) Protein metabolism and endurance exercise. *Sports Med.*, 37: 337-340.
- Glace BW, Murphy CA, McHugh MP. (2002) Food intake and electrolyte status of ultramarathoners competing in extreme heat. *J. Am. Coll. Nutr.*, 21: 553-559, 2002a.
- Glace BW, Murphy CA, McHugh MP. (2002) Food intake and disturbance in gastrointestinal and mental function during a ultramarathon. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 12: 414-427, 2002b.
- Greiwe J.S., Hickner R.C., Hansen P.A., Racette S.B., Chen M.M., Holloszy J.O. (1997) Effects of endurance exercise training on muscle glycogen accumulation in humans. *J. Appl. Physiol.*, 87(1): 222-226.
- Hargreaves M., Costill D.L., Coggan A., Fink W.J., Nishibata I. (1984) Effect of carbohydrate feeding on muscle glycogen utilization and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16: 219-222.
- Jentjens R., Jeukendrup A.E. (2005) High rates of exogenous carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. *Br. J. Nutr.*: 93(4): 485-492.
- Jeukendrup A.E. (2004) Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20: 669-677.
- Jeukendrup A.E., Jentjens R. (2000) Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Med.*, 29 (6): 407-424.
- Jeukendrup A.E., Jentjens R. L.P.G., Moseley L. (2005) Nutritional considerations in triathlon. *Sports Med.*, 35 (2): 163-181.
- Krustrup P., Mohr M., Steensberg A., Bencke J., Kjaer M., Bangsbo J. (2006) Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38(6): 1165-1174.
- Millet G., Lepers R., Lattier G., Martin V., Babault N., Maffiuletti N. (2000) Influence of ultra-long-term fatigue on the oxygen cost of two types of locomotion. *Eur. J. Appl. Physiol.*: 83: 376-380.
- Maughan R.J., Leiper J.B., McGaw B.A. (1990) Effects of exercise intensity on absorption of ingested fluid in man. *Exp. Physiol.*, 75 (3): 419-421.
- Myles W.S. (1979) The energy cost of an 80 km run. *Brit. J. Sports Med.*, 13: 12-14.
- O'Brien M.J., Viguie C.A., Mazzeo R.S., Brooks G.A. (1993) Carbohydrate dependence during marathon running. *Med. Scie. Sports Exerc.*, 25 (9): 1009-1017.
- Paul, G. (1989) Dietary protein requirement of physically active individuals, *Sports Med.*, 8: 154-176.
- Schröder S., Fischer A., Vock C., Böhme M., Schmelzer C., Döpner M., Hülsmann O., Döring F. (2008) Nutrition concepts for elite distance runners based on macronutrient and energy expenditure. *J. Athl. Train.*, 43: 489-504.
- Sherman W.M., Lamb D.R. (1988) *Nutrition and prolonged exercise*. In "Perspective in exercise science and sports medicine. Prolonged exercise", a cura di D.R. Lamb e R. Murray, Benchmark Press, Indianapolis, Usa.
- Sjodin B., Svedenhag J. (1985) Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine*, 2: 83-99.
- Tarnopolski, M. (2004) Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, 20: 662-668.