

Valutazione della physical fitness in laboratorio e sul campo in atleti Fidal-amatori praticanti corsa di lunga lena

Massimo Bolognesi

Medico chirurgo, Specialista in Medicina dello Sport e Medicina Interna
Direttore tecnico della società di atletica leggera "Romagna Running 1994"

Per valutazione funzionale sul campo si intende sia l'insieme dei mezzi e metodiche utilizzati per valutare le qualità di base degli atleti quando non si disponga delle attrezzature e delle possibilità operative del laboratorio, sia le misure altamente sofisticate e complesse che vengono impiegate per studiare in modo specifico gli aggiustamenti e gli adattamenti che intervengono durante la prestazione o gli allenamenti e che non possono essere simulati perfettamente in laboratorio.

È evidente che in questo caso si tratterà di impiegare per lo più test di tipo indiretto che, per la loro praticità e semplicità, sono generalmente utilizzabili anche da personale non specializzato.

Per questo motivo i test sul campo, inteso come luogo dove si effettua la gara o l'allenamento, per loro natura si prestano a valutazioni di massa non particolarmente precise nella identificazione del parametro cercato, essendo a volte anche elevato il range di variabilità rispetto al valore esatto, misurabile direttamente.

La valutazione funzionale in labora-

torio avviene utilizzando strumenti capaci di indagare l'atleta ed i suoi parametri organico-funzionali in condizioni più vicine possibili al reale coinvolgimento sportivo, e cioè simulando il gesto tecnico dell'atleta, requisito fondamentale per effettuare analisi scientificamente valide, espresse in dati precisi affinché possano essere confrontate tra loro in modo longitudinale o trasversale.

Ciò affinché sia possibile misurare non solo le qualità dell'atleta, cioè la sua potenza muscolare, ma anche le modalità di applicazione, cioè il costo energetico e/o il rendimento, per cui, congiuntamente ai parametri fisiologici, è importante valutare i parametri biomeccanici della prestazione.

Nel caso degli sport di lunga e media durata il parametro fondamentale e predisponente la massima prestazione è certamente rappresentato dal metabolismo aerobico, inteso come massima potenza aerobica (VO_2max) e parametri derivati (soglia anaerobica, onset dell'ossigeno, costo energetico, ecc).

Poiché è noto che l'efficienza del metabolismo aerobico dipende in modo maggiore o in modo significativo dai sistemi di supporto centrali, cioè i sistemi di assunzione e trasporto di ossigeno, ne deriva che la sua valutazione è anche una misura della funzionalità dell'apparato cardio-respiratorio. Lo studio del metabolismo aerobico, facilmente accessibile sia in laboratorio che sul campo, può essere effettuato in modo diretto o indiretto.

Grazie ad un analizzatore capace di funzionare in continuità ed in modo lineare è possibile, in laboratorio, ricavare dati relativi alla produzione di energia per via ossidativa: VO_2 , FEO_2 , FECO_2 , volumi, capacità, frequenza e flussi respiratori, e tutti gli indici derivati come (VO_2/Fc , Quoziente respiratorio - VCO_2/VO_2 , Equivalente respiratorio - Ve/VO_2 , ecc.).

La valutazione del metabolismo aerobico non è però limitata al solo VO_2max , ma concerne anche la soglia anaerobica (SA), che rappresenta il vero indice della capacità di lavoro di tipo aerobico del soggetto, anche se la stessa da sola non giustifica la performance di resistenza di un gruppo omogeneo di atleti.

La sua identificazione riveste grande importanza funzionale perché consente di valutare la capacità del soggetto di sostenere a lungo un certo carico lavorativo e di stabilire il consumo di ossigeno (VO_2) oltre il quale l'apparato cardiovascolare diventa inadeguato a sopperire alle necessità metaboliche tissutali.

Le metodiche disponibili per stabilire la SA sono diverse, ma le più utilizzate sono essenzialmente quattro.

Un primo metodo consiste nel valutare, durante un lavoro incrementale massimale, il consumo di ossigeno e

la produzione di anidride carbonica. Questa tecnica permette di ricavare direttamente il valore della soglia anaerobica ventilatoria attraverso la valutazione della "V-slope", cioè dalla funzione descritta dal rapporto VCO_2/VO_2 .

Nella prima parte dello sforzo il rapporto rimane costante, quando inizia la produzione di CO_2 non metabolica la curva prima rettilinea subisce una deviazione verso l'alto: il punto di flesso rappresenterebbe la SA.

Un altro metodo largamente utilizzato è legato al rapporto $Ve/lavoro$: la SA viene individuata abitualmente nel momento in cui si ha perdita di linearità tra ventilazione e "carico" ("punto di rottura" della ventilazione o di Owles).

La terza metodica di uso più corrente prevede la determinazione della SA attraverso la valutazione della concentrazione ematica del lattato durante una prova incrementale o a carichi crescenti, che può essere eseguita sia in laboratorio che sul campo.

Infine il quarto metodo per valutare la SA si basa sulla determinazione del rapporto tra intensità lavorativa (ad esempio velocità di locomozione) e frequenza cardiaca.

Questo metodo, proposto da Conconi e collaboratori per numerosi sport indica nel punto in cui viene perduta la linearità del rapporto tra intensità lavorativa e frequenza cardiaca, il valore corrispondente alla SA.

Tale valutazione indiretta della potenza aerobica attraverso la determinazione della soglia anaerobica, intesa come massimo carico di lavoro che può essere sostenuto da un soggetto per tempi prolungati senza che ciò comporti cumulo di acido lattico, rappresenta quindi il vero

indicatore della capacità di lavoro di tipo aerobico dell'atleta e viene determinato principalmente dalla capacità muscolare di acquisire ossigeno e di utilizzarlo.

Il test proposto da Conconi si presta, per la sua praticità e riproducibilità, ad essere considerato dai tecnici un indice molto importante ai fini della programmazione dell'allenamento nonché come metodo di valutazione finalizzato alla previsione della capacità prestativa nelle competizioni di durata.

Viene infatti ritenuto dalla maggior parte degli allenatori altamente correlato con la soglia anaerobica reale, ed analogamente in relazione reciproca alle prestazioni nelle gare di mezzofondo e fondo.

Ad esempio, nelle gare di media durata come nell'ora in pista, l'atleta allenato potrà correre alla velocità di soglia anaerobica.

Quindi, in pratica, Conconi afferma che la velocità corrispondente al valore della SA dovrebbe corrispondere al chilometraggio totale percorso nella gara di un'ora in pista, da un atleta motivato e allenato sulla resistenza specifica della competizione.

Scopi della seguente ricerca sono stati quelli di indagare il metabolismo aerobico, sul campo e in laboratorio, di atleti FIDAL-amatori da anni praticanti corsa di lunga lena al fine di stimare l'ipotetica capacità di resistenza generale e specifica della gara dell'ora in pista.

Di conseguenza è stata verificata l'attendibilità del test di Conconi e la correlazione dei parametri fisiologici indagati nello studio del metabolismo aerobico con l'effettiva capacità prestativa conseguita in gara.

Materiali e metodi

Ergospirografo Sensor Medics 2900c (BxB Metabolic Measurement System) con software di registrazione ed elaborazione dati.

Treadmill (tappeto rotante) **Run Race** versione hc 1400 Technogym.

Cardiofrequenzimetro Polar Sport Tester.

Impianto Comunale di atletica leggera di Cesena (FO).

Alla ricerca sono stati sottoposti, dietro loro consenso, 10 soggetti, di età compresa tra trenta e cinquant'anni, di altezza variabile da $1,70 \pm 8$ cm, di peso corporeo compreso tra 65 ± 8 Kg, con percentuale di tessuto adiposo dall'8% al 12%.

Tali atleti FIDAL-amatori, del gruppo podistico Endas Cesena, da anni praticanti competizioni di corsa di lunga lena, sono stati valutati una prima volta in laboratorio mediante test massimale al **treadmill** per la determinazione diretta (solo 5 soggetti) ed indiretta del massimo consumo di ossigeno, della soglia anaerobica ventilatoria e altri parametri derivati.

Durante ogni esercizio-test, il soggetto respirava attraverso una mascherina collegata ad un dispositivo a turbina, così che il gas veniva costantemente controllato da una macchina metabolica (Sensor Medics 2900c) che determinava, respiro dopo respiro, le variabili metaboliche e ventilatorie. L'impiego di tecniche non invasive per determinare la soglia anaerobica ventilatoria (Tvent) è stato descritto da Wasserman et al.; la soglia anaerobica è indicata come il livello di sforzo o VO_2 al quale l'equivalente di ventilazione dell'ossigeno (Ve/VO_2) aumentava senza un notevole accrescimento nell'equivalente di venti-

lazione dell'anidride carbonica (V_e/VCO_2).

I test per l'efficienza polmonare sono stati eseguiti prima di ogni esercizio-test; i parametri testati sono stati la capacità vitale forzata (FVC), il volume espiratorio forzato (FEV_1) e la ventilazione volontaria massima 12-s (MVV12).

Gli stessi soggetti sono stati successivamente sottoposti al test da campo, in pista di atletica, secondo la classica metodica consigliata da Conconi, cioè effettuando una prova massimale, incrementando gradualmente la velocità di locomozione e registrando, ogni 200 m, frequenza cardiaca e velocità per un totale di otto-dieci giri di pista. Il test di Conconi è stato effettuato quattro giorni prima della competizione dell'ora in pista (12 x 1 ora), dalle ore 12.00 alle ore 15.00 in condizioni climatiche clementi, leggero vento trasversale, temperatura ideale con umidità relativa bassa.

Il protocollo di studio in laboratorio ha utilizzato nella prova ergospirometrica massimale il test di Åstrand modificato, che prevedeva, dopo 5 minuti di riscaldamento a 7 km/h a pendenza 0, una velocità costante di 13 km/h, con un incremento della pendenza del 2,5% all'8° minuto, al 10°, al 12° ed infine al 14° minuto.

La prova veniva interrotta al raggiungimento del plateau del massimo consumo di ossigeno, che corrispondeva alla fase di esaurimento muscolare dell'atleta.

La scelta del protocollo modificato di Åstrand è dipesa dai seguenti motivi:

1) i soggetti esaminati erano atleti di corsa di livello evoluto;

2) un test condotto all'esaurimento sul Treadmill a pendenza 0 sarebbe stato strettamente pericoloso per le velocità finali raggiunte dagli atleti, per cui il protocollo utilizzato, con incremento della pendenza, consentiva il raggiungimento del VO_{2max} a velocità inferiori, anche se in questo

caso potrebbero essere stati avvantaggiati soggetti la cui biomeccanica di corsa determina un miglior rendimento lavorativo nella corsa in salita. Per il rilievo della frequenza cardiaca durante il Test di Conconi e per il monitoraggio della gara dell'ora in pista è stato utilizzato il Polar Sport Tester.

Risultati e osservazioni

Nella tabella 1 si descrivono le caratteristiche fisiche generali, gli anni di esperienza nella corsa di lunga durata e dati relativi al regime di allenamento dei 10 atleti FIDAL-amatori.

Nella tabella 2 vengono illustrati i

Tabella 1 - Caratteristiche fisiche generali

Atleta	Età	Peso	Altezza	Anni di esperienza	Distanza media di allenamento (km/sett.)
D.R.	50	65	175	13	60
M.C.	39	58	168	8	50
L.M.	47	55	164	8	90
M.B.	40	58	163	7	40
F.C.	41	59	169	10	80
S.R.	35	56	168	6	90
A.S.	30	69	170	15	120
M.M.	33	71	181	2	70
A.C.	42	75	178	13	70
A.C.	44	61	172	13	50

Tabella 2 - Valori del metabolismo aerobico e cardiorespiratorio ottenuti durante test massimale al treadmill

Atleta	VALORI MASSIMI						VALORI ALLA SOGLIA ANAEROBICA							
	VO_2 max (l/min)	VO_2 max (ml/kg/min)	Fc max	R	V_e max	Tempo	VO_2 max (l/min)	VO_2 max (ml/kg/min)	% VO_2 max	Fc	% Fc max	R	V_e (l/min)	Tempo
M.M.	4,89	68,80	178	0,97	154,60	14'20"	4,29	60,50	87,00	169,00	95,00	0,87	122,00	12'
A.S.	3,56	56,45	172	0,97	154,00	14'30"	3,22	51,09	90,00	166,00	97,00	0,92	133,00	13'
D.R.	4,11	63,29	181	0,99	132,20	13'10"	3,29	50,63	80,00	172,00	95,00	0,85	92,00	10'30"
F.C.	3,67	62,26	173	1,05	14,40	14'40"	3,34	56,56	90,00	164,00	95,00	0,91	109,00	12'40"
M.B.	3,49	60,20	182	1,03	143,40	12'50"	2,89	49,74	82,00	170,00	93,00	0,88	91,00	9"

VO_2 : consumo di ossigeno - VO_2 max: massimo consumo di ossigeno - Fc max: frequenza cardiaca massima - R: quoziente respiratorio (VCO_2/VO_2) - V_e max: ventilazione minuto massima.

principali parametri fisiologici e cardiorespiratori del metabolismo aerobico ottenuti nei 5 soggetti che sono stati sottoposti al test ergospirometrico massimale al Treadmill (test diretto che misura il parametro oggetto di studio nel modo più mirato possibile) con il protocollo di Åstrand modificato.

Nella tabella 3 vengono illustrati i dati del test Conconi dei 10 atleti, studiati quattro giorni prima della prova dell'ora in pista.

Nella tabella 4 vengono riportati i dati relativi al monitoraggio indiretto mediante cardiofrequenzimetro degli stessi soggetti, registrati nella gara dell'ora in pista.

Nei grafici A1, A2, B, C, vengono illustrati l'andamento dei parametri fisiologici indagati rispettivamente nel test ergospirometrico massimale al Treadmill (V_e - VO_2 - VCO_2 in L/m), nel test Conconi e nella gara dell'ora in pista (Velocità - Fc).

Come si evince dai dati della tabella 2, il massimo consumo di ossigeno degli atleti studiati con metodica diretta, varia dai 56.45 ai 69.14 ml/min/kg; la percentuale di utilizzo del massimo consumo di ossigeno corrispondente al valore di soglia anaerobica ventilatoria varia dall'80% al 90%; il quoziente respiratorio non proteico varia da 0.85 a 0.92; il volume minuto respiratorio (V_e) varia da 132 a 162 L/m.

La determinazione della soglia anaerobica ventilatoria è stata ottenuta sia attraverso valutazione della "V-slope" sia attraverso il metodo legato al rapporto tra V_e /lavoro, ovvero il "punto di rottura" della ventilazione o di Owles.

Il soggetto con più elevato consumo di ossigeno ha ottenuto la migliore prestazione tecnica nella gara dell'ora in pista, ma il dato più rilevan-

Tabella 3 - Valori del Test Conconi eseguito su pista

Atleta	Età anni	Vd km/h	Fct b/min	Fc max b/min	$\frac{Fc \max - Fct}{Fc \max}$
D.R.	50	16,44	170	184	7,60
M.C.	39	14,9	165	178	7,30
L.M.	47	15,82	156	166	6,00
M.B.	40	15,75	160	177	9,60
F.C.	41	17,63	156	169	7,70
S.R.	35	16,63	151	164	7,90
A.S.	30	16,8	163	175	6,90
M.M.	33	17,83	162	175	7,40
A.C.	42	17,35	150	167	10,20
A.C.	44	15,61	140	158	11,40

Vd: velocità di deflessione.

Fct: frequenza cardiaca target.

Fc max: massima fc registrata alla fine del test Conconi.

$\frac{Fc \max - Fct}{Fc \max}$: differenza % tra Fc max e Fct del test Conconi

Tabella 4 - Valori registrati nella gara dell'ora in pista

Atleta	Età anni	Velocità km/h	Fc media b/min	Fc max b/min	$\frac{Fc \max - Fc \text{ media}}{Fc \max}$
D.R.	50	16,369	173	181	4,4
M.C.	39	14,79	175	182	3,9
L.M.	47	15,759	162	168	3,6
M.B.	40	15,559	171	184	7,1
F.C.	41	17,32	164	173	5,2
S.R.	35	16,598	159	166	4,2
A.S.	30	16,852	166	172	3,4
M.M.	33	17,846	172	183	6
A.C.	42	—	—	—	*
A.C.	44	15,143	152	160	5

Velocità media: distanza percorsa dall'atleta in un'ora.

Fc media: average frequenza cardiaca dell'ora di gara.

Fc max: massima frequenza cardiaca raggiunta durante la gara..

$\frac{Fc \max - Fc \text{ media}}{Fc \max}$: differenza % tra Fc max e Fc media dell'ora di gara

* Atleta che non ha concluso la gara.

te che correla prestazione e parametro fisiologico è la percentuale più alta di utilizzazione del massimo consumo di ossigeno che, per ogni corridore, identifica la vera potenza aerobica utilizzabile per periodi pro-

lungati, ovvero la capacità di competere in competizione di lunga lena ad un'intensità vicina al proprio $VO_{2\max}$.

Non a caso il soggetto con il massimo consumo di ossigeno più basso,

Grafico A1

Grafico Test ergospirometrico al Tread Mill

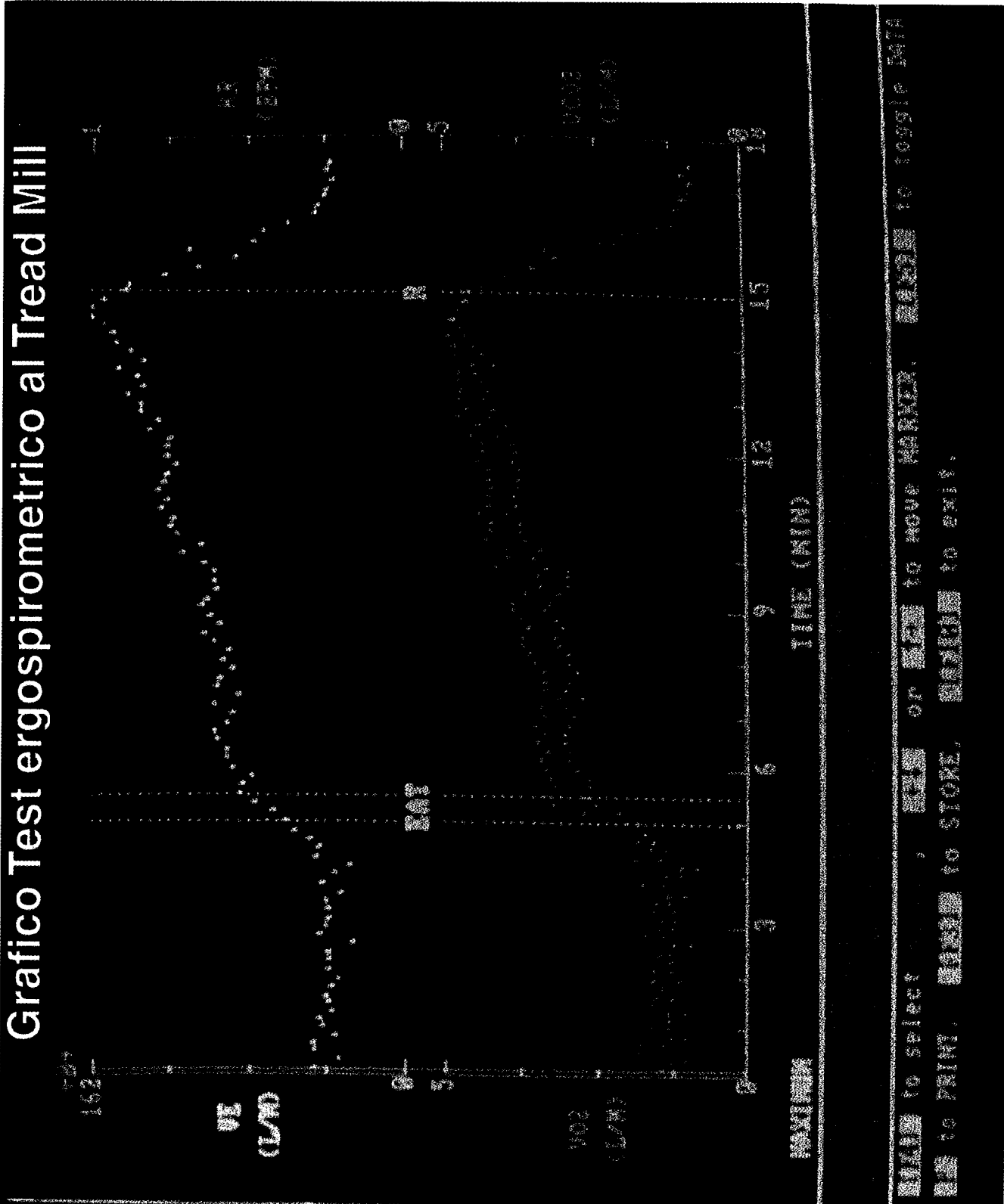
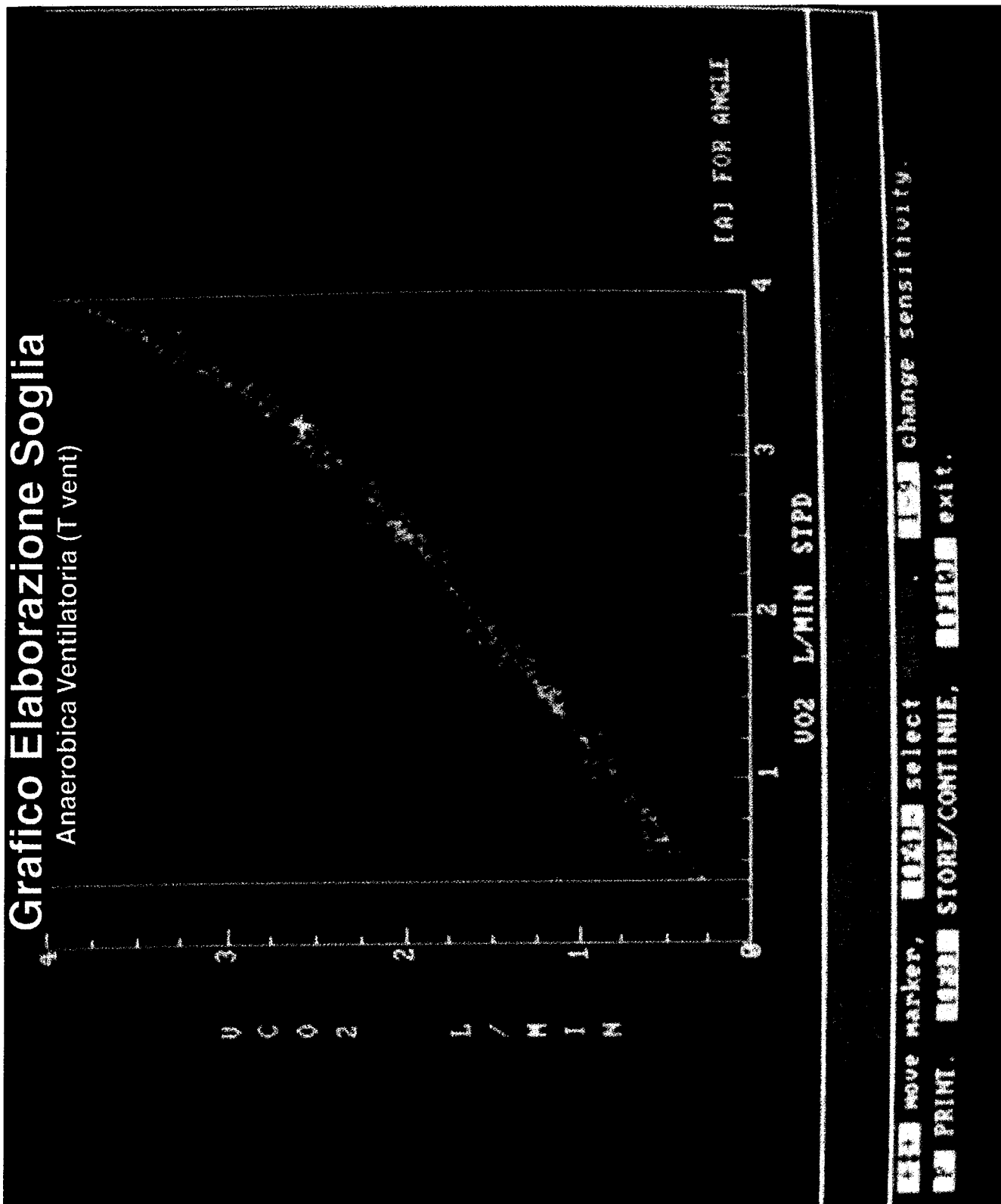
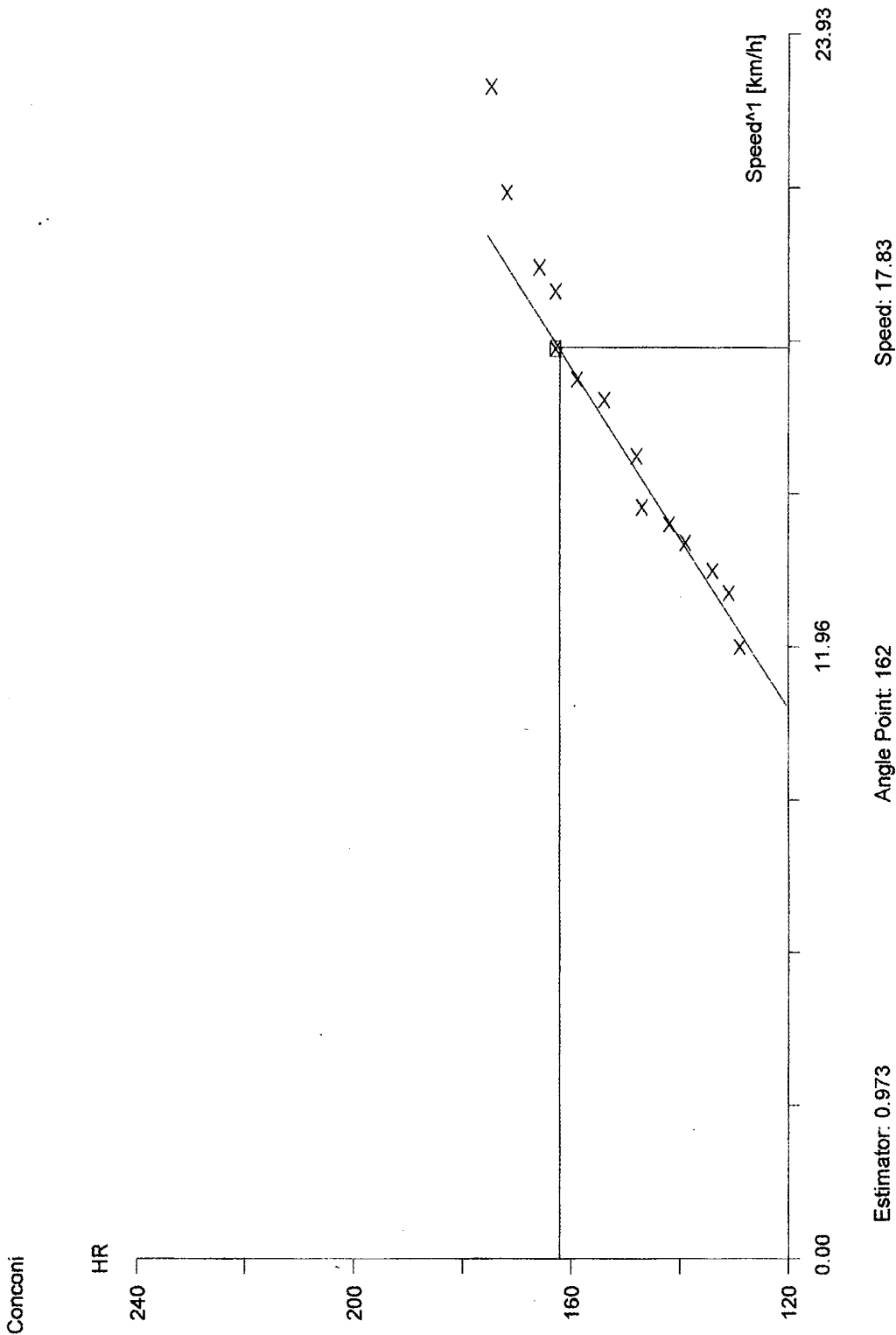


Grafico A2

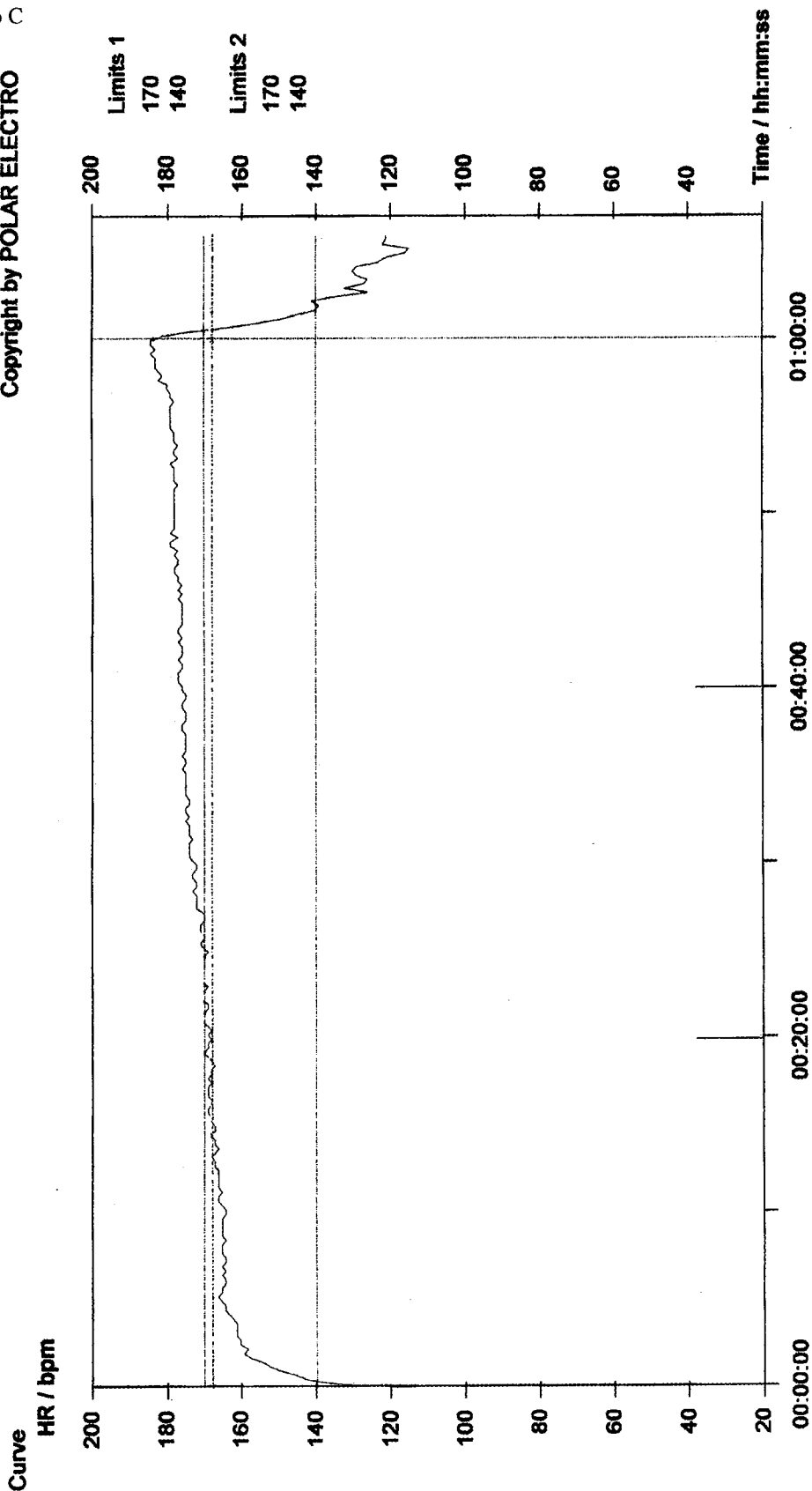




Person	Atleta Fidal-amatore M.M.	Date	21/10/1993
Exercise	Test massimale indiretto-pist	Time	12:50:36
Note	test incrementale massimale in pista(Conconi) MedrM.211093		

Grafico C

Copyright by POLAR ELECTRO



HR: 184
Time: 01:00:00.0

Person	Atleta Fidal-amatore M.B.	Date	23/10/1993	Average	168 bpm	Recovery	0
Exercise	aerobico-anaerobico	Time	11:57:18	Duration of exercise: 01:06:00.1			
Note	trend f.c. staffetta 12x1 ora in pista Cesenatico DOC.ott93						

ma con una utilizzazione elevata (>90%) del proprio VO_2max in corrispondenza della soglia anaerobica ventilatoria, riscontrata nel test di Åstrand ha ottenuto nella gara dell'ora in pista la terza prestazione fra i dieci soggetti esaminati.

Ne consegue che la capacità di lavorare per molto tempo, ad un'alta percentuale del proprio VO_2max , senza accumulo di acido lattico, quindi in condizione di *steady state* apparente, sia una funzione dell'adattamento muscolare durante l'allenamento.

I dati relativi alla spesa energetica sostenuta nel corso di un test incrementale massimale non sono sufficienti per comprendere gli adattamenti specifici che avvengono nella gara dell'ora in pista, come del resto nelle corse di lunga durata sostenute ad andatura regolare.

Lo sforzo submassimale in condizione di *steady state*, e conseguentemente l'abilità di scegliere il giusto ritmo di locomozione, dipende da diverse risposte sensoriali, quali la tensione del muscolo, la frequenza del respiro e la sensazione visiva della velocità.

Con l'esperienza, il corridore evoluto impara a mettere in riferimento queste sensazioni con il livello esatto di spesa energetica.

Il respiro è, forse, l'indicatore soggettivo più ovvio usato dal corridore per valutare il proprio ritmo e grado di affaticamento.

Anche se il volume di aria respirato in un minuto non è direttamente proporzionale alla quantità di ossigeno che viene consumata dal corpo, la maggior parte dei corridori, tuttavia, regola il ritmo di corsa in modo da permettere un grado tollerabile di fatica respiratoria.

L'unico metodo valido, quindi, per

conoscere in modo preciso le capacità cardiorespiratorie dell'atleta di lunga lena è il monitoraggio diretto, respiro per respiro, dei volumi polmonari e di tutte le variabili ventilatorie, in particolare il livello di soglia anaerobica ventilatoria, ottenute nel test diretto, che ci permette di valutare anche l'impegno energetico richiesto ai muscoli respiratori all'aumentare dello sforzo.

Altro dato interessante che si ricava dall'analisi dei test in laboratorio, diretto ed indiretto, è la durata effettiva della prova, il cui termine coincide con l'esaurimento muscolare ed il raggiungimento del massimo consumo di ossigeno e, di conseguenza, il riscontro temporale del sopraggiungimento della soglia anaerobica ventilatoria, che attesta in definitiva la reale capacità prestativa dell'atleta nelle gare di resistenza.

Nonostante i dati rilevati con la metodica diretta forniscano informazioni precise sul metabolismo aerobico dell'atleta indagato, non sempre riescono ad offrire al tecnico quegli elementi di pratico riscontro sulle effettive potenzialità che potrebbero essere espresse in gara, in quanto i parametri di più facile verifica sul campo sono velocità e Fc, i quali non sono perfettamente riproponibili, anche negli stessi soggetti, sul campo ed in laboratorio, tuttavia attraverso l'analisi dei dati e dell'andamento dei parametri indagati durante l'esecuzione del test è possibile ricavare informazioni utili per individuare le caratteristiche del soggetto esaminato.

È noto che è estremamente difficile ottenere risposte similari dallo stesso soggetto, in due prove effettuate sul campo ed in laboratorio al Treadmill, dato che la biomeccanica di corsa ed il rendimento lavorativo

sono diversi nelle due situazioni di studio, anche per la mancanza dell'effetto della resistenza dell'aria all'avanzamento del corpo sul Treadmill, per cui è basilare una logica interpretazione dei dati raccolti, considerando ogni tipo di influenza oggettiva e soggettiva.

Analogamente il test di Conconi, alla luce di questa ricerca e per esperienze personali, appare una metodica che viene inficiata, nella sua applicazione pratica, da numerose variabili.

Prescindendo delle perfette condizioni biologiche del soggetto, indenne da affaticamento centrale e periferico, lo stesso deve essere in grado di interpretare e condurre adeguatamente il test, incrementando in modo graduale il carico di lavoro, cioè la velocità di locomozione, affinché i valori di frequenza cardiaca aumentino regolarmente di circa 6-8 battiti al minuto per giro di pista.

Ne consegue che il principale limite dell'attendibilità del test Conconi deriva dall'abilità dell'atleta di eseguire il protocollo a regola d'arte.

Si verificano inoltre alcuni inconvenienti, abbastanza frequenti, che non permettono un regolare incremento della frequenza cardiaca correlata al carico di lavoro, infatti alcuni soggetti iniziano il test con valori di Fc elevati, ad esempio circa 140 bpm anche a bassa velocità, i quali, adattando il sistema periferico, corrono successivamente a velocità superiori con valori di Fc inferiori rispetto all'inizio della prova.

Identico problema si verifica allorché, in caso di presenza di vento, il valore di Fc non è correlabile alla velocità, in quanto nel rettilineo dove il vento soffia in senso contrario alla direzione di corsa si ottengono valori di Fc più alti e velocità

inferiori rispetto ai valori registrati nel rettilineo successivo quando il vento soffia in senso favorevole, alterando così la retta di progressione della frequenza cardiaca e invalidando pertanto il test.

Una prima conclusione sugli aspetti positivi del test di Conconi riguarda la facilità e la praticità di esecuzione, mentre gli aspetti negativi sono rappresentati dalla grande variabilità dell'andamento della Fc rispetto alla velocità di corsa e dalla notevole difficoltà del rilievo preciso del punto di flesso della Fc, che viene ulteriormente limitata alla soggettività di chi analizza il grafico, per cui possono risultare dati sulla presunta soglia anaerobica che, pur variando poco come valore di Fc, variano sensibilmente come velocità di corsa.

La valutazione funzionale effettuata durante la gara attraverso la registrazione della Fc e la sua successiva analisi mediante rappresentazione grafica, esprime, a mio parere, il più utile mezzo per studiare il coinvolgimento del sistema aerobico ed anaerobico del soggetto, in quanto l'andamento della Fc durante il lavoro viene regolato dal metabolismo energetico della muscolatura attiva, necessario per effettuare la prestazione.

Dal grafico C si nota l'andamento non perfettamente rettilineo della Fc del soggetto M.B., nel quale l'impiego del metabolismo anaerobico nei muscoli impiegati determina un aumento della Fc non più proporzionale all'aumento dell'assunzione di ossigeno, ma risulta superiore.

Se quindi la stessa prestazione assoluta, che con complessi muscolari cospicui può essere effettuata ancora in aerobiosi, viene invece effettuata con un piccolo gruppo di mu-

scoli, che quindi lavorerà in anaerobiosi, si avrà una Fc in continuo aumento.

Questo soggetto, probabilmente non sufficientemente allenato nella resistenza generale e specifica dell'ora di gara, utilizza, per mantenere costante la velocità di locomozione, progressivamente un impiego sempre maggiore del metabolismo anaerobico che porta ad un graduale incremento della Fc fino a valori nettamente superiori a quelli correlati alla soglia anaerobica secondo il test di Conconi, e probabilmente con valori finali di acido lattico nettamente superiori alle 4 mmol/l, ragion per cui, almeno a livello amatoriale, ritenere un atleta capace di correre per un'ora alla velocità di soglia anaerobica è decisamente ipotetico nonché opinabile.

Richiamando alcuni studi di Costill e Rowell sulle risposte cardiovascolari durante corsa prolungata si fa presente che gittata cardiaca, eiezione sistolica e frequenza cardiaca non sono costanti durante tutta la gara, verificandosi un aumento progressivo della Fc del 15% ed un calo dell'eiezione sistolica del 12%, con mantenimento della stessa portata cardiaca.

Le cause di questi cambiamenti sono ipotizzabili nell'aumento della temperatura corporea, che elevandosi nel caso della corsa prolungata, indurrebbe un maggior afflusso sanguigno alla pelle con riduzione del volume centrale di sangue e dell'eiezione sistolica, con conseguente aumento della Fc per cercare di mantenere costante la gittata cardiaca del corridore.

Richiamando infine gli studi di Georg Neumann sulla struttura della prestazione negli sport di resistenza, si ricorda che la gara dell'ora in

pista, competizione di resistenza di lunga durata di 2° tipo (spazio temporale compreso tra i 35 e i 90 minuti), nella quale il consumo di ossigeno varia da una percentuale dell'80% al 95% e la produzione energetica è suddivisa rispettivamente nell'80% aerobica e 20% anaerobica, la glicolisi anaerobica raggiunge livelli di circa 8 mmol/l di acido lattico.

Tuttavia, essendo il presupposto di prestazione della cellula muscolare legato al suo adattamento metabolico a produrre energia per via ossidativa, è ovvio che un allenamento estensivo di resistenza, come succede del resto negli atleti professionisti, sposta dal settore glicolitico a quello ossidativo il rapporto tra fibre muscolari FTG e FTO.

La vicinanza del test Conconi e gara dell'ora in pista permette di ritenere che le condizioni biologiche e relative capacità prestative fossero identiche ad appena tre giorni di distanza.

Conclusioni

Anche se il tecnico può sollevare obiezioni sull'utilità pratica dei test diretti effettuati in laboratorio, quale metodo di indagine esplorativa delle capacità prestative dell'atleta, ribadisco che tali indagini, anche se complesse e parzialmente invasive, misurano i parametri oggetto di studio nel modo più mirato possibile e, quando confrontate a metodiche indirette sugli stessi atleti, possono decifrare le caratteristiche fisiologiche e metaboliche dell'atleta praticante competizioni di lunga lena.

Nello studio in esame il parametro che è risultato maggiormente correlabile alla performance è stata la percentuale di utilizzazione del $\text{VO}_{2\text{max}}$ corrispondente al valore di

soglia anaerobica ventilatoria, anche se in un test incrementale, pur con step di 2 minuti, l'adattamento periferico non è completo in alcuni soggetti, per cui sarebbe stato necessario sottoporre gli stessi soggetti ad una prova rettangolare (a carico costante), a varie percentuali del VO_2 max, per esplorare l'effettiva capacità aerobica a diversi livelli di *steady state*.

Nonostante ciò il valore predittivo del test massimale in laboratorio ha avuto una confortante ed anche significativa conferma dal risultato ottenuto dai 5 atleti esaminati nella gara dell'ora in pista.

Per quanto riguarda la valutazione indiretta, mediante il test da campo con il protocollo ideato da Conconi, il confronto fra velocità di deflessione (V_d) determinata nel test e distanza effettiva realizzata nella gara dell'ora in pista, esiste una lieve approssimazione tra i dati, risultando una minima differenza tra il valore stimato dal test e quello ottenuto nella competizione.

Ma il dato che risalta è la grande differenza tra la F_c del test di Conconi, considerata come "target" del valore di soglia anaerobica del soggetto, e la reale F_c media fatta registrare dall'atleta in gara.

Esiste pertanto una notevole discrepanza tra la F_c "target" di soglia anaerobica (SA), limite del metabolismo aerobico, stimata dal test in esame e la vera F_c che si registra durante la gara dell'ora in pista.

Una prima considerazione comprende il fatto che, sicuramente, nella gara dell'ora in pista il metabolismo anaerobico viene coinvolto in percentuale più elevata di quella probabilmente attesa, condizionando livelli di acido lattico plasmatico e, maggiormente, muscolare in *steady*

state per un'ora superiori all'arbitrario limite delle 4 mmol/l, considerato valore di soglia anaerobica metabolica secondo Mader.

Sarebbe stato opportuno, per confermare tale verosimile ipotesi, determinare la concentrazione della lattacidemia al termine della gara in pista.

Una ulteriore considerazione riguarda l'uso del test di Conconi come metodica utile alla programmazione dell'allenamento.

Alla luce di questi dati risulta evidente che per il corridore i parametri ideali per programmare i ritmi di allenamento sono, fondamentalmente, in senso puramente pratico i seguenti:

- 1) la velocità di locomozione correlata alla frequenza cardiaca, quando la stessa mantiene, dopo l'iniziale aumento, un andamento regolare fino al termine della prova specifica di allenamento, intesa come prova ripetuta o fondo a ritmo medio;
- 2) l'abilità nello scegliere il ritmo giusto dipende, come abbiamo già segnalato, dalle diverse risposte sensoriali, quali la tensione del muscolo, la frequenza del respiro e la sensazione visiva della velocità;
- 3) per ultimo lasciamo il monitoraggio dell'andamento della F_c dopo il lavoro, che rappresenta, a mio giudizio, la grandezza più importante nella determinazione dell'affaticamento indotto dall'allenamento.

Ne conviene che la valutazione della potenza aerobica di un soggetto attraverso la determinazione della soglia anaerobica con il test di Conconi non risulta proponibile per la previsione della capacità di prestazione in una prova di lunga durata, compreso il cosiddetto supertest

Conconi, in quanto la correlazione tra F_c e velocità di locomozione risulta ancor più improbabile dopo depauperamento delle riserve energetiche, parziale deplezione del volume plasmatico, il tutto prescindendo dai possibili errori compiuti nella esecuzione e nella rilevazione del test.

Ne consegue che il metodo più valido per misurare e predefinire la capacità aerobica dell'atleta di resistenza è quello di sottoporre il soggetto a più carichi di lavoro a velocità costante per un tempo prolungato fino alla massima stazionarietà del lattato plasmatico, fino a trovare l'intensità del carico maggiormente sopportabile a seconda della durata di gara, che è ovviamente diversa ad esempio nella gara dei 5000 m dalla gara dell'ora in pista.

Pertanto la valutazione della potenza aerobica utilizzabile, ribadisco, differente a seconda della durata effettiva di gara, attraverso la determinazione della soglia anaerobica secondo il test Conconi deve essere necessariamente completata dalla valutazione della capacità o resistenza aerobica del soggetto fondista, che è qualità indipendente dalla potenza aerobica, sottoponendo l'atleta, a test con protocollo di tipo periodizzato, nei quali l'atleta compie, ad esempio, fasi successive di test rettangolari intervallati da periodi di ristoro, a carichi di lavoro a potenza/velocità costante per tempi prolungati, sia con monitoraggio diretto che indiretto.

BIBLIOGRAFIA

- 1) *Metodologie di valutazione della physical fitness in laboratorio*. A. Dal Monte - Istituto di Scienza dello Sport del CONI - Roma - *Metodologie di valutazione della physical fitness sul campo*. M. Faina - Istituto di Scienza dello Sport del CONI - Roma - 3° Stage Nazionale di Medicina dello Sport; 23 - 29 giugno 1991.
- 2) *Le basi metaboliche degli sport di resistenza*. F. Conconi - Istituto di Chimica Biologica - Università di Ferrara Scuola dello Sport 6-9 giugno 1987, 7-15.
- 3) *La valutazione del maratoneta*. M. Bolognesi - Medico specialista in Medicina dello Sport e Medicina Interna *Atleticastudi*; anno 27, marzo - aprile 1996, pagg. 29-44.
- 4) Rowell, L.B., J.A. Murray, G.L. Brengelmann and K.K. Kranning II. *Human cardiovascular adjustments to rapid changes in skin temperature during exercise*. *Circulat. Res.*, In Press.
- 5) Pugh, L.G.C. *Oxygen up take in trak and treadmill running with observation on the effect of air resistance*. *J. Physiol*, 207: pagg. 825-835, 1970.
- 6) Costill D.L., H. Thomason and E. Roberts. *Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running* *Med. Sci. Sport*, 5: pagg. 248-252, 1973.
- 7) Georg Neumann - Istituto di ricerca per la cultura fisica e lo sport - Lipsia. *La strutturazione della prestazione negli sport di resistenza*. Scuola dello Sport, anno IX, numero 20 ottobre-dicembre 1990, pagg. 66-72.
- 8) M.D. Etro, R. Bonelli, B. Carù. Fondazione Clinica del Lavoro - I.R.C.C.S. Centro Medico di Tradate - Divisione di Cardiologia. *La moderna valutazione ergometrica cardiorespiratoria integrata*. Convegno medico - Reggio Emilia 1993.