

## VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' DI LAVORO DELL'ATLETA

di P. AGHEMO

Nell'affrontare, in questo incontro, l'argomento della « valutazione della capacità sportiva » mi atterrò soprattutto a quello che è, in questo campo, l'orientamento della Scuola di Specializzazione in Medicina dello Sport di Milano, Scuola alla quale devo principalmente la mia formazione culturale di medico-sportivo.

In questa Scuola, per altro, da molti anni il principale settore di studi è rappresentato dalla fisiologia del lavoro muscolare; in particolare sono stati studiati i problemi dell'*energetica muscolare*, cioè delle fonti di energia per il lavoro muscolare nei loro aspetti qualitativi e quantitativi, e conseguentemente sono stati messi a punto metodi pratici di misurazione di tali fonti di energia. Questi studi possono rappresentare quindi le fondamenta sulle quali costruire un razionale sistema di valutazione medico-sportiva.

Occorre tuttavia subito precisare che, malgrado i progressi della nostra conoscenza in questo settore (progressi che analizzeremo succintamente più avanti), la « *valutazione funzionale sportiva* » trova ancor oggi notevoli limiti di applicabilità, non

può rispondere ancora a tutte le domande; nei suoi aspetti essenziali, e facendo giustizia di molte extrapolazioni e di una certa diffusa « presunzione », essa è tuttora semplicemente un procedimento di definizione di « capacità lavorativa generica » o, meglio, in altri termini, di definizione delle *sole possibilità fisiche di prestazione* (performance capacity).

Non rientra ancora in questa definizione, in questo settore metodologico la possibilità di stabilire con esattezza la « *capacità attuale, effettiva, di uno sportivo di fornire una determinata prestazione, e, tanto meno, una prestazione-record* ».

Sotto questo aspetto può risultare molto più preciso, più documentato e informato il tecnico che segue direttamente, e giornalmente, l'atleta. Per chiarire e meglio precisare questo concetto relativo ai limiti della « *valutazione funzionale* » è forse opportuno ricorrere a uno schema che, seppur lacunoso come ogni schema, può tuttavia essere utile in sede di trattazione generale.

La « *prestazione* » che un soggetto può fornire dipende dall'assommarsi di due ordini di fattori:

1) Possibilità « fisiche » di prestazione (performance capacity);

2) Disposizione « psicologica » alla prestazione (willingness of performance).

Qualora a questi due ordini di fattori, intrinseci all'atleta, si aggiungano particolari *circostanze esterne* (strumentali, tecniche o ambientali) favorevoli, si può avere la « prestazione record » (personale o assoluto).

Che cosa classifichiamo sotto il 1° termine dell'equazione? Essenzialmente fattori quali: a) *forza muscolare*; b) *potenza aerobica*; c) *potenza anaerobica*; d) *qualità neuromotorie*; e) *eventualmente, caratteristiche strutturali, anatomiche*.

Che cosa classifichiamo sotto il 2° termine? Fattori quali: a) la costituzione psichica del soggetto; b) le sue motivazioni; c) la sua volontà.

La valutazione funzionale trova il suo settore di applicabilità esclusivamente nell'ambito del primo ordine di fattori: con la valutazione funzionale, possiamo quindi genericamente stabilire quale prestazione *fisica* un soggetto *potrebbe* compiere, *non* possiamo dire se e fino a qual punto, il soggetto fornirà *effettivamente* tale prestazione; in altri termini noi possiamo definire l'entità delle riserve energetiche di un soggetto, ma non conoscere fino a qual punto il soggetto attingerà, in pratica, a tali riserve. Oltre a questa « limitazione » di natura generale ne esiste un'altra di ordine pratico: nel campo delle scienze biologiche qualsiasi sperimentazione o determinazione, per quanto precisa e accurata sia la metodica di esame, è soggetta al cosiddetto « errore sperimentale »: variazione dei risultati dell'1-2% in più o in meno rispetto al valore reale sono concordemente accettate come inevitabili.

Ciò implica, ovviamente, l'impossibilità di stabilire una correlazione

assoluta tra i dati emersi da un esame di valutazione funzionale sportiva e i risultati ottenibili in campo agonistico.

A questo punto, dopo aver sottolineato i limiti dell'attività medico-valutativa, è opportuno analizzare brevemente quali sono invece quegli altri settori nei quali la valutazione funzionale — ossia la misura delle sole possibilità fisiche di prestazione — può riuscire di notevole interesse e utilità.

Questi campi sono principalmente due:

1) *Selezione attitudinale*, come conseguenza di una applicazione di massa dei metodi valutativi.

2) *Impostazione di programmi individuali* di attività fisico-muscolare razionale in quanto adeguata alle effettive possibilità energetiche del soggetto.

Questi sono i due settori nei quali si può lavorare con qualche risultato soddisfacente.

Per quanto concerne il primo settore, l'interesse di una valutazione funzionale di massa è dato dal fatto che talvolta è possibile mettere in luce, in un certo numero di individui non sportivi, la presenza di doti atletiche di « fondo » e/o di « velocità » che possiamo definire costituzionali, innate, e che, una volta individuate e definite, possono indurre il soggetto ad applicarsi con costanza a una attività sportiva impegnativa.

Per quanto riguarda il secondo settore esso è, a mio parere, molto più interessante per le possibilità applicative molto vaste che esso offre:

- nella Scuola, per definire programmi differenziati di Educazione Fisica;
- nell'attività fisico-ricreativa in genere;

- nel ricupero funzionale di soggetti malati (es. cardiopatici), là dove l'attività muscolare è vista come strumento terapeutico e deve quindi esse-

re scientificamente « dosata »;  
— nel lavoro industriale (ergonomia).

Quindi, riassumendo, con la v.f., non possiamo dire se un atleta è, oggi, in grado di vincere la gara e tantomeno se stabilirà il suo record; non possiamo neppure dire se il suo « grado di allenamento » è oggi migliore, o peggiore, di quello di 15 giorni fa; possiamo soltanto dire che egli è *fisicamente* in grado di partecipare alla gara e di condurla a termine entro limiti tecnici accettabili.

In compenso la valutazione funzionale può assumere il ruolo di protagonista in quei settori che abbiamo appena elencati.

Resta ora da spendere qualche parola su quelli che sono i *principi metodologici* fondamentali da seguire nei procedimenti di valutazione funzionale.

Questi principi riguardano:

1) *la scelta del « carattere » da valutare*: questa scelta è spesso dettata dal *fine* che ci proponiamo di conseguire con la valutazione stessa. In ogni caso il « carattere » deve essere « significativo », cioè tale da rappresentare effettivamente l'aspetto funzionale che ci proponiamo di valutare.

Non è, per esempio, attendibile ricorrere a misurazioni di pressione arteriosa durante e dopo sforzo per valutare la capacità lavorativa di un individuo, o misurare la capacità vitale per avere informazioni circa il rendimento della respirazione o, peggio, circa le « doti atletiche » dell'esaminato.

E' inoltre molto opportuno orientarsi il più possibile verso « caratteri » di tipo quantitativo.

2) *La scelta del « metodo di misurazione »*:

Il metodo deve essere possibilmente di *larga applicabilità* (quindi, fra l'altro, poco costoso e tale da ri-

chiedere l'uso di apparecchiature semplici), *riproducibile* (tale cioè che, applicato in tempi successivi, fornisca dati sicuramente paragonabili fra loro) e il più possibile *selettivo* (in grado cioè di mettere in evidenza piccole differenze fra individui).

Infine il metodo deve fornire dati esprimibili in *unità di misura* di chiaro significato fisiologico o fisico.

3) *Stima biologica dei dati ottenuti*: è la fase che forse più impegna l'esaminatore, perché risulterà tanto più valida quanto più intima e profonda sarà la conoscenza che l'esaminatore stesso ha del significato della metodica e dell'esame eseguito. A scopo descrittivo generale possiamo ricordare che tale stima può essere fatta, per es., riferendoci ai « valori medi normali » del carattere in esame.

Là ove è possibile, è tuttavia preferibile, approfondire tale stima con un *giudizio quantitativo più dettagliato*: per esempio nella valutazione della massima potenza aerobica è possibile (con le cautele prima espresse) tradurre il dato ottenuto in termini di « tempi di prestazione », su determinate distanze, dal momento che è nota la richiesta energetica della corsa alle varie velocità.

Talvolta, infine, specialmente nei procedimenti di selezione attitudinale, la « stima » dei dati ottenuti può essere fatta mediante *graduatorie*.

A questo punto io credo che si possa considerare sufficientemente esaurita l'esposizione dei concetti generali relativi ai procedimenti di valutazione funzionale, e che si possa incominciare a trattare dettagli di carattere scientifico e tecnico.

E' noto che il muscolo è un motore capace di trasformare energia chimica in energia meccanica utilizzabile per eseguire lavoro: quanta più energia chimica il muscolo ha a disposizione tanto più lavoro egli sarà in

grado di produrre.

Ne deriva che la valutazione delle possibilità organiche di compiere lavoro muscolare deve essere fondamentalmente basata sulla misurazione delle « *disponibilità energetiche* » dell'organismo.

Pertanto dovete, a questo punto, permettere che io riassuma brevemente le cognizioni ormai acquisite circa l'*energetica muscolare*.

Queste cognizioni sono, tra l'altro, relativamente recenti: fino al 1932 si credeva che la contrazione muscolare fosse resa possibile dalla formazione, nel muscolo, di acido lattico, un prodotto intermedio del metabolismo dei glucidi (teoria di Hill-Meyerhof).

Nel 1932 Lundsgaard dimostrò invece che un muscolo avvelenato con acido monoiodoacetico può ancora eseguire un certo numero di contrazioni pur non potendosi formare, in esso, acido lattico.

Nel 1933 Margaria - Edwards e Dill pubblicarono i risultati di una ricerca con la quale dimostrarono che l'acido lattico compare nel sangue solo dopo lavori muscolari di notevole intensità, pari almeno all'80% della massima potenza aerobica, e che si possono quindi compiere lavori anche di una certa intensità senza contrarre un « debito di ossigeno lattacido ».

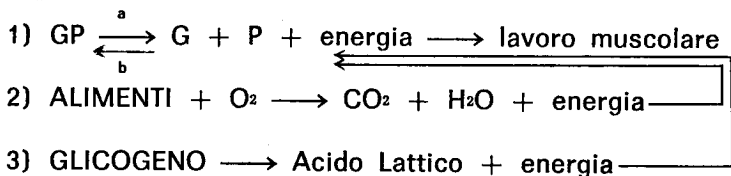
Nello stesso tempo si pervenne alla identificazione dei composti contenenti legami fosforici altamente energetici (creatinfosfato - acido adenositrifosforico). Questi composti, la cui complessa molecola, scindendosi e perdendo una molecola di acido fo-

sforico, può liberare una notevole quantità di energia, sono stati localizzati anche nei muscoli e si è riconosciuta in essi una fonte di energia per l'esecuzione di lavoro muscolare.

Ciononostante, fino a pochi anni fa, le nostre conoscenze sull'energetica del lavoro muscolare erano più di tipo qualitativo che quantitativo: non si sapeva quanta energia fornisse la scissione del glicogeno in acido lattico, non si sapeva quanta energia fornisse l'altra fonte energetica, quella dei fosfati altamente energetici. Migliori conoscenze si avevano invece circa l'apporto energetico di un altro meccanismo, quello delle *combustioni*, che implicano ovviamente, trattandosi di processi di ossidazione, un *consumo di ossigeno*: ed infatti da parecchi anni la misura del MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO veniva ritenuta indice della massima capacità di lavoro di un individuo che fosse chiamato a prestazioni di lunga durata.

Per contro, l'energetica di un lavoro breve e strenuo, come ad esempio la corsa di 100 o 400 m., era, si può dire, del tutto sconosciuta. Oggi invece, la maggior parte di punti oscuri sono stati chiariti e noi sappiamo molto bene quali sono le *tre fonti energetiche* alle quali attinge il muscolo in attività, conosciamo di ognuna l'ordine di grandezza della *capacità* e della *potenza massime*, ne possiamo misurare con una certa facilità nei singoli individui la potenza massima, conosciamo infine la successione temporale con la quale queste tre fonti entrano in gioco durante il lavoro.

TAB. I<sup>a</sup>



E' lo schema che illustra i *tre meccanismi* e i loro reciproci rapporti. Con la sigla G.P. si intendono i composti (gruppi fosforici) altamente energetici, praticamente l'acido adenosintrifosforico (ATP) e l'acido creatinfosforico (CP).

La reazione 1 a (scissione anaerobica dei composti fosforici altamente energetici) è la sola capace di fornire *energia direttamente utilizzabile* per la contrazione muscolare. La « capacità » (quantità totale, complessiva, di energia) di questa fonte energetica è molto piccola, sicché, senza un adeguato meccanismo di « risintesi » dei G.P. (reazione 1b), essa fonte si esaurirebbe in pochi secondi e il lavoro muscolare dovrebbe essere definitivamente interrotto.

Le reazioni 2 e 3 forniscono l'energia necessaria perché abbia luogo la reazione 1b.

Cercherò ora di analizzare un po' dettagliatamente ciascuno di questi meccanismi. Che cosa sappiamo di essi?

A) *Meccanismo ossidativo*: (2 dello schema) è quello che riveste la maggior importanza quando si debba eseguire un lavoro di una certa durata, come abbiamo visto dallo schema or ora illustrato.

Infatti nel lavoro prolungato, l'intensità con la quale avviene la resintesi dell'ATP (e conseguentemente l'intensità con la quale l'ATP stesso si scinde per fornire energia direttamente utilizzabile per la contrazione muscolare) è condizionata dalla quantità di energia che, nell'unità di tempo, le combustioni organiche sono in grado di fornire al sistema, cioè, in altri termini, dalla « potenza » del meccanismo ossidativo.

Fra i tre meccanismi energetici, questo è quello che ha la « capacità » più grande, teoricamente infinita, e per contro la « potenza » più ridotta, dell'ordine di grandezza delle 12 kcal/

kg.h (= 40 mlO<sub>2</sub>/kg.min).

Da un punto di vista fisiologico generale, l'*assunzione* di O<sub>2</sub> dall'ambiente esterno, e il *trasporto* fino all'interno delle cellule, ove avvengono le combustioni (e cioè la ossidazione dei substrati glicidici e lipidici), coinvolgono l'intervento

- 1) dell'apparato respiratorio
- 2) del sangue, particolarmente per il suo contenuto in Hb
- 3) dell'apparato cardiocircolatorio.

In condizioni di normossia, o anche di modica ipossia, possiamo affermare con ragionevole sicurezza che il limite al *massimo consumo di ossigeno* è rappresentato dalle capacità funzionali del complesso emato-cardio-circolatorio. L'apparato respiratorio è infatti in grado di rifornire l'organismo di una quantità di ossigeno molto superiore a quella che il sangue e il circolo sono capaci di trasportare ai tessuti. E' per queste ragioni che la determinazione del massimo consumo di ossigeno, oltre a definire la massima potenza muscolare aerobica del soggetto in esame, rappresenta anche un test indiretto di funzionalità cardiocircolatoria.

B) *Meccanismo lattacido*: (3° dello schema) è un meccanismo di emergenza che entra in gioco soltanto per lavori molto intensi.

Gli aspetti quantitativi sono oggi ben noti: la « capacità » di questo meccanismo è piuttosto limitata (in media 240 cal/kg = 48 mlO<sub>2</sub>/kg) e dipende dalla massima concentrazione ematica di A.L. che il soggetto può tollerare; questa concentrazione massima tollerabile varia parecchio da individuo a individuo, e varia anche in relazione alle condizioni di allenamento: può essere misurata con metodo cruento (prelievo di sangue).

La « potenza » del meccanismo lattacido è dell'ordine delle 21 kcal/kg.

h (350 cal/kg. min = 70 mlO<sub>2</sub>/kg. min), superiore quindi in misura notevole a quella del meccanismo ossidativo, ed è la stessa per tutti gli individui essendo correlata esclusivamente alla velocità delle reazioni di scissione anaerobica del glicogeno, velocità che non può essere modificata da condizioni più o meno ottimali di allenamento.

L'allontanamento dell'A.L. formatosi nel lavoro implica un extra-consumo di O<sub>2</sub> nel periodo di ristoro successivo alla prestazione: tale extraconsumo costituisce il cosiddetto DEBITO DI O<sub>2</sub> LATTACIDO.

C) *Meccanismo anaerobico lattacido*: è quello dei G.P. E', come già detto, l'unico meccanismo che fornisca energia direttamente utilizzabile per la contrazione muscolare.

La « capacità » di questo meccanismo è la più piccola fra le tre, (100 cal/kg. = 20 mlO<sub>2</sub>/kg.), non è an-

cora misurabile « di routine », ed è condizionata dalla concentrazione muscolare dei fosfati altamente energetici.

La « potenza » del meccanismo è invece molto elevata, la più elevata fra le tre, essendo dell'ordine di grandezza delle 45 kcal/kg. h (= 750 cal/kg. min = 150 mlO<sub>2</sub>/kg. min): questa potenza non dipende dalla velocità della reazione di scissione dei G.P., ma è condizionata da caratteristiche individuali; varia quindi notevolmente da individuo a individuo, e può essere agevolmente misurata.

Riassumendo, abbiamo quindi tre fonti energetiche, ciascuna delle quali caratterizzata da un valore di « capacità » (quantità complessiva di energia disponibile) e da un valore di « potenza massima » (massima quantità di energia utilizzabile nella unità di tempo): in totale 6 parametri (3 « capacità » e 3 « potenze massime »).

TAB. II<sup>a</sup>

MECCANISMO	CAPACITA' per kg di peso		POTENZA MAX. per kg di peso		TEMPO MAX. DI UTILIZZAZIONE (in sec.)
	cal	mlO <sub>2</sub>	cal/min	mlO <sub>2</sub> /min	
OSSIDATIVO (2) *	∞	∞	200	40	∞
LATTACIDO (3) *	240	48	350	70	41''
ALATTACIDO (1) *	100	20	750	150	8''

\* Vedi Tab. 1

In Tab. II sono riportati, per ciascun meccanismo, i valori medi delle rispettive « capacità » e « potenze »: si tratta di valori di riferimento, soltanto indicativi dell'ordine di grandezza, fermo restando quindi che in pratica, in singoli individui e per alcuni di questi parametri, si possono registrare dati anche notevolmente differenti, sia in più che in meno; d'altro canto, se non esistesse que-

sta variabilità individuale la valutazione funzionale perderebbe ovviamente qualsiasi significato.

Da un punto di vista teorico, la valutazione funzionale delle possibilità energetiche di un individuo dovrebbe contemplare la misurazione di tutti i sei parametri succitati: *in pratica* la questione si presenta molto semplificata.

Infatti: a) la « capacità » del mec-

canismo ossidativo può essere considerata teoricamente « *infinita* » in tutti i soggetti (presenza nell'organismo di notevoli scorte di « substrato ossidabile » e possibilità di ricostruire tali scorte di combustibile anche durante l'esecuzione del lavoro muscolare — disponibilità pressoché infinita di « comburente » cioè di ossigeno atmosferico).

b) la « capacità » del meccanismo alattacido (CP + ATP) correlata con la concentrazione muscolare dei composti fosforati altamente energetici, non può ancora essere misurata con metodi di « routine » applicabili su larga scala.

c) la « capacità » del meccanismo lattacido può essere determinata abbastanza agevolmente, ma la metodica di misurazione richiede prelievi di sangue e l'effettuazione da parte del soggetto di una prestazione di elevata intensità, tale da condurre all'esaurimento.

D'altro canto, questa capacità (che è espressa dalla massima concentrazione di acido lattico raggiungibile nel sangue, e che rappresenta il massimo debito di  $O_2$  lattacido) sembra sia proporzionale, in misura quasi diretta, al massimo consumo di  $O_2$  dell'individuo (entrambi questi parametri infatti sono ragionevolmente in rapporto con lo sviluppo delle masse muscolari): la determinazione della massima potenza aerobica ( $VO_2\max$ ) potrebbe pertanto darci indirettamente una informazione sull'entità del massimo debito di  $O_2$  lattacido che il soggetto può contrarre, cioè, in altri termini, sulla « capacità » del suo

meccanismo energetico lattacido.

d) la « potenza massima » del meccanismo lattacido è praticamente la stessa in tutti gli individui, essendo dipendente da fattori di ordine biochimico generale: una volta determinata in laboratorio, non richiede quindi più misurazioni individuali.

Restano quindi da misurare:

e) la *massima potenza* del meccanismo aerobico (massimo consumo di  $O_2$  per minuto)

f) la *massima potenza* del meccanismo anaerobico alattacido (G.P.). Sono questi i due esami fondamentali nella valutazione funzionale energetica delle « attitudini » sportive.

La prima di queste misurazioni — *massima potenza muscolare aerobica* o *massimo consumo di  $O_2$*  — definirà la massima intensità di lavoro muscolare che il soggetto in esame può sostenere in prestazioni di una certa durata; in altri termini, ci consentirà un corretto giudizio circa le doti atletiche di « fondo ».

La seconda misurazione — *massima potenza muscolare anaerobica* — esprimerà in termini esatti l'intensità massima di lavoro muscolare che il soggetto è in grado di sostenere in prestazioni di brevissima durata (pochi secondi); ci dirà cioè quali sono le doti atletiche di « velocità » (o di « scatto ») del soggetto in esame.

Entrambe queste potenze sono oggi misurabili con metodi che rispondono completamente ai requisiti elencati nella parte generale di questa trattazione.