

PROBLEMI FISIOLGICI DEL MARATONETA

di Enrico Arcelli

Forse in nessun'altra specialità dell'atletica leggera le cognizioni di fisiologia possono essere di tanta utilità pratica per il tecnico così come lo sono nella maratona. Si può infatti dire che avendo ben presenti i problemi fisiologici di tale gara, il tecnico potrà allenare meglio i maratoneti e potrà più facilmente permettere loro di evitare in gara le « crisi » o, comunque, di prevenire quei disturbi (disidratazione, ipertermia, ipoglicemia, esaurimento del glicogeno muscolare, ecc.) che talvolta limitano sensibilmente la loro prestazione.

1) *IL COSTO DELLA CORSA* - Per compiere un chilometro (km) alla velocità di gara, il maratoneta spende circa 0,9 chilocalorie (kcal) per ogni chilogramma (kg) del suo peso corporeo. Se un atleta corre bene, può spendere anche un po' meno, per esempio 0,88 kcal/kg.km; un atleta che corre male, invece, spende fino a 0,95 kcal/kg.km e anche più. Gli individui non abituati a correre spendono circa 1 kcal/kg.km. Il correre male, dunque, può significare una perdita di alcuni minuti nel tempo impiegato a percorrere la maratona.

2) *SPESA ENERGETICA TOTALE* - Per correre l'intera maratona (pari a 42 km e 195 metri, o — approssimativamente, per i nostri calcoli — 42,2 km), un soggetto di 60 kg che abbia una corsa che costa 0,9 kcal/kg.km, indipendentemente dal tempo impiegato, spenderà in totale circa:

$$42,2 \text{ km} \times 60 \text{ kg} \times 0,9 \text{ kcal/kg.km} = 2.278,8 \text{ kcal} .$$

Tale calcolo, naturalmente, non tiene conto dei dislivelli che il maratoneta debba eventualmente percorrere, della eventuale presenza del vento, ecc.

3) CALORE METABOLICO E CALORE DI IRRAGGIAMENTO -

Durante il lavoro muscolare la maggior parte dell'energia spesa si trasforma in calore; nel caso del maratoneta, quasi il 90% della spesa energetica (per un totale di circa 2.000 kcal) si trasforma in calore che deve venire eliminato dal corpo, *calore metabolico* (M). Se durante la corsa il maratoneta è esposto al sole, il suo corpo assume una certa quantità di *calore di irraggiamento* (R) che può essere anche di molte decine di kcal e che deve pure venire eliminato dal corpo. Com'è noto, gli indumenti bianchi « respingono » i raggi solari meglio di quelli colorati, e limitano così la quantità di calore di irraggiamento assorbita dal corpo.

4) *L'ELIMINAZIONE DEL CALORE* - La somma del calore metabolico e del calore di irraggiamento, $M + R$, come si è detto supera le 2.000 kcal e costituisce il calore che deve venire eliminato affinché non si elevi la temperatura corporea: si pensi, infatti, che circa 50 kcal in più sono sufficienti per aumentare di 1 grado centigrado ($^{\circ}\text{C}$) la temperatura interna del corpo umano (che normalmente è di circa 37°C) e che già una temperatura interna dell'ordine dei 42°C può essere sopportata per periodi molto brevi e risulta tanto fastidiosa per il maratoneta da costringerlo a sospendere lo sforzo. Durante la maratona, dunque, è necessario che continuamente venga eliminato calore dal corpo del corridore: ciò avviene sia attraverso il meccanismo di scambio termico con l'ambiente (aria) per convezione, sia attraverso il meccanismo dell'evaporazione.

5) *IL CALORE ELIMINATO PER CONVEZIONE* - La cute ha una temperatura che varia da punto a punto, ma che in genere è superiore alla temperatura dell'aria. Lo straterello di aria che si trova a contatto con la cute viene da questa riscaldato: in tal modo una certa quantità di calore viene sottratta dal corpo. Se c'è vento, gli straterelli di aria a contatto con la cute variano continuamente e una maggior quantità di calore può essere sottratta al corpo; lo stesso accade quando l'aria è ferma ma è l'individuo a muoversi, come nel caso dell'atleta che sta correndo. Il *calore eliminato per convezione* (C) aumenta pressoché in proporzione diretta alla radice quadrata della velocità a cui corre il soggetto, ed è tanto maggiore quanto maggiore è la superficie corporea scoperta. Nel caso in cui la temperatura dell'aria sia superiore a quella del corpo, è il corpo ad assumere per convezione calore dall'ambiente.

6) *IL CALORE ELIMINATO PER EVAPORAZIONE* - Ogni litro di acqua che passa allo stato di vapore assorbe circa 600 kcal: ciò

significa che moltiplicando per 0,6 il numero di grammi di sudore che lascia il corpo del maratoneta sotto forma di vapore si ottiene il valore del *calore eliminato per evaporazione* (E). Non tutto il sudore prodotto dalle ghiandole sudoripare, tuttavia, evapora, ma solo una parte, che è tanto maggiore quanto più secca è l'aria.

7) *LA DISIDRATAZIONE E IL DEFICIT DI CLORURO DI SODIO* - Nel corso di una maratona che si svolge in condizioni ambientali miti, l'atleta perde in media 2-3 litri di sudore; se c'è caldo, alcuni atleti nel perdono anche 5 litri e più, sino a oltre il 10% del loro peso corporeo. Ad una disidratazione di tale entità può corrispondere per l'atleta uno stato di malessere notevole (« crisi da disidratazione »). E' dunque importante che il maratoneta si presenti alla gara ben idratato e che eventualmente durante la gara rimpiazzi una parte dell'acqua che ha perso. In ogni caso, se c'è caldo, è meglio che l'atleta beva *almeno in misura tale da calmare la sete*.

Va anche notato che il sudore contiene lo 0,2 - 0,5% di cloruro di sodio. Se l'organismo si venisse a trovare in uno stato di deficit di tale sale, la sudorazione diventerebbe difficile. Secondo alcuni è bene che i liquidi bevuti in gara contengano una certa quantità di sale da cucina: ciò servirebbe non solamente a rimpiazzare il cloruro di sodio, ma anche a diminuire il tempo di permanenza nello stomaco dei liquidi ingeriti. Nei giorni che precedono la gara, comunque, è buona precauzione salare un po' più del consueto i cibi che si mangiano: ciò dovrebbe essere sufficiente a prevenire il deficit di cloruro di sodio.

8) *IL CALORE E IL VAPORE ACQUEO ELIMINATI DAI POLMONI* - Anche attraverso i polmoni viene eliminato calore, dal momento che l'aria espirata è satura di vapore acqueo e che è più calda di quella inspirata. Si può calcolare che nel corso della maratona un atleta di 60 kg elimina attraverso i polmoni circa 0,25 kg di acqua sotto forma di vapore, il che corrisponde ad una eliminazione dal corpo di circa 150 kcal. La quantità di calore eliminata attraverso il riscaldamento dell'aria inspirata, logicamente è tanto maggiore quanto minore è la temperatura dell'aria ambientale.

9) *IL BILANCIO TERMICO* - Il *bilancio termico* B può essere considerato uguale alla somma algebrica del *calore metabolico* M (sempre positivo), del *calore di irraggiamento* R (generalmente positivo), del *calore di evaporazione* E (sempre negativo), e del *calore di convezione* C (positivo o negativo a seconda che la temperatura della cute sia più bassa o più alta della temperatura dell'aria):

$$B = M + R - E \pm C$$

Si può anche scrivere:

$$B = 0,83 \left[(t_a \cdot pc_a) - (t_p \cdot pc_p) \right]$$

in cui 0,83 è il calore specifico del corpo umano, t la temperatura corporea all'arrivo, t_p la temperatura corporea alla partenza, pc il peso corporeo all'arrivo, e pc_p il peso corporeo alla partenza. Per quanto all'arrivo la temperatura corporea sia in genere maggiore che alla partenza, B è talvolta negativo in quanto le variazioni del peso corporeo sono più sensibili delle variazioni della temperatura.

10) *IL SANGUE E LA REGOLAZIONE TERMICA* - Una delle funzioni del sangue è quella di trasportare alla cute il calore corporeo in eccesso. Se la temperatura interna è alta, aumenta notevolmente (fino al 20% del totale) la quantità del sangue che viene deviato alla cute, e una maggiore quantità di calore può così venire eliminata. Ma di conseguenza diminuisce il sangue che va a irrorare i muscoli e a fornire loro l'ossigeno. Sempre a proposito della funzione del sangue nella regolazione termica, qualche autore sostiene che la perdita di alcuni litri di sudore comporta una riduzione della parte liquida del sangue, cioè del plasma; ma nei maratoneti abbiamo sempre trovato che l'ematocrito — cioè il volume che occupano i globuli rossi in 100 centimetri cubici di sangue — presenta valori del tutto simili prima e dopo la gara, e poiché con la gara non dovrebbero avvenire cambiamenti sensibili nel numero e nelle caratteristiche dei globuli rossi, ciò indica che il volume del plasma non è variato.

11) *ORIGINE DELL'ENERGIA* - Quei muscoli del maratoneta che sono impegnati nella corsa (cioè soprattutto i muscoli delle gambe, delle cosce e dei glutei, ma anche molti altri gruppi muscolari del tronco e degli arti superiori), possono sostenere il loro intenso e continuo lavoro poiché dispongono di una adatta fonte di energia. Tale energia è di origine biochimica e, in ultima analisi, deriva da reazioni di combustione, cioè da reazioni fra l'ossigeno (che arriva continuamente ai muscoli grazie al sangue) ed un « combustibile » che può essere rappresentato dagli zuccheri e dai grassi, più precisamente dal glicogeno e dagli acidi grassi liberi. In pratica si può dire che avvengano queste reazioni:

(a) ossigeno + glicogeno = anidride carbonica + acqua + energia;

(b) ossigeno + acidi grassi liberi = anidride carbonica + acqua + energia.

Consideriamo i prodotti delle reazioni (a) e (b);

- l'*anidride carbonica* passa nel sangue che la trasporta ai polmoni, a livello dei quali viene eliminata;
- dell'*acqua* (*acqua di combustione*) parleremo più avanti;
- l'*energia* serve a « ricaricare » l'ATP, cioè la molecola dalla quale le fibre muscolari traggono direttamente l'energia per contrarsi e per creare dunque il movimento.

12) *IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO* - Per il maratoneta rappresenta un notevole vantaggio il fatto che i propri muscoli possano essere riforniti a ogni minuto di una grande quantità di ossigeno. Del resto l'intensità delle reazioni (a) e (b) è condizionata dalla quantità di ossigeno che può reagire nell'unità di tempo.

Quanto più ossigeno arriva ai muscoli, dunque, tanto maggiore è la combustione di glicogeno e acidi grassi; tanto maggiore è perciò l'energia prodotta e la quantità di ATP « ricaricata »: di conseguenza le fibre muscolari possono disporre di una quantità maggiore di ATP e possono contrarsi con maggior frequenza.

La quantità massima di ossigeno che può venire assorbita da un organismo nell'unità di tempo prende il nome di « massimo consumo di ossigeno ». I migliori maratoneti — grazie soprattutto alle caratteristiche del loro cuore, del loro sistema circolatorio e del loro sangue — hanno un « massimo consumo di ossigeno » che supera i 75 millilitri (ml) di ossigeno per ogni kg di peso corporeo e per ogni minuto (min). Si badi che — come si dirà più avanti — l'aver un valore molto alto di « massimo consumo di ossigeno » è una condizione indispensabile per eccellere nella maratona; ma non è una condizione sufficiente, tanto è vero che atleti di altre discipline sportive (ciclisti su strada, sciatori di fondo, canottieri, e persino corridori dei 1.500 e 5.000 metri) pur avendo un « massimo consumo di ossigeno » anche superiore ai 75 ml/kg.min, non sono in grado di portare a termine una maratona in un tempo di valore.

13) *IL GLICOGENO E GLI ACIDI GRASSI* - Come si è detto, i « combustibili » dai quali deriva l'energia per i muscoli sono di due tipi, il glicogeno e gli acidi grassi liberi. Il glicogeno si trova già dentro ai muscoli, in minuscole masserelle. Gli acidi grassi, invece, provengono dai depositi dei grassi, e giungono ai muscoli attraverso il sangue. In totale il glicogeno contenuto nei muscoli

del maratoneta è, prima della partenza, di alcuni ettogrammi; dopo l'arrivo è in quantità molto limitata. Nel maratoneta il grasso contenuto nei depositi lipidici è circa il 2 - 3% del peso corporeo, cioè circa 1,5 kg nell'atleta di 60 kg. (Nell'individuo di 20 - 30 anni che non faccia sport, in genere il grasso raggiunge o supera il 10% del peso corporeo).

14) IL QUOZIENTE RESPIRATORIO - Si intende con « quoziente respiratorio » il rapporto fra l'anidride carbonica che un individuo produce (e che elimina con la respirazione) e l'ossigeno che consuma in uno stesso periodo, per esempio durante un sforzo fisico:

$$\text{quoziente respiratorio} = \frac{\text{anidride carbonica prodotta}}{\text{ossigeno consumato}}$$

Il quoziente respiratorio può variare da 0,7 a 1: è uguale a 0,7 quando il soggetto consuma solo grassi; è uguale a 1 quando consuma solo zuccheri; mentre un soggetto corre a ritmo di maratona, comunque, il quoziente respiratorio ha sempre un valore intermedio, in genere compreso fra 0,8 e 0,9, il che significa che i muscoli dell'atleta consumano in parte grassi e in parte zuccheri, in una percentuale che è possibile sapere con esattezza conoscendo il valore del quoziente respiratorio. Nel corso della maratona è vantaggioso che il quoziente respiratorio sia il più possibile vicino a 1, è vantaggioso cioè che l'atleta consumi molti zuccheri e pochi grassi: a parità di ossigeno che arriva ai muscoli, infatti, si produce più energia quando venga bruciato glicogeno (reazione (a) del paragrafo 11), piuttosto che quando vengono bruciati acidi grassi (reazione (b)). (Vedi *Tabella uno*).

Tabella uno

quoziente respiratorio	grassi (% di calorie)	zuccheri	chilocalorie per litro di ossigeno
0,70	100%	0%	4,60
0,80	67%	33%	4,80
0,85	50%	50%	4,86
0,90	33%	67%	4,92
1,00	0%	100%	5,05

Tabella uno - Per alcuni valori del quoziente respiratorio viene indicata quanto è in percentuale l'energia che deriva dai grassi e l'energia che deriva dagli zuccheri. Nell'ultima colonna, per ciascun

valore del quoziente respiratorio, vengono anche indicate le chilocalorie che si producono per ciascun litro di ossigeno giunto ai muscoli. Il quoziente respiratorio medio nel corso della maratona è di solito 0,85 (più alto all'inizio della gara e più basso al termine); nell'atleta che segua una dieta ricca di grassi il quoziente respiratorio medio è vicino a 0,80; nell'atleta che segua una dieta ricca di carboidrati, infine, esso è vicino a 0,90. In quest'ultimo caso le chilocalorie che si producono per ogni litro di ossigeno sono maggiori di circa l'1,2% rispetto a quelle che si producono per ogni litro di ossigeno quando la dieta sia mista, e di circa il 2,5% rispetto a quelle che si producono quando la dieta sia ricca di grassi.

15) L'IMPORTANZA DELL'ALIMENTAZIONE RICCA DI CARBOIDRATI PER IL MARATONETA - Già nel 1939 Christensen e Hansen avevano constatato che uno sforzo di una data intensità poteva essere continuato in media 4 ore se i soggetti si erano alimentati soprattutto con carboidrati; per due ore se ~~si~~ erano alimentati con una dieta mista; per meno di un'ora e mezza se si erano alimentati con una notevole quantità di grassi. Più recentemente, per mezzo di prelievi biotipici, altri autori scandinavi hanno constatato che un'alimentazione ricca di carboidrati fa aumentare il contenuto in glicogeno dei muscoli e che è appunto questo alto contenuto in glicogeno che permette di mantenere per un tempo più lungo una presentazione di una certa intensità (oppure — quando si parli di uno sforzo intenso e protratto tanto a lungo come quello della maratona — di impiegare un tempo inferiore a percorrere una certa distanza).

16) IL MASSIMO ARRICCHIMENTO IN GLICOGENO DEI MUSCOLI - Nell'atleta che segue una dieta mista, il contenuto in glicogeno dei muscoli è di circa 1,5 grammi (g) per ogni 100 g di muscolo. Dopo un allenamento lungo la quantità di glicogeno del muscolo risulta molto diminuita. Se a questo punto l'atleta si alimenta prevalentemente con carboidrati, nel giro di alcuni pasti il contenuto in glicogeno dei muscoli supererà nettamente quello normale e al terzo giorno sarà già oltre i 3 g. Se, invece, dopo un allenamento che rende molto poveri di glicogeno i muscoli, l'atleta si alimenta con una dieta di soli lipidi e proteine (una dieta, cioè, che esclude i carboidrati), i muscoli continueranno a contenere quantità molto piccole di glicogeno. Un'alimentazione di questo genere, dunque, non ha una utilità immediata; tuttavia ha la sua importanza in quanto « affama » di zuccheri i muscoli, i quali — se l'atleta comincerà a questo punto ad alimentarsi con soli carboi-

drati per altri tre giorni — verranno a contenere in media quasi 4 g di glicogeno per ogni 100 g di muscolo (in alcuni soggetti addirittura anche 5 g e più). Il maratoneta che voglia presentarsi al via con i muscoli molto ricchi di glicogeno, dunque, a partire dal sesto giorno che precede la gara, dopo un allenamento lungo, seguirà per tre giorni una dieta di soli lipidi e proteine; poi, per tre giorni, seguirà la dieta di soli carboidrati (vedi *Tabella due* e *Tabella tre*). Il dott. Iacoponi — egli stesso maratoneta — definisce « PREPARAZIONE ALIMENTARE » l'insieme di questi sei giorni di dieta.

Tabella due - Dieta aglicidica

Prima colazione (580 kcal): un uovo bollito; 100 g di prosciutto cotto; the o caffè non zuccherati a volontà.

Pranzo (1.125 kcal): una tazza di brodo di dado con 10 g di burro; 200 g di hamburger; 100 g di groviera.

Merenda (420 kcal): 100 g di groviera.

Cena (870 kcal): straciatella in brodo (un uovo) con 10 g di parmigiano; 200 g di bistecca di maiale; 300 g di spinaci bolliti con 10 g di olio.

Tabella tre - Dieta iperglicidica

Prima colazione (520 kcal): 150 g di latte scremato con 10 g di zucchero; caffè a volontà; 100 g di pane con 50 g di marmellata.

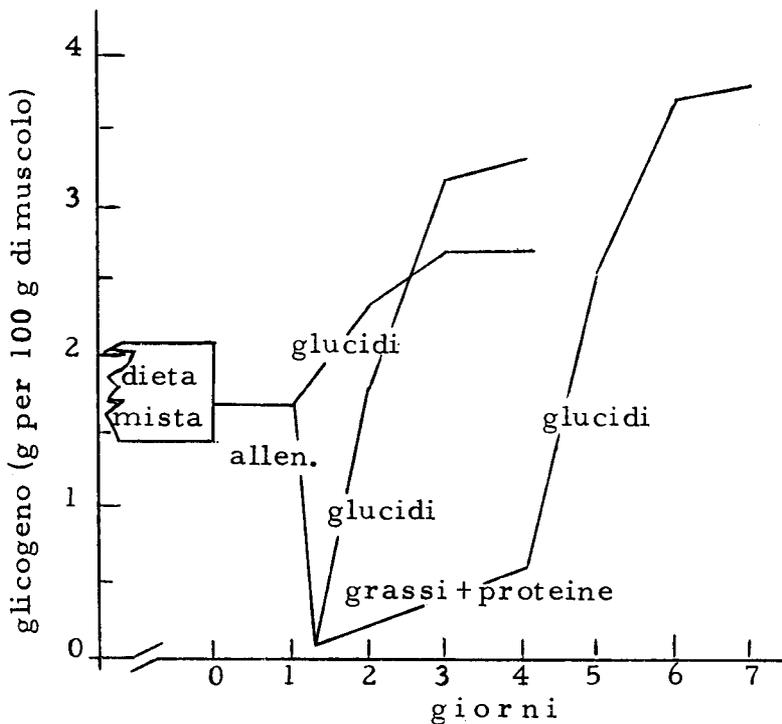
Pranzo (1.265 kcal): 150 g di riso con salsa di pomodoro senza grassi; 100 g di fegato ai ferri; 100 g di patate lesse condite con limone; 100 g di pane con 60 g di marmellata.

Merenda (285 kcal): 50 g di pane con 50 g di miele; 100 g di latte scremato con 10 g di zucchero.

Cena (935 kcal): 100 g di riso; 100 g di merluzzo ai ferri; 50 g di patate con limone; 100 g di pane; 100 g di latte con 10 g di zucchero; una banana.

Tabella tre - Ecco la dieta iperglicidica adottata dal dott. Iacoponi negli ultimi giorni della « preparazione alimentare ». Come si vede sono compresi cibi (fegato e merluzzo) prevalentemente protidici: nel pasto che precede la gara essi possono venire sostituiti da altri cibi costituiti prevalentemente da glucidi. Fra quelli non menzionati dalla tabella, ricordiamo i biscotti, la pasta, i dolci (esclusi quelli con creme e panna), la frutta fresca e la frutta cotta, ecc.

17) *L'ALLENAMENTO NELLA SETTIMANA CHE PRECEDE LA GARA* - Ammesso che la gara di maratona si svolga la domenica pomeriggio e che la « preparazione alimentare » inizi con il pasto della sera del lunedì precedente, l'ultimo allenamento lungo (circa 30 km) sarà fatto lunedì pomeriggio e servirà a ridurre al minimo i depositi muscolari del glicogeno. Fino al pasto del mezzogiorno di giovedì l'atleta continuerà la dieta di soli lipidi e proteine, e fino a quel giorno compirà un numero limitato di km (10-15 come massimo) anche perché la scarsità di glicogeno nei muscoli rende molto faticoso l'allenamento. Venerdì e sabato l'atleta non dovrebbe allenarsi per favorire il massimo riempimento di glicogeno dei muscoli; ma il compiere un breve allenamento (5-10 km in tutto) può essere utile da un punto di vista psicologico. La domenica mattina, un'ora prima dell'ultimo pasto, consigliamo un « pre-riscaldamento » di 3-5 km. L'intervallo fra l'ultimo pasto e la gara deve tener conto delle abitudini e di altri fattori individuali. Specie se tale intervallo è lungo, consigliamo di ingerire immediatamente dopo il « riscaldamento » per la gara, alcune zollette di zucchero o, meglio, poche decine di grammi di destrosio o di levulosio.



(La figura è tratta da una ricerca di Saltin e Hermasen del 1967).

Figura uno - Il contenuto in glicogeno dei muscoli (in ordinata) può variare nel corso dei giorni (in ascissa) in rapporto all'allenamento e all'alimentazione. Come si vede, in chi segue una dieta mista, il glicogeno muscolare è di circa 1,3 - 1,8 g per ogni 100 g di muscolo; con l'allenamento, il glicogeno del muscolo scende quasi a zero, ma risale in pochi giorni oltre i 3 g se ci si attiene ad una dieta ricca di glucidi. Se dopo l'allenamento si segue per tre giorni una dieta ricca di grassi e proteine, il contenuto in glicogeno permane molto basso; ma se nei successivi tre giorni si segue la dieta ricca di carboidrati, il glicogeno arriva ben oltre i 3,5 g. Tale grafico dimostra anche che lo svuotamento dei depositi del glicogeno è una condizione che favorisce il successivo riempimento dei depositi stessi: si vede infatti che chi inizia la dieta ricca di carboidrati senza essersi prima allenato, raggiunge un contenuto in glicogeno inferiore di chi invece si era in precedenza allenato.

18) IL CONSUMO DI ZUCCHERI E DI GRASSI NEL CORSO DELLA MARATONA - Per percorrere l'intera maratona, un atleta di 60 kg spende, come si è detto al paragrafo 2), circa 2.280 kcal. Se il quoziente respiratorio è 0,85, tale energia deriverà per metà (1.140 kcal) dagli zuccheri e per metà dai grassi. Poiché la combustione di 1 g di zuccheri produce 4,1 kcal e la combustione di 1 g di grassi 9,3 kcal, in totale il maratoneta consumerà circa 278 g di zuccheri e 122 g di grassi.

Nel caso che il quoziente respiratorio medio sia 0,80, i due terzi dell'energia deriveranno dai grassi (1.530 kcal, pari a 164 g) e un terzo dagli zuccheri (750 kcal, pari a 183 g).

Nel caso che il quoziente respiratorio sia 0,90, i due terzi dell'energia deriveranno dagli zuccheri (1.530 kcal, pari a 372 g) e un terzo dai grassi (750 kcal, pari a 81 g).

19) GLI ZUCCHERI INGERITI DURANTE LA GARA - Il presentarsi alla maratona con i muscoli molto ricchi di glicogeno rappresenta senza dubbio — per quello che si è già detto e per quello che si dirà dopo — un vantaggio. Per ottenere questo, però, si è visto che è necessario seguire una dieta che è un po' complicata e che in pratica non è sempre facile rispettare, per esempio perché non ci si alimenta in casa propria, per via del viaggio che si deve compiere per raggiungere la sede della gara, ecc. Non si possono avere gli stessi vantaggi che si hanno dal fatto di partire con i muscoli ricchi di glicogeno qualora ci si alimenti in gara con zuccheri?

La risposta a tale domanda è negativa. A parte le difficoltà

pratiche di ingerire e di assimilare zuccheri in una quantità pari a quella che con la preparazione alimentare può venire accumulata in più nei muscoli, esistono anche fattori fisiologici che lo impediscono.

Normalmente, infatti, gli zuccheri ingeriti (e tutti i carboidrati) con la digestione vengono in gran parte ridotti a monosaccaridi e come tali, assorbiti dalla mucosa dell'intestino, passano nel sangue; dal sangue, grazie a un ormone che si chiama insulina, possono entrare dentro alle cellule, comprese le cellule muscolari.

Durante uno sforzo fisico come quello del maratoneta, invece, il livello dell'insulina cala e gli zuccheri non possono entrare dentro i muscoli. Il prendere zuccheri durante lo sforzo può essere egualmente utile al maratoneta, non tanto per fornire zucchero ai muscoli, quanto per fornirlo al sangue, cioè per mantenere un certo tasso di zuccheri nel sangue.

20) *LA GLICEMIA* - Per « glicemia » si intende il contenuto di glucosio nel sangue. Nell'individuo normale un litro di sangue contiene circa 1 g di glucosio (1 g ‰). Quando il glucosio del sangue scende al di sotto degli 0,8 - 0,7‰, si parla di « ipoglicemia »: il soggetto « ipoglicemico » comincia ad avvertire disturbi soggettivi che, con l'abbassarsi della glicemia al di sotto degli 0,5‰, possono giungere fino alla perdita della coscienza. Un maratoneta che abbia una glicemia di tale grado, evidentemente, è costretto a ritirarsi dalla gara.

La glicemia viene di solito mantenuta ai valori normali grazie al glucosio contenuto nel fegato sotto forma di glicogeno (il glicogeno è appunto costituito da molte molecole di glucosio polimerizzate tra di loro). Se alla partenza di una maratona i depositi del fegato non contengono glicogeno a sufficienza, l'atleta rischia di avere una « crisi da ipoglicemia »; a meno che — come si è detto — ingerisca zuccheri nel corso della gara.

21) *L'AUMENTO DEL PESO CORPOREO IN SEGUITO ALLA PREPARAZIONE ALIMENTARE* - L'atleta che fa la « preparazione alimentare » arriverà alla gara con un peso corporeo di molti ettogrammi maggiore di quello che avrebbe avuto se avesse seguito una dieta mista. Se tale aumento di peso corporeo fosse di 1 kg, l'atleta nel primo tratto di gara spenderebbe per correre l'1,66% in più. Chi ha fatto la « preparazione alimentare », tuttavia, avrà nel corso della gara un calo del peso corporeo più rapido di chi non l'ha fatta, e inoltre avrà meno necessità di bere. L'aumento del peso corporeo, infatti, è solo in parte da attribuire direttamente all'accumulo di glicogeno; per una gran parte esso è dovuto al

fatto che nei muscoli il glicogeno è molto idratato: ad ogni g di glicogeno corrispondono infatti circa 2,7 g di acqua di idratazione.

22) *ACQUA DI IDRATAZIONE E ACQUA DI COMBUSTIONE* - Durante la corsa, per ogni g di glicogeno che viene bruciato, si liberano i 2,7 g di acqua che ad esso erano legati come acqua di idratazione. Se il maratoneta ha seguito una dieta ricca di carboidrati, nel corso della gara consumerà circa 375 g di zuccheri, che — con la combustione — lasciano liberi circa 1.000 g di acqua di idratazione. Con una dieta mista il consumo di zuccheri è di circa 280 g, pari a 750 g di acqua di idratazione. Con una dieta ricca di lipidi, infine, il consumo di zuccheri è di circa 185 g, pari a 500 g di acqua di idratazione.

Inoltre con la combustione degli zuccheri e dei grassi si liberano circa 300 g di acqua di combustione (vedi paragrafo 11). In totale, fra acqua di idratazione e acqua di combustione, ci sono dagli 800 ai 1.300 g di acqua che possono venire eliminati dal corpo umano come sudore senza che debbano essere il sangue e altri tessuti a cederli. E' proprio questa una delle ragioni per le quali i soggetti che nel corso della maratona hanno perso con il sudore oltre l'8% del peso corporeo, non presentano sintomi di disidratazione di entità pari a quelli dei soggetti che, per esempio, hanno perso altrettanto sudore senza aver compiuto lavoro muscolare, ma esclusivamente per essere rimasti in un ambiente molto caldo.

23) *I VANTAGGI DELLA « PREPARAZIONE ALIMENTARE »* - Dalla *Tabella uno* è possibile constatare che chi ha un quoziente respiratorio di 0,9 — ed è questo il caso di chi ha seguito una dieta ricca di carboidrati — da un litro di ossigeno ricava 4,92 kcal, contro le 4,86 di chi ha un quoziente respiratorio di 0,85 (dieta mista) e le 4,80 di chi ha un quoziente respiratorio di 0,80 (dieta ricca di lipidi).

Passando dalla dieta mista alla dieta iperglicidica il vantaggio è dunque di circa l'1,2%. Si è però anche visto che la « preparazione alimentare » porta prima della gara ad un aumento del peso corporeo che può essere dell'1,6% e più, e quindi a un aumento di una egual percentuale della spesa energetica per la corsa.

Lo svantaggio per l'aumento del peso corporeo sembrerebbe dunque maggiore del vantaggio che si ha per l'aumento del valore calorico dell'ossigeno. In realtà bisogna anche tener presente che:

— nel corso della gara il peso corporeo di chi ha fatto la « preparazione alimentare » decresce più rapidamente, e quindi la spesa

per la corsa in media non aumenta dell'1,6%, ma di un valore di certo inferiore;

- chi fa la « preparazione alimentare » non corre il pericolo di incorrere in una CRISI DA ESAURIMENTO DEL GLICOGENO MUSCOLARE e anche negli ultimi chilometri della gara i muscoli utilizzeranno zuccheri in buona percentuale;
- chi fa la « preparazione alimentare », avendo nei muscoli una maggior quantità di « acqua di idratazione », corre meno pericoli di avere una CRISI DA DISIDRATAZIONE e una CRISI DA IPERTERMIA, e in gara ha meno necessità di bere;
- chi fa la « preparazione alimentare » aumenta anche il contenuto di glicogeno nel fegato e quindi — essendo proprio il fegato deputato a mantenere il livello normale della glicemia — evita più facilmente la CRISI DA IPOGLICEMIA e in gara ha meno necessità di ingerire zuccheri.

Tenendo anche conto del fatto che l'esperienza pratica ci ha permesso di constatare che molti maratoneti che hanno effettuato la « preparazione alimentare » giungono al traguardo della maratona sensibilmente meno affaticati di chi non l'ha fatta e che essi stessi affermano che in gara hanno faticato molto meno rispetto a quando si alimentavano con una dieta normale, riteniamo che l'utilità pratica della « preparazione alimentare » sia indubbia, indipendentemente dal vantaggio che da essa deriva nel tempo impiegato a percorrere la maratona.

24) *UTILIZZAZIONE DELL'OSSIGENO* - La miglior prestazione mondiale della maratona è stata ottenuta il 30 maggio 1969, ad Anversa, da Derek Clayton con 2 ore 08'33"6. In quella occasione l'australiano tenne una velocità media di 19,692 km/ora. Se il costo della sua corsa è di 0,9 kcal/kg.km, si può calcolare un dispendio energetico di 17,72 kcal/kg.ora. Ammesso che Clayton abbia avuto un quoziente respiratorio medio di 0,85 e che dunque ogni litro di ossigeno da lui consumato corrispondesse a 4,80 kcal, si può calcolare che abbia consumato:

$$\frac{17,72 \text{ kcal/kg.ora}}{4,85 \text{ kcal/litro}} = 3,643 \text{ litri di ossigeno/kg.ora} = 60,7 \text{ ml di ossigeno/kg.min}$$

E' molto probabile che Clayton abbia un massimo consumo di ossigeno vicino (se non superiore) agli 80 ml/kg.min. In tal caso, nel corso della gara in cui ha ottenuto il record, Clayton avrebbe

utilizzato circa il 75% del suo massimo consumo d'ossigeno. Valori simili sono stati trovati dal ricercatore statunitense Costill su maratoneti di valore nazionale e internazionale, e da noi su alcuni dei migliori maratoneti italiani. In alcuni maratoneti di minor valore, invece, abbiamo rilevato una utilizzazione inferiore.

L'allenamento del maratoneta, dunque, non deve avere come unico scopo il miglioramento del massimo consumo di ossigeno, ma anche della sua percentuale di utilizzazione.

25) FATTORI CHE POSSONO LIMITARE LA PRESTAZIONE DEL MARATONETA - Durante la maratona, anche in rapporto alle condizioni ambientali, alcuni fattori possono indubbiamente limitare le prestazioni dell'atleta. Se ne conoscono alcuni come:

- l'esaurimento del glicogeno muscolare;
- la disidratazione;
- l'ipoglicemia;
- l'ipertermia.

Tali fattori, spesso combinati fra loro, provocano disturbi soggettivi che possono arrivare fino alla così detta « crisi ». Da tenere anche presente quanto si è detto a proposito del cloruro di sodio; c'è inoltre da notare che alcuni maratoneti al termine della gara presentano un'azotemia più alta del normale. La concentrazione nel sangue dell'acido lattico (« lattacidemia »), invece, non sembra costituire un limite nella maratona così come lo è invece nelle gare del mezzofondo veloce: all'arrivo i maratoneti hanno infatti una lattacidemia molto bassa, tranne nel caso in cui facciano lo sprint finale. Secondo il prof. Astrand, a limitare le prestazioni del maratoneta possono intervenire altri fattori, come per esempio un disturbo nel bilancio elettrolitico a livello della membrana della fibrocellula muscolare e una alterazione dei sistemi enzimatici.

A proposito della capacità individuale di protrarre a lungo un lavoro intenso come quello del maratoneta, Astrand dice inoltre: « Se un dato lavoro richiede un consumo di ossigeno di 2 litri/min, l'individuo che ha un massimo consumo d'ossigeno di 4 litri/min ha un margine di sicurezza soddisfacente, mentre l'individuo che abbia un massimo consumo di ossigeno di 2,5 litri/min deve lavorare vicino al suo massimo e conseguentemente il suo equilibrio interno diventa molto più disturbato. Nell'esercizio prolungato la motivation, lo stato di allenamento, il bilancio idrico e i depositi di energie disponibili, sono importanti per la capacità di prestazione ».

27) *ALCUNI CONSIGLI PRATICI* - Si possono dare al maratona questi altri consigli che sono le conseguenze o la precisazione di quanto detto finora:

- è importante non solo compiere molti km per settimana, ma anche compierne nella singola seduta un buon numero senza interruzione, oltre che per ragioni psicologiche, anche perché alcuni problemi (impoverimento delle scorte di glicogeno, disidratazione, ipertermia, ecc.) cominciano a intervenire solo dopo che lo sforzo si è protratto per un buon numero di km;
- specie nel caso che siano trascorse molte ore fra l'ultimo pasto e la gara, è importante prendere zuccheri 15-30 min prima della gara; anche in gara è consigliabile prendere zuccheri allo stato solido o sciolti in acqua;
- una maglietta come quella usata da Ron Hill ai campionati europei di Atene del 1969 (bianca, traforata e molto scollata), è utilissima quando c'è caldo;
- nel caso che l'atleta non abbia la possibilità di seguire completamente la « preparazione alimentare », tenga presente che può anche seguirla parzialmente, anche se — come si può constatare nella *Figura uno* — non si hanno gli stessi vantaggi: è comunque molto importante che almeno gli ultimi 4-6 pasti siano costituiti da soli carboidrati; che si cominci tale dieta dopo un allenamento abbastanza lungo; e che durante il periodo di tale dieta ci si alleni molto poco.

(Tratto dai documenti del Centro Studi del Marathon Club Varese doc. n. 18).

Il presente articolo è in corso di stampa sulla rivista tedesca "Leichtathletik".

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Arcelli E.: Nozioni utili al maratoneta - *Atletica leggera*, 137: 43, gennaio 1971.
- Arcelli E.: Note introduttive alla corsa del mezzofondista e del fondista - *Atletica leggera*, 140: 38-41, aprile 1971.
- Astrand P.O., K. Rodhal: «Textbook of Work Physiology», McGraw-Hill Book Company, New York, 1970.
- Christensen E. H., O. Hansen: Arbeitsfähigkeit und Ernährung - *Skand. Arch. Physiol.*, 81: 160, 1939.
- Costill D. L.: «What research tells the coach about distance running», American Association for Health, Physical Education and Recreation, Washington, 1968.
- Costill D. L.: Metabolic responses during distance running - *J. Appl. Physiol.*, 28: 251-255, 1970.
- Costill D. L., E. Fox: Energetics of marathon running - *Medicine and Science in Sport*, 1: 81-86, 1969.
- Costill D. L., E. Winrow: A comparison of two middle-aged ultramarathon runners - *Research Quarterly*, 41: 135-139, 1970.
- Edwards H. T., R. Margaria, D. B. Oill: Metabolic rate, blood sugar and utilization of carbohydrate - *Am. J. Physiol.*, 108: 203-209, 1934.
- Iacoponi R.: Preparazione alimentare del maratoneta - *Atletica leggera*, 141: 36-38, maggio 1971.
- Margaria R., E. Arcelli, P. Aghemo, G. Sassi - in preparazione.
- Margaria R., P. Cerretelli, P. Aghemo, G. Sassi: Energy cost of running - *J. Appl. Physiol.*, 18: 367-370, 1963.
- Muir A. L., I. W. Percy-Robb, I. A. Davidson, E. G. Walsh, R. Passmore: Physiological aspects of the Edinburg Commonwealth Games - *Lancet*, nov. 28; 1125-1128, 1970.
- Pellegrini A., G. Riva, R. Margaria: La termoregolazione nel lavoro muscolare - *Arch. Fisiol.*, 46 (33): 111-132, 1946.
- Pugh L.G.C.E., J. L. Corbett, R. H. Johnson: Rectal temperatures, weight losses, and sweat rates in marathon running - *J. Appl. Physiol.*, 23: 347-352, 1967.
- Saltin B., L. Hermansen: Glicogen stores and prolonged severe exercise, in G. Blix (ed.), «Nutrition and Physical Activity», pag. 32, Almqvist and Wiksall, Uppsala, 1967.
- Trifari E.: Ron Hill latte e miele - *Atletica leggera*, 124: 6, nov. 1969.