

# Aspetti biofisiologici della prestazione

Enrico Arcelli

## Enrico Arcelli

Medico, studioso dei problemi delle specialità sportive di resistenza. Per alcuni anni programmatore del settore mezzofondo e fondo della Fidal.

E' ben noto come la prestazione sportiva sia determinata da un gran numero di fattori. Lo stesso programma di questo convegno (programma che comprende interventi di specialisti delle più diverse discipline) dimostra ciò. Se ci si limita ai fattori bio-fisiologici, si può dire che la prestazione fornita da un atleta in una data gara dipenda essenzialmente:

- dalla disponibilità di energia, e
- dalla utilizzazione di questa energia.

## 1. La disponibilità di energia

Quando si parla della disponibilità di energia, necessariamente si deve fare riferimento a quelli che sono i meccanismi energetici principali del muscolo, e cioè:

- il meccanismo aerobico,
- il meccanismo anaerobico alattacido, e
- il meccanismo anaerobico lattacido.

Di essi vanno innanzitutto definite due caratteristiche: la *potenza* e la *capacità*.

### 1.1. La potenza

In pratica per *potenza* si può intendere l'energia disponibile nell'unità di tempo e, come si sa da decenni, essa presenta i valori più alti nel meccanismo alattacido e decresce passando al lattacido e all'aerobico. Nei migliori atleti la potenza di quest'ultimo processo è anche superiore agli 80 millilitri di ossigeno per minuto e per chilogrammo di peso corporeo; la potenza del processo alattacido può essere ben più che doppia, mentre quella del processo lattacido è intermedia.

Per tutti e tre i meccanismi energetici la potenza è determinata anche (o quasi esclusivamente) da caratteristiche tissutali, in particolare dall'attività enzimatica. Nel caso del meccanismo aerobico si è ritenuto per lungo tempo che avesse unicamente importanza l'apporto di ossigeno ai tessuti; si era dunque posto l'accento sugli organi e sulle funzioni grazie a cui avviene il trasporto delle molecole di ossigeno dall'aria ambientale alle fibre muscolari, soprattutto sull'attività cardiaca e sulla concentrazione dell'emoglobina. Si era anche data una notevole importanza al *massimo consumo di ossigeno* e lo si era considerato come l'unico indice da prendere in considerazione quando, per esempio, si volessero prevedere le possibilità prestative di un soggetto in una prova in cui l'energia fosse prevalentemente di origine aerobica.

In realtà oggi si sa che il *massimo consumo di ossigeno* è sì un indice importante, ma della disponibilità di ossigeno per i muscoli e della utilizzazione media da parte di essi; non invece della utilizzazione da parte di ben precisi distretti muscolari. La scarsa importanza che ha il valore del *massimo consumo di ossigeno* è soprattutto evidente quando ci si riferisce a discipline nelle quali i muscoli interessati rappresentano una percentuale piccola dell'intera massa muscolare del corpo. Quanto maggiore è la percentuale della muscolatura attivamente impegnata in una disciplina aerobica, tanto più è probabile che i campioni di essa abbiano un valore di *massimo consumo di ossigeno* elevato rispetto alla media, specie se esso è espresso nella forza più consona alla disciplina stessa, per esempio in unità di peso corporeo nel caso della corsa lunga e in unità di superficie nel caso del ciclismo.

## 1.2. La capacità

Un'altra caratteristica importante dei meccanismi energetici, come si è detto, è la loro *capacità*; in questo caso ci si riferisce all'energia fornita da quel meccanismo non nell'unità di tempo, ma in totale, cioè, in pratica, nel corso dell'intera durata dello sforzo. Quando si considera il meccanismo aerobico, nella maggior parte delle specialità sportive ha poca importanza fare riferimento alla *capacità*: nel loro insieme, infatti, i substrati disponibili (glicogeno e grassi), consentono di compiere una quantità enorme di lavoro. In alcuni casi, tuttavia, può essere vantaggioso che — nel momento in cui inizia la prestazione — i muscoli (quelli che intervengono nel gesto specifico) siano particolarmente ricchi di glicogeno; il caso più conosciuto e studiato è quello della corsa di maratona (42,195 chilometri). Se, poi, si vuole proprio parlare di *capacità* a proposito del meccanismo aerobico, ci si può riferire a quell'ossigeno che è legato alla mioglobina e che viene utilizzato durante lo sforzo; si tratta di una piccola quantità che, comunque, in certe prestazioni può avere la sua importanza.

Nel caso del meccanismo lattacido, il definire la *capacità* è piuttosto complesso. Quando si produce energia attraverso questo meccanismo, nel muscolo si producono anche ioni idrogeno (H) e ioni lattato (LA); gli uni e gli altri possono attraversare la membrana della fibra muscolare e diffondere nel sangue. Lo ione idrogeno diffonde più velocemente dello ione lattato; nonostante l'intervento dei cosiddetti «tamponi», esso provoca notevoli variazioni del pH sia a livello muscolare che a livello ematico, come si può vedere dalla Tabella 1.

Tabella 1

	nel muscolo	nel sangue
concentrazione di lattato a riposo	1 mM/kg	1 mM/litro
massima concentrazione di lattato rilevata sperimentalmente	28 mM/kg	25 mM/litro
pH a riposo	6,9	7,4
minimo pH rilevato sperimentalmente	6,4	6,8

Da tale tabella si può anche vedere come può elevarsi la concentrazione dell'LA dopo uno sforzo muscolare in cui vi sia una notevole produzione di esso.

Ai fini della capacità lattacida, comunque, è importante tenere presente la durata della prestazione. Se l'impiego è di poche decine di secondi (come per esempio in una corsa di 400 metri, il cui record del mondo è inferiore ai 44"), la diffusione dell'H dalla fibra al sangue, nel corso della gara, è senza dubbio notevole, mentre quella dell'LA è molto scarsa. Se la prova dura pochi minuti (corsa di 1500 metri; record mondiale poco sopra i 3'30"), già una certa quantità di LA può uscire dai muscoli mentre lo sforzo è in corso. Quando, invece, la prova dura parecchi minuti (corsa di 10.000 metri; record mondiale di oltre 27") nell'unità di tempo ci sarà la produzione di una piccola quantità di LA: di esso, non soltanto ne diffonderà nel sangue una certa quota, ma una parte — già durante la competizione — potrà anche venire eliminata dal sangue da parte degli organi a ciò deputati (fegato, miocardio, reni, muscoli).

Passando a considerare sport nei quali lo sforzo non è continuo e praticamente uniforme, si può dire, per esempio, che nel corso di una partita di calcio (due tempi di 45' con un intervallo di circa 15' fra un tempo e l'altro), ci sono periodi di intenso impegno muscolare con eventuale produzione di LA e periodi di scarso impegno nel corso dei quali l'LA diffonde nel sangue e viene da questo eliminato in quantità significativa, a patto, però, che gli organi che sanno utilizzare l'LA abbiano una buona attività degli appositi enzimi.

### 1.3. I diversi distretti muscolari

Quando si parla dei problemi energetici, spesso ci si dimentica che — mentre si sta fornendo un certo tipo di prestazione sportiva — non tutti i muscoli si trovano nella stessa situazione: nel compiere un dato gesto, in realtà, ci sono muscoli molto impegnati e muscoli poco impegnati.

Esiste, insomma, una situazione dell'organismo in toto (di cui sono un indice significativo vari parametri, quali il consumo di ossigeno, la frequenza cardiaca e la ventilazione); ed esistono, poi, situazioni locali, in particolare nel singolo muscolo.

Negli sport ciclici (quali la corsa, il ciclismo, la marcia, il nuoto) avviene, per esempio, che a basse velocità di percorrenza la richiesta energetica di tutti i muscoli può essere completamente soddisfatta dal meccanismo aerobico.

Se l'atleta aumenta la velocità, succede che

alcuni alcuni muscoli devono ricorrere al processo lattacido per disporre dell'energia di cui necessitano per poter lavorare a quella intensità; contemporaneamente altri muscoli sono sottoutilizzati rispetto a quella che è la loro massima potenza aerobica teorica. I primi, insomma, producono LA; se lo sforzo ha una sufficiente durata, una parte di LA diffonde nel sangue e può eventualmente venire utilizzato (dopo essere stato trasformato in piruvato) da muscoli sottoutilizzati.

## 2. Utilizzazione dell'energia

Il fatto che i nostri muscoli possono disporre di una grande quantità di energia, non è una condizione sufficiente per farci ottenere una buona prestazione sportiva. Questo lo sanno bene i tecnici sportivi e lo abbiamo talvolta constatato noi stessi, per esempio quando abbiamo tentato di praticare qualche sport del quale non conoscevamo le corrette tecniche esecutive.

Spesso si usa il termine «rendimento» per indicare la capacità di utilizzare una grande percentuale dell'energia in teoria disponibile. Poiché, però, tale termine può creare equivoci, ci si può limitare a dire che l'utilizzazione di energia è legata a fattori di vario tipo, fra cui:

— *fattori tecnico-stilistici-tattici e neuro-motori*: nel salto in alto si supera una misura maggiore se si ha una tecnica più redditizia; nel gioco del calcio è più facile fare gol o parare un pallone se si è più coordinati; la tattica è importante in molti sport; e così via;

— *fattori psicologici o psico-neuro-endocrini*: le motivazioni hanno sicuramente una notevole importanza ai fini della prestazione; soprattutto in certi casi (per esempio lo sprint finale in certi sport), è fondamentale anche l'intervento di alcune ghiandole endocrine — come le surrenali — a loro volta influenzate da fattori psichici e neurologici;

— *fattori antropometrici*: a parità di energia disponibile, avere più corti gli arti superiori e quelli inferiori può essere vantaggioso nel sollevamento pesi; nella pallacanestro, al contrario, è vantaggioso averli lunghi; nella corsa dei 110 metri con ostacoli è meglio che siano lunghi gli arti inferiori, nel lancio del disco quelli superiori; il peso corporeo influisce in maniera variabile in moltissime discipline, così come altre caratteristiche fisiche;

— *fattori anatomo-fisiologici*: in alcune specialità è molto importante l'elasticità muscolare, quella qualità che consente di accumulare energia nei muscoli stirati passivamente e di restituirla immediatamente dopo; in alcune specialità, invece,

conta la capacità di mantenere facilmente un buon equilibrio termico, anche se i muscoli producono molto calore nell'unità di tempo.

### **3. Conclusioni**

Si può dire, quindi, che per quello che riguarda gli aspetti bio-fisiologici della prestazione, le cose

sono piuttosto complesse essendo i fattori che intervengono in gran numero e variamente correlati fra di loro; nella maggior parte dei casi non è possibile semplificare le cose e, per esempio, indicare schemi che siano validi per discipline apparentemente affini. Spesso è invece vantaggioso fare riferimento a modelli bio-fisiologici, grazie ai quali i tecnici possono allenare in maniera più razionale i loro atleti.

#### ***Indirizzo dell'Autore:***

*Dott. Enrico Arcelli  
Via G.B. Vico, 5  
21100 S. Ambrogio (Varese)*