

Utilizzo del lattato ematico nella valutazione della capacità di resistenza: alcune problematiche inerenti la frazione di sangue e il sito di prelievo

Riccardo Di Giminiani¹, Renato Manno²,
Maria Giulia Vinciguerra¹

¹ *Facoltà di Scienze Motorie, L'Aquila*

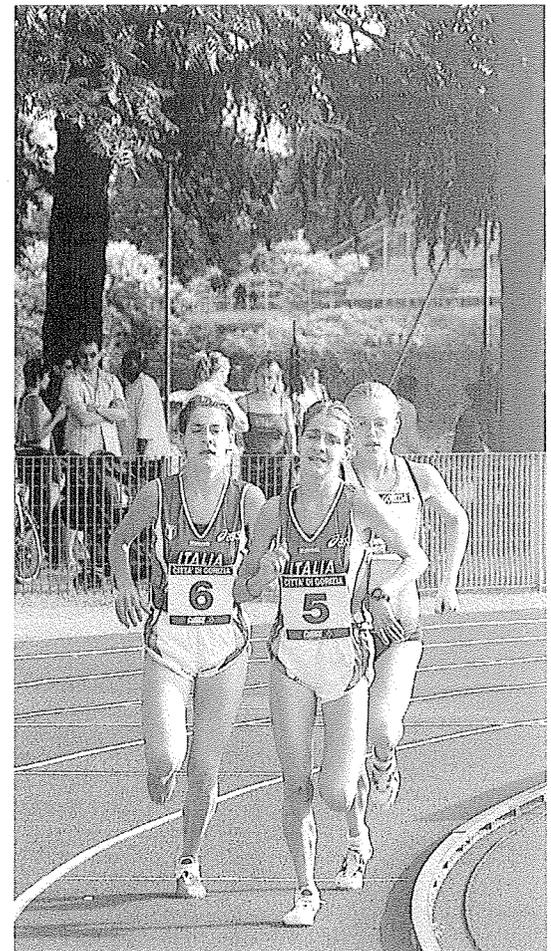
² *Segretario Federale Federazione Italiana Medici Sportivi - Facoltà di Scienze Motorie, L'Aquila*

Variabili del lattato e prestazione di resistenza

L'interesse del lattato nella fisiologia dell'esercizio è dovuto alla sua posizione chiave nel metabolismo dei carboidrati (Brooks, 1985) e alla crescente necessità di ottenere informazioni pratiche per l'allenamento, attraverso il valore del lattato ematico, correntemente usato per

stimare il contributo del metabolismo anaerobico lattacido (Margaria e coll.1963; 1964; 1971).

Studi trasversali e comparazioni longitudinali evidenziano che l'allenamento di resistenza determina un decremento nell'accumulo di lattato ematico e muscolare per una data intensità dell'esercizio espressa in termini assoluti o relativi (Ekblom e coll., 1968; Bang, 1936).



Un'estensione applicata di tali osservazioni è stata fornita dal valore predittivo della potenza associata alla risposta del lattato durante l'esercizio. Le variabili del lattato spiegano per una più ampia proporzione le variazioni nella prestazione di resistenza rispetto alle altre variabili tradizionalmente determinate nei laboratori di fisiologia dell'esercizio che includono la misurazione della massima potenza aerobica (VO_{2max}). Alcuni studi che confrontano la relazione tra il VO_{2max} e prestazione di corsa con la relazione tra variabile del lattato e la stessa prestazione di corsa (tabella 1), indicano che la variabile del lattato è maggiormente correlata con il risultato della prestazione. In particolare, le variabili del lattato

che potrebbero rappresentare il punto di equilibrio tra la produzione di lattato e la sua rimozione, ovvero: la soglia del lattato (LT) e il suo brusco incremento (Ivy e coll., 1980) le 4 mM (Mader e coll., 1976; Heck e coll., 1985) come concentrazione di riferimento della soglia anaerobica, l'inizio dell'accumulo del lattato ematico (Onset Blood Lactate Accumulation; OBLA) (Sjodin & Jacobs, 1981), la soglia aerobica (Kindermann e coll., 1979), la soglia anaerobica (Wasserman e coll., 1973), la soglia anaerobica individuale (IAT) (Stegmann e coll., 1981), il massimo stato stazionario del lattato (MLSS) (LaFontaine e coll., 1981), il lattato in eccesso (Williams e coll., 1967) e la capacità aerobica (Davies e

coll., 1970) risultano essere correlate con la capacità di endurance (Costill e coll., 1973; Jacobs, 1981, 1986; Jacobs e coll., 1981; Sjodin & Jacobs, 1981; Tanaka e coll., 1984;). Le definizioni sopracitate sono state usate per descrivere le variabili calcolate che risultano correlate alle cinetiche di accumulo del lattato durante l'esercizio sotto-massimale in condizioni di steady-state. Alcuni di questi termini si riferiscono all'intensità dell'esercizio in cui si verifica un determinato accumulo di lattato; altri all'intensità che determina un incremento di lattato al di sopra del valore basale. Le intensità possono essere espresse sia in termini assoluti, come velocità di corsa al nastro trasportatore o su pista, potenza espressa al ci-

Autore	Prestazione (km)	Coefficiente di correlazione	
		VO_{2max}	Variabile del lattato
<i>Farrell e coll. (1979)</i>	42,2 (corsa)	0,91	0,98
	19,3	0,91	0,97
	15,0	0,89	0,97
	9,7	0,86	0,96
	3,2	0,83	0,91
<i>Jooste e coll. (1981)</i>	90 (corsa)	$P > 0,05$	0,93
<i>Kumagai e coll. (1982)</i>	5 (corsa)	0,46	0,95
	10	0,75	0,84
	6,2	0,486	0,835
<i>Hagberg e Coyle (1983)</i>	Gara di marcia	0,62	0,94
<i>Lehmann e coll. (1983)</i>	30 (corsa)	0,71	0,76
<i>Williams & Nute (1983)</i>	Mezza-maratona	0,81	0,88
<i>Allen e coll. (1985)</i>	10 (corsa)	< per il lattato	> 0,89

Tabella 1 - Comparazioni delle correlazioni tra la prestazione e il VO_{2max} con quelle tra la prestazione e la variabile del lattato (da: Jacobs, I., 1986).

Gruppi di atleti	Intensità	Ergometro	Autore
<i>Kayakers (maschi)</i>	220W	remoergometro	Tesch & Lindeberg (1984)
<i>Kayakers (femmine)</i> <i>Sollevatori di peso (maschi)</i> <i>Body builders (maschi)</i>	137W 100W 100W		
<i>Fondisti (maschi)</i>	5,15 m/sec	Nastro trasportatore, pendenza 1,4%	Hess e coll. (1984)
<i>Mezzofondisti (maschi)</i> <i>Velocisti (400m; maschi)</i> <i>Velocisti (400m; maschi)</i>	4,78 m/sec 4,02 m/sec 4,50 m/sec	Nastro trasportatore, in piano	Svedenhag & Sjodin (1984)
<i>Mezzofondisti veloci (800m; maschi)</i> <i>Mezzofondisti veloci (800m; femmine)</i> <i>Mezzofondisti veloci (1500m; maschi)</i> <i>Mezzofondisti veloci (1500m; femmine)</i> <i>Mezzofondisti (5000m; maschi)</i>	4,90 m/sec 3,99 m/sec 5,2 m/sec 4,26 m/sec 5,6 m/sec	Nastro trasportatore, pendenza 1,4% Nastro trasportatore, in piano Nastro trasportatore, pendenza 1,4% Nastro trasportatore, in piano	Fohrenbach e coll. (1981) Svedenhag & Sjodin (1984) Fohrenbach e coll. (1981) Svedenhag & Sjodin (1984)
<i>Maratoneti (maschi)</i> <i>Ultramaratoneti (maschi)</i>	5,5 m/sec 5,5 m/sec	Nastro trasportatore, in piano	Jacobs e coll. (1980)
<i>Calciatori (maschi)</i>	4,15 m/sec	Nastro trasportatore, pendenza 1,5%	Hollmann e coll. (1981)
<i>Pentatleti (moderno) (maschi)</i>	4,7 m/sec	Nastro trasportatore, pendenza 1,4%	Hess e coll. (1983)
<i>Giocatori hockey su ghiaccio (maschi)</i> <i>Giocatori hockey su campo (maschi)</i> <i>Giocatori hockey su campo (femmine)</i> <i>Canottieri (maschi)</i> <i>Canottieri (maschi)</i> <i>Ciclisti professionisti (maschi)</i> <i>Ciclisti professionisti (maschi)</i>	3,72 4,21 m/sec 3,40 m/sec 292W 340W 317W 390W	Cicloergometro Cicloergometro Cicloergometro Cicloergometro	Roth e coll. (1981) Hess e coll. (1983) Roth e coll. (1981)
<i>Nuotatori (maschi)</i>	1,35 m/sec	Vasca ergometrica	Olbrecht e coll. (1985)

Tabella 2 - Intensità dell'esercizio corrispondente alle 4 mM di lattato ematico in condizioni di steady-state in diversi gruppi di atleti (da: Jacobs I., 1986)

cloergometro-remoergometro e consumo di ossigeno, sia in termini relativi alla percentuale del $VO_{2\max}$ in cui si manifestano le variabili del lattato; comunque entrambe le espressioni costituiscono degli indicatori sensibili dei processi adattativi nell'allenamento di resistenza (Ekblom e coll., 1968; Hermansen & Stensvold, 1972).

Similmente al modo in cui diversi atleti sono caratterizzati dal loro $VO_{2\max}$, nella tabella 2 sono presentate le intensità corrispondenti alle 4 mM di lattato ematico durante l'esercizio in steady-state per diversi gruppi di atleti (Jacobs, I., 1986).

Le variabili del lattato, discusse sopra, sono correlate con alcune importanti caratteristiche della muscolatura attiva quali: la percentuale delle fibre lente (Farrell e coll., 1979; Sjodin & Jacobs, 1981; Tesch e coll., 1981), la densità capillare (Sjodin & Jacobs, 1981; Tesch e coll., 1981), la capacità respiratoria (Ivy e coll., 1980) e le attività di alcuni enzimi chiave del sistema gli-

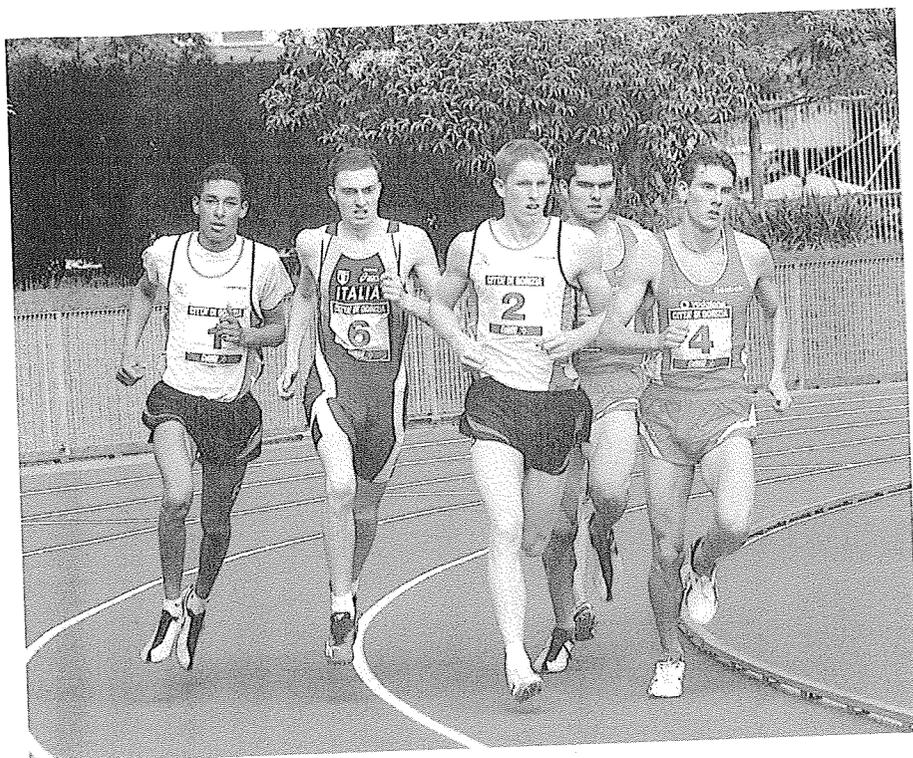
colitico e ossidativo (Sjodin e coll., 1981, 1982). Quindi, la stretta relazione tra la capacità di prestazione e variabili del lattato, può essere probabilmente attribuita alla riflessione nel lattato durante l'esercizio, non soltanto della capacità funzionale del sistema cardio-circolatorio di trasportare l'ossigeno ai muscoli, ma anche alla capacità periferica degli stessi di utilizzarlo (come indicato dalle caratteristiche metaboliche sopraelencate) e dall'efficienza meccanica inclusa nella variabile del lattato.

Tradizionalmente, nel processo di allenamento, la variazione del $VO_{2\max}$ costituiva un indicatore delle modificazioni della capacità di resistenza. Più recentemente è stato suggerito che i parametri misurati durante l'esercizio sottomassimale rappresentano degli indicatori più sensibili dello stato di allenamento rispetto al $VO_{2\max}$ (Daniels e coll., 1978; Katch e coll., 1978). Di conseguenza, la risposta del lattato durante l'esercizio sottomassimale è utilizzata come mar-

ker longitudinale dei processi adattativi nell'allenamento. Nella letteratura specifica, la critica sulla validità del $VO_{2\max}$ come marker, è focalizzata sulla relazione inversa tra il $VO_{2\max}$ iniziale e l'estensione delle modificazioni indotte dall'allenamento (Saltin e coll., 1968). In atleti altamente allenati, difficilmente possono essere evidenziati incrementi significativi nel valore del $VO_{2\max}$, nonostante i miglioramenti nella capacità di prestazione (Daniels e coll., 1978). Viceversa, diversi studi suggeriscono che le variabili correlate al lattato costituiscono degli indicatori più sensibili degli adattamenti indotti con l'allenamento rispetto al $VO_{2\max}$. In particolare, l'osservazione di Williams e coll. (1967), che enfatizzava la dissociazione tra le modificazioni relative dell'intensità in cui il lattato inizia ad accumularsi ed i relativi cambiamenti nel $VO_{2\max}$ (+16 e +7% rispettivamente), in seguito ad allenamento, è stata confermata da diversi studi più recenti (tabella 3).

Autore	Soggetti	Variazione (%) del $VO_{2\max}$	Variazione (%) della variabile del lattato	Durata dell'allenamento (settimane)
Williams e coll. (1967)	Lavoratori	7	16	4-16
Sjodin e coll. (1982)	Fondisti elite	NS	5	14
Denis e coll. (1982)	Studenti	NS	18	40
Yoshida e coll. (1982)	Studenti	14	37	8
Denis e coll. (1984)	Uomini adulti	8	38	20
Denis e coll. (1984)	Studenti	19	42	20
Hurley e coll. (1984)	Giovani adulti	26	39	12

Tabella 3 - Comparazione delle variazioni del $VO_{2\max}$ con le variazioni del lattato ematico nell'esercizio sottomassimale in seguito ad allenamento (da: Jacobs I., 1986)



Influenza della frazione di sangue e del sito di prelievo nella misurazione del lattato ematico

Nonostante l'uso molto esteso del lattato come indicatore sensibile della capacità di resistenza, la tecnica usata per la sua rilevazione varia ampiamente. Poiché le determinazioni non invasive della soglia anaerobica hanno un ampio raggio di variabilità (Weltmann, A., 1995), i metodi invasivi sembrano più appropriati. Diverse procedure di test rettangolari o con incrementi graduali sono comunemente usati in laboratorio e sul campo per disegnare la curva lattato/intensità dell'esercizio, di cui valori fissati o posizione relativa, forma e deviazione sono stati ampiamente accettati come un metodo fattibile di misura della capacità di prestazione nelle discipline di durata e dei suoi cambiamenti (Jacobs, I., 1986). Tra le molte variabili, possibili sorgenti di errore in queste misurazioni, ricordiamo ad esempio: il

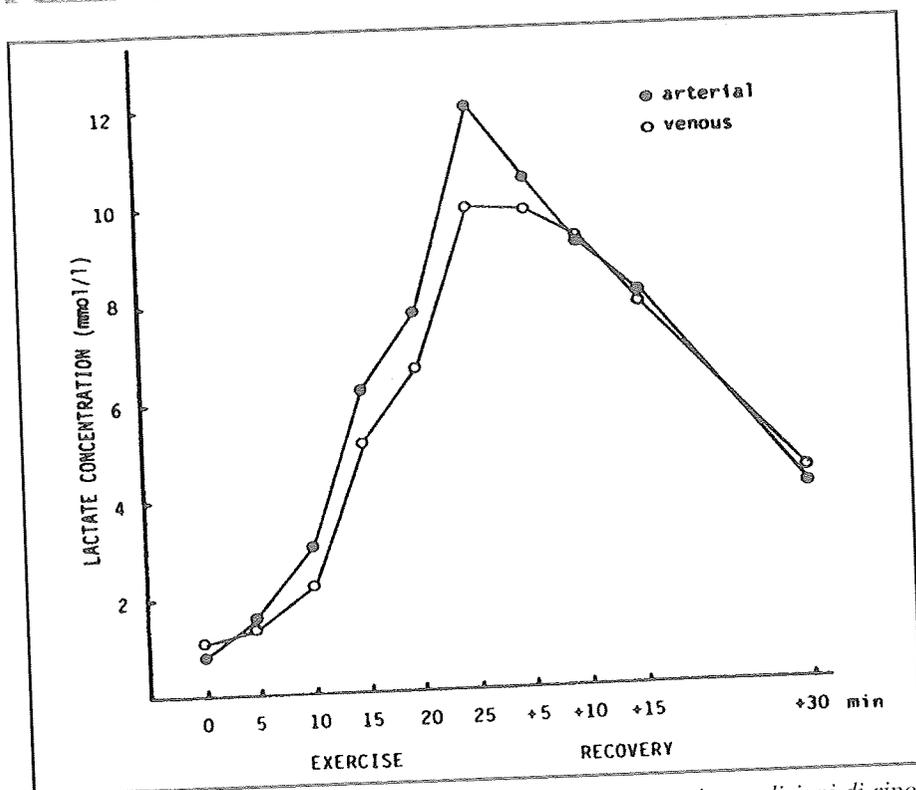


Fig. 1 - Differenza di lattato tra il sangue arterioso e venoso in condizioni di riposo, durante e dopo l'esercizio (da: Poortmans e coll., 1978).

protocollo, la dieta, il recupero, la temperatura, la differente distribuzione del lattato nel plasma, nel sangue intero o negli eritrociti. Anche la composizione del sangue e quindi il sito di prelievo (p.e. vene, arterie, capillari del dito e lobo), possono giocare un ruolo di disturbo nella comparazione di studi o di tests per il monitoraggio dei cambiamenti dello stato di allenamento. In tal senso, differenti tipi di sangue sono stati esaminati per la determinazione del lattato e il risultato più significativo riguarda le concentrazioni di lattato del sangue arterioso e arterializzato, che sembrano essere più alte di quello venoso (Holmgren, 1959; Poortmans e coll., 1978; Robergs e coll., 1990; Yoshida e coll., 1982). Nella figura 1 sono evidenziate le differenze artero-venose di lattato durante l'esercizio incrementale. È interessante notare che prima dell'esercizio la concentrazione di lattato nel sangue venoso è superiore a quella del sangue arterioso, mentre durante l'esercizio si ha una inversione di tendenza ed infine, nel periodo di recupero immediatamente seguente l'esercizio, le differenze artero-venose di lattato non risultano significative (fig. 1). Similmente, nella figura 2 è stata investigata la soglia del lattato, determinata dal sangue venoso e capillare arterializzato del lobo. La relazione tra le concentrazioni di lattato ematico e consumo di ossigeno è espressa mediante un modello logaritmico ($\log La - \log VO_2$) e le differenze tra le soglie del lattato (LT) determinate, sia dal sangue venoso sia dal sangue capil-

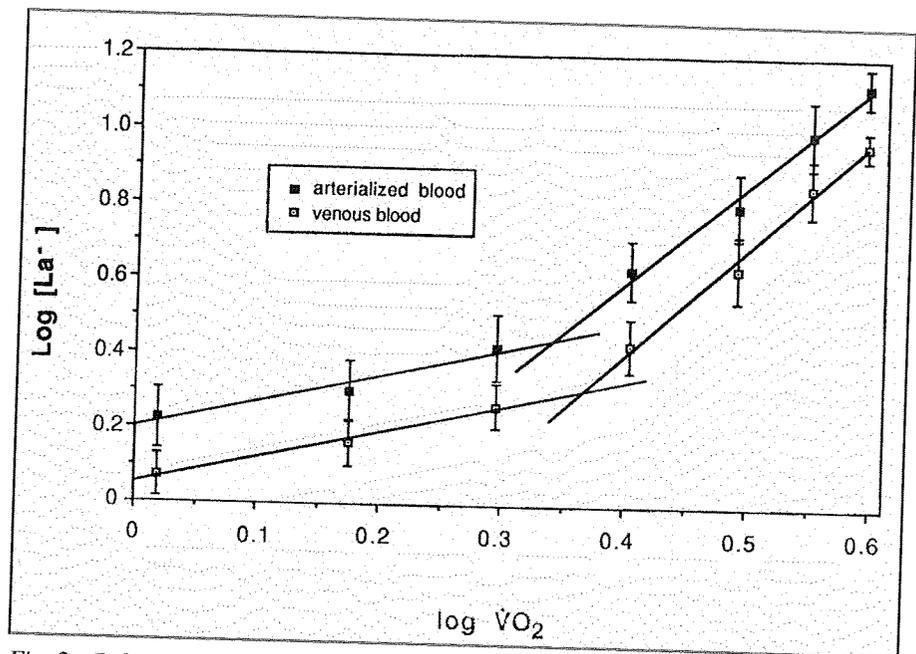


Fig. 2 - Relazione tra concentrazione di lattato e consumo di ossigeno. Entrambe le variabili sono espresse in valori logaritmici. I valori di VO_2 corrispondenti alle intercette tra le due linee di regressione rappresentano le soglie del lattato (da: Robergs e coll., 1990).

lare arterializzato del lobo, dai punti di intercettazione tra le due linee di regressione, sono statisticamente significative con un valore del VO_2 , corrispondente ai punti di intercettazione, di $2,2 \pm 0,2$ L/min (fig. 2). Inoltre, delle differenze di concentrazione di lattato sembrano esistere non solo tra differenti frazioni di sangue (p.e. plasma, eritrociti, capillare, venoso etc.) (fig. 3) (Foxdal e coll., 1990; 1991), ma anche tra i diversi siti di prelievo (Williams e coll., 1992; El-Sayed e coll., 1993; Foxdal e coll., 1991), soprattutto durante esercizi dove viene modificata l'intensità (tests incrementali). Nello studio delle cinetiche del lattato, nel periodo di recupero se-

guente un test breve ed intenso, le informazioni ottenute tra il sangue arterioso e venoso arterializzato sono comparabili, mentre le curve del sangue venoso appaiono utilizzabili solo per i parametri relativi alla rimozione del lattato (Oyono-Enguelle e coll., 1989). Dei tre maggiori siti di prelievo quello arterioso, sicuramente il più valido, risulta poco pratico per le misure da campo e spesso non è effettuabile per i tests di laboratorio a causa dei possibili rischi ad esso associati. Quando sono richiesti grandi volumi di sangue viene preferito il prelievo venoso mediante appositi cateteri. Forster et al. (1972) evidenziarono una forte concordanza tra i valori di

lattato del sangue arterioso e venoso arterializzato nell'esercizio ad intensità costante e poi Oyono-Enguelle e coll. (1989) e McLoughlin e coll. (1992) confermarono rispettivamente la concordanza nel recupero dopo breve esercizio e nell'esercizio incrementale. Questa similarità nella composizione tra sangue venoso arterializzato e arterioso è stata confermata anche per altre variabili oltre al lattato (p.e. pO_2 , pCO_2 , pH) (Forster e coll., 1972; McLoughlin e coll., 1992).

Ad ogni modo, i siti di prelievo più agevoli, per le misurazioni del lattato sul campo e in laboratorio, nella

fisiologia dell'esercizio, sono rappresentati dal polpastrello del dito e dal lobo dell'orecchio (sangue capillare arterializzato).

In conformità alle differenze artero-venose di lattato, i valori del lattato capillare del dito sono più alti (+8% secondo Foxdal et al. (1990) e +2,4 mM - nel recupero - secondo Graetzer e coll. (1991)) di quelli del sangue venoso dell'avambraccio. Questa differenza sembra essere dovuta alla presenza nel sangue capillare di fluidi arteriosi e venosi, all'azione tampone del lattato tra i due distretti, e alla scarsa circolazione sanguigna nel letto capillare. D'altro canto, i prelievi capillari del lobo evi-

denziano una forte concordanza con i valori arteriosi (Langlands e coll., 1965) e venosi arterializzati (McLellan & Jacobs, 1993). I vantaggi del prelievo capillare, particolarmente per le misurazioni da campo, nel controllo longitudinale del processo di allenamento, includono più accettazione da parte dei soggetti testati, minima abilità da parte dell'operatore e ampia flessibilità nell'ambiente (p.e. preclusione nella piscina per il catetere). In genere per ottenere un flusso di sangue che possa rendere più semplice il prelievo nei distretti freddi e periferici, e incrementare l'arterializzazione del prelievo di sangue, questi siti sono spesso riscaldati con l'applicazione di sostanze iperemizzanti, con la frizione energica o mediante l'immersione nell'acqua calda. Lobo e dito, che rappresentano sottocompartimenti capillari anatomicamente simili, sono scelti per ridurre il più possibile la massa drenata che a sua volta potrebbe alterare la concentrazione di lattato secondario al consumo o al rilascio, ed entrambi sono frequentemente usati come siti di prelievo per stimare il lattato durante l'esercizio.

Nonostante l'uso assai diffuso del dito e del lobo come siti di prelievo per la determinazione del lattato, oltre alle considerazioni non pubblicate da Telford (in Green & Dawson, 1993) sulla similarità nei valori di lattato, la determinazione invasiva della soglia del lattato si basa generalmente sui dati del lattato dal prelievo di sangue capillare del dito o del lobo senza alcun interesse alle possibili differenze.

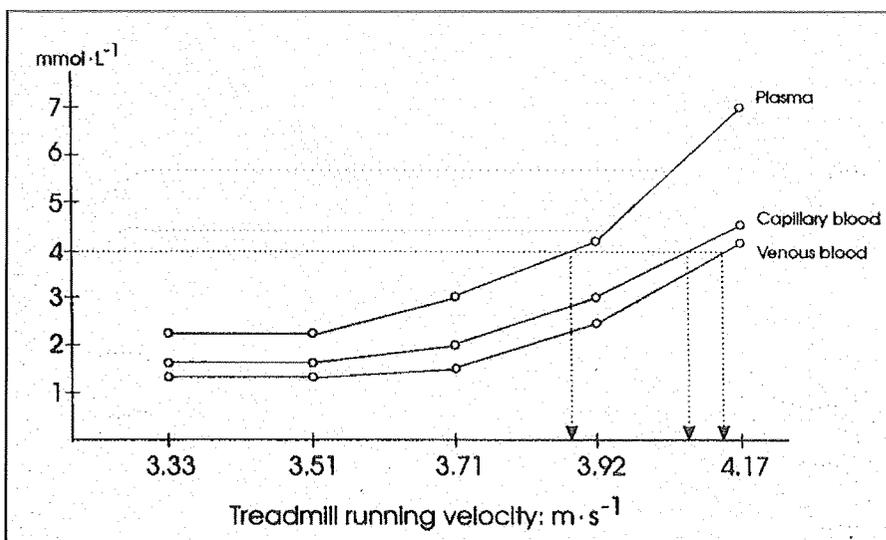


Fig. 3 - Concentrazione di lattato nel plasma, nel sangue capillare e venoso durante l'esercizio incrementale. Assumendo una concentrazione di lattato di riferimento (4 mM), le intensità corrispondenti risultano differenti in funzione della frazione di sangue (da: Foxdal e coll., 1991).

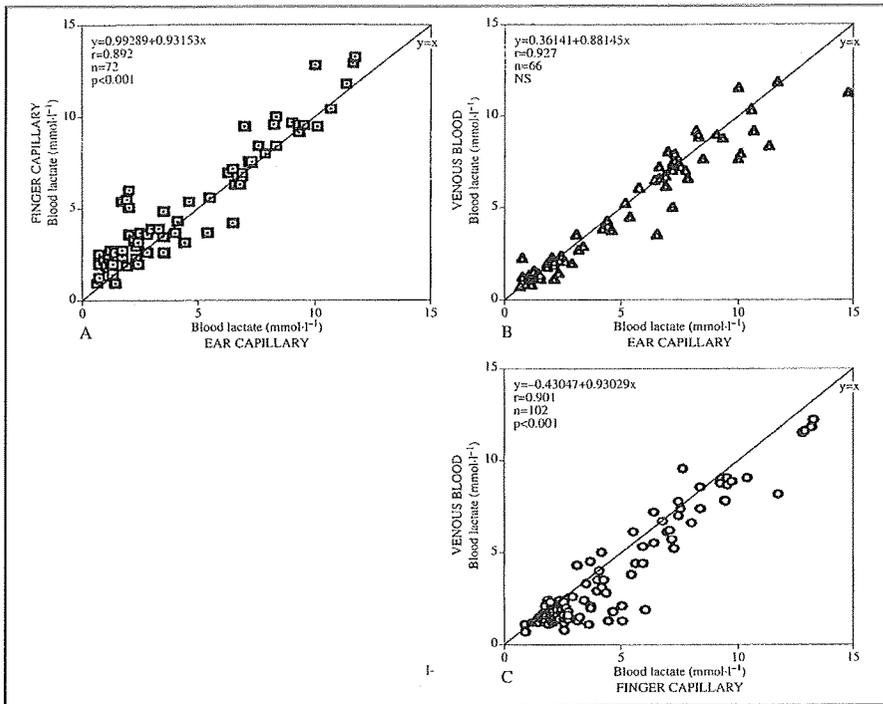


Fig. 4 - Cicloergometro: comparazione dei valori individuali di lattato in differenti siti (da: Dassonville e coll., 1998).

L'uso convenzionale della misura invasiva del lattato, in modo particolare quando sono usati valori di riferimento, presuppone che la concentrazione di lattato sia la stessa indipendentemente dal sito di prelievo. Da quando Bang (1936) ha dichiarato che "il sangue capillare deve essere considerato rappresentativo del sangue arterioso mentre il sangue venoso ha perso del lattato passando attraverso i muscoli che non lavorano", il prelievo capillare è stato ampiamente usato per le determinazioni del lattato nella valutazione dello sportivo. Da un punto di vista pratico, è valido determinare le intensità di allenamento e/o le frequenze cardiache, e monitorare gli effetti longitudinali dell'allenamento, attraverso concentrazioni di riferimento (p.e. le 4 mM) o curve

lattato/intensità, misurando il lattato ematico capillare indifferentemente prelevato dal dito o dal lobo? Il prelievo capillare del dito si rivela essere un valido sito per la stima della massima intensità di resistenza attraverso la determinazione dell'OBLA (Sjodin & Jacobs, 1981). Howland et al. (1964) suggerirono che i prelievi capillari del dito rappresentavano il sangue venoso, mentre i prelievi del lobo concordavano con i valori arteriosi. Secondo Flohr (1996), uno dei vantaggi del prelievo capillare sarebbe rappresentato dalla flessibilità del sito di prelievo, e rinforza la necessità di uniformità nell'uso di uno o dell'altro dei due siti.

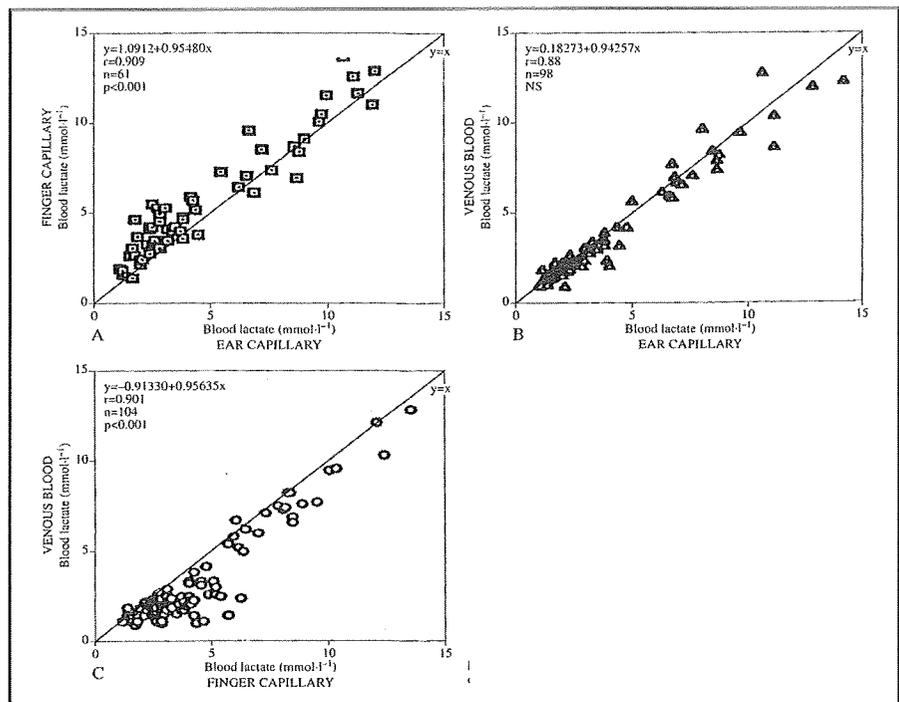


Fig. 5 - Nastro trasportatore: comparazione dei valori individuali di lattato in differenti siti (da: Dassonville e coll., 1998).

Dassonville e coll. (1998) hanno comparato le concentrazioni di lattato ematico dal sangue prelevato da tre siti (dito, lobo, venoso dell'avambraccio) durante differenti tipi di esercizio (steady-state di 6 min, incrementale e massimale) utilizzando diversi ergometri (cicloergometro, nastro trasportatore, remoergometro). Nell'esercizio condotto al cicloergometro e al nastro trasportatore, non sono state evidenziate differenze significative tra i valori del venoso e i valori del capillare del lobo ad ogni livello dell'esercizio (fig. 4; 5). Nelle diverse condizioni, la differenza media di lattato (tra venoso e capillare del lobo) è inferiore a 0,5 mM, mentre i valori del sangue capillare del dito

sono più elevati di quelli del lobo e del venoso (fig.4; 5). Viceversa, al remoergometro i valori del sangue venoso risultano più elevati di quelli del lobo nelle diverse modalità dell'esercizio (fig. 6). Analogamente agli altri ergometri, il lattato del lobo è inferiore a quello del dito (fig. 6) anche se le differenze appaiono significative soltanto ad intensità intermedie e non dopo tre minuti di steady-state o nell'esercizio massimale.

I dati ottenuti da Dassonville, per quanto concerne la differenza tra i siti capillari, sono stati confermati da Feliu e coll. (1999) in condizioni di riposo, durante l'esercizio sottosmassimale e nel periodo di recupero seguente un esercizio incremen-

tale esaustivo, utilizzando diversi ergometri.

In sintesi, i dati che emergono da questi studi sottolineano la necessità di standardizzare il sito capillare e il tipo di ergometro.

L'elevata correlazione tra i due siti, in condizioni di riposo, durante l'esercizio e nella fase di recupero, indica chiaramente che in termini di validità la scelta del sito non sembra essere di importanza nel predire la massima capacità di resistenza determinata con un test di durata, in cui si valuta la stabilità del valore di lattato. Ciò nonostante la sottostima del lattato del lobo rispetto al dito potrebbe causare nel caso di utilizzo di concentrazioni di riferimento (p. e. 4 mM), una sovrastima dell'intensità di allenamento se fosse utilizzato il sangue capillare del lobo e viceversa una sottostima se fosse utilizzato il sangue del dito (fig. 7). Quindi la scelta del sito di prelievo potrebbe in alcuni casi essere fondamentale, in termini di precisione, nel predire la capacità di prestazione nelle discipline di durata.

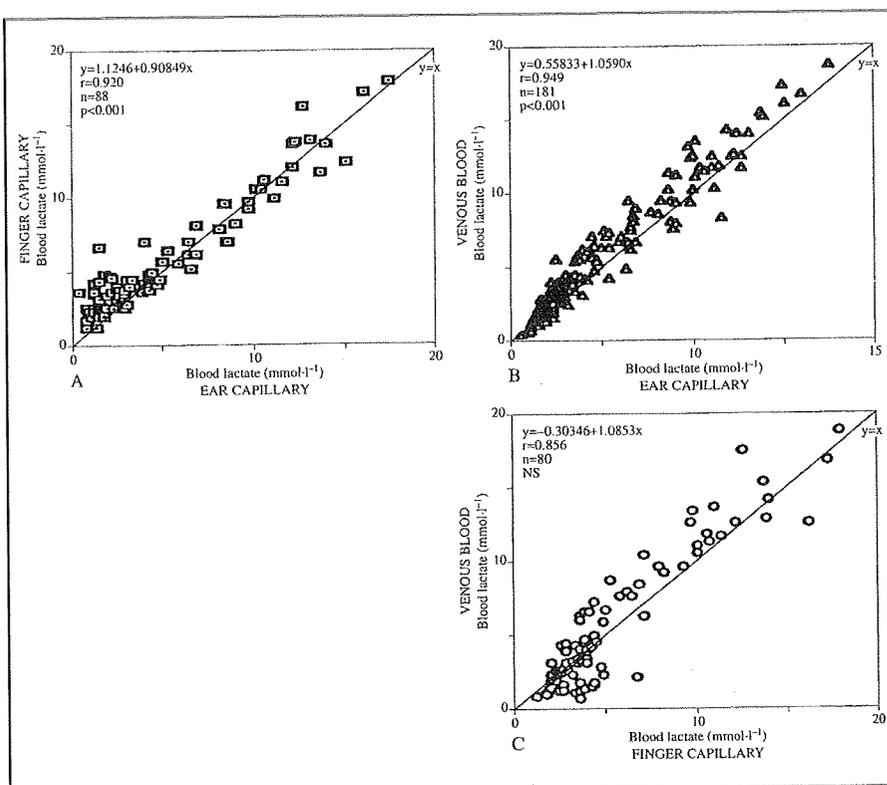


Fig. 6 - Remoergometro: comparazione dei valori individuali di lattato in differenti siti (da: Dassonville e coll., 1998).

Considerazioni fisiologiche sulle differenze di lattato nel sangue capillare

La differenza nella concentrazione di lattato tra i siti non è facile da comprendere. La produzione di lattato dei muscoli attivi dell'avambraccio (al remoergometro e al cicloergometro), e/o il consumo di lattato dei tessuti inattivi che circondano l'orecchio, potrebbero giocare un ruolo importante nel deter-

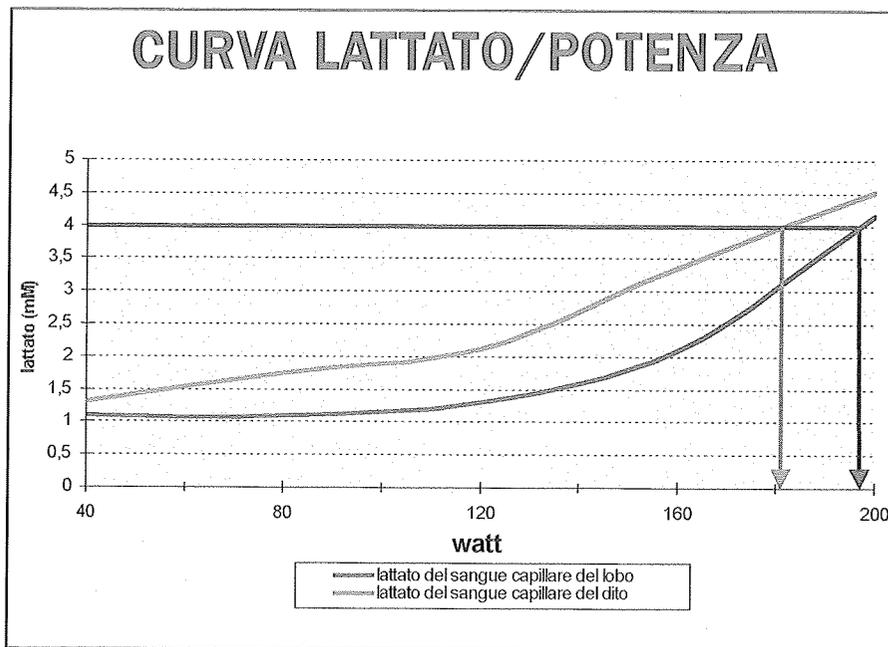
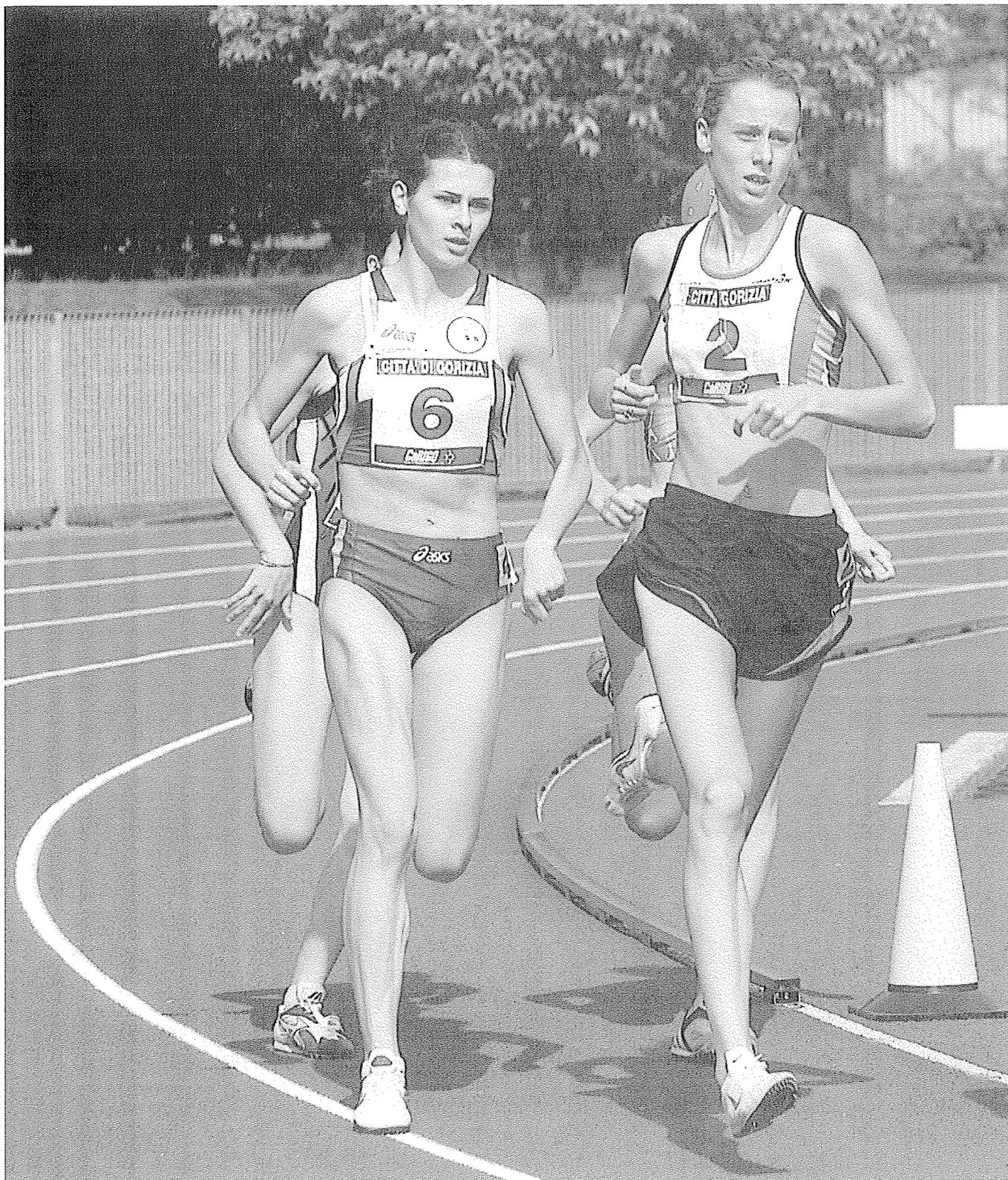


Fig. 7 - Sulla base dei dati riportati in letteratura sono evidenziate delle ipotetiche curve lattato/intensità ottenute da prelievi capillari di differenti siti.

minare questa differenza. I muscoli che lavorano durante la pedalata sono principalmente gli arti inferiori, ma anche gli arti superiori, per esempio spalle, braccia ed avambracci in presa sul manubrio, contribuiscono a stabilizzare il tronco e ad evitare le dispersioni di forza che si generano durante la fase discendente della pedalata (0°- 180° della corona). Essendo la massa muscolare coinvolta in questi distretti piuttosto piccola, la contrazione isometrica prolungata, con un ampio reclutamento di fibre (fibre ossidative e glicolitiche), determina una limitata perfusione muscolare locale e probabilmente un tasso di produzione di lattato elevato per unità di tessuto. Comunque il carico di lavoro degli arti superiori potrebbe incrementare con l'aumento del carico totale, mentre dovrebbe diminuire a basse potenze espresse.

Se questa è la ragione per cui il lattato del dito è più elevato, la discrepanza con i valori del lobo potrebbe incrementare a carichi di lavoro più elevati con una correlazione positiva tra la differenza di lattato e la potenza espressa. Ciò spiegherebbe anche la mancanza di una differenza significativa tra i due siti durante il periodo di recupero, dove appunto il lavoro degli arti superiori è ridotto. Il tessuto muscolare relativamente piccolo drenato dai vasi sanguigni del lobo, potrebbe minimizzare sia gli effetti del consumo di lattato sia il carico di lattato prodotto dalle fibre. Perciò, sembra molto improbabile che vi sia una migliore eliminazione (o consumo) della massa inattiva del lobo comparata a quella del dito. Studi precedenti hanno stabilito che la concentrazione di lattato nel sudore del dito è superiore a quella del lobo,

quindi una possibile contaminazione da sudore nel prelievo del dito (Fellmann e coll., 1983; Lamont e coll., 1987; Pilardeau e coll., 1988), potrebbe spiegare la differenza tra i due siti, anche se una accurata pulizia eseguita prima di ogni prelievo dovrebbe evitare questa possibilità. Inoltre questa differenza può essere dovuta a una o più delle seguenti ragioni: a) differente posizione del sito nel flusso sanguigno (più arterioso o più venoso); b) maggiore distanza dai muscoli che lavorano; c) diversa posizione del distretto capillare (più periferico o più centrale), quindi differente circolazione sanguigna (in termini di velocità e/o di quantità). Sebbene il tempo di estrazione del sangue è critico per il rapido cambiamento nel livello di lattato, la differente durata dei due prelievi, leggermente più lunga per il dito, non sembra sufficiente a giustificare la discrepanza dei valori (De Angelis & Di Giminiani, dati non pubblicati). Comunque, data la complessità della cinetica del lattato ed i problemi relativi all'uso dei traccianti, sono state fatte soltanto delle considerazioni teoriche sui possibili meccanismi fisiologici generanti le differenze osservate. Da un punto di vista pratico, nella misurazione del lattato, il prelievo capillare al lobo durante valutazioni al cicloergometro è preferibile. Difficoltà di prelievo del sangue per un tempo di prelievo più lungo, maggiore abilità da parte dell'operatore e maggior dolore lamentato dai soggetti per la puntura iniziale, rendono il prelievo al dito meno fattibile di quello del lobo (Dassonville e coll., 1998).



Conclusioni

La scelta del dito o del lobo come sito di prelievo è spesso considerata un dettaglio nelle misurazioni del lattato ed è data poca attenzione all'inesattezza del confronto dei dati ottenuti dai due siti. La differenza significativa nel livello di lat-

tato tra questi due siti apparentemente identici, indica che è sconsigliabile fare comparazioni dirette dei risultati ottenuti. Uno spostamento verso destra o verso sinistra della curva lattato/intensità e quindi di una più alta o più bassa intensità corrispondente a concentrazioni di riferimento, possono condurre ad

interpretazioni e prescrizioni errate. Questi dati dovrebbero essere presi in considerazione quando si designano studi sul lattato e sottolineano l'importanza di standardizzare il sito di prelievo nelle valutazioni che predicono la prestazione di durata e/o prescrivono intensità di allenamento.

Bibliografia

- Bang O. (1936) The lactate content of the blood during and after muscular exercise in man. *Skand. Arch. Physiol.* 74(10): 51-82.
- Brooks G. A. (1985) Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17: 22-31.
- Costill D. L., Thomasan, H., Roberts, E. (1973) Fractional utilization of the anaerobic capacity during distance running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 5: 248-252.
- Daniels J.T., Yarbrough R.A., Foster C. (1978) Changes in VO_{2max} and running performance with training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 39 :249-254.
- Dassonville J., Beillot J., Lessard Y., Jan J., André, A.M., Le Pourcelet C., Rochcongar R., Carrè F. (1998) Blood lactate concentrations during exercise: effect of sampling site and exercise mode. *J. Sports Med. Phys Fitness*, 38:39-46.
- Davies C.T.M., Knibbs A.V., Murgrove J. (1970) The rate of lactic acid removal in relation to different baselines of recovery exercise. *Zeitschrift fur angewandte Physiologie einschliesslich Arbeitsphysiologie* 28:155-161.
- Eklblom, A., Astrand P.O., Saltin B., Stenberg J., Wallstrom B. (1968) Effect of training on circulatory response to exercise. *J. Appl. Physiol.* 24: 518-528.
- El-Sayed M. S., George K.P., Dyson K. (1993) The influence of blood sampling site on lactate concentration during submaximal exercise at 4 mmol l⁻¹ lactate level. *Eur. J. Appl. Physiol.* 67: 518-522.
- Farrell P.A., Wilmore J.H., Coyle E.F., Billing J.E., Costill D.E. (1979) Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11: 338-344.
- Feliu J., Ventura J.L., Segura R., Rodas G., Riera J., Estruch A., Zamora A., Capdevila L. (1999) Differences between lactate concentration of samples from earlobe and the fingertip. *J. Physiol. Biochem.* Dec; 55(4): 333-9.
- Fellmann N., Grizard G., Coudert J. (1983) Human frontal sweat rate and lactate concentration during heat exposure and exercise. *J. Appl. Physiol.* 54: 355-360.

- Flohr J.A., Womack C.J., Kovalcik P.C. (1996) Comparison of capillary and venous blood lactate and glucose values during cycle ergometry. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 36:261-264.
- Forster H. V., Dempsey J.A., Thomson J., Vidruk E., Dopico G.A. (1972) Estimation of arterial PO₂, PCO₂, pH and lactate from arterialized venous blood. *J. Appl. Physiol.* 32: 134-137.
- Foxdal P., Sjödin A., Rudstam H., Östman C., Östman B., Hedesterna C.G. (1990) Lactate concentration differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61: 218-222.
- Foxdal P., Sjödin A., Östman B., Sjödin B. (1991) The effect of different blood sampling sites and analyses on the relationship between exercise intensity and 4.0 mmol·l⁻¹ blood lactate concentration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 63: 52-54.
- Graetzer D. G., Johnson S.C., Luetkemeier M.J., Bassett S.H. (1991) Difference between simultaneous fingerpuncture and antecubital venous postexercise lactate values. Abstract. *Int. J. Sports Med.* 12: 343.
- Green S., Dawson B. (1993) Measurement of Anaerobic Capacities in Humans. *Sports Med.* 15(5): 312-327.
- Heck H., Mader A., Hess G., Mücke S., Hollmann W. (1985) Justification of the 4mmol/l Lactate Threshold. *Int. J. Sports Med.* 6: 117-130.
- Hermansen L., Stensvold I. (1972) Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiol. Scand.* 86: 191-201.
- Holmgren A. (1959) Arterio-venous lactic acid differences in man at rest and during muscular work. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 11: 150-153.
- Howland W.S., Schweizer O., Murphy T.W. (1964) Estimation of acid base of venous and arterial blood from capillary samples. *Acta Anaesth. Scand.* 8: 191-196.
- Ivy J.L., Withers R.T., Van Handel P.J., Elger D.H., Costill D.L. (1980) Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J. Appl. Physiol.* 48: 523-527.
- Jacobs I. (1986) Blood lactate implications for training and sports performance. *Sports Med.* 3: 10-25.
- Jacobs I. (1981) Lactate, muscle glycogen and exercise performance in man. *Acta Physiol. Scand.* (Suppl) 495.
- Jacobs I., Sjödin B., Kaiser P., Karlsson J. (1981) Onset of blood lactate accumulation after prolonged exercise. *Acta Physiol. Scand.* 112: 215-217.
- Katch V., Weltman A., Sady S., Freedson P. (1978) Validity of the relative percent concept for equating training intensity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 39: 219-227.
- Kindermann W., Simon G., Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of workload intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42: 25-34, 1979.
- La Fontaine T.P., Londeree B.R., Spath W.K. (1981) The maximal steady-state versus selected running events. *Med. Sci. Sports Exerc.* 13: 190-192.
- Lamont L. S. (1987) Sweat lactate secretion during exercise in relation to women's aerobic capacity. *J. Appl. Physiol.* 62: 194-198.
- Langlands J.H.M., Wallace W.F.M. (1965) Small blood samples from earlobe puncture—a substitute for arterial puncture. *Lancet* 2: 315.
- Mader A., Liesen H., Heck H., Philipp H., Rost R., et al. (1976) Beurteilung der sportartsspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labour, Sportarzt und Sportmedizin 4: 80-88.
- Margaria R., Aghemo P., Sassi G. (1971) Lactic acid production in supramaximal exercise. *Pflugers Arch.* 326: 152-161.
- Margaria R., Cerretelli P., Di Prampero P.E., Massari C., Torelli G. (1963) Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. *J. Appl. Physiol.* 18: 371-377.
- Margaria R., Cerretelli P., Mangili F. (1964) Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man. *J. Appl. Physiol.* 19: 623-628.

- McLellan T.M., Jacobs I. (1993) Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.* 67: 125-131.
- McLoughlin P., Popham P., Linton R.A.F., Bruce C.H., Band D.M. (1992) Use of arterialized venous blood sampling during incremental exercise tests. *J. Appl. Physiol.* 73(3): 937-940.
- Oyono-Enguelle O., Gartner M., Marbach J., Heitz A., Ott C., Freund H. (1989) Comparison of arterial and venous blood lactate kinetics after short exercise. *Int. J. Sports Med.* 10(1): 16-24.
- Pilardeau P.D., Lavie F., Vaysse J., Garnier M., Harichaux P., et al. (1988) Effect of different workloads on sweat production and composition in man. *J. Sports Med.* 28: 247-252.
- Poortmans J. R., Delescaille-Vanden Bossche J., Leclercq R. (1978) Lactate uptake by inactive forearm during progressive leg exercise. *J. Appl. Physiol.* 45(6): 835-839.
- Roberts R.A., Chwalbinska-Moneta J., Mitchell J.B., Pascoe D.D., Houmard J., Costill D.L. (1990) Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. *Int. J. Sports Med.* 11(6): 446-451.
- Saltin B., Blomqvist G., Mitchell J.H., Johnson R.L., Wildenthal K. (1968) Response to submaximal and maximal exercise after bed rest and training. *Circulation* 38 (Suppl. 7).
- Sjodin B., Jacobs I. (1981) Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2: 23-26.
- Sjodin B., Jacobs I., Karlsson J. (1981) Onset of blood lactate accumulation and enzyme activities in m. vastus lateralis in man. *Int. J. Sports Med.* 2: 166-170.
- Sjodin B., Jacobs I., Svedenhag J. (1982) Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49: 45-57.
- Stegmann H., Kindermann W., Schnabel A. (1981) Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 2: 160-165.
- Tanaka K., Matsuura Y., Matsuzaka A., Hirakoba K., Kumagai S., Sun S.O., Asano K. (1984) A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance-running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16: 278-282.
- Tesch P.A., Sharp D.S., Daniels W.L. (1981) Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation. *Int. J. Sports Med.* 2: 252-255.
- Wassermann K., Whipp B.J., Koyal S.N., Beaver W.L. (1973) Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35(2): 236-243.
- Weltman A. (1995) *The blood response to exercise.* Human Kinetics.
- Williams C.G., Wyndham C.H., Kok R., Von Rahden M.J. (1967) Effect of training on maximum oxygen intake and anaerobic metabolism in man. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschliesslich Arbeitsphysiologie* 24: 18-23.
- Williams J. R., Armstrong N., Kirby B.J. (1992) The influence of the site of sampling and assay medium upon the measurement and interpretation of blood lactate responses to exercise. *J. Sports Sci.* 10: 95-107.
- Yoshida T., Takeuchi N., Suda Y. (1982) Arterial versus venous blood lactate increase in the forearm during incremental bicycle exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50: 87-93.