

IMPORTANZA DI UN MODELLO TEORICO DELLE CARATTERISTICHE FISILOGICHE DEL MARATONETA

ENRICO ARCELLI

Premessa

Credo che i tecnici di tutti gli sport sarebbero enormemente agevolati nella preparazione dei loro atleti se disponessero di una precisa descrizione, da vari punti di vista (fisiologico, biomeccanico, psicologico, neuro-endocrino, ecc.), dello sforzo di chi compie una determinata prestazione in quella specifica disciplina, se cioè disponessero di « modelli teorici ».

In questo articolo mi propongo appunto di descrivere, anche attraverso numeri e formule, alcuni aspetti del funzionamento dell'organismo di chi compie la maratona in tempi compresi fra 2.00' e 2.40'; mi propongo, insomma, di fornire alcuni dati che possono essere utili per l'elaborazione del modello teorico delle caratteristiche fisiologiche del maratoneta.

1. Spesa energetica

Il costo unitario della corsa, cioè il costo per ogni kg di peso corporeo e per ogni km percorso, può essere calcolato con questa formula (1) (2):

$$(875 + 0,185 v^2) \text{ cal/kg} \cdot \text{km} \quad 1)$$

In essa v è la velocità in km/ora. La spesa totale per compiere la maratona, in kcal/kg, per tempi compresi fra 2.00' e 2.40', è facilmente calcolabile dalla 1) (si veda la *Tabella 1*).

Si tenga comunque presente che:

- 1.1. la 1) val solo per chi corre bene; i soggetti che corrono male possono avere un costo unitario della corsa superiore anche del 10% (3);
- 1.2. la 1) vale solo per soggetti che nel corso della maratona mantengono una spesa costante; in chi, per esempio, avesse sensibili variazioni di velocità nel corso della maratona, la spesa totale sarebbe maggiore, dal momento che andrebbe calcolata considerando v non come velocità media, ma come velocità istantanea;

tempo		velocità km/ora	spesa unitaria kcal/kg · km	spesa totale kcal/kg
ore	min			
2.	00'	21,097	0,9573	40,395
2.	10'	19,475	0,9451	39,881
2.	20'	18,083	0,9355	39,473
2.	30'	16,878	0,9277	39,144
2.	40'	15,823	0,9213	38,875

Tabella 1 - Per prestazioni nella maratona comprese fra 2.00' e 2.40' vengono indicate: la velocità media (in km/ora); la spesa per compiere ciascun chilometro e per ciascun chilogrammo di peso corporeo, cioè la « spesa unitaria » (in kcal/kg · km); e la spesa totale (in kcal/kg). La spesa unitaria e la spesa totale si riferiscono a prestazioni ottenute in « condizioni standard » e con ritmo uniforme su tutto il percorso della maratona.

1.3. la 1) vale solo per prestazioni in « condizioni standard », cioè ottenute in assenza di vento e di inquinanti atmosferici, su percorso completamente piano, con attrito ideale fra la scarpa e il fondo stradale, ecc.

2. Origine dell'energia

Il lavoro compiuto dal maratoneta è aerobico per la quasi totalità. Si possono dare queste percentuali minime e massime (4):

- lavoro aerobico: 98,6 - 99,61%;
- lavoro lattacido: 0,08 - 0,88%;
- lavoro alattacido: 0,31 - 0,50%.

E' probabile che anche i soggetti che compiono lo sprint finale, abbiano percentuali di lavoro lattacido molto più vicine ai valori minimi sopra indicati che a quelli massimi. Si può ritenere che il lavoro aerobico del maratoneta sia pari per lo meno al 99,4% e che un miglioramento della capacità lattacida e di quella alattacida non abbia influenze significative sulle prestazioni nella maratona.

3. Equivalente calorico dell'ossigeno

L'energia aerobica può avere origine:

- *glucidica* (glicogeno contenuto nelle fibre muscolari e, in piccola parte, glucosio — di origine epatica o alimentare — che arriva alle fibre dal torrente circolatorio);
- *lipidica* (trigliceridi contenuti nelle fibre muscolari e acidi grassi liberi che giungono alle fibre dal torrente circolatorio).

Il *quoziente respiratorio* consente di distinguere la percentuale dell'energia aerobica che è di origine glucidica da quella che è di origine lipidica; esso è costituito dal rapporto fra la quantità di anidride

carbonica prodotta dall'organismo e dalla quantità di ossigeno che l'organismo consuma nello stesso intervallo di tempo;

$$\text{quoziente respiratorio} = \frac{\text{CO}_2 \text{ prodotta}}{\text{O}_2 \text{ consumato}} \quad 2)$$

Nel corso della maratona il quoziente respiratorio è in media di 0,93 in chi, al momento della maratona, avendo seguito una dieta speciale, ha i muscoli molto ricchi di glicogeno; è invece di 0,86 in chi ha seguito una dieta normale (5).

Da ciò si può calcolare che l'equivalente calorico dell'ossigeno (cioè le chilocalorie che si producono da un litro di ossigeno) in chi ha seguito la dieta speciale è di 4,96 kcal/litro, in chi ha seguito una dieta normale è di 4,87 (2). Chi ha seguito la dieta speciale, di conseguenza, necessita per ogni minuto di circa il 2% in meno di ossigeno a tenere lo stesso ritmo (si veda la *Tabella 2*) e impiega a percorrere la maratona tempi inferiori di 2-3 minuti per prestazioni comprese fra 2.00' e 2.40' (2).

Poiché il quoziente respiratorio e l'equivalente calorico dell'ossigeno diminuiscono nel corso della maratona (quelli indicati prima erano valori medi), a parità di ossigeno consumato l'andatura tenderà leggermente a diminuire con il passare dei chilometri, come viene indicato nella *Tabella 3*, tratta da (6).

4. Confronto fra l'ossigeno consumato e il massimo consumo di ossigeno

Alcuni dei fondisti di livello mondiale hanno certamente valori di massimo consumo di ossigeno compresi fra i 75 e gli 80 ml/kg · min; la miglior prestazione mondiale della maratona è tuttora (maggio 1977) di 2.08'33"6, prestazione che richiede un consumo di ossigeno medio inferiore ai 65 ml/kg · min, come si può calcolare dai valori riportati nella *Tabella 2*; c'è da ritenere che difficilmente anche i migliori maratoni del mondo utilizzino per tutta la maratona più dell'85% del loro

ore	tempo min	RICHIESTA DI OSSIGENO (ml/kg · min)	
		dieta speciale	dieta normale
2.	00'	67,87	69,12
2.	10'	61,85	62,99
2.	20'	56,85	57,89
2.	30'	52,61	53,58
2.	40'	48,98	49,89

Tabella 2 - Per prestazioni nella maratona comprese fra 2.00' e 2.40' viene indicata la richiesta di ossigeno, in ml/kg · min, nei soggetti che abbiano seguito la dieta speciale che arricchisce di glicogeno le fibre muscolari e in quelli che, invece, abbiano seguito una dieta normale. La differenza nella richiesta di ossigeno fra coloro che hanno seguito la dieta speciale e gli altri è di circa il 2%.

frazione di gara	quoziente respiratorio	equival. calorico (kcal per litro di O ₂)	velocità (km/ora)	tempo per chilometro
0-10 km	0,935	4,966	18,000	3'20''0
10-20 km	0,885	4,950	17,940	3'20''6
20-30 km	0,870	4,887	17,815	3'22''1
30-42,2 km	0,850	4,862	17,625	3'24''0

Tabella 3 - Con il passare dei chilometri e con la diminuzione conseguente del contenuto di glicogeno delle fibre muscolari, diminuiscono il quoziente respiratorio (cioè il rapporto fra l'anidride carbonica prodotta dall'organismo e l'ossigeno consumato in uno stesso intervallo di tempo) e l'equivalente calorico dell'ossigeno (cioè le chilocalorie che si producono da ciascun litro di ossigeno). A parità di ossigeno utilizzato, perciò, diminuisce — sia pure in maniera lieve — l'andatura che viene tenuta dal maratoneta.

massimo consumo di ossigeno. Un notevole miglioramento nelle prestazioni può derivare al maratoneta, oltre che dal miglioramento del massimo consumo di ossigeno, anche dal miglioramento della percentuale di utilizzazione.

5. Bilancio termico, idrico e salino

Le condizioni ambientali nelle quali la prestazione è favorita, sono quelle in cui la produzione totale di sudore, nel soggetto allenato, è inferiore a 1,6 litri (7), cioè quelle in cui la temperatura dell'aria è inferiore a 17-18° C, l'umidità relativa è bassa, e non vi è sole, e — per essere più precisi — l'irraggiamento ambientale è nullo.

Quando ci si discosti da tali condizioni (cioè quando la temperatura e l'umidità ambientale sono elevate e vi è un significativo irraggiamento ambientale), il maratoneta può mantenere l'equilibrio termico solo con una maggior produzione di sudore; ma ciò comporta:

- 5.1. - un'introduzione di liquidi e di sali nell'organismo;
- 5.2. - oppure una disidratazione dell'organismo stesso e un suo impoverimento in sali, una difficoltà di produrre altro sudore, un aumento della temperatura corporea, una difficoltà a mantenere il livello prestativo e, successivamente, a continuare lo sforzo (7).

6. Provvedimenti tecnici

Il modello teorico ha significato pratico quando venga utilizzato per ottimizzare la prestazione fornita dal maratoneta. Già le considerazioni fatte sopra, possono portare a conoscenze utili, per alcune delle quali — magari già ben note da un punto di vista qualitativo — si possono dare anche indicazioni quantitative.

Per esempio:

6.1 Spesa energetica

6.1.0. - da un aumento del peso corporeo deriva un aumento della spesa energetica; oltre all'ovvia considerazione che per il maratoneta è vantaggioso avere poco grasso corporeo e ridotte masse di quei muscoli che non hanno importanza nella corsa, si può anche valutare il fatto che la dieta speciale, arricchendo i muscoli in glicogeno, una sostanza che lega a sé molta acqua (circa 2,5 grammi per ogni grammo di glicogeno), porta anche ad un significativo aumento del peso corporeo e quindi ad un aumento della spesa unitaria, soprattutto nella prima parte della maratona (8);

6.1.1. - è estremamente importante che il maratoneta abbia un costo unitario della corsa il più possibile basso; ciò non significa soltanto che debba avere gesti tecnici corretti, ma che abbia anche tensioni muscolari proporzionate all'andatura; all'atleta che ha un record personale sui 10.000 di 29'30", per esempio, può sembrare molto facile tenere un ritmo di 3'12" al chilometro, percorrendo così ciascuna frazione di 10 km in 32'; ma la cosa importante è che il 32' di passaggio ai 10 km sia ottenuto con una spesa minima; una volta stabilito quale debba essere il ritmo settimanale per il singolo maratoneta, si potrebbe aiutarlo ad avere una spesa unitaria minima, non solo migliorando lo stile vero e proprio, ma diminuendo le tensioni muscolari, attraverso quello che potremmo chiamare un bio-feed-back, cioè facendo correre l'atleta sull'ergometro trasportatore (quella specie di tapis roulant che c'è nei laboratori di fisiologia) alla velocità prescelta e, mettendolo in condizione di poter verificare ad ogni istante la sua frequenza cardiaca (che ovviamente, sarà tanto più bassa quanto minore è il costo unitario): ciò aiuterà l'atleta stesso a « sentire » come correre per spendere meno;

6.1.2. - il maratoneta dovrà abituarsi ad eliminare del tutto le brusche variazioni di velocità, o — per essere più precisi — le brusche variazioni di spesa energetica, in salita e in discesa, contro vento o a favore di vento, dovrà imparare a scegliere le andature che gli permettono di avere una spesa costante; comunque, anche se la maratona fosse tutta piana e non soffiasse vento, potrebbe esserci un piccolo calo dell'andatura a causa della diminuzione del glicogeno muscolare (si veda la *Tabella 3*).

6.2. Origine dell'energia

L'atleta che come obiettivo abbia solo la gara di maratona (e non anche i 10.000 e i 5.000 su pista) non dovrebbe allenare né la resistenza lattacida, né la potenza, dal momento che ciò non gli porterebbe alcun vantaggio prestativo nella gara dei 42 km; questo naturalmente non

significa che sia inutile fare allenamenti a ritmi veloci, dato che, per esempio, possono essere utili per migliorare la corsa.

6.3. *Equivalente calorico dell'ossigeno*

La dieta speciale può dare un guadagno teorico di 2-3 minuti per tempi compresi fra 2.00' e 2.40" (2); inoltre può consentire di evitare più facilmente alcuni tipi di crisi (8); tuttavia si deve tener conto:

- del fatto che l'aumento del peso corporeo (che deriva dalla dieta speciale), in pratica, riduce l'entità del guadagno effettivo per quanto si è detto al paragrafo 6.1.0.;
- del fatto che il seguire rigidamente la dieta speciale comporta spesso alcune difficoltà pratiche non trascurabili.

Quando non sia estremamente importante migliorare la propria prestazione di alcune decine di secondi, si può fare la dieta pre-maratona non seguendo lo schema completo (svuotamento dei depositi muscolari; tre giorni di dieta ipoglicidica o aglicidica; tre giorni di dieta iperglicidica e alipidica), ma limitandosi alla dieta iperglicidica-alipidica negli ultimi tre giorni; tale dieta dà già un significativo arricchimento in glicogeno dei muscoli (9).

6.4. *Percentuale di utilizzazione dell'ossigeno*

Non è ancora del tutto chiaro quali tipi di allenamento favoriscano in maniera peculiare l'aumento dell'utilizzazione dell'ossigeno; si può però pensare che essa venga elevata:

- quando aumenta la capacità dell'organismo di eliminare, via via che si forma, quella piccola quantità di acido lattico prodotta localmente; ciò impedisce l'aumento della concentrazione dell'acido lattico nel sangue e favorisce il passaggio di tale sostanze dalle fibre al sangue (6);
- quando vengano sollecitati in allenamento proprio quei muscoli e quelle fibre che verranno poi utilizzati in gara; da questo punto di vista non ritengo utile insistere su tipi di attività (per esempio lo sci di fondo) che facciano intervenire muscoli diversi da quelli che vengono impegnati nel corso della maratona.

6.5. *Bilancio termico, idrico e salino*

Dal punto di vista del bilancio termico, idrico e salino, sono molte le considerazioni che si possono fare:

- 6.5.1. - se le condizioni climatiche in cui si svolge la maratona sono sfavorevoli (temperatura dell'aria e umidità relativa elevate; notevole irraggiamento ambientale) e si può così prevedere che l'atleta suderà molto (7), si può prendere in considerazione

la possibilità di idratarlo abbondantemente prima della gara, dal momento che, nel corso della competizione, è abbastanza limitata la quantità di bevande che può venire introdotta nell'organismo;

- 6.5.2. - le bevande da assumere in gara devono avere il minimo tempo possibile di permanenza nello stomaco e di assorbimento a livello intestinale; devono anche apportare quei sali che l'organismo perde attraverso la sudorazione; sono state studiate soluzioni saline che hanno tali caratteristiche (10);
- 6.5.3. - le magliette traforate, usate da molti atleti nel corso della maratona, favoriscono la perdita di calore da parte dell'organismo sia attraverso il meccanismo della convezione (7), sia perché facilitano l'evaporazione del sudore che le impregna;
- 6.5.4. - la spugnatura sottrae calore per conduzione; in assoluto la quantità di calore sottratta non è molta, ma localmente può dare sollievo; può inoltre allontanare dalla cute quello straterello di sali che vi si sono accumulati: l'evaporazione del sudore viene così favorita.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ARCELLI E. - « Spesa energetica nelle varie prove di corsa piana », *Atletica leggera*, Milano, n. 197, maggio 1976, pagg. 43-44.
- (2) ARCELLI E., RADOVAN P. - « Determinazione del tempo teorico nella maratona mediante calcolatore », *Atletica Leggera*, Milano, n. 208, aprile 1977, pagg. 44-46.
- (3) MOGNONI P. - « Alcuni aspetti fisiologici dell'esercizio muscolare », *Atleticastudi*, Fidal, Roma, n. 1-2, 1977, pagg. 3-10.
- (4) ARCELLI E. - « Percentuali di lavoro aerobico, di lavoro anaerobico lattacido e di lavoro anaerobico alattacido nelle prove di corsa piana dell'atletica leggera », *Atletica Leggera*, Milano, n. 204, dicembre 1976, pagg. 37-42.
- (5) ARCELLI E. - « La corsa di maratona: spesa energetica e origine dell'energia », *Medicina dello Sport*, vol. 28, n. 2, febbraio 1975, pagg. 36-45.
- (6) ARCELLI E. - « E' l'acido lattico il fattore che limita l'andatura del maratoneta? », *Atletica Leggera*, Milano, n. 169, dicembre 1973, pagg. 35-37.
- (7) ARCELLI E. - « Il bilancio termico del maratoneta », *Atletica Leggera*, Milano, n. 195, marzo 1976, pagg. 40-43.
- (8) ARCELLI E. - « Physiologische Probleme der Marathonlauf », *Leichtathletik*, 39:1389, 28 settembre 1971 (in italiano: « Problemi fisiologici del maratoneta », *Atleticastudi*, Fidal, Roma, n. 8-9, 1971, pagg. 165-180).
- (9) SALTIN B., HERMANSEN L. - « Glicogen stores and prolonged severe exercise », in G. Blix (ed.): « Nutrition and Physical Activity », pag. 32, Almquist and Wiksell, Uppsala, 1967.
- (10) OLSSON L.E., SALTIN B. - « Diet and fluid in training and competition », *Scand. J. Rehab. Med.*, 3: 31-38, 1971.