

PROBLEMI FISIOLGICI DELLE PRESTAZIONI DI DURATA

di E. ARCELLI

1) LE GARE DI FONDO - Possiamo raggruppare sotto la denominazione di GARE DI FONDO (o GARE DI RESISTENZA AEROBICA) principalmente queste discipline sportive: (a) le corse a piedi più lunghe di 10 km; (b) le prove di marcia; (c) le prove di ciclismo su strada; (d) le prove di sci di fondo.

Tali discipline hanno molti punti in comune:

— prima di tutto hanno la caratteristica di durare a lungo, da alcune decine di minuti ad alcune ore;

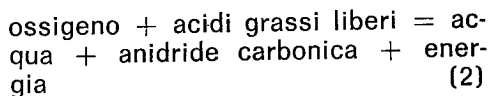
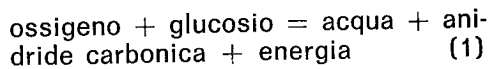
— in esse lo sforzo dell'atleta è continuo, e non intermittente come succede invece in sports come il calcio o il basket, nei quali la durata è pure di molte decine di minuti, ma il giocatore alterna periodi di impegno molto intenso a periodi nei quali lo sforzo è minimo o anche nullo;

— i muscoli impegnati costituiscono una buona percentuale della totalità delle masse muscolari corporee;

— la quasi totalità (o la totalità) dell'energia biochimica che viene utilizzata dai muscoli per le loro continue contrazioni deriva da reazioni nelle quali interviene l'ossigeno e che vengono perciò dette « ossidative » o « aerobiche »; soltanto una

piccola percentuale dell'energia (in genere meno del 5%) può derivare da reazioni — dette « anossidative » o « anaerobiche » — che per avvenire non richiedono la presenza dell'ossigeno.

2) LE REAZIONI AEROBICHE - Nella produzione d'energia attraverso il meccanismo aerobico l'ossigeno si combina con uno zucchero, il *glucosio*, oppure con dei costituenti dei grassi, gli *acidi grassi liberi*, secondo una di queste due reazioni:



Come si dirà più avanti, se l'intensità del lavoro è limitata, l'energia deriva prevalentemente dalla reazione (2); aumentando l'intensità dello sforzo aumenta anche la percentuale di energia che deriva dalla reazione (1).

3) IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO - Per lo specialista delle gare di fondo è molto vantaggioso che i propri muscoli vengano riforniti da una grande quantità di ossigeno per

ogni minuto; l'intensità delle reazioni (1) e (2) è infatti condizionata dalla quantità di ossigeno che può reagire. 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 valori di « massimo consumo di ossigeno » misurati in atleti eccezionali sono risultati essere anche di 5,5-6 litri al minuto; se — come di solito si fa — si tiene conto del peso corporeo del soggetto, i valori dei campioni risultano essere anche superiori agli 80 millilitri di ossigeno per minuto e per chilogrammo di peso.

4) IL TRASPORTO DI OSSIGENO AI MUSCOLI - Nella Figura 1 viene data una rappresentazione molto schematica di come l'ossigeno — grazie all'intervento di vari tessuti, organi e apparati — possa essere trasportato dall'aria ambientale (A) fino all'interno della fibra muscolare (M). Le varie tappe sono:

(1) l'apparato respiratorio, con la inspirazione, introduce l'aria nei polmoni;

(2) dall'alveolo polmonare l'ossigeno passa nei capillari peri-alveolari;

(3) l'ossigeno si lega all'emoglobina contenuta nei globuli rossi del sangue;

(4) il sangue, ormai divenuto arterioso, viene « pompato » dal cuore verso la periferia (nella Figura 1 il movimento impresso al sangue dal cuore viene rappresentato da una freccia);

(5) grazie alla dilatazione o alla costrizione delle varie arteriole del sistema circolatorio, il sangue viene incanalato soprattutto nei distretti nei quali è necessario l'apporto di ossigeno;

(6) dai capillari l'ossigeno passa all'interno delle fibre muscolari e a livello dei mitocondri si combina con

il glucosio e con gli acidi grassi liberi.

5) I FATTORI LIMITANTI - Non è facile stabilire quali siano i fattori che — in un dato atleta, ad un dato grado di allenamento — determinano il « massimo consumo di ossigeno ». Probabilmente in alcuni atleti il fattore che limita la quantità di ossigeno che viene trasportata ai muscoli è la portata cardiaca, cioè il volume di sangue pompato dal cuore nell'unità di tempo: più sangue viene pompato, più ossigeno può essere trasportato dai polmoni verso la periferia. In altri atleti il fattore limitante potrebbe invece essere periferico: a parità di numero e di volume delle fibre muscolari, quanto maggiore è il numero dei capillari tanto più ossigeno può passare dal sangue alle fibre muscolari stesse, perlomeno finché non si raggiunge un rapporto ottimale. Possiamo paragonare questi fattori limitanti alle strettoie di una strada (Figura 2): come la quantità massima di ossigeno è limitata da tali fattori, così il numero di automobili che percorrono una strada dal punto iniziale A al punto finale M in un dato tempo, è appunto limitato dalle strettoie (4) e (6).

6) GLI EFFETTI DELL'ALLENAMENTO - L'allenamento agisce su un gran numero di tessuti, organi e apparati e ne provoca adattamenti che tendono a favorire la loro funzione. Tanto minore è l'età e da tanto meno tempo è iniziata la pratica dell'allenamento, tanto maggiori possono essere gli adattamenti. Il ragazzo, dunque, in genere migliora più velocemente di chi si avvicina ai 30 anni; e chi fa un dato sport da poco tempo, migliora in maniera più sensibile di chi lo fa da molto. Anche i tessuti, gli organi e gli apparati che provvedono al rifornimento dell'ossigeno ai

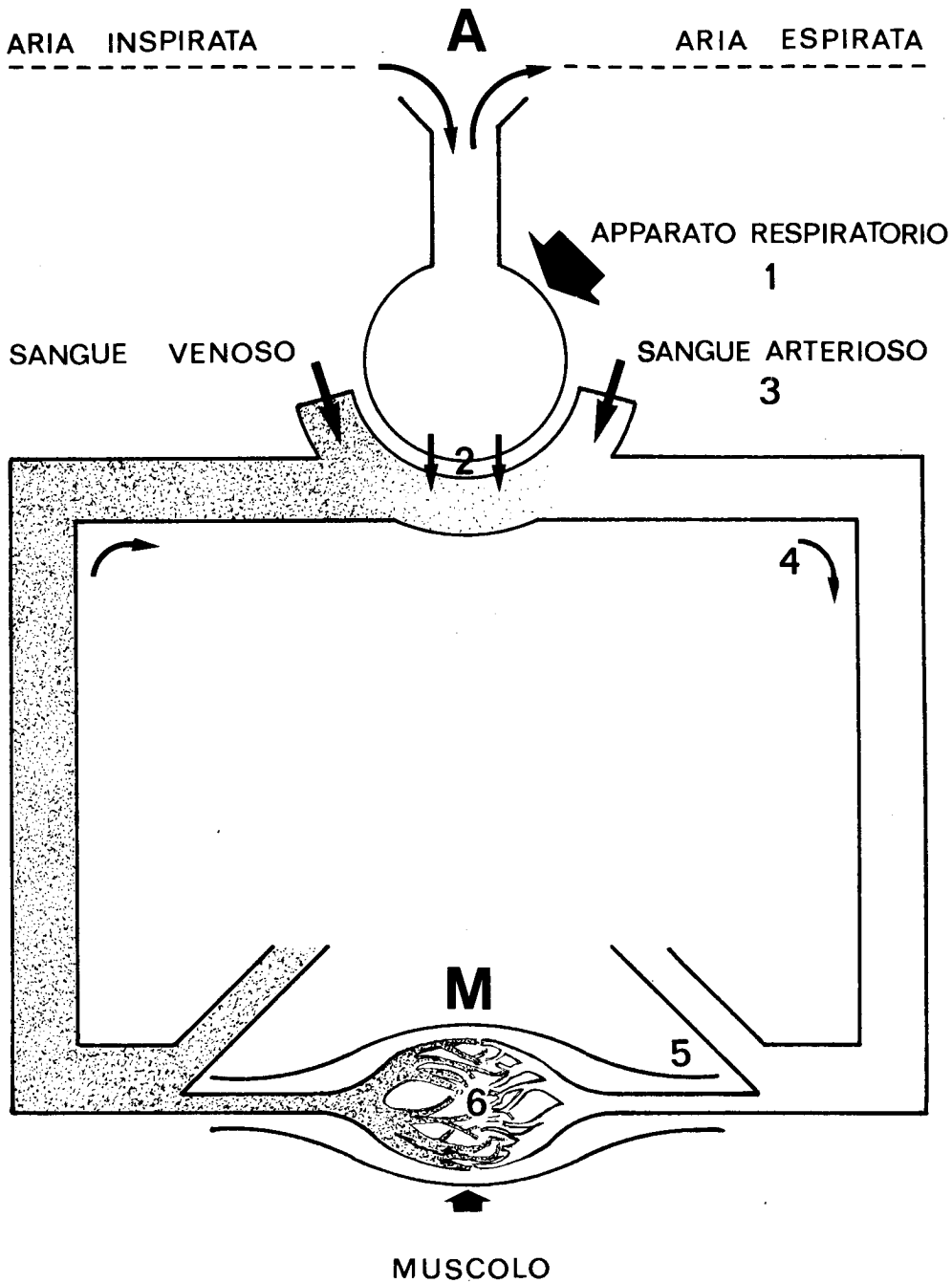


Figura 1 - Rappresentazione schematica di come l'ossigeno viene trasportato dall'aria ambientale (A) al muscolo (M); attraverso l'inspirazione (1) l'aria viene introdotta nei polmoni; l'ossigeno in essa contenuto passa dall'alveolo polmonare ai capillari perialveolari (2); qui l'ossigeno si lega all'emoglobina contenuta nei globuli rossi del sangue (3); il sangue, ormai divenuto arterioso (cioè ricco di ossigeno), viene « pompato » dal cuore verso la periferia (4); le arteriole instradano il sangue in quei distretti nei quali è necessario l'apporto di ossigeno (5); l'ossigeno esce dai capillari ed entra nelle fibre muscolari (6).

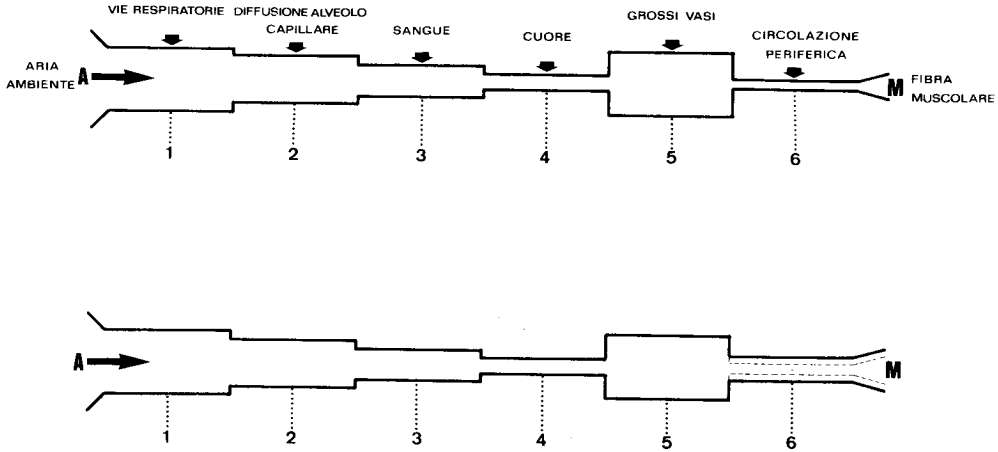


Figura 2 e Figura 3 - Il percorso dell'ossigeno per arrivare dall'aria ambientale (A) al muscolo (M) può venir paragonato ad una strada che ha tratti di larghezza diversa; i fattori che limitano l'apporto di ossigeno alle fibre muscolari possono venir paragonati alle strettoie di tale strada. Nella Figura 2, in alto, la strettoia più angusta è al tratto (6); il numero di automobili che percorre la strada dal punto iniziale A al punto finale M è limitato proprio da tale tratto. Se tale tratto viene allargato, come si verifica nell'esempio della Figura 3, la strettoia diventa il tratto (4) e cioè il numero delle automobili che può raggiungere il punto M in un dato tempo è condizionato dalla larghezza di tale tratto.

muscoli subiscono adattamenti: e, infatti, nel corso dei mesi (o degli anni) di allenamento si può rilevare un aumento del « massimo consumo di ossigeno ». In parte tali adattamenti sono stabili, in parte sono facilmente reversibili, tanto che bastano alcune settimane di sospensione degli allenamenti per determinare un peggioramento del « massimo consumo di ossigeno ».

7) I VARI TIPI DI ALLENAMENTO - Nella Tabella I vengono elencati i principali tipi di allenamento che vengono adottati dagli atleti delle gare di fondo con particolare riferimento a quelli dei corridori a piedi. I vari metodi di allenamento sembrano avere un effetto prevalente su una o su alcune funzioni. Il lavoro continuo e uniforme a steady-state (cioè in condizioni di equilibrio fra introduzione e necessità di ossigeno, senza

creazione di debito, con frequenza cardiaca fra 120 e 130 pulsazioni al minuto) sembra che favorisca soprattutto la capillarizzazione, cioè l'aumento del numero di capillari nei muscoli che lavorano. L'Interval - Training di tipo friburghese (con tratti di lavoro nel corso del quale la frequenza cardiaca sale a 180 pulsazioni al minuto, alternati a tratti di riposo di 45-90 secondi nel corso dei quali la frequenza cardiaca scende a 120-130) sembra soprattutto aumentare la portata cardiaca.

8) IL METODO DI ALLENAMENTO PIU' EFFICACE - Un soggetto per il quale l'apporto di ossigeno ai muscoli sia limitato dal numero di capillari, trarrà dunque vantaggio da un allenamento continuo in steady-state: grazie all'aumento della capillarizzazione, più ossigeno potrà infatti arrivare ai muscoli. Ad un certo

Schema classificatorio terminologico, secondo Arcelli - Zanon, delle varianti metodologiche adottate nella prassi moderna dell'allenamento alla corsa prolungata

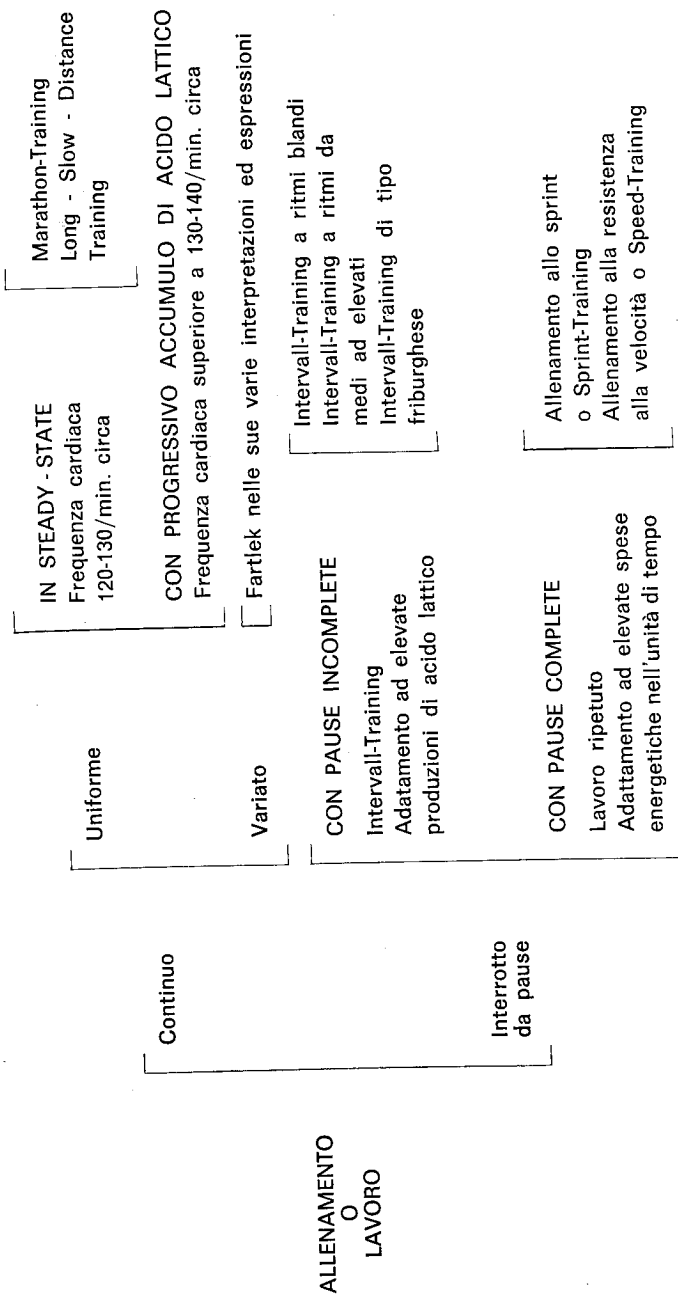


Tabella 1 - Schema classificatorio-terminologico secondo Arcelli-Zanon delle varianti metodologiche adottate nella prassi moderna dell'allenamento alla corsa prolungata (da Zanon, 4).

punto — come è rappresentato schematicamente nella Figura 3 — potrà succedere che il fattore limitante non sia più la capillarizzazione ma la portata cardiaca: la strettoia infatti non è più rappresentata dal tratto (6) ma dal tratto (4). In tal caso l'allenamento più efficace per l'aumento dell'apporto di ossigeno diventa l'Intervall-Training di tipo friburghese che, aumentando la gettata cardiaca, rende più largo il tratto (4). Con questo esempio (forse un po' troppo semplicistico) si vuol dire che non solo non esiste un metodo di allenamento che vada bene per tutti i fondisti, ma che anche nel singolo soggetto lo stesso metodo che magari in un certo periodo ha portato ad un miglioramento delle prestazioni, può successivamente diventare poco efficace.

9) LE DIFFERENZE TRA LE VARIE PROVE DI FONDO - I concetti da poco enunciati valgono per tutte le discipline di fondo. I migliori specialisti delle varie prove di fondo hanno tutti un elevato valore del massimo consumo di ossigeno e hanno in comune altre caratteristiche funzionali. E' però abbastanza raro il caso di un atleta che riesca ad eccellere in due diverse discipline di fondo. Si possono comunque citare gli esempi recenti di Binato diventato « nazionale » della maratona dopo essere stato un buon ciclista; di Segrada, « nazionale » nelle gare di corsa a piedi e ora ottimo nello sci di fondo; di Nones, olimpionico dello sci e discreto nella corsa lunga; di Pamich che è stato olimpionico della marcia e si è provato anche nello sci di fondo.

Dal punto di vista dell'apporto dell'ossigeno la differenza fra una disciplina di fondo e l'altra si trova a livello di quelle funzioni che nella Figura 2 sono rappresentate dal tratto (5) e soprattutto dal tratto (6): chi

fa un certo sport, ha una maggior capillarizzazione proprio di quei muscoli che intervengono in quello sport.

10) IL GLICOGENO MUSCOLARE - I muscoli che lavorano intensamente e a lungo, oltre a diventare particolarmente ricchi per quello che riguarda il numero dei capillari, si arricchiscono anche di glicogeno, cioè di una sostanza che è costituita da molte molecole di glucosio polimerizzate fra di loro. La differenza fra uno sport di fondo e l'altro, dunque, consiste anche nel fatto che i muscoli che intervengono in quello sport (e solo quelli) sono più ricchi di glicogeno. Il glicogeno si trova dentro alle fibre muscolari in piccole masserelle che possono essere viste al microscopio elettronico: con tale sistema si può calcolare con buona approssimazione la quantità di glicogeno contenuta nei muscoli. Se prima della gara i muscoli risultano particolarmente ricchi di glicogeno (se per esempio ne contengono 3 grammi per ogni 100 grammi di muscolo), dopo una competizione di fondo il loro contenuto è minimo e può avvicinarsi a zero.

11) IL QUOZIENTE RESPIRATORIO - Nel paragrafo 2 si è detto che la produzione di energia avviene con una combinazione dell'ossigeno o con il glucosio o con gli acidi grassi liberi. In genere nel corso di una gara di fondo si consumano contemporaneamente glucosio e acidi grassi liberi, in proporzioni che però sono diverse a seconda dell'intensità dello sforzo e a seconda del glicogeno contenuto nei muscoli. Osservando le ordinate di destra della Figura 4 è possibile constatare che con l'aumento della percentuale del « massimo consumo di ossigeno » (*% of max. oxygen uptake*: in ascissa), tende a diminuire il consumo di acidi grassi liberi (*fat. %*: prima ordinata

di destra) e ad aumentare il consumo di glucosio (*carbohydrates*, %: seconda ordinata di destra); inoltre tende anche ad aumentare il « quoziente respiratorio » (RQ: in ordinata a sinistra). 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 intervallo di tempo, per esempio nel corso di uno sforzo fisico:

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

Come si può vedere dalla Figura 4 il quoziente respiratorio varia da circa 0,7 a 1: è poco più di 0,7 quando il soggetto consuma solo grassi; è uguale a 1 quando consuma solo zuc-

cheri. Nel corso di una gara di fondo è vantaggioso che il quoziente respiratorio sia il più possibile vicino a 1, è vantaggioso cioè che l'atleta consumi molto glucosio e pochi acidi grassi liberi: a parità di ossigeno che arriva ai muscoli, infatti, si produce più energia quando venga bruciato glucosio (reazione (1) del paragrafo 2), piuttosto che quando vengano bruciati acidi grassi liberi (reazione (2) del paragrafo 2).

12) L'ALIMENTAZIONE RICCA DI CARBOIDRATI - All'inizio di una gara di fondo nella quale lo sforzo corrisponde al 50-80% del massimo consumo di ossigeno, il quoziente respiratorio varia fra 0,82 e 0,96, come è possibile vedere dalla Figura 4. Proseguendo la gara il quoziente respiratorio tende ad abbassarsi anche se lo sforzo rimane costante. Si può

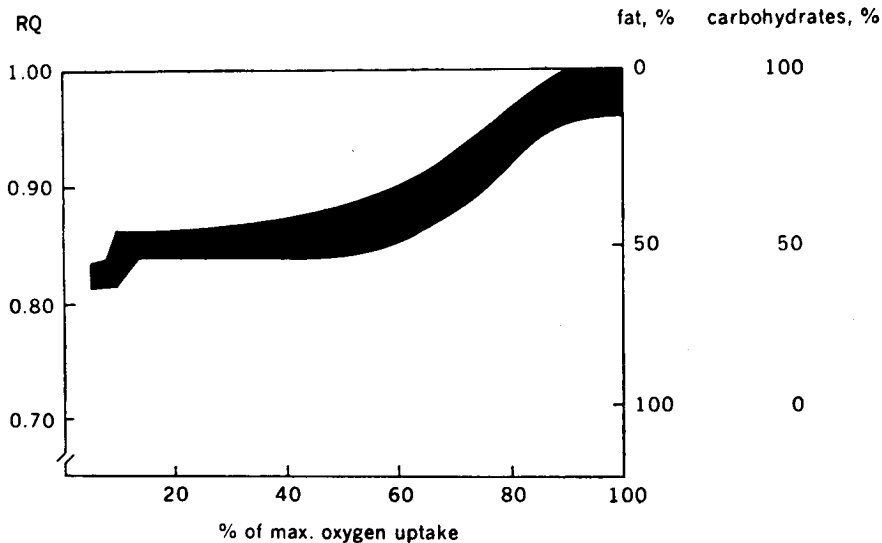


Figura 4 - Il « quoziente respiratorio » (RQ: nell'ordinata di sinistra) nel corso dello sforzo fisico tende a variare da poco più di 0,7 a 1 e tende a crescere con l'aumentare della percentuale del « massimo consumo di ossigeno » (% of max. oxygen uptake: in ascissa). Dalle ordinate di destra si vede come con l'aumento della percentuale del « massimo consumo di ossigeno » tende a zero la percentuale dei grassi che viene consumata dai muscoli (fat, %) mentre tende a 100 quella dei carboidrati (*carbohydrates*, %).

vedere ciò anche dalla più alta fra le tre linee spezzate dalla Figura 5 (*High-carbohydrate diet*): inizialmente il quoziente respiratorio (*RQ*: in ordinata) è superiore a 0,90, ma dopo circa 120 minuti è già sceso al di sotto dello 0,85. Da tale figura, presa da una ricerca fatta da Christensen e Hansen nel 1939, si può constatare come sia vantaggioso per il fondista seguire una dieta ricca di carboidrati: dei tre gruppi di soggetti che si erano alimentati per alcuni giorni rispettivamente con una dieta ricca di carboidrati (*High-carbohydrate diet*), una dieta mista (*Normal diet*) e una dieta ricca di grassi (*High-fat diet*) il primo è riuscito a mantenere uno sforzo di una ben precisa intensità per quasi 240 minuti, il secondo gruppo per circa 120 minuti, il terzo gruppo per appena 90 minuti. Il prelievo di piccolissimi frammenti di muscolo per mezzo di speciali aghi ha permesso di constatare che seguendo diete diverse varia anche la quantità del glicogeno contenuta nei

muscoli stessi; la sensibile differenza nel rendimento dei tre gruppi è anche dovuta a ciò. Il calo del contenuto muscolare di glicogeno che si ha nel corso dello sforzo spiega il perché vi sia una diminuzione del quoziente respiratorio in chi si è alimentato con una dieta ricca di carboidrati.

13) IL MASSIMO ARRICCHIMENTO IN GLICOGENO DEI MUSCOLI - Normalmente 100 grammi di quei muscoli di un fondista che intervengono in uno sforzo contengono da 1,5 fino a poco più di 2 grammi di glicogeno. Esistono però delle metodiche che consentono di aumentare notevolmente tale quantità. Se per esempio ci si alimenta per 2-3 giorni con una dieta ricca di carboidrati (cioè di zuccheri e di amidi), il glicogeno può superare i 2,5 grammi. Se tale tipo di dieta viene preceduto da uno sforzo di lunga durata, tale da svuotare i muscoli del loro contenuto in glicogeno, i muscoli possono arrivare anche a 3 grammi. Da una ricerca di Saltin,

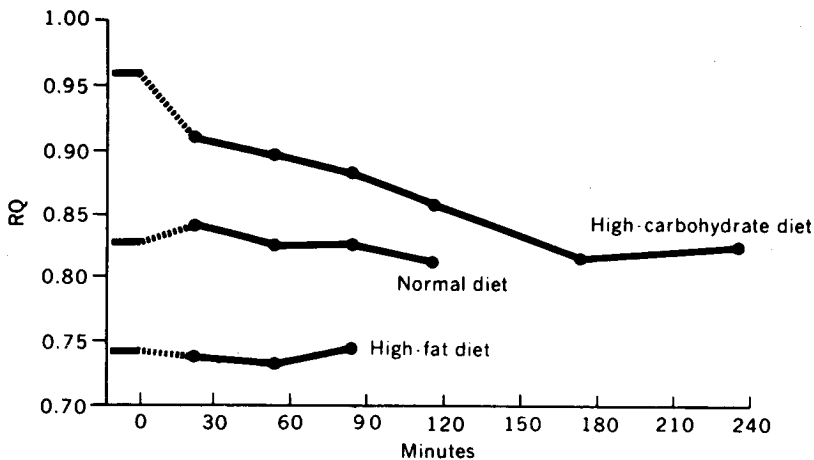


Figura 5 - Durante uno sforzo fisico standardizzato (pari a quello di chi corre a piedi a 15 chilometri all'ora) il « quoziente respiratorio » (*QR*: in ordinata) varia in maniera sensibile in tre gruppi di soggetti che per alcuni giorni si sono alimentati rispettivamente con una dieta ricca di carboidrati (*High-carbohydrate diet*: in alto), con una dieta mista (*Normal diet*: in mezzo) e con una dieta ricca di grassi (*High-fat diet*: in basso). I soggetti del primo gruppo, inoltre, riescono a mantenere tale sforzo per circa 240 minuti, quelli del terzo gruppo per meno di 90 minuti.

comunque, si è visto che un arricchimento notevole si ha se dopo un allenamento lungo che porti quasi a zero il contenuto in glicogeno, si segue per alcuni giorni una dieta ricca di grassi e di proteine, ma del tutto priva di carboidrati; se a questo punto, con i muscoli molto « affamati » di glucosio, si segue per qualche giorno una dieta ricca di carboidrati e senza grassi, si può arrivare ad un contenuto in glicogeno quasi triplo del normale, cioè anche di 4-4,5 grammi per ogni 100 grammi di muscolo. Per questa ragione alcuni fondisti sono soliti seguire per tre giorni a partire dal sesto giorno precedente la gara e dopo aver fatto

un allenamento lento e lungo, una dieta priva di glucidi del tipo di quella indicata nella Tabella II; in questi tre giorni si allenano moderatamente, dato che la povertà in glicogeno dei muscoli rende piuttosto pesante l'attività fisica. Dal terzo giorno che precede la gara (e fino al giorno della gara stessa), poi, si alimentano soprattutto con una dieta simile a quella indicata dalla Tabella III; anche in questo periodo l'allenamento è ridotto, per non provocare un eccessivo impoverimento di glicogeno da parte dei muscoli. La figura 6 indica come il contenuto muscolare di glicogeno possa variare in funzione dell'alimentazione e dell'allenamento.

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 II - Esempio di dieta priva di glucidi da adottare nei primi giorni della preparazione alimentare (da Iacoponi, 3).

Tabella tre - Dieta iperglicidica

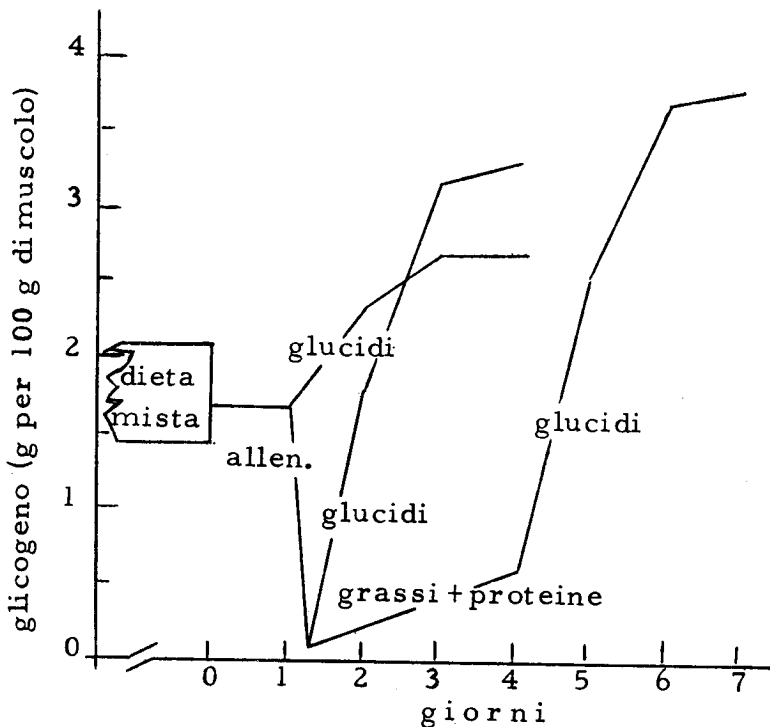
Prima colazione (520 kcal): 150 g di latte scremato con 10 g di zucchero; caffè a volontà; 100 g di pane con 50 g di marmellata.

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 III - Esempio di dieta iperglicidica da adottare nei giorni che precedono la gara di fondo. (Da Iacoponi, 3). I cibi prevalentemente protidici compresi in tale dieta (fegato e merluzzo) nel pasto che precede la gara possono venir sostituiti da altri cibi costituiti prevalentemente da glucidi. Fra quelli non menzionati nella tabella, ricordiamo i biscotti, la pasta, i dolci (esclusi quelli con creme e panna), la frutta fresca, la frutta cotta, eccetera).



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

Figura 6 - 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 1,5-2 grammi per ogni 100 grammi di muscolo; con l'allenamento il glicogeno del muscolo scende quasi a zero, ma risale in pochi giorni oltre i 3 grammi 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 di proteine, il contenuto in glicogeno permane molto basso: ma se nei successivi tre giorni si segue una dieta ricca di carboidrati, il glicogeno arriva ben oltre i 3,5 grammi. 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 a chi in precedenza si era allenato.

14) L'UTILITA' DELLA PREPARAZIONE ALIMENTARE - I sei giorni di dieta speciale (tre di dieta priva di carboidrati e tre di dieta molto ricca di carboidrati) nel loro complesso possono venir chiamati « preparazione alimentare ». La « preparazione alimentare » è particolarmente utile per quelle gare di fondo che durano più di un'ora e nelle quali lo sforzo è sempre sufficientemente intenso, cioè superiore al 50% del « massimo con-

sumo di ossigeno ». E' perciò indicata:

- nelle corse a piedi più lunghe di 20 km (in particolare nella maratona che è lunga 42,195 km);
- nelle gare di marcia di oltre 15 km;
- nelle gare di fondo sugli sci superiori ai 20 km;
- nelle corse ciclistiche a cronome-

tro di almeno 45-50 km, individuali o a squadre.

La « preparazione alimentare », innalzando il quoziente respiratorio, consente al fondista di tenere un ritmo leggermente più alto a parità di ossigeno che arriva ai muscoli. Inoltre dà altri vantaggi, primo fra tutti quello di allontanare le crisi dovute all'esaurimento del glicogeno muscolare e di consentire un recupero più facile dopo la gara: i fondisti che hanno provato la « preparazione alimentare » affermano in genere di aver faticato in misura sensibilmente inferiore nel corso della gara. Per gli altri vantaggi della « preparazione alimentare » per i fondisti si veda uno degli articoli citati nella bibliografia con i numeri 2a), 2b) e 2c).

15) ASSUNZIONE DI LIQUIDI E CIBI NEL CORSO DELLA GARA - Nel corso della gara di fondo molti atleti assumono bevande e cibi. Chi, come il ciclista, gareggia con il tronco sempre alla stessa altezza dal suolo, ha meno difficoltà nell'alimentarsi di chi invece, come il corridore a piedi, ha continui innalzamenti e abbassamenti del tronco: quest'ultimo dovrà alimentarsi con bevande e cibi che permangano il tempo più breve possibile nello stomaco per evitare quelle spiacevoli sensazioni che si hanno quando ci si muove con lo stomaco pieno. Le bevande e i cibi, inoltre, dovranno impegnare in misura minima l'apparato digerente per non distogliere una considerevole massa di sangue dai muscoli impegnati nello sforzo. In genere si consiglia: (a) di assumere liquidi in misura almeno tale da calmare la sete; (b) eventualmente di assumere sali minerali, specie cloruro di sodio (sale da cucina), se c'è caldo e si suda copiosamente; (c) di assumere zuccheri, per esempio sotto forma di saccarosio (lo zuc-

chero di uso domestico), destrosio o fruttosio, in tavolette, quadretti, pastiglie o, meglio, sciolto in acqua, in soluzione poco concentrata, per rendere più facile l'assorbimento. Alcuni soggetti hanno disturbi gastrici (persino vomito) se in gara bevono soluzioni che contengono più di 10-15 grammi di zucchero per ogni 100 grammi di acqua.

16) LA GLICEMIA E LA CRISI DA IPOGLICEMIA - Gli zuccheri che si prendono nel corso della gara non entrano nella fibra muscolare, dalla quale dunque non possono venir utilizzati. Durante uno sforzo fisico, infatti, diminuisce nel sangue quell'ormone, l'insulina, che permette appunto il superamento della membrana della fibra muscolare da parte del glucosio. Il prendere zuccheri durante lo sforzo può egualmente essere utile al maratoneta, non tanto per fornire zucchero ai muscoli, quanto per fornirlo al sangue. Per « glicemia » si intende il contenuto in glucosio del sangue; nell'individuo normale un litro di sangue contiene circa 1 grammo di glucosio; quando ce n'è meno di 0,8-0,7 grammi si parla di « ipoglicemia »: in tale situazione il soggetto avverte disturbi soggettivi; se ce n'è meno di 0,5 grammi i disturbi possono giungere fino alla perdita della coscienza: un fondista che abbia una simile ipoglicemia senza dubbio è costretto a ritirarsi dalla gara. Di solito la glicemia viene mantenuta ai valori normali grazie al glicogeno contenuto nel fegato: da esso si libera glucosio non appena tende a diminuire il contenuto in glucosio del sangue. Se alla partenza di una gara di fondo il fegato contiene poco glicogeno, l'atleta rischia di avere una « crisi da ipoglicemia », a meno che — come si è detto — ingerisca zuccheri nel corso della gara. Nella Figura 7 sono indicati assai schema-

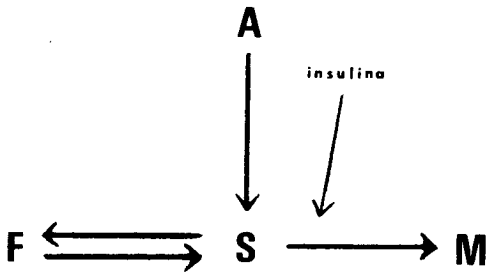


Figura 7 - Il glucosio di origine alimentare (A), arrivando dall'intestino, passa nel sangue (S). Da qui può passare nel fegato (F) dove viene depositato sotto forma di glicogeno; dal fegato si può liberare di nuovo il glucosio che passa nel sangue non appena la glicemia si abbassa al di sotto dei valori normali. Dal sangue il glucosio può passare nel muscolo (M) anche qui venendo accumulato come glicogeno: ciò però può avvenire solo se nel plasma c'è una sufficiente concentrazione di insulina e, dunque, non avviene durante uno sforzo intenso, quando l'insulinemia è bassa. Si badi che il glicogeno muscolare non può mai servire per mantenere a livelli normali la glicemia (nella figura è segnata una freccia che va da S a M, ma non una freccia che va da M a S).

ticamente i rapporti fra il glucosio alimentare, la glicemia, il glicogeno epatico e il glicogeno muscolare.

17) LA REGOLAZIONE TERMICA - In alcune gare di fondo l'atleta trova difficoltà a regolare la temperatura corporea, soprattutto nel senso che non riesce ad eliminare dal corpo il calore che si produce come conseguenza del lavoro muscolare (calore metabolico) ed, eventualmente, il calore assorbito sotto forma di raggi solari (calore di irraggiamento). Una condizione del genere evidentemente non si verifica in ambiente freddo e, dunque, è rara nelle gare di sci di fondo. Nel ciclismo è meno frequente che nelle gare di corsa e di marcia, poiché — pur essendo simile la quantità di calore metabolico prodotto — gli scambi termici fra corpo dell'atleta e aria ambientale (calore eliminato per convezione) sono tanto maggiori

quanto maggiore è la velocità del soggetto, e in pianura la velocità media del ciclista può essere più che doppia di quella del corridore a piedi e quasi tripla di quella del marciatore; in salita, specie se l'aria è rarefatta, l'eliminazione del calore per convezione può diminuire. Il calore non eliminato dal corpo per convezione viene di solito eliminato con il meccanismo della sudorazione, che comporta una perdita di liquidi da parte dell'organismo anche superiore all'8-10% del peso corporeo iniziale dell'atleta. Specie se le condizioni ambientali sono molto sfavorevoli (temperatura e umidità dell'aria elevate, sole caldo), il fondista può correre il rischio di una *crisi da ipertermia*, dovuta cioè all'innalzarsi della temperatura corporea, o a una *crisi da disidratazione*, dovuta cioè ad una eccessiva perdita di liquidi, insufficientemente rimpiazzati.

18) GLI SCOPI DELL'ALLENAMENTO - L'aver un elevato valore di « massimo consumo di ossigeno » è senza dubbio una condizione indispensabile per primeggiare nelle gare di fondo; ma non è una condizione sufficiente. Se è vero, infatti, che i migliori specialisti delle gare di fondo hanno un « massimo consumo di ossigeno » che di solito è notevolmente alto, è pure vero che costoro, per poter ottenere elevate prestazioni, devono saper anche utilizzare per tutto il periodo della gara una notevole percentuale di tale ossigeno. Nelle prove di maratona, per esempio, si può calcolare che, in media, nei 130-140 minuti della gara, i migliori atleti del mondo utilizzano 55-60 millilitri di ossigeno per ogni minuto e per ogni chilogrammo del loro peso corporeo, cioè circa il 75% del loro « massimo consumo di ossigeno », che è in genere attorno ai 75-80 millilitri

per minuto e per chilogrammo. Per mantenere un così elevato livello di prestazione da parte dell'organismo per un periodo tanto protratto è innanzitutto indispensabile che siano evitati quei cali di rendimento che vanno sotto il nome di « crisi » e che possono essere determinati da varie cause (da esaurimento del glicogeno muscolare, da disidratazione, di ipertemia, da ipoglicemia, ecc.). Gli scopi dell'allenamento del fondista sono quindi molteplici: migliorare il « massimo consumo di ossigeno »; fare in modo che l'organismo tenga il più lontano possibile il pericolo di una crisi; fare in modo di elevare il più possibile la percentuale di utilizzazione del « massimo consumo di ossigeno » per tutta la durata della gara; e così via. Anche dello stile e della distribuzione dello sforzo, naturalmente,

tanto importanti nel determinare la prestazione, si deve talvolta tener conto dell'allenamento.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- 1) Arcelli E.: Nozioni utili al maratoneta - « Atletica leggera », 137 : 43, gennaio 1971.
- 2a) Arcelli E.: Physiologische Probleme des Marathonlauf - « Leichtatletik », 39 : 1389, 28 settembre 1971.
- 2b) Arcelli E.: Problemi fisiologici del maratoneta - Traduzioni e relazioni a cura del Centro Studi, Commissione Tecnica Nazionale della Federazione Italiana di Atletica Leggera, 8-9 : 165, 1971.
- 2c) Arcelli E.: Problemi fisiologici del maratoneta - Quaderni dello Sport, Coni Roma, 5 : 10, maggio 1972.
- 3) Iacoponi R.: Preparazione alimentare del maratoneta - « Atletica leggera », 141 : 36, maggio 1971.
- 4) Zanon S.: La corsa prolungata in atletica. Quale allenamento? - Collana di Autori Sportivi - Centro Studi della FIDAL - Edizioni di Atletica leggera, Milano.