

Determinazione dell'intensità dello sforzo nelle gare indoor di marcia

Gianluca Vernillo¹, Maria Francesca Piacentini², Luca Agnello³,

Pier Luigi Fiorella⁴, Antonio La Torre¹

¹ Dipartimento di Scienze dello Sport, Nutrizione e Salute; Facoltà di Scienze Motorie; Università degli Studi di Milano

² Dipartimento di Scienze del movimento umano e dello sport; Università degli Studi di Roma Foro Italico

³ Dipartimento di Scienze Mediche di Base ed Applicate, Università "G. D'Annunzio", Chieti-Pescara

⁴ Istituto di Medicina e Scienza dello Sport, Comitato Olimpico Nazionale Italiano, Roma

Introduzione

L'allenamento è la sistematica ripetizione di esercizi fisici e può essere descritto in base ai suoi adattamenti ed ai suoi processi. Gli *adattamenti* all'allenamento sono di tipo anatomico, fisiologico, biomeccanico e funzionale e sono specifici di ogni disciplina sportiva; mentre il *processo* essenzialmente può essere considerato come il carico di allenamento (ovvero il prodotto del volume e dell'intensità di un allenamento). Dunque, gli adattamenti indotti dall'allenamento sono il risultato della ripetizione organizzata e strutturata di esercizi fisici ed ogni cambiamento è legato alla natu-



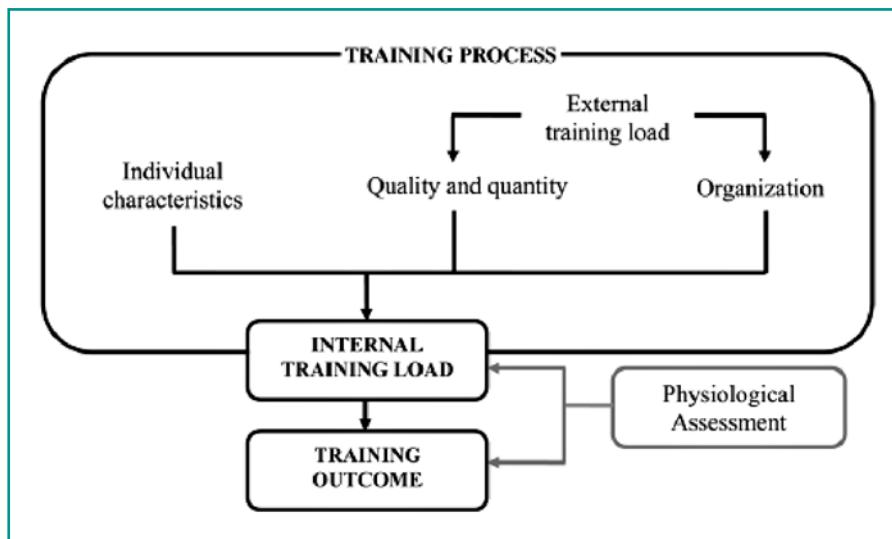


Figura 1 - Rappresentazione dei fattori determinanti gli adattamenti all'allenamento (Impellizzeri FM et al., 2005)

ra, intensità e durata dello sforzo dell'esercizio; ma lo stimolo allenante, che quindi genera un adattamento, non è altro che il relativo stress fisiologico che viene imposto all'organismo dell'atleta, ovvero il *carico allenante interno* e non il *carico allenante esterno* (Viru & Viru, 2000). Pertanto, per carico interno si intende lo stimolo che il mezzo di allenamento induce sulle proprietà strutturali e funzionali delle cellule, degli organi e degli apparati (Booth & Thomason, 1991); questi adattamenti, quindi, non sono altro che il risultato del carico allenante interno determinato da caratteristiche individuali (patrimonio genetico ed il livello iniziale dell'allenamento, per esempio) e la qualità, la quantità e l'organizzazione del carico allenante esterno (Figura 1) (Impellizzeri et al., 2005). Dunque, per poter monitorare e controllare l'allenamento è assai importante valutare sia gli adattamenti che il carico interno dell'allenamento imposto in quel momento.

La valutazione del carico allenante

Ad oggi, esistono diverse metodiche utili alla determinazione sia dell'intensità di un esercizio fisico che del carico allenante. Esse rappresentano degli strumenti validi, utili e di semplice applicazione per stimare ciò che accade, o che potrebbe accadere, all'organismo di un atleta. Questa valutazione può essere fatta valutando la durata di uno sforzo (quindi in un contesto temporale) oppure valutando l'intensità dello sforzo stesso (quindi in un ambito più fisiologico) (Fi-

gura 2). Se l'utilizzo del tempo è una pratica relativamente semplice, ma che può dare un certo margine di errore in quanto noi avremmo un dato dell'andamento temporale di uno sforzo, in realtà ciò che succede all'organismo dell'atleta possiamo solo immaginarlo (ovvero conosceremmo molto bene il suo carico esterno, ma poco quello interno), di maggior interesse, a nostro avviso, potrebbe essere la comprensione e l'utilizzo di strumenti utili per determinare l'intensità di uno sforzo come ad esempio: la frequenza cardiaca, la percezione dello sforzo ed il lattato ematico. È prassi ormai diffusa tra molti tecnici quella di non limitare la valutazione del training alle semplici registrazioni cronometriche, bensì cercare di abbina alle stime e/o quantificazione di parametri che aiutino a "pesare" (ponderare...) l'effettiva intensità degli esercizi svolti.

1. La frequenza cardiaca

L'utilizzo della frequenza cardiaca per descrivere e determinare l'intensità di un esercizio fisico si basa sulla relazione lineare tra la frequenza cardiaca

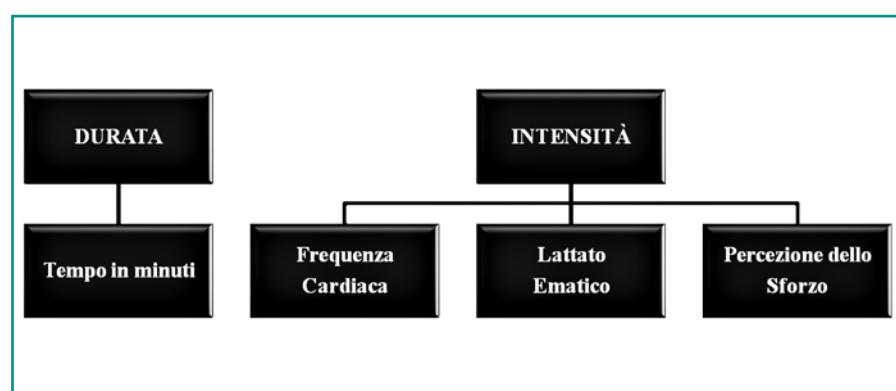


Figura 2 - Strumenti utili alla determinazione del carico allenante

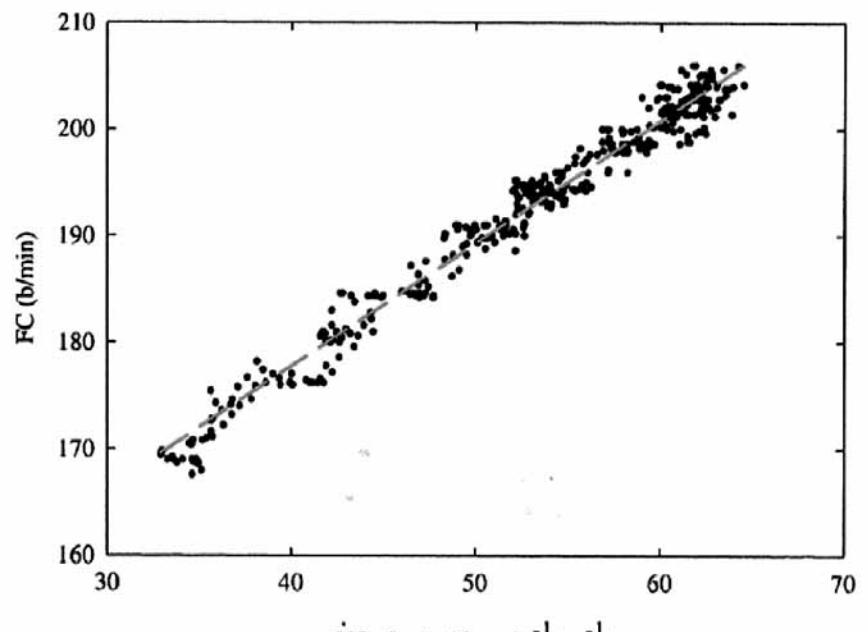


Figura 3 - Esempio di relazione lineare frequenza cardiaca (FC) massimo consumo di ossigeno ($\dot{V}O_{2\text{max}}$)

ed il massimo consumo di ossigeno determinata su un largo range di intensità sub-massimale in condizioni di steady-state (Åstrand & Rodahl, 1986). Di conseguenza, partendo da questa stretta relazione frequenza cardiaca/ $\dot{V}O_{2\text{max}}$, la frequenza cardiaca risulterebbe essere un indice attendibile per determinare lo stress fisiologico occorso all'atleta durante un qualsiasi tipo di sforzo (Reilly, 1997; Impellizzeri et al., 2004). Dunque, attraverso l'utilizzo della frequenza cardiaca è possibile determinare l'intensità di un esercizio, ma è di estrema importanza non riferirsi mai al valore assoluto (al dato in sè), ma sempre considerare la frequenza cardiaca:

- in percentuale della massima frequenza cardiaca
- in percentuale rispetto alle

soglie (ventilatorie e/o lattacide)

- in percentuale della riserva di frequenza cardiaca - FC_R (Karvonen et al., 1957):

$$[(FC_{\text{esercizio}} - FC_{\text{riposo}}) / (FC_{\text{max}} - FC_{\text{riposo}})]$$

Questo ci permetterebbe, come detto, di stimare l'intensità di un determinato sforzo. Ben diverso è il voler cercare di valutare il carico interno a seguito della somministrazione di un carico esterno. In letteratura sono stati proposti diversi metodi per la quantificazione del carico interno partendo dalla frequenza cardiaca (Impellizzeri et al., 2004).

a. **HR-based method proposto da Edwards**

Questo metodo determina il carico interno che si ottiene

moltiplicando la durata (in minuti) dell'allenamento passato in ciascuna classe di frequenza cardiaca come riportato a breve per un coefficiente relativo ad ogni singola zona e successivamente sommare i risultati ottenuti:

- o 50- 60% della $FC_{\text{max}} = 1$
- o 60- 70% della $FC_{\text{max}} = 2$
- o 70- 80% della $FC_{\text{max}} = 3$
- o 80- 90% della $FC_{\text{max}} = 4$
- o 90-100% della $FC_{\text{max}} = 5$

b. **The training impulse (TRIMP), descritto da Banister**

Questo metodo prevede di ottenere quello che viene definito training impulse (Impulso allenante) attraverso la formula:

$$TD \cdot FC_R \cdot 0.64 \cdot e^{1.92 \cdot HR_R}$$

dove TD è la durata effettiva della sessione di allenamento (espressa in minuti), mentre FC_R è determinato attraverso:

$$[(FC_{\text{esercizio}} - FC_{\text{riposo}}) / (FC_{\text{max}} - FC_{\text{riposo}})]$$

c. **Lucia TRIMP'S**

Questo metodo risulta simile a quello proposto da Edwards; il carico interno viene determinato moltiplicando la durata (in minuti) dell'allenamento in 3 diverse classi di frequenza cardiaca per un coefficiente relativo ad ogni singola zona e successivamente i risultati ottenuti vengono sommati. La differenza tra i due metodi risiede nella natura di queste zone di frequenza cardiaca. Se con il metodo di Edwards queste zone sono arbitrarie, col metodo di Lucia esse vengono definite in base a delle caratteristiche soggettive, in relazione alla soglia ventilato-

a		b	
SFORZO	RPE	SFORZO	RPE
Nessuno sforzo	6	Riposo	0
Estremamente leggero	7	Molto, molto facile	1
	8	Facile	2
Molto leggero	9	Moderato	3
	10	Piuttosto duro	4
Leggero	11	Duro	5
	12		6
Piuttosto pesante	13	Molto duro	7
	14		8
Pesante	15		9
	16	Massimo sforzo	10
Molto pesante	17		
	18		
Estremamente pesante	19		
Massimo sforzo	20		

Figura 4 - Borg 6-20 RPE scale® (a) e CR-10® (b)

ria (SV) ed al punto di compensazione respiratorio (PCR):

- o $< SV = 1$
- o $SV - PCR = 2$
- o $> PCR = 3$

2. La percezione dello sforzo

Il concetto di percezione dello sforzo ed i metodi per la

sua quantificazione nascono negli anni '50 del secolo scorso ad opera di Borg e Dahlström. Dato interessante è che, dal 1962 ad oggi, sono oltre 2200 gli studi sulla percezione dello sforzo che, oltre all'ambito sportivo, sono stati condotti in numerosi campi, per esempio:

- per il controllo del diabete in adolescenti (Hanson & Pi-chert, 1986)
- per il controllo delle posture da lavoro (Wangenheim et al., 1986)
- insufficienza cardiaca (Green et al., 2001)

Ma che cos'è la percezione dello sforzo (in inglese **Rating of Perceived Exertion - RPE**)? Essa è stata definita come la capacità di determinare ed interpretare le sensazioni provenienti dall'organismo durante un esercizio fisico (Noble & Robertson, 1996). Ciò viene stimato secondo uno specifico metodo di quantificazione, definito scala delle RPE di Borg (Borg, 1982).

In letteratura scientifica vengono proposte due diversi tipi di scale. Una scala, definita *Borg 6-20 RPE scale®* (Borg, 1970) (Figura 4a) ed un'altra definita *Category Ratio scale (CR-10)®* (Borg, 1982) (Figura 4b). La prima è stata disegnata per fornire dei dati di facile comprensione e che hanno una relazione lineare con la frequenza cardiaca e la potenza espressa. La seconda, invece, risulterebbe essere più appropriata per valutare sensazioni che possono derivare da alcune variabili fisiologiche che durante uno sforzo crescono in maniera esponenziale, come il lattato ematico o la ventilazione polmonare (Groslambert & Mahon, 2006). Sempre Borg (1982) sostiene che l'RPE è il "singolo miglior indicatore di uno sforzo fisico" ed "integra varie informazioni tra cui molti segnali ricavati dal lavoro dei muscoli periferici e dalle articolazioni, dal sistema cardiovascolare centrale e



polmonare e dal sistema nervoso centrale". Dunque, la sensazione di sforzo determinata durante un esercizio altro non è che la manifestazione verbale e cosciente dell'integrazione di questi fattori sia di tipo psicologico che di tipo fisiologico. Il collegamento biologico tra le sensazioni soggettive relative ad uno sforzo e le modificazioni fisiologiche che avvengono durante un esercizio sono di estrema importanza, perché forniscono un meccanismo di regolazione della performance stessa, ed il tutto potrebbe essere fatto mediante l'utilizzo dell'RPE (Tucker, 2009).

Ma il valore di percezione dello sforzo determinato con l'utilizzo delle scale proposte poco anzi ci darebbe solo un'idea su che tipo di intensità l'atleta ha percepito durante lo sforzo. Una strategia alternativa per quantificare il carico interno allenante, partendo sempre da queste

scale, è stato proposto da Foster et al., (1995-1998). Ciò è reso possibile dalla formula:

$$\text{ITL} = \text{RPE} \cdot \text{durata dello sforzo}$$

(in minuti)

Questo prodotto rappresenta, in un singolo numero, il magnitudo del carico interno allenante in un'unità arbitraria (AU) (Impellizzeri et al., 2004). Successivamente questo metodo è stato validato in differenti discipline sportive quali quelle di endurance (Foster et al., 1995; Foster, 1998); il basket (Foster et al., 2001); il rugby (Coutts et al., 2003) ed il calcio (Impellizzeri et al., 2004).

3. Il lattato ematico

Le prime osservazioni di un aumento repentino del lattato prodotto dal nostro organismo durante un esercizio incrementale risalgono addirittura all'inizio del secolo scorso (Latham, 1908; Christansen et al., 1914; Owles, 1930; Barcroft & Marga-



ria, 1932). Da allora il dibattito su quanto esso possa essere "amico o nemico" della performance è ampio.

Se consideriamo che l'accumulo di lattato ematico durante esercizi whole-body può essere temporaneamente associato con un'influenza negativa sulla performance a causa dell'associazione di questo accumulo con altri parametri metabolici (Green, 1997), potremmo considerarlo allo stesso modo come un buon marker per determinare l'intensità dell'esercizio ed il conseguente adattamento all'allenamento (Cairns, 2006). In quest'ottica, il tentativo che si potrebbe fare praticamente non sarebbe solamente quello di determinare un valore di lattato durante uno sforzo (in quanto risulterebbe un dato a sé, di poca importanza), ma sarebbe più utile, a nostro avviso, determinare una serie di valori di lattato ematico (ad esempio con una serie di prelievi durante uno sforzo o al termine), in modo da aver un'idea più precisa su quella che potrebbe essere la sua cinetica (Oosthuysse, 1999) e di conseguenza il training status di un atleta e gli adattamenti nel tempo.

Determinazione dell'intensità dello sforzo nelle gare indoor di marcia

Partendo dalle analisi sin qui esposte abbiamo cercato di verificare la pertinenza delle metodiche di valutazione dell'intensità dell'esercizio durante una competizione agonistica di marcia.

La marcia può essere descritta come l'espressione tec-

nica ed atletica di una camminata veloce, infatti i marciatori sono in grado di raggiungere velocità anche doppie rispetto alla massima velocità che una persona sedentaria potrebbe raggiungere camminando, a causa probabilmente di due fattori principali (Menier & Pugh, 1968; Cavagna & Franzetti, 1981):

1. un minor lavoro meccanico effettuato per il movimento
2. l'efficacia del lavoro positivo, che è maggiore.

Ma nonostante la sua storia, ormai ultra-centenaria, pochissimi studi hanno analizzato il profilo fisiologico dei marciatori (Hagberg & Coyle, 1983; Yoshida et al., 1989) e soprattutto nessuno studio ha analizzato l'intensità durante uno sforzo e gli stress fisiologici durante una gara.

Di conseguenza, in occasione dei campionati italiani assoluti indoor svoltisi nel mese di Febbraio 2009 a Torino, abbiamo cercato di determinare l'intensità dello sforzo dei marciatori e delle marciatrici impegnati nella 5-km indoor (maschi) e 3-km indoor (femmine), rispettivamente.

Metodi

Partecipanti

11 marciatori, 5 maschi (età media (\pm DS): $30,2 \pm 3,4$ anni; altezza: $174,6 \pm 3,5$ cm; peso: $63,2 \pm 5,9$ kg) e 6 femmine (età media (\pm DS): $22,3 \pm 3,6$ anni; altezza: $167,2 \pm 3,3$ cm; peso: $53,2 \pm 2,2$ kg) hanno preso parte a questa indagine. Il campione

testato è da considerarsi assolutamente qualificato, essendo gli atleti top-level di profilo internazionale e gli studi che finora sono stati condotti nella marcia si riferiscono ad atleti di medio-basso livello (Hagberg & Coyle, 1983; Yoshida et al., 1989).

Metodi

Precedentemente si era detto come l'utilizzo della FC_R potesse essere un valido mezzo per determinare l'intensità di un esercizio. Proprio partendo da essa ci siamo basati per cercare di tracciare il profilo dell'intensità raggiunta dagli atleti nel corso di questa competizione. Quello che di seguito proponiamo è un ulteriore strumento molto pratico che permette di stimare indirettamente lo sforzo prodotto da qualsiasi atleta, sia durante una gara che durante un allenamento. Di conseguenza, durante le gare la frequenza cardiaca (FC) è stata misurata attraverso un cardio frequenzimetro (Polar S610 HR Monitor, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), che registrava ogni 5 secondi. La FC_{max} è stata de-

terminata indirettamente mediante l'utilizzo della formula di Tanaka et al. (2001):

$$FC_{max} = 206 - 0,7 \cdot (\text{età})$$

Inoltre, sono stati determinati la FC media ed il rapporto FC_{media}/FC_{max} e le quattro zone di riferimento per quanto riguarda la frequenza cardiaca sono state determinate utilizzando la formula di Karvonen et al. (1957), moltiplicando la FC di riserva (FC_R ; $FC_R = FC_{media} - FC_{riposo}$) per i fattori 0,5, 0,7 e 0,9, sommando poi questi valori alla FC_{riposo} (Gilman & Wells, 1993; Gilman, 1996). Nella tabella 1 sono riportati i range della FC determinati col metodo descritto poc'anzi.

Inoltre, il grado di percezione dello sforzo (RPE) è stato determinato, mediante l'utilizzo della *Borg 6-20 RPE scale®* (Borg, 1970), alla fine della gara ed il lattato ematico (BLa) è stato misurato attraverso un campione di sangue di $5 \mu\text{l}$ prelevato dal lobo dell'orecchio 3 e 5 minuti dopo la fine della gara utilizzando una striscia reagente, ottenendo il risultato dopo 60 s (LactatePro, Akray, Japan) (Medbø et al., 2000). Il lattometro utilizzato è stato settato, seguendo le istruzioni della casa

RANGE	MARCIATORI	MARCIATRICI
Resistenza di lungo termine (FC_{Rlt}) < 50% FC_R	< 111 bpm	< 118 bpm
Aerobico estensivo (FC_{ae}) 50-70% FC_R	111-137 bpm	118-145 bpm
Aerobico intensivo (FC_{ai}) 70-90% FC_R	137-163 bpm	145-172 bpm
Intensità elevate (FC_{ie}) > 90% FC_R	> 163 bpm	> 172 bpm

Tabella 1 - Range della FC nei marciatori e nelle marciatrici

produttrice, prima dell'inizio della gara.

Risultati

La tabella 2 mostra i dati che abbiamo raccolto nel corso delle due gare prese in esame. In essa abbiamo raccolto tutti i dati medi che, secondo quanto detto fin'ora, ci potrebbero permettere di determinare l'intensità dello sforzo che gli atleti (sia maschi che femmine) hanno effettuato durante le due gare [tempo medio totale rispettivamente di 19'49" ($\pm 00'58"$) per i maschi e 13'32" ($\pm 00'41"$) per le femmine]. Di conseguenza, per la durata totale delle due prove i marciatori e le marciatrici hanno marciato ad una media di 175,4 ($\pm 6,9$) e 185,0 ($\pm 12,0$) battiti al minuto, rispettivamente, con un rapporto rispetto alla frequenza cardiaca massima di 94,9% ($\pm 3,7$) per i maschi e 97,2% ($\pm 6,9$) per le femmine. A trenta minuti dal termine della gara il loro grado di percezione dello sforzo (RPE) è stato di 16,3 ($\pm 2,2$) e 15,7 ($\pm 2,0$), rispettivamente; mentre i prelievi di lattato hanno stimato al 3' dei valori di 6,9 ($\pm 1,2$) e 7,6 ($\pm 2,9$), ed al 5' di 8,4 ($\pm 2,0$) e 9,2 ($\pm 1,9$) (rispettivamente per i marciatori e le marciatrici).

Conclusioni

Abbiamo detto che l'abilità di monitorare l'intensità di uno sforzo fisico può essere di estrema utilità all'allenatore ed all'atleta, questo perché fornisce loro un feedback immediato dello stimolo allenante (Coutts et al., 2007); inoltre, l'inten-

sità dello sforzo durante una competizione di marcia è ancora poco conosciuta e questa stessa intensità può essere determinata attraverso l'utilizzo della FC (Gilman & Wells, 1993; Gilman, 1996; Achten & Jeukendrup, 2003), della percezione dello sforzo (Borg, 1970-1982-1998) e del lattato ematico (Green, 1997; Oosthuysse, 1999; Cairns, 2006). Di conseguenza, l'obiettivo è stato quello di verificare l'intensità dello sforzo dei marciatori e delle marciatrici, durante i campionati italiani indoor sulla distanza classica, nel tentativo di chiarire qual tipo di sforzo essi effettuerebbero durante questo tipo di competizioni.

Inoltre, vogliamo sottolineare come i dati ricavati siano riferibili ad un campione di atleti di livello assoluto e questo può fornire importanti indicazioni

pratiche alla collocazione/distribuzione delle diverse intensità durante l'allenamento.

Il dato forse più interessante che è emerso riguarda l'intensità dello sforzo compiuto; stando alle linee guida dell'American College of Sports Medicine (ACSM), è risultato essere molto duro (ovvero con una FC $\geq 90\%$ della FC_{max}) (Pollock et al., 1998). Come descritto nella tabella 2 pressoché tutta la gara è stata condotta ad una FC_{media} di 175,4 e 185,0 bpm rispettivamente per i maschi e per le femmine. Questo vuol dire che per la durata media della gara (19 min 49 s per i maschi e 13 min 32 s per le femmine) la FC è rimasta su dei valori corrispondenti al 94,9 e 97,2 % della FC_{max}.

Inoltre, lo stesso tipo di profilo dello sforzo sembrerebbe essere confermato solamente

DATI RACCOLTI	MARCIATORI	MARCIATRICI
FC _{max} bpm	184,9 ($\pm 2,4$)	190,4 ($\pm 2,5$)
FC _{media} bpm	175,4 ($\pm 6,9$)	185,0 ($\pm 12,0$)
FC _{media} / FC _{max} %	94,9 ($\pm 3,7$)	97,2 ($\pm 6,9$)
RPE	16,3 ($\pm 2,2$)	15,7 ($\pm 2,0$)
BLa mmol·L ⁻¹ dopo 3' dopo 5'	6,9 ($\pm 1,2$) 7,6 ($\pm 2,9$)	8,4 ($\pm 2,0$) 9,2 ($\pm 1,9$)
T (min.s)	19.49 (± 00.58)	13.32 (± 00.41)
v _{media} (km·h ⁻¹)	15,17 (± 0.76)	13,33 (± 0.67)
1 km	03.56 (± 00.12)	04.24 (± 00.10)
2 km	03.54 (± 00.10)	04.35 (± 00.16)
3 km	03.58 (± 00.12)	04.33 (± 00.16)
4 km	03.50 (± 00.17)	
5 km	04.10 (± 00.32)	

Tabella 2 - Report dei risultati ottenuti durante le gare prese in considerazione (5-km per i maschi e 3-km per le femmine). I dati sono espressi come media ($\pm DS$). FC_{max}: frequenza cardiaca massima; FC_{media}: frequenza cardiaca media; FC_{media} / FC_{max}: rapporto frequenza cardiaca media rispetto alla massima; RPE: grado di percezione dello sforzo; BLa: lattato ematico; T: tempo totale con i rispettivi parziali al km; v_{media}: velocità media delle gare

analizzando la RPE media alla fine dello sforzo stesso (16,3 per i marciatori e 15,7 per le marciatrici). La stessa valutazione dell'impegno metabolico della gara eseguita mediante i prelievi di lattato (tabella 2) sembrerebbe essere in linea con l'impegno descritto, ossia di elevata potenza aerobica. Di conseguenza, basandoci sui dati di FCmedia, RPE e BLa potremmo dire che il modello fisiologico di queste due discipline prevede un alto profilo dello sforzo quasi completamente orientato verso un lavoro di potenza aerobica intensiva.

Applicazioni pratiche

L'abilità di monitorare l'intensità di un esercizio (di uno sforzo) durante una competizione o durante un allenamento è di estrema importanza nell'ottica di quantificare e programmare l'allenamento. Di conseguenza, disporre di utili strumenti (indiretti e quindi più applicabili sul campo) che ci consentono di valutare lo sforzo del marciatore (e dell'atleta in generale), e di conseguenza il suo training status, potrebbe avere un risvolto estremamente positivo per lo stesso processo di allenamento.

Determinare costantemente FC, RPE e BLa potrebbe essere un valido metodo per aiutare a quantificare l'intensità dello sforzo e successivamente il carico interno del marciatore o durante una competizione o durante una sessione di allenamento; la scelta potrebbe essere fatta in base alle specifiche conoscenze e/o disponibilità tecniche dell'allenatore. Inoltre, l'adozione costante della RPE permetterebbe di ricevere importanti "feedback" da parte degli atleti, aiutandoli peraltro a stimare con sempre meno elementi di disturbo la "fatica" realmente fatta.

BIBLIOGRAFIA

1. Achten J, Jeukendrup AE. Heart Rate Monitoring. Applications and Limitations. *Sports Med* 2003; 33: 517-538.
2. Åstrand PO, Rodahl K. *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise*. New York, McGraw-Hill Company, 1986: 300
3. Banister EW. Modeling elite athletic performance. In: *Physiological Testing of Elite Athletes*, H. Green, J. McDougal, and H. Wenger (Eds). Champaign: Human Kinetics, 1991: 403-424
4. Barcroft J, Margaria R. Some effects of carbonic acid in high concentration on respiration. *J Physiol* 1932; 74 (2): 156-162
5. Booth FW, Thomason DB. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiol Rev* 1991 Apr; 71 (2): 541-585
6. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med* 1970; 2: 92-98
7. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-381
8. Borg G. *Perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998
9. Cairns SP. Lactic Acid and Exercise Performance. Culprit or Friend? *Sports Med* 2006; 36 (4): 279-291
10. Cavagna GA, Franzetti P. Mechanics of competition walking. *J Physiol* 1981 ; 315: 243-251
11. Christiansen J, Douglas CG, Haldane JS. The absorption and dissociation of carbon dioxide by human blood. *J Physiol* 1914; 48 (4): 244-271
12. Coutts A, Reaburn P, Murphy A, Pine M, Impellizzeri FM. Validity of the session-RPE method for determining training load in team sport athletes. *J Sci Med Sport* 2003; 6: 525
13. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport* 2009; 12: 79-84.
14. Edwards S. High performance training and racing. In: *The Heart Rate Monitor Book*, S. Edwards (Ed). Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993: 113-123
15. Foster C, Hector LL, Welsh R, Schrager M, Green MA, Snyder AC. Effects of specific versus cross-training on running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995; 70: 367-372
16. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 1164-1168

17. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001; 15: 109-115
18. Gilman MB, Wells C L. The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables. *Int J Sports Med* 1993; 14: 339-344
19. Gilman MB. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Med* 1996; 21: 73-79
20. Green HJ. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *J Sports Sci* 1997; 15: 247-256
21. Green DJ, Watts K, Maiorana AJ, O'Driscoll JG. A comparison of ambulatory oxygen consumption during circuit training and aerobic exercise in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil* 2001; 21 (3): 167-174
22. Groslambert A, Mahon AD. Perceived exertion - Influence of age and cognitive development. *Sports Med* 2006; 36 (11): 911-928
23. Hagberg JM, Coyle EF. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Med Sci Sports Exerc* 1983, 15, 287-289
24. Hanson SL, Pichert JW. Perceived stress and diabetes control in adolescents. *Health Psychol* 1986; 5 (5): 439-452
25. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36 (6): 1042-1047
26. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci* 2005 Jun; 23 (6): 583-592
27. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rates. A "longitudinal" study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957; 35 (3):307-310
28. Latham PW. On the formation of lactic acid and carbonic acid during muscular contraction and rigor mortis. *Biochem J* 1908; 3 (4): 193-206
29. Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL. Tour de France versus Vuelta a Espana: which is harder? *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 872-878
30. Medbø JI, Mamen A, Holt Olsen O, Evertsen F. Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. *Scand J Clin Lab Invest* 2000; 60: 367-380
31. Menier DR, Pugh LGCE. The relation of oxygen intake and velocity of walking and running, in competition walkers. *J Physiol* 1968; 197: 717-721
32. Noble RJ, Robertson RJ. *Perceived exertion*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996: 4
33. Oosthuysse T, Carter RN. Plasma lactate decline during passive recovery from high-intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31 (5): 670-674
34. Owles WH. Alterations in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise, and associated changes in the CO₂-combining power of the blood and in the alveolar CO₂ pressure. *J Physiol* 1930; 69 (2): 214-237
35. Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després JP, Dishman RK, Franklin BA, Garber CE. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 975-991
36. Reilly T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci* 1997 Jun; 15 (3): 257-263
37. Tanaka H, Monahan KG, Seals DS. Age - predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 153-156
38. Tucker R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. *Br. J. Sports Med* 2009; 43: 392-400
39. Viru A, Viru M. Nature of training effects. In: *Exercise and Sport Science*, W. Garrett and D. Kirkendall (Eds.). Philadelphia: Lippincott Williams & Williams, 2000: 67-95
40. Wangenheim M, Carlsöö S, Nordgren B, Linroth K. Perception of efforts in working postures. *Ups J Med Sci* 1986; 91 (1): 53-66
41. Yoshida T, Udo M, Iwai K, Muraoka I, Tamaki K, Yamaguchi T, Chida M. Physiological determinants of race walking performance in female race walkers. *Br J Sports Med* 1989; 23: 250-254