

**LA SCIENZA AL SERVIZIO DEL PENTATHLON**

**COME RILEVARE  
LA POTENZA AEROBICA**

di M. FAINA, S. LUPO, A. PARISI, F. PIGOZZI

L'esigenza di effettuare misure della potenza aerobica ( $V_{O2}$ ) nelle condizioni reali di esecuzione delle attività sportive è universalmente avvertita da tutti i cultori di fisiologia dello sport e dell'esercizio fisico (1,2,5,6). I vantaggi di poter disporre di una tecnica di misura idonea a questo scopo non si riferiscono solo allo studio di sport prettamente aerobici, ma anche ad altri, pur meno condizionati dal massimo consumo di ossigeno ( $V_{O2MAX}$ ), quali per esempio quelli di squadra o alcune delle specialità del pentathlon moderno. Per la valutazione sul campo del  $V_{O2}$  non possono essere utilizzate le apparecchiature di misura on line, normalmente impiegate in laboratorio (2,4,6,7), a ragione della loro complessità d'uso e del loro ingombro. La misura in continua del  $V_{O2}$  sul campo è possibile attualmente solo attraverso:

- a) la raccolta di campioni d'aria con il metodo dei sacchi di Douglas e successiva analisi dei gas (1);
- b) la determinazione della cinetica della frequenza cardiaca ( $F_c$ ) (Y);
- c) l'impiego dei cosiddetti spirometri a circuito aperto portatili (6);
- d) l'impiego, di recente proposto (5), di apparati telemetrici.

Tutti questi metodi posseggono degli aspetti negativi che ne limitano fortemente l'applicazione.

La raccolta di aria per mezzo dei sacchi di Douglas può alterare l'esecuzione del gesto tecnico a causa dell'ingombro dei sacchi stessi; si consideri inoltre che la capienza dei sacchi è limitata e che la misura del  $V_{O2}$  viene ottenuta come valore medio per tutto l'intervallo di tempo durante il quale si è effettuata la raccolta di aria espirata.

La determinazione della  $F_c$  come indice indiretto del  $V_{O2}$  si basa sull'assunzione che la relazione tra due grandezze è lineare. Peraltro questa è corretta solo se si realizzano due requisiti essenziali:

- a) il carico di lavoro deve essere sottomassimale;
- b) ogni fase di lavoro ad una determinata potenza meccanica deve durare a sufficienza per permettere il raggiungimento di condizioni a regime.

Gli spirometri a circuito aperto portatili presentano alcuni vantaggi rispetto ai sacchi di Douglas che consistono, principalmente, nel loro modesto ingombro. Questo permette una certa libertà di movimento ed un loro impiego, quindi, anche in quegli sport in cui il metodo sopraddetto è da ritenersi proibitivo. I difetti si possono riassumere nella scarsa accuratezza (la ventilazione viene rilevata attraverso un gasometro la cui misura può risultare errata ad alti flussi) e nel fatto che l'unico dato di  $V_{O_2}$  che si ottiene è il valore medio riferito a tutta la durata della prova (infatti un piccolo campione di aria viene raccolto automaticamente durante tutto l'intervallo di tempo e su questo campione di aria miscelata può evidentemente ottenersi una sola misura di  $V_{O_2}$ ). Per quanto concerne il sistema telemetrico recentemente proposto va considerato che il suo peso (circa 4 Kg) e le sue limitate capacità di analisi (ventilazione massima circa 80 l/min) ne riducono le possibilità applicative.

Da quanto detto risulta evidente che con le metodologie attualmente in uso non è possibile determinare il  $V_{O_2}$  se non approssimativamente o alterando il gesto dell'atleta per prestazioni che non raggiungano elevati livelli ventilatori.

## **IL K2 COSMED**

Per risolvere questi problemi è necessario miniaturizzare l'apparato di misura, renderlo idoneo a misurare ventilazioni anche superiori ai 200 l/min ed ottimizzare la possibilità di trasmissione via radio e di registrazione, su disco o nastro, delle informazioni così raccolte.

Un nuovo apparato, progettato dalla ditta Cosmed, sperimentato, modificato e messo a punto dall'Istituto di Scienza dello Sport il K2, presenta queste caratteristiche.

L'apparato è un nuovo sistema telemetrico miniaturizzato per il rilievo della  $V_e$  e del  $V_{O_2}$ .

In esso la misura del flusso respiratorio avviene tramite un sensore (turbina) inserito in una maschera facciale. Il sistema consta di due strutture ad alette fisse disposte in modo tale da porre l'aria che vi fluisce in moto rotatorio.

Quest'ultimo si comunica ad un equipaggio mobile ad alette avente massa, momento di inerzia ed attrito ridottissimi. La rotazione di questo equipaggio viene rilevata da un circuito optoelettronico che ne misura il numero di giri al secondo.

Sulla stessa maschera è inserito un essiccatore ed un campionatore del gas espirato; un'aliquota di quest'ultimo viene inviata in una microcamera di mescolamento la cui capacità è pari a 2 ml.

All'interno di tale microcamera è presente un elettrodo polarografico miniaturizzato per la

misura della concentrazione di ossigeno (FEO<sub>2</sub>). I segnali di flusso e di FEO<sub>2</sub> vengono codificati secondo la tecnica della larghezza di impulso. Dal punto di vista tecnologico una delle innovazioni più interessanti del sistema K2 è rappresentata dal campionamento dinamico dei gas denominato DMC System. Il gas espirato viene campionato in prossimità della bocca mediante una micropompa la cui portata di aspirazione è direttamente proporzionale al flusso espiratorio del soggetto in esame. In tal modo il campione di gas, che viene raccolto nella microcamera di mescolamento, ha una composizione identica a quella del gas espirato. Ciò assicura la misura della FEO<sub>2</sub> senza ricorrere alle tradizionali camere di mescolamento ed ai complessi sistemi di valvole. Al controllo istantaneo della micropompa di campionamento, in funzione del flusso espiratorio, si affianca un altro controllo più lento in funzione della Ve; ciò garantisce un tempo di risposta costante della misura della FEO<sub>2</sub> al variare della Ve. Infatti, essendo il flusso del campionatore proporzionale al flusso espiratorio, tale tempo risulterà tanto più lungo quanto più bassa è la Ve. Tuttavia il DMC System agisce sul fattore di proporzionalità in modo che il turnover della microcamera resti praticamente costante al variare della Ve. Tale sistema diventa quindi equivalente ad una camera di mescolamento tradizionale la cui capacità vari in funzione della Ve (camera dinamica). Questo accorgimento evita i problemi di sfasamento tra i valori di Ve e di FEO<sub>2</sub> che sono frequente fonte di errore nel calcolo del VO<sub>2</sub>. L'apparato dispone inoltre di un sistema per il rilievo della Fc. Il dispositivo è dotato di un radiotrasmittitore in modulazione di frequenza che consente di inviare i segnali di flusso respiratorio, di FEO<sub>2</sub> e di Fc ad una stazione ricevente corredata di un sistema di elaborazione e di memorizzazione dei dati. Successivamente tale apparato può essere connesso, tramite apposita interfaccia, con un elaboratore per l'archiviazione e rappresentazione grafica di tutti i parametri registrati. Durante la prova un display ed una piccola stampante, dei quali è dotata la ricevente, permettono di controllare l'andamento del test. Il campionamento e la stampa dei parametri più significativi, VO<sub>2</sub>, Ve, frequenza respiratoria (BF), FEO<sub>2</sub>, Fc, può essere effettuata con intervalli di 15, 30 oppure 60 secondi. La portata in campo libero è di circa 700 m utilizzando una antenna ricevente lunga 40 cm: per portate superiori possono essere utilizzate antenne speciali. Il soggetto in esame indossa un piccolo giubbotto aderente al torace cui si assicura anteriormente l'unità portatile completamente racchiusa in un contenitore in ABS e comprendente il sistema di misura ed il trasmettitore (dimensioni 13 x 8 x 4 cm). Gli accumulatori ricaricabili, la cui autonomia è di circa due ore (tale durata varia in funzione dell'intensità dello sforzo effettuato dall'atleta e quindi della potenza richiesta

dalla pompa di aspirazione) sono disposti nel giubbotto sulla schiena del soggetto (dimensioni 13 x 8 x 2 cm). Il peso complessivo è di circa 800 gr, pressoché equamente diviso tra l'unità di trasmissione e le batterie in modo da non alterare significativamente la posizione del baricentro corporeo.

La stazione ricevente è alimentata da batterie ricaricabili e, nel caso di test in laboratorio, può essere collegata direttamente alla rete per mezzo di un alimentatore.

La verifica sperimentale della accuratezza e della affidabilità del sistema di misura è stata effettuata (3)\*:

a) facendo ventilare in esso, per mezzo di un polmone meccanico, quantità note d'aria; per tali verifiche si è provveduto anche ad accertare, ponendo il sistema nella galleria del vento del dipartimento di Fisiologia dell'I.S.S., l'effetto che correnti d'aria nell'ambiente, simulanti il vento della corsa o le condizioni atmosferiche sul campo, possono avere sulla fedeltà di misura della turbina flussimetrica;

b) facendo analizzare all'elettrodo del K2 alcune miscele di aria a concentrazione nota di ossigeno;

c) confrontando le misure ottenute con il K2 nell'uomo con quelle assunte nello stesso soggetto con altra apparecchiatura di accertata attendibilità (Dataspir Jaeger). È stato considerato accettabile un errore inferiore o uguale al 2%. Il sistema telemetrico K2, nell'ambito dei valori misurati ( $VO_2$  max circa 5 l/min e  $V_e$  max circa 200 l/min) ed in riferimento al sistema tradizionale di confronto (Jaeger), risulta essere un apparato valido ed attendibile.

## APPLICABILITÀ NEL PENTATHLON MODERNO

Tra le specialità che compongono la gara di pentathlon moderno, la misura del consumo di ossigeno appare fondamentale nella prova di corsa campestre, nella quale il risultato dipende in misura significativa dalle capacità aerobiche dell'atleta. Come in molti altri sport, anche nel pentathlon moderno il livellamento dei risultati ha enfatizzato il ruolo dei controlli funzionali dal processo di allenamento. Tali controlli devono essere il più raffinati e specifici possibile. In questo contesto appare chiaro che l'allenatore deve poter disporre di misure e dati che si riferiscano in modo specifico all'esercizio effettivamente compiuto in gara dall'atleta. Ciò evidentemente non solo per quanto concerne gli aspetti biomeccanici ma anche quelli meccanici e funzionali, in particolare l'intensità e la quantità del carico di lavoro. Una valutazione dell'atleta in siffatte condizioni è possibile solo ricorrendo ad ergometri specifici ed ancor di più valutandolo nelle reali condizioni di gara. Il K2 Cosmed permette di analizzare l'andamento di un parametro fondamentale in molte discipline, quali il VO<sub>2</sub>, ma anche il costo energetico delle stesse quando si svolgono in condizioni prevalentemente anaerobiche, direttamente durante l'esercizio di gara. Inoltre il suo uso durante le sedute di allenamento può risultare importante ai fini di una quantificazione e qualificazione del tipo di carico allenante che si è utilizzato. In tal senso sono stati già avviati molti lavori di ricerca in numerose discipline sportive ed il pentathlon moderno appare senz'altro possedere caratteristiche fisiologiche tali da porre utili indicazioni dall'uso del K2 sia in allenamento che in gara simulata.

Dalla Rivista Multisport Maggio/giugno 1990

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Astrand P.O. e Rodahl K.. Textbook of Work physiology. Macgraw Hill, New York. 1977.
2. Dal Monte A. e coll., La valutazione funzionale dell'atleta, Sansoni, Firenze, 1982
3. Dal Monte A., Faina M., Leonardi L.M., Todaro A., Guidi G., Petrelli G.: Il consumo massimo di ossigeno in telemetria. Riviste di culturasportiva,S.d.S., n. 15,1989.
4. Denolin H.,Sadoul P., Orié N.G., L'exploration fonctionelle pulmonaire, Ed. Med. Flammarion, 1964.
5. Ikegami Y., Hiiruta S., Ikegami H., Miyamura M., Development of a telemetry system far measuring oxygen uptake during sports activities. Eur. J. Appl. Physiol., 1988, 57, 622.626.
- 6 .Mc Ardle W., Katch F. I., Katch V. L., Exercise physiology, Lea and Febiger, Philadelphia, 23 ed., 1986.
- 7 -Mellerowicz H.,Smodlaka V.N., Ergometry, Urban e Schwarzenberg, Baltimora, Monaco, 1981.

\* La descrizione tecnica dell'apparecchio è stata tratta da (3).