



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA  
"TOR VERGATA"**

FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA

DOTTORATO DI RICERCA IN

**SCIENZE DELLO SPORT**

*XXI Ciclo*

Titolo della tesi

**RELAZIONE DOSE-RISPOSTA  
TRA CARICO DI ALLENAMENTO E  
PRESTAZIONE**

Docente guida/Tutore:  
Prof. **Stefano D'Ottavio**

Dottorando:  
**Vincenzo Manzi**

Coordinatore  
Prof. **Antonio Lombardo**

---

**A.A. 2008/2009**



a Margherita e Camilla Martina  
*la speranza del mio futuro*

## **RINGRAZIAMENTI**

---

Questa Tesi è il frutto di un lavoro di raccolta dati, analisi e discussione condotto nell'ambito del Corso di Dottorato in Scienze dello Sport (XXI ciclo) svolto presso il Corso di Laurea in Scienze Motorie dell'Università di Roma Tor Vergata. Tale risultato non sarebbe stato possibile senza l'aiuto di due persone che hanno attivamente contribuito alla mia crescita professionale: Carlo Castagna e Stefano D'Ottavio.

Molto di ciò che ho imparato lo devo al prof. Carlo Castagna, "*brother-in-science*", che mi ha seguito praticamente ogni giorno e con il quale ho assaporato il dolce piacere dello scoprire e del farlo con entusiasmo e passione.

Un grazie particolarmente sentito va al prof. Antonio Lombardo per avermi consentito di intraprendere il percorso di dottorato.

Ringrazio i miei amici e colleghi di dottorato Giuseppe, Elvira, Laura, Daniela, con cui ho condiviso gli anni del dottorato che, come ogni percorso di crescita, presenta le sue gioie e le sue difficoltà.

**La Tesi è basata sui seguenti articoli:**

- Manzi V., D'Ottavio S., Impellizzeri F., Chaouachi A., Chamari K., Castagna C. *Profile of weekly training-load in elite male professional basketball players*, accettato per la pubblicazione, Journal of strength and conditioning research.
- Manzi V., Iellamo F., Impellizzeri F., D'Ottavio S., Castagna C. *Relationship between a modified Training Impulses method and performance in recreational long distance runners*, completata prima revisione, Medicine and science in sports and exercise.
- Castagna C., Impellizzeri F., D'Ottavio S., Manzi V. *Effect of Training Intensity Distribution on Aerobic Fitness Variables in Elite Soccer Players*, sottoposto alla rivista, Journal of science and medicine in sport.

Durante il corso di Dottorato sono stati inoltre affrontati, in maniera complementare a quelli presenti in questa Tesi, degli argomenti riguardanti il rapporto tra i test di valutazione fisica e la prestazione.

Una parte di questo lavoro è stata pubblicata nei seguenti articoli:

- Castagna C., Impellizzeri FM., Rampinini E., D'Ottavio S., Manzi V. *The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players*. Journal of science and medicine in sport, 2008 Apr;11(2):202-8
- Castagna C., Manzi V., D'Ottavio S., Annino G., Padua E., Bishop D. *Relation between  $VO_{2peak}$  and Repeated Sprint Performance in Young Basketball Players*. Journal of strength and conditioning research, 2007, Nov; 21(4):1172-6
- Castagna C., Abt G., Manzi V., Annino G., Padua E., D'Ottavio S. *Effect of Recovery Mode on Repeated Sprint Ability in Young Basketball Players*. Journal of strength and conditioning research, 2008, May;22(3):923-9.

- Manzi V., D'Ottavio S., D'Onofrio R., and Castagna C. *Analisi della frequenza cardiaca e del lattato ematico in giocatori di pallamano durante gare ufficiali di alto livello*. Coaching & Sport Science Journal, 2008, Gen; 3 (1): 8-12.

# Indice

<b>1. FORMULAZIONE DELLE IPOTESI DI LAVORO</b>	7
<i>1.1. Scopi</i>	7
<i>1.2. Metodi</i>	7
<i>1.3. Studio I.</i>	8
<i>1.4. Studio II.</i>	9
<i>1.5. Studio III.</i>	10
<b>2. DEFINIZIONI</b>	11
<b>3. INTRODUZIONE</b>	12
<b>4. STUDIO I</b>	14
<i>Profilo settimanale del carico di allenamento in giocatori professionisti di basket di alto livello.</i>	
<b>5. STUDIO II</b>	34
<i>Relazione tra un TRIMP modificato e la prestazione in corridori amatoriali di lunga distanza.</i>	
<b>6. STUDIO III</b>	54
<i>Effetto della distribuzione dell'intensità dell'allenamento sulle variabili della fitness aerobica in giocatori di calcio d'elite</i>	
<b>7. CONCLUSIONI</b>	66

## FORMULAZIONE DELLE IPOTESI DI LAVORO

---

### Scopi:

L'obiettivo principale della presente Tesi è stato quello di acquisire una maggiore conoscenza dei vari aspetti della relazione dose-risposta tra carico di allenamento e prestazione in atleti di sport di squadra e in corridori amatoriali di lunghe distanze, non esaminati precedentemente nella letteratura.

---

### Ipotesi

1. Tra i giocatori di basket professionisti d'élite esiste una marcata risposta individuale all'allenamento;
2. Le session-RPE TLd sono un valido metodo per quantificare il carico interno di allenamento dei giocatori di basket professionisti d'élite;
3. Un TRIMP individualizzato (TRIMPi) ha una maggiore sensibilità nel delineare le risposte individuali all'allenamento nei corridori amatoriali di lunghe distanze;
4. Nel calcio la fitness aerobica sub massimale è influenzata positivamente dalla quantità di esercizio ad alta intensità accumulata durante l'allenamento;
5. È opportuno l'uso della FC per quantificare e modulare il carico d'allenamento nei calciatori d'élite.

**Metodi:** nella presente tesi sono mostrati tre studi con design osservazionale non sperimentale

*Studio 1.* Lo scopo di questo studio è stato quello di esaminare il profilo del carico di allenamento (TL) di giocatori professionisti di basket di alto livello durante una fase cruciale della stagione competitiva (prima dei play off scudetto). I soggetti sono stati otto giocatori di basket professionisti a tempo pieno (età  $28 \pm 3.6$  anni, altezza  $199 \pm 7.2$  centimetri, massa corporea  $102 \pm 11.5$ kg, grasso corporeo  $10.4 \pm 1.5\%$ ), nei quali la frequenza cardiaca (FC) è stato registrato nel corso di ciascuna sessione di allenamento e la loro risposta individuale al carico di allenamento è stata monitorata utilizzando il metodo delle session-RPE (200 sessioni di allenamento). È stata utilizzata l'associazione fra il metodo delle session-RPE e della frequenza cardiaca d'allenamento per valutare la validità di popolazione del metodo delle session-RPE. Relazioni significative sono state osservate tra le session-RPE individuali e tutti i carichi di allenamento individuali basati sulla frequenza cardiaca (valori di  $r$  da 0.69 a 0.85;  $P < 0.001$ ). Gli allenatori spontaneamente hanno fornito una fase di tapering durante la settimana competitiva indipendentemente dal numero di partite giocate durante essa (vale a dire uno o due partite). I carichi di allenamento individuali di ciascuna settimana non differivano significativamente tra i giocatori ( $P > 0.05$ ). Il basket professionistico maschile di elite impone un grande stress fisiologico e psicologico sui giocatori durante le sessioni di allenamento e le competizioni ufficiali (1-2 per settimana). Di conseguenza è comprensibile l'importanza di un metodo valido e pratico per valutare il TL individuale. In questa ricerca abbiamo dimostrato che le session-RPE possono essere considerate come un metodo attuabile per valutare il TL senza l'uso di strumenti più sofisticati (i.e. cardiografici). Il metodo delle session-RPE ha consentito l'individuazione dei modelli di periodizzazione nella pianificazione settimanale del basket professionistico d'elite durante una fase cruciale della stagione competitiva (modello con 1 vs 2 gare settimanali).

**Parole chiave:** *periodizzazione, sport di squadra, condizionamento, frequenza cardiaca.*

*Studio 2.* L'obiettivo di questo studio è stato quello di sviluppare un metodo per controllare le risposte ai carichi di allenamento (TL), su base individuale, in corridori amatoriali di lunga distanza (LDR), attraverso l'analisi del training impulse (TRIMP). L'ipotesi testata è stata che un TRIMP basato su determinati fattori di ponderazione individuali potrebbe tradursi in una migliore quantificazione delle risposte dell'allenamento e della prestazione in LDR rispetto ai metodi basati su valori medi di gruppo. Le risposte del TL di 8 LDR (età  $39.9 \pm 6.5$  anni) sono state monitorate utilizzando una versione modificata del TRIMP originale, denominato TRIMP individualizzato (TRIMPi) per un periodo di 8 settimane. Il TRIMPi è stato determinato in ciascun LDR utilizzando profili individuali di frequenza cardiaca (FC) e di lattato ematico determinati nel corso di un test incrementale al treadmill. L'allenamento ha prodotto degli effetti sulla prestazione (5 e 10 km corsa) e delle variazioni sulla fitness aerobica sub-massimale (sulla velocità a selezionate concentrazioni di lattato ematico, 2 e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) valutati prima e alla fine dell'allenamento. La velocità a 2 ( $+ 21.3 \pm 5.2\%$ ,  $P < 0.001$ ) e 4 ( $+ 10.6 \pm 2.4\%$ ,  $P < 0.001$ ) è aumentato in maniera significativa nel post-allenamento. I miglioramenti nella velocità di corsa (%) a 2  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r = 0.87$ ,  $P = 0.005$ ) e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r = 0.74$ ,  $P = 0.04$ ) di concentrazione erano significativamente correlati con il TRIMPi settimanale. Nessun correlazione significativa tra le variabili, è stata rilevata quando sono stati utilizzati valori basati sulla media di gruppo. Il TRIMPi era significativamente correlato alla prestazione sui 5000 m ( $r = -0.77$ ,  $P = 0.02$ ) e sui 10000 m ( $r = -0.82$ ,  $P = 0.01$ ). Il TRIMP individualizzato è un valido strumento per monitorare la fitness (velocità a 2 e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) e le prestazioni (ad esempio, 5000 10000 m) nel LDRs ed è più utile di metodi basati su valori medi del gruppo.

**Parole chiave:** Training Load, frequenza cardiaca, soglia del lattato, prestazione, resistenza

*Studio 3.* Lo scopo di questa ricerca è stato quello di quantificare la distribuzione dell'intensità dell'allenamento e i suoi effetti sulla fitness aerobica in calciatori d'élite. 14 calciatori d'élite (età  $25 \pm 4$  anni, altezza  $178 \pm 7$  cm, massa corporea  $74 \pm 8$  kg) hanno volontariamente preso parte a questo studio e sono stati osservati durante il periodo precampionato (6 settimane). La fitness aerobica sub-massimale è stata misurata pre e post allenamento con un test incrementale al treadmill per la determinazione della velocità e della FC alle concentrazioni ematiche di lattato a 2 e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . La frequenza cardiaca dei giocatori è stata registrata in tutto il periodo precampionato. L'intensità dell'allenamento è stata divisa in tre zone: bassa intensità ( $\text{FC} < 2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) moderata intensità ( $\text{FC}$  tra 2 e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) alta intensità ( $\text{FC} > 4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ). L'analisi individuale delle 504 sessioni d'allenamento ha mostrato che il  $73 \pm .5$ , il  $19 \pm 2.8$  e l' $8 \pm 1.4\%$  del tempo totale è stato speso rispettivamente a bassa, moderata e elevata intensità ( $P < 0.001$ ). La velocità a 2 e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  è aumentata significativamente nel post allenamento (rispettivamente 5 e 7%  $P < 0.01$ ). L'allenamento passato ad alta intensità era significativamente correlato con l'incremento della velocità relativa a 2  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r=0.84$ ; 95%CI 0.55 a 0.95;  $P < 0.001$ ) e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r=0.65$ , 95%CI 0.20 a 0.80;  $P = 0.001$ ). Questo studio ha dimostrato che i calciatori professionisti passano circa i 2/3 del loro tempo d'allenamento a bassa intensità come gli atleti di endurance. Però solo il tempo passato ad alta intensità ( $> 90\%$  della FC massima) è relazionata con il cambio nella fitness-aerobica. Questi risultati supportano anche il successo di tutti quei metodi di quantificazione del carico di allenamento aerobico che usano la FC.

**Parole chiave:** *sport di squadra, soglia del lattato, frequenza cardiaca, intensità dell'esercizio.*

## DEFINIZIONI

---

**Banister' TRIMP (TRaining IMPulse):** metodo quantitativo utilizzato per misurare il carico interno di allenamento in cui la frequenza cardiaca di riserva è considerata come la variabile principale dell'esercizio

**Edwards' Training Load:** metodo quantitativo utilizzato per misurare il carico interno di allenamento basato su cinque zone di frequenza cardiaca (FC)

**Fitness aerobica:** prestazione fisica supportata dalla massima potenza aerobica, dalla soglia anaerobica e dalla economia del lavoro

**Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA):** inizio di accumulo del lattato, con esso viene indicato il livello di esercizio ( $VO_2$ , velocità o Watt) che corrisponde ad una concentrazione di lattato ematico pari alle  $4.0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Nella letteratura specifica il sinonimo di OBLA è soglia anaerobica (anerobic threshold).

**Periodizzazione:** graduale distribuzione ciclica dei parametri volume, intensità e frequenza di allenamento, allo scopo di raggiungere i livelli di efficienza fisica più elevati in vista della competizione.

**Principio di specificità:** teoria secondo la quale, un programma di allenamento deve sollecitare i sistemi fisiologici davvero importanti per una prestazione ottimale in un dato sport, con l'obiettivo di raggiungere gli adattamenti di allenamento desiderati in quello sport

**Principio del sovraccarico progressivo:** teoria secondo la quale, per ottimizzare i benefici di un programma di allenamento, gli stimoli cosiddetti allenanti devono essere incrementati progressivamente, non appena l'organismo si adatta allo stimolo attuale

**Rating of Perceived Exertion (RPE, scala di Borg):** stima dello sforzo percepito

**Session-RPE:** metodo qualitativo-quantitativo di tipo indiretto utilizzato per misurare il carico interno di allenamento attraverso la scala numerica di Borg modificata CR10 (RPE-TLd)

**Soglia del lattato:** il più elevato valore di consumo di ossigeno ( $VO_2$ ) che può essere sostenuto nel corso di un esercizio incrementale, prima che si determini una significativa elevazione della concentrazione ematica del lattato.

## INTRODUZIONE

Gli studi che hanno descritto il rapporto allenamento-prestazione sono analoghi agli studi dose-risposta riportati in farmacologia. L'obiettivo primario di tali studi è identificare lo stimolo allenante che massimizza il potenziale della prestazione riducendo al minimo le conseguenze negative dell'allenamento (ad esempio, lesioni, stanchezza, sovrallenamento) (Morton, 1997). La prova scientifica più convincente dello stretto rapporto tra allenamento e prestazione e l'utilità della loro valutazione fisiologica è stata fornita da diversi studi sul modelling della prestazione (Banister, 1991; Busso, 2002; Millet, 2002; Morton, 1990). Banister et al (1975) hanno proposto un modello matematico per descrivere la risposta di un atleta a un dato stimolo di allenamento. Secondo questo modello la prestazione di un atleta in risposta all'allenamento può essere stimata dalla differenza tra una funzione positiva (fitness) e una funzione negativa (fatica). Nelle ricerche sul modelling sono state sviluppate delle equazioni matematiche per descrivere e/o prevedere l'effetto dell'allenamento sulla prestazione, valutando il singolo carico interno di allenamento come l'input in un sistema (atleta) che determina a sua volta un output in uscita (prestazione) (Banister, 1991). Studi sul rapporto allenamento-prestazione negli sport individuali hanno trovato una relazione positiva tra l'aumento del volume e la prestazione (Foster, Daniels, & Yarbrough, 1977; Stewart & Hopkins, 2000) e tra una maggiore intensità d'allenamento e la prestazione (Krebs et al., 1986; Mujika et al., 1995; Scrimgeour et al. 1986). Tuttavia è stato anche dimostrato che un adattamento negativo all'allenamento è correlato con la dose d'allenamento, con una più alta incidenza di infortuni e lesioni quando il carico d'allenamento è particolarmente elevato (Foster, 1998; Gabbett, 2004a). Mentre tali sofisticate analisi quantitative sono limitate a studi scientifici in questa Tesi viene proposto un metodo più qualitativo per comprendere e controllare l'allenamento prescritto agli atleti. Ciò richiede la quantificazione dei risultati dell'allenamento (test fisiologici e prestazione) e del processo di allenamento (carico interno di allenamento). Un esempio pratico di applicazione della integrazione tra processo di allenamento e prestazione è stato recentemente fornito da Impellizzeri et

al. (2007) in uno studio descrittivo condotto con un gruppo di giovani calciatori. In sintesi questa Tesi intende applicare i metodi di quantificazione del carico interno e valutare i risultati dell'allenamento sulle variabili fisiologiche e sulla prestazione per cercare di comprendere in modo più approfondito la relazione dose-risposta all'esercizio fisico.

# **PROFILO SETTIMANALE DEL CARICO DI ALLENAMENTO IN GIOCATORI PROFESSIONISTI DI BASKET DI ALTO LIVELLO**

## **Introduzione**

E' stato riportato che il basket professionistico impone un rilevante carico fisiologico sui giocatori durante la competizione (39). Di conseguenza, il condizionamento fisico è considerato come un prerequisito per competere ad alto livello nel basket moderno (1, 4, 46, 48, 50). Al fine di aumentare il livello di fitness degli atleti, il carico di allenamento dovrebbe essere prescritto accuratamente, per indurre adattamenti fisiologici sport specifici (22, 24, 31). Molti studi hanno sottolineato l'importanza di variare il carico di allenamento giornaliero a breve-medio termine (i.e. alternanza di periodi di allenamento pesante e leggero) per ottenere prestazioni ottimali (16, 20, 21, 47). Dato ciò, allenatori e preparatori fisici periodizzano il loro piano di allenamento al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati per la prestazione (17, 34, 43, 44, 51). Recentemente una serie di studi descrittivi ha analizzato negli sport di resistenza, la distribuzione del volume rispetto all'intensità del carico di allenamento. Questi studi hanno dimostrato negli sport di resistenza (i.e. corsa di fondo, ciclismo e sci di fondo) l'esistenza di un modello sport specifico nella distribuzione del carico di allenamento (TL) (5, 20, 47). Inoltre studi longitudinali hanno mostrato che, quando l'allenamento è equiparato in funzione delle risposte individuali, l'allenamento a bassa intensità (cioè al di sotto della zona di soglia anaerobica) è più efficace dell'allenamento a media intensità (ossia entro la zona di soglia anaerobica), a condizione che il contributo dell'allenamento ad alta intensità rimanga sufficiente (21). A differenza degli sport di resistenza in cui il carico di allenamento è prescritto su base individuale, negli sport di squadra i TL sono spesso simili per ciascun giocatore, a causa del largo uso delle esercitazioni di gruppo (24). Di conseguenza, la risposta all'allenamento (carico interno) ad un determinato carico imposto (carico esterno) può risultare diverso tra i giocatori (24, 31). Questo evento è di fondamentale importanza per l'allenatore

e il preparatore fisico, in quanto risposte estreme all'allenamento (i.e. risposte minime o eccessive) possono favorire un cattivo adattamento allo stesso (12, 14, 15). A questo proposito, la valutazione del carico interno potrebbe risultare utile per guidare tale processo negli sport di squadra (24, 31). Anche se molti studi hanno esaminato le richieste del gioco e il profilo fisiologico dei giocatori di pallacanestro di élite, nella letteratura internazionale (1, 3, 8-10 25, 28 29, 37-39 41, 42 45, 46 52), nessuna ricerca si è occupata della distribuzione del TL settimanale nei giocatori di basket professionistico durante la stagione competitiva. Lo scopo di questo studio è stato quindi quello di esaminare il profilo della risposta individuale al TLs dei giocatori di basket professionistico di alto livello durante la stagione competitiva. Quale ipotesi di lavoro si è assunto l'esistenza di una marcata risposta individuale all'allenamento tra i giocatori di basket (24).

### **Approccio sperimentale al problema**

In questa indagine è stato utilizzato un design descrittivo oggettivo (53). Infatti la valutazione reale del TL (cioè il volume e l'intensità) sperimentato da ogni giocatore, è stata monitorata in accordo alla prescrizione dell'allenatore, senza nessun intervento esterno (e.g. consulenza dello sperimentatore). Il carico interno dei giocatori è stato valutato utilizzando il metodo delle session-RPE secondo le metodiche proposte da Foster et al. (24). Il metodo delle session-RPE ha dimostrato di essere un valido metodo per valutare il carico interno nei giocatori di basket di college, e nei giovani calciatori (24, 31). Tuttavia, l'applicabilità di tale metodo per quantificare l'allenamento nel corso di diversi tipi di esercizi, non è stato valutato nei giocatori di basket professionisti. Pertanto, il primo obiettivo degli autori di questo studio è stato quello di valutare la validità di popolazione del metodo delle session-RPE in giocatori professionisti di basket di alto livello competitivo. E' stato ipotizzato che, le richieste principalmente ad alta intensità (i.e. anaerobica) imposte ai giocatori professionisti di basket (30) potrebbero modificare il rapporto tra la frequenza cardiaca (FC) e la sensazione dello sforzo percepito (RPE) (24). La validità è stata

valutata come associazione tra le session-RPE e la FC di allenamento (22-24, 31). Le risposte delle session-RPE sono state anche comparate rispetto a due metodi oggettivi basati sulla FC descritti da Edwards (19) e da Banister et al. (2) e assunti come criterio di validità (31). L'evoluzione del profilo del carico di allenamento di questi giocatori professionisti di basket, è stato esaminato durante la fase più importante della stagione competitiva (un mese prima del torneo dei play-off), nella quale i giocatori stavano conquistando il successo nella stagione regolare (2<sup>a</sup> classificata). Considerato che le squadre professionistiche di basket d'élite, partecipano durante la stagione regolare ai tornei delle coppe internazionali, il profilo settimanale del TL dei giocatori coinvolti nello studio, è stato valutato durante 2 tipici "micro-cicli" settimanali di allenamento in cui si avevano una o due competizioni ufficiali. Per il controllo, i due differenti profili settimanali di TL (i.e. micro-cicli di allenamento) sono stati studiati rispetto ad una settimana tipica di allenamento, dove nessuna competizione ha avuto luogo (micro-ciclo di controllo). La ripetibilità del metodo delle session-RPE è stata valutata prima dell'inizio dello studio osservazionale, attraverso il coefficiente di correlazione intraclasse (ICC) e come coefficiente di variazione (CV). I valori corrispondenti erano rispettivamente 0.95 e 1%.

## **Soggetti**

I soggetti di questo studio (età  $28 \pm 3.6$  anni, altezza  $202 \pm 7.9$ cm,  $102 \pm 11.3$  kg di massa corporea,  $11.0 \pm 1.4\%$  di grasso corporeo) erano otto giocatori professionisti a tempo pieno, della Serie A1 italiana di pallacanestro. La prestazione dei giocatori sullo Yo-Yo Intermittent recovery test al tempo dello studio era  $1945 \pm 144$ m (8). I giocatori sono stati osservati (12 settimane) durante il campionato di basket italiano di Serie A1, nella stagione 2006-2007. Al tempo della ricerca i giocatori avevano almeno 6 anni di esperienza a questo livello competitivo. Tutti i giocatori erano starters e durante il corso della ricerca giocavano lo stesso tempo di gioco (10, 35). Prima dell'inizio dello studio tutti i soggetti sono stati informati (tramite spiegazioni scritte e verbali) della procedura

adottata in questa ricerca allo scopo di rendere chiari tutti i rischi e i benefici associati alla partecipazione a questo studio. Il consenso informato scritto è stato ottenuto da tutti i giocatori. Lo studio è stato approvato dall'Institutional Review Board locale. Tutte le procedure coinvolte in questo studio sono state conformi alla dichiarazione di Helsinki.

## **Procedure**

La FC e la sensazione soggettiva dello sforzo quale le session-RPE, sono state valutate in ciascun giocatore (i.e. ogni sessione di allenamento) per 12 settimane durante la stagione competitiva (da febbraio ad aprile). La frequenza cardiaca è stata registrata (frequenza di campionamento 5s) usando un cardiofrequenzimetro a telemetria breve (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). In accordo con Krstrup et al. (36) la frequenza cardiaca massima è stata valutata in ciascun giocatore con un test di endurance da campo, specifico per il basket, come lo Yo-Yo intermittent recovery test (level 1). Dopo ogni sessione di allenamento, i dati della FC sono stati scaricati su un computer portatile (Acer Aspire 5000, Cina), utilizzando un software specifico (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) e successivamente esportati e analizzati utilizzando il programma Excel (Microsoft Corporation, Stati Uniti d'America). Le RPE dei soggetti sono state valutate utilizzando la scala di Borg modificata a 10 punti da Foster et al. (22). I giocatori sono stati istruiti e hanno familiarizzato con l'uso della scala di Borg a 10 punti durante le 2 settimane precedenti l'inizio della sperimentazione. Per garantire che la percezione dello sforzo fosse riferita all'intera sessione di allenamento, ciascuna RPE dei soggetti è stata registrata su base individuale, circa 30 minuti dopo il completamento di ogni sessione di allenamento (24, 31). Ogni giocatore ha riportato la percezione soggettiva dello sforzo delle sessioni di allenamento, e quella delle gare puntando il dito sulla scala di Borg a 10 punti. La durata della sessione è stata registrata dall'inizio alla fine della stessa compresi i periodi di recupero. La durata delle sessioni di gioco (escluso il riscaldamento) è stata registrata anch'essa dall'inizio alla fine dello stesso, compresi tutti

gli stop (gioco fermo, stop per infortunio, time-out e stop tra i tempi di gioco). I dati sono stati raccolti per due diversi periodizzazioni settimanali di allenamento, che prevedevano una o due partite a settimana. Come micro-ciclo di controllo è stato utilizzato, il TL medio di due settimane di allenamento, in cui non sono state effettuate competizioni. Tutte le sessioni di allenamento esaminate, sono state stabilite dal capo allenatore della squadra senza alcuna consulenza esterna (i.e. consulenza dell'esperto in scienze dello sport). Durante questo periodo della stagione, la maggior parte dell'allenamento per il condizionamento fisico è stato effettuato utilizzando esercitazioni di gioco a ranghi ridotti. L'allenamento di solito includeva 1-2 sessioni di esercitazioni della forza a settimana, costituito da circuit training di pesi (50-80% 1RM) (18) e sessioni di allenamento di potenza (i.e. pliometria). La durata della sessione di allenamento variava da 80 a 120 minuti. I dettagli delle diverse attività di allenamento settimanale, sono rappresentati nella tabella 1. Durante il periodo di studio gli atleti hanno preso parte a 16 incontri ufficiali (i.e. 9 incontri di Campionato Nazionale e 7 di Euro-Lega). Per ogni giocatore sono state raccolte quaranta sessioni di allenamento. Le sessioni nelle quali erano previsti i test da campo, sono state effettuate sul campo di basket, dove i giocatori tutti i giorni erano impegnati nella loro sessione di allenamento.

**Table 1.** Training activities undertaken by players during the championship weeks monitored.

Day	Training Activity		
	No Match	1 Match	2 Match
Monday	Technical/Tactical	Rest	Rest
Tuesday	Strenght training + Technical	Strenght training + Technical	Explosive weights + Technical
Wednesday	Technical/Tactical	Technical/Tactical	Tactical
Thursday	Explosive weights + Technical	Explosive weights + Technical	Match
Friday	Technical/Tactical	Technical/Tactical	Tactical
Saturday	Tactical	Tactical	Technical/Tactical
Sunday	Rest	Match	Match
Weekly load	3334	2928	2791
Monotony (mean weekly load / SD)	1.70	1.59	1.62
Strain (load x monotony)	5678	4666	4534

## **Analisi statistica**

I risultati sono stati espressi come media  $\pm$  deviazione standard (SD). Prima di utilizzare i test parametrici l'assunzione di normalità è stata verificata usando il W test di Shapiro-Wilk. Il coefficiente di correlazione momento-prodotto di Pearson e l'analisi di regressione lineare (e i corrispondenti intervalli di confidenza al 95%, 95% CI) sono stati calcolati per determinare l'esistenza di una relazione significativa tra le session-RPE e i vari TL basati sulla FC, e tra la prestazione nello Yo-Yo IRL1 (distanza percorsa) e la media settimanale delle session-RPE. Al fine di valutare la rilevanza dei coefficienti di correlazione, è stato calcolato l'Effect Size (ES) in accordo a Cohen et al. (11). Effect Size di 0.8 o più grande, di circa 0.5 e uguale o inferiore a 0.2 sono stati considerati rispettivamente come grandi, moderati, e piccoli. L'ANOVA modello misto per misure ripetute (periodizzazione x tempo) è stata utilizzata per esaminare le differenze tra i TL settimanali. Quando è stato trovato un valore di F significativo, è stato applicato il test post hoc di Bonferroni. La significatività è stata fissata a 0.05 ( $p \leq 0,05$ )

## **Risultati**

I TL basati sulle FC (TL) e le session-RPE sono stati calcolati su 200 sessioni di allenamento. Relazioni significative sono state trovate tra le session-RPE individuali e tutti i carichi di allenamento basati sulle FC ( valore di r compreso tra 0.69 e 0.85;  $P < 0.001$ ). Le correlazioni individuali sono presentate nella tabella 2. In aggiunta è stata osservata una correlazione significativa tra le session-RPE di squadra e il carico di allenamento di squadra, valutato attraverso il metodo di Edwards (  $r=0.85$ ;  $P < 0.001$ ; 95% CI 0.93 a 0.68) come rappresentato in figura 1. La Figura 2 mostra il pattern delle session-RPE e il TL di Edwards durante le 12 settimane di allenamento. Il TL settimanale ( $3334 \pm 256$  UA) durante la settimana di controllo (senza gare) è risultato significativamente diverso dal TL accumulato durante le settimane con micro-cicli che prevedevano una o due gare (Figura 3). Non sono state riscontrate differenze significative nelle

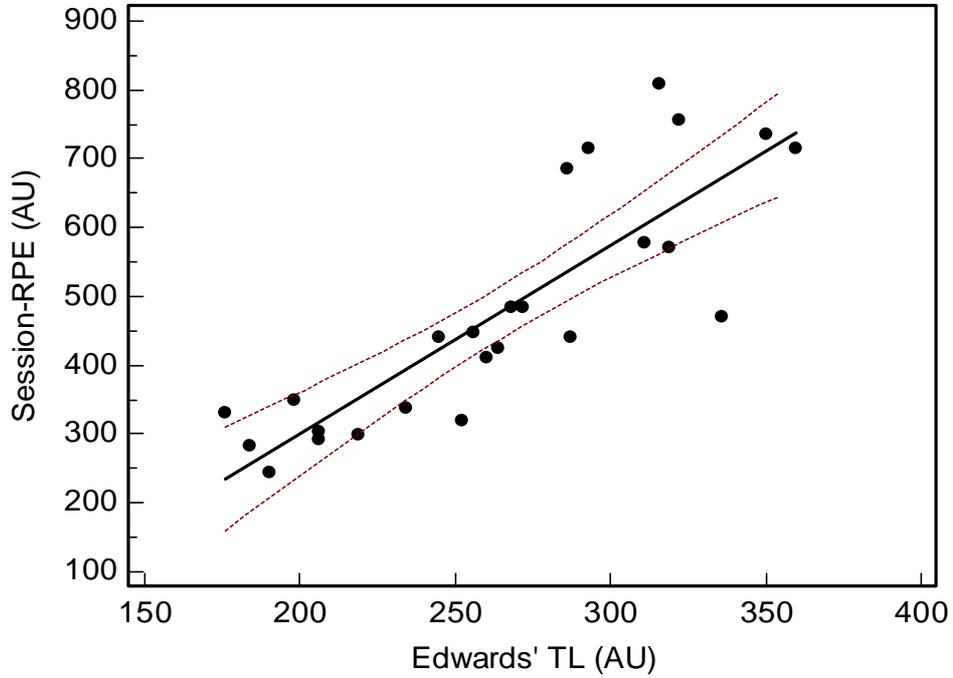
session-RPE settimanali delle settimane che prevedevano una periodizzazione con 1 o 2 gare ( $2928 \pm 303$  vs  $2791 \pm 239$  AU, rispettivamente,  $P = 0.33$ ). Le session-RPE medie per il Martedì, Mercoledì, Giovedì, Venerdì e Sabato, quando la squadra giocava una partita a settimana, erano  $765 \pm 89$  AU,  $309 \pm 80$  AU,  $656 \pm 88$  AU,  $461 \pm 106 \pm 56$  e  $222$  UA, rispettivamente ( $n = 8$ ). Le session-RPE medie per le gare di campionato erano  $522 \pm 51$  AU. Quando la squadra svolgeva due partite a settimana, le session-RPE medie per il Martedì, Mercoledì, Venerdì, Sabato erano  $748 \pm 71$  AU,  $275 \pm 54$  AU,  $276 \pm 56$  AU, e  $384 \pm 65$  AU, rispettivamente. Le session-RPE medie per le gare di Euro-Lega erano  $578 \pm 67$  AU. Una rappresentazione schematica del profilo del TL interno delle due diverse periodizzazioni settimanali è presentato in figura 4. Nessuna differenza nel TL settimanale è stato osservato tra i giocatori in entrambi i modelli di periodizzazione (i.e. 1 o 2 partite a settimana,  $P > 0.05$ , figura 5). Un trend è stato rilevato nella correlazione tra la prestazione nello Yo-Yo IR1 (distanza percorsa) e il punteggio delle session-RPE ( $r = 0.68$ ,  $p = 0.06$ , figura 6).

**Table 2. A)** Individual relationship between Session-RPE TL and Edwards TL method (n=25);**B)** individual relationship between Session-RPE and Banister et al. method (TRIMP, n=25).

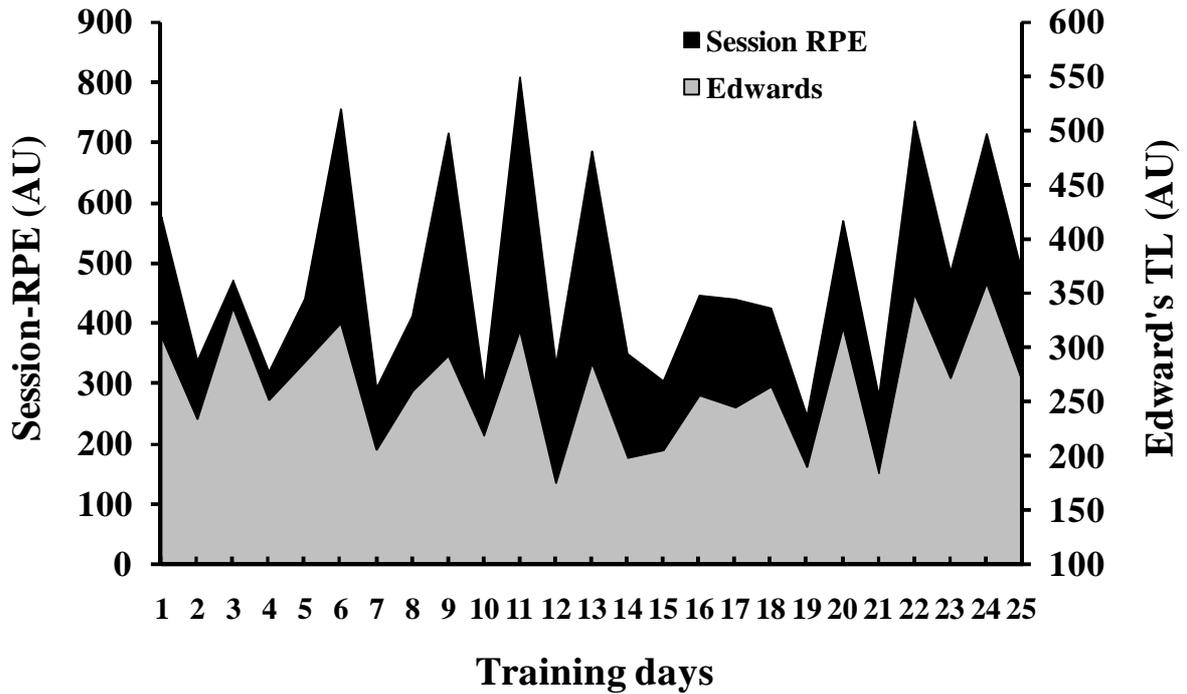
A	Edwards' TL vs Session-RPE		
	r	CI (95%) Upper - Lower	P <
S1	0,69	(0,87 - 0,33)	0,001
S2	0,83	(0,93 - 0,59)	0,0001
S3	0,83	(0,93 - 0,62)	0,0001
S4	0,81	(0,92 - 0,62)	0,0001
S5	0,80	(0,91 - 0,57)	0,0001
S6	0,83	(0,93 - 0,59)	0,0001
S7	0,77	(0,89 - 0,54)	0,0001
S8	0,85	(0,93 - 0,68)	0,0001

B	Banisters' TRIMP vs Session-RPE		
	r	CI (95%) Upper - Lower	P <
S1	0,70	(0,88 - 0,34)	0,001
S2	0,78	(0,92 - 0,50)	0,0001
S3	0,80	(0,92 - 0,54)	0,0001
S4	0,75	(0,88 - 0,51)	0,0001
S5	0,75	(0,89 - 0,48)	0,0001
S6	0,82	(0,93 - 0,57)	0,0001
S7	0,78	(0,90 - 0,56)	0,0001
S8	0,81	(0,91 - 0,62)	0,0001

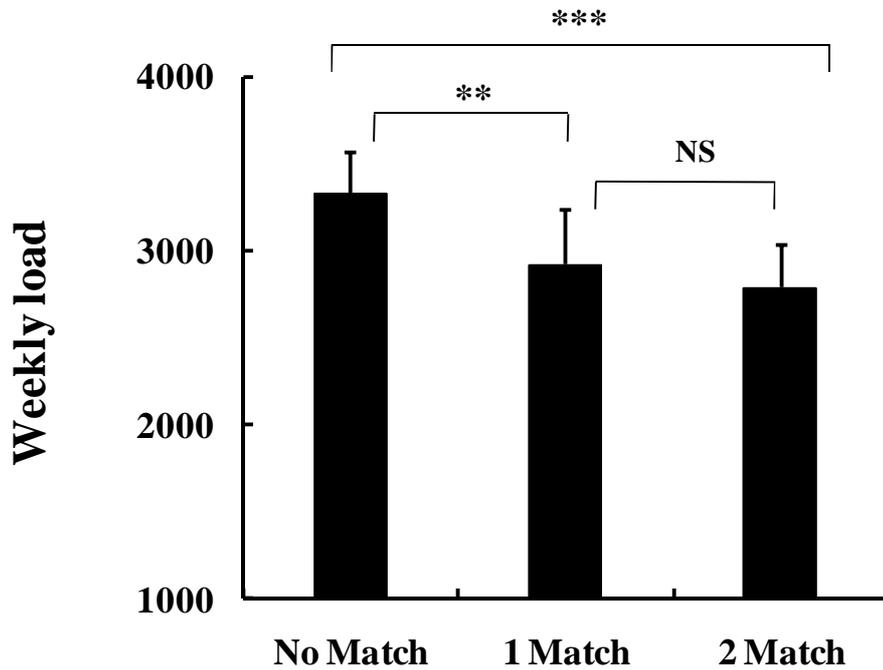
Edwards' TL vs Session-RPE			
r	CI (95%) Upper - Lower	P <	Effect size
0,85	(0,93 - 0,68)	0,0001	0,64



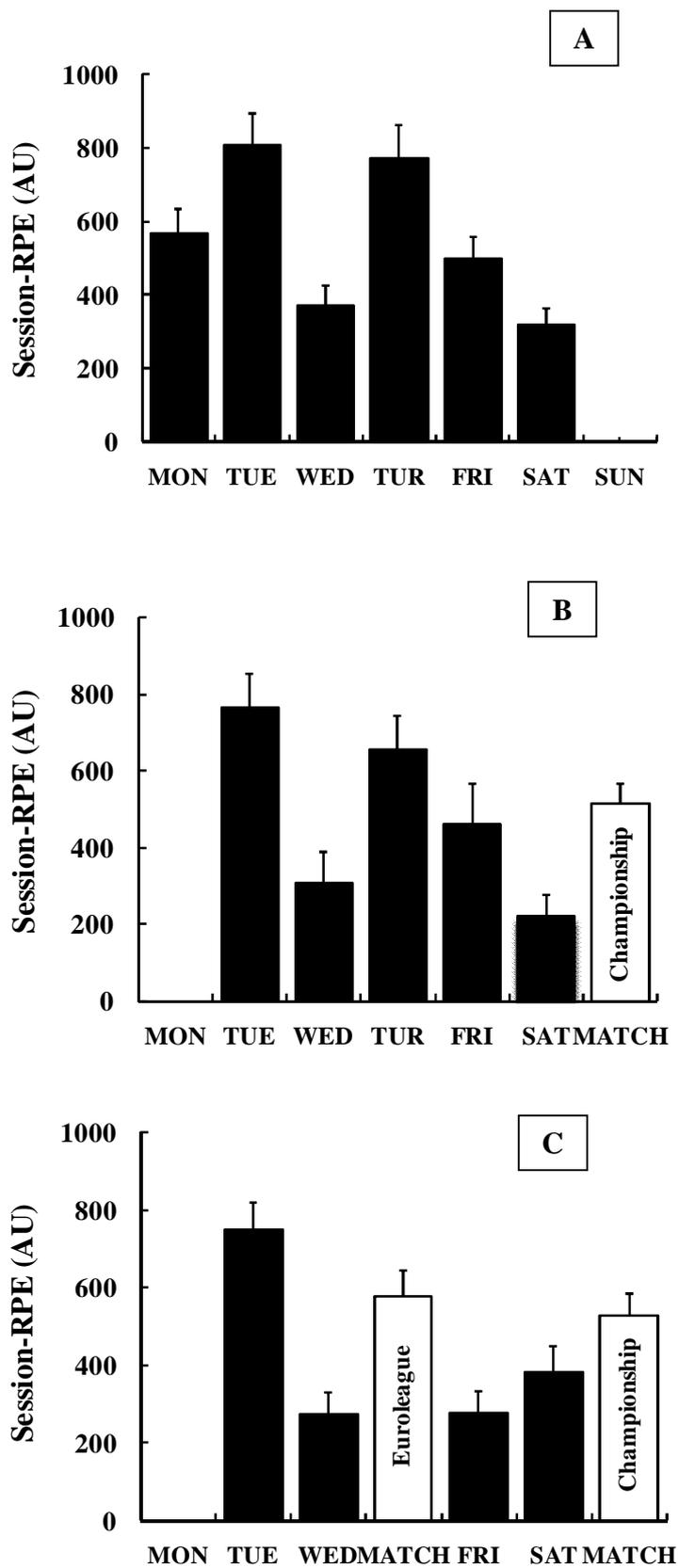
**Figure 1.** Relationship between Session-RPE TL and Edwards TL method (pooled data n=200, r=0.85, P<0.0001, 95%CI 0.93-0.68, Effect size 0.64).



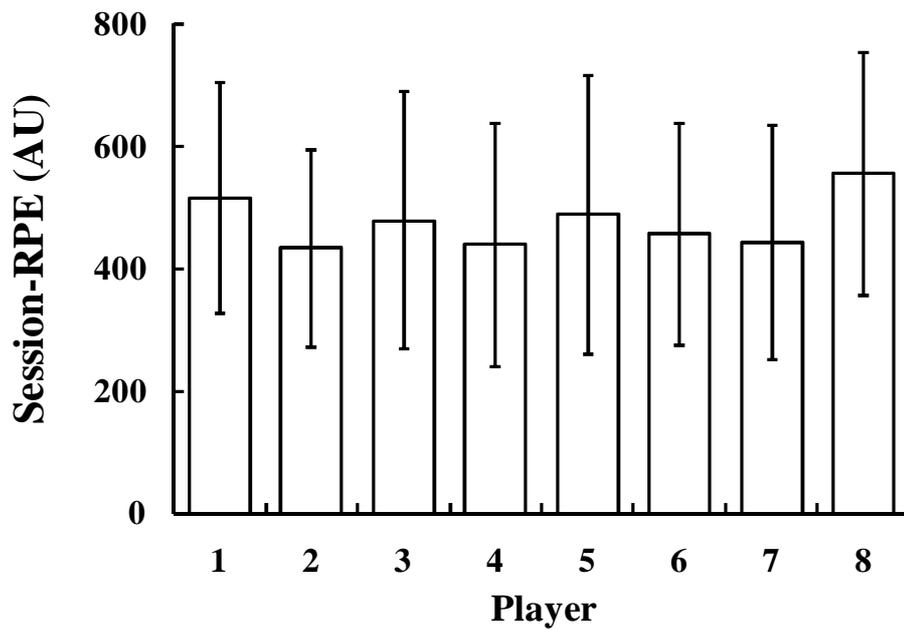
**Figure 2.** Profile of Session-RPE TL vs Edwards TL method across the training sessions examined (n=200).



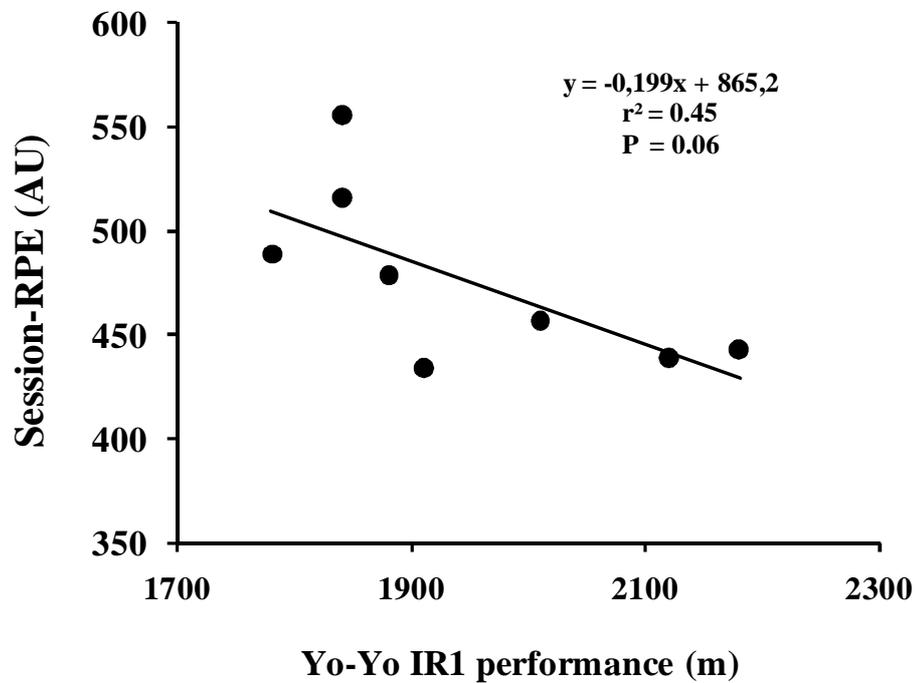
**Figure 3.** Comparison among weekly TLs during the control (no game) and 1 and 2 games a week training microcycles (n=8, 200 observations).



**Figure 4.** A) Session-RPE TL profile of the training week that comprised no game (n=8); B) Session-RPE TL profile of the training week that comprised 1 game a week (n=8); C) Session-RPE TL profile of the training week that comprised 2 games a week (n=8).



**Figure 5:** In-Between players' comparison of average weekly TL (i.e. pooled data of 1 and 2 games a week microcycles, n=8, 25 observation per player).



**Figure 6.** Relationship between Yo-Yo Intermittent recovery test performance and Session-RPE TL scores (n=8, 25 observation per player).

## Discussione

La principale scoperta di questo studio è stata la comparsa di diversi profili di carico settimanale di allenamento nel basket professionistico d'élite. Questa differenza era in relazione al numero di partite giocate ogni settimana. In particolare, quando era prevista una sola gara a settimana era evidente una chiara fase di scarico pre-competitivo (6). Tale risultato si è rivelato simile a quello riportato in precedenza da Impellizzeri et al. (31) nei giovani calciatori, che hanno mostrato un progressivo decremento della risposta individuale all'allenamento, il giorno precedente la competizione (i.e. Sabato). Quando erano giocate due partite a settimana la prima competizione (i.e. Giovedì) era affrontata con un tapering simile a quello adottato nel corso della settimana che prevedeva uno schema con una sola gara. Anche se il secondo TL pre-gara (Sabato) risultava superiore a quello riportato per la settimana con una periodizzazione che prevedeva una singola gara, questa differenza non era significativa ( $P = 0.77$ ). Questa risultanza può essere dovuta all'affaticamento accumulato dai giocatori per lo sforzo sostenuto e/o all'intervento dell'allenatore.

L'analisi del programma di allenamento ha dimostrato che il giorno prima della seconda gara della settimana, il team degli allenatori tendeva ad aumentare il TL esterno, probabilmente nel tentativo di compensare il TL perso a causa di precedenti strategie di tapering (i.e. prima della prima gara).

Poiché non era previsto nessun intervento esterno (i.e. consulenza dell'esperto in scienze dello sport) la distribuzione del carico durante la settimana di allenamento può essere attribuita all'esperienza dell'allenatore. Tuttavia, non sono attualmente disponibili dati basati sull'evidenza scientifica circa gli effetti di tale strategia di pianificazione sui risultati delle gare (6). Pertanto risultano necessari progetti di ricerca controllati per stabilire quale sia la migliore strategia di tapering, se esiste, al fine di preparare la gara di basket (40). L'analisi del profilo della distribuzione del carico settimanale ha dimostrato che durante il micro-ciclo a gara singola (i.e. una gara nel week-end) è stata utilizzata dall'allenatore e dal preparatore fisico una strategia con un tapering esponenziale (vedi figura 3 B). Questa strategia di tapering è stata segnalata come la più efficace

nell'indurre effetti positivi sulle prestazioni in sport di resistenza (6). Data la natura di questo studio (i.e. design descrittivo) e la difficoltà di valutare la prestazione negli sport di squadra (32, 49), non è stato possibile testare l'efficacia di tale strategia di tapering. Studi futuri che coinvolgano la match e la time motion analysis nonché simulazioni di gara (26, 27, 33) potrebbero risultare di aiuto per valutare l'efficacia delle differenti strategie di tapering nel basket. Risulta interessante notare che le session-RPE riportate dai giocatori, come conseguenza dello stress della gara, risultavano inferiori a quello riportato da Impellizzeri et al. (31) per il post-partita di calcio (525-575 AU vs 625 AU). Sebbene i giocatori di questo studio competevano a livello professionistico, le risposte alla gara sembrano evidenziare delle esigenze specifiche alla disciplina praticata. Tuttavia poiché le session-RPE sono tempo dipendenti (22, 24), la differenza nella partecipazione al gioco (i.e. sostituzioni), può avere avuto un ruolo nella minore percezione dello sforzo dimostrato dai giocatori di basket nel presente studio. Infatti, i giocatori di basket sono stati coinvolti per un tempo medio totale di gioco (i.e. tempo effettivo e interruzioni) (39) di  $70 \pm 4.8$  min. Nello studio di Impellizzeri et al. (31), la session-RPE della partita di calcio è stata calcolata solo nei giocatori che avevano svolto almeno 80 minuti di gioco. Questa differenza nel tempo di gara è stata probabilmente la ragione dell'inferiore punteggio medio delle session-RPE riportato dai giocatori di basket in questo studio. In giocatori di basket maschi universitari ( $n = 14$ , età  $20.2 \pm 1.5$  anni, altezza  $191.4 \pm 4.9$  cm, massa corporea  $89.3 \pm 7.8$  kg) Foster et al. (24) hanno riportato un punteggio nelle session-RPE di  $744 \pm 84$  UA durante gare e allenamenti di basket. Questi punteggi sono significativamente più elevati rispetto alla session-RPE media trovata in questo studio in giocatori di basket professionisti e da Dellatre et al. (16) in giovani ciclisti (311,31 AU). Considerando il carico di allenamento settimanale accumulato, è possibile avere informazioni più dettagliate sulla risposta soggettiva effettiva alla prescrizione dell'allenamento (31, 33). In questo studio il carico di allenamento settimanale corrispondeva a  $2928 \pm 303$  e  $2791 \pm 239$  AU ( $P > 0.05$ ) rispettivamente per una periodizzazione che prevedeva 1 o 2 gare a settimana, ( $P > 0.05$ ). Il  $TL_S$  settimanale sostenuto questi giocatori di basket si trova all'interno

della fascia superiore del TL riportato dalla letteratura internazionale che oscilla per atleti di resistenza di medio livello e d'elite tra le 1386 e le 3725 AU, rispettivamente (22, 23). In giovani calciatori maschi che svolgevano specifici allenamenti di calcio (i.e. giochi con la palla) nella fase di preparazione pre-campionato, Impellizzeri et al. (33) hanno riferito un TL medio settimanale di  $3475 \pm 249$  AU. Nello studio di Impellizzeri et al. (33) il TL settimanale ha subito un significativo decremento (da  $3475 \pm 249$  a  $2798 \pm 322$  AU,  $P < 0.05$ ) mostrando una risposta del profilo dell'allenamento dipendente dal periodo (cioè pre-season vs stagione competitiva). In questo studio i giocatori di basket sono stati osservati durante la fase più difficile della stagione competitiva ovvero quando i giocatori, dopo aver completato la stagione regolare (seconda posizione in classifica) si apprestavano a giocare i play-off (quarti nel piazzamento finale). Questo disegno di ricerca è stato utilizzato presupponendo che le informazioni acquisite in questo periodo della stagione competitiva fossero maggiormente rappresentative del tipico TL settimanale sviluppato dai giocatori di basket professionisti (i.e. equilibrio funzionale tra sviluppo delle qualità condizionali e abilità di squadra) (4, 39). Il confronto tra il carico interno settimanale tra le 2 settimane aventi diversi profili ha mostrato che malgrado una diversa distribuzione dei carichi nei i micro-cicli di allenamento (7 giorni) il TL globale rimaneva costante (i.e., carichi di gara più le sessioni di allenamento). Questo nonostante il TL settimanale imposto durante le sessioni effettive di allenamento (5 vs 4 sessioni per un profilo con 1 vs 2 gare rispettivamente) sia risultato essere significativamente differente ( $2436 \pm 233$  vs  $1722 \pm 229$ ,  $P = 0.001$ ). Ciò può voler dire che spontaneamente gli allenatori e i preparatori fisici impongono in tutta la stagione competitiva un analogo TL settimanale nel tentativo di non sovraccaricare i giocatori. Questo è in conflitto con il principio della progressività del sovraccarico di solito adottato negli sport di resistenza (20-23, 47). Una possibile spiegazione di questo fenomeno può essere trovata nel fatto che gli sport di squadra richiedono frequenti eventi competitivi (i.e. da 1 a 3 gare per settimana) e pertanto l'attuazione di un TL progressivo durante la stagione competitiva è percepito dagli allenatori come dannoso. A tal proposito il momento competitivo della stagione in

cui è stata effettuata l'analisi ha sicuramente svolto un ruolo (i.e. un mese prima della finale play-off). I risultati del presente studio hanno dimostrato che le session-RPE TL possono essere considerate come un valido metodo per valutare le risposte individuali all'allenamento, anche in giocatori professionisti di basket. Questa scoperta è simile a quella riportata in precedenza da altri autori in atleti di resistenza (22, 23, 47) e da Foster et al. (24) e Impellizzeri et al. (31) rispettivamente in giocatori di basket di college e in giovani calciatori. Infatti il punteggio delle session-RPE è risultato fortemente relazionato al TL di Edwards e al TRIMP di Banister et al. (31) considerati come il gold standard nella valutazione del carico interno di allenamento. Questa circostanza, ancora una volta, sostiene l'idea (22-24, 31, 47) che le session-RPE siano un valido metodo per definire la risposta all'allenamento anche in giocatori di basket di livello professionistico in cui l'allenamento e le esigenze della gara sono probabilmente più nel dominio anaerobico e, di conseguenza, meno dipendenti da marker fisiologici della via aerobica (i.e. frequenza cardiaca) (13). Tuttavia di recente diversi studi hanno dimostrato che il coinvolgimento aerobico durante la competizione, sia svolta a livello giovanile che professionistico è più elevato rispetto a quanto ritenuto in passato (3, 4, 7, 39, 41). Inoltre studi sugli sport di squadra hanno dimostrato che il metodo delle session-RPE è correlato ai markers degli sforzi anaerobici come il lattato (13). I risultati del presente studio hanno inoltre mostrato che le risposte individuali all'allenamento sono risultate simili sebbene sia stato studiato un gruppo di giocatori allenati, (figura 5). Questo falsificando la nostra ipotesi di lavoro che era logicamente sostenuta da precedenti ricerche pubblicate sugli sport di resistenza (20, 23, 47). Tuttavia non è stata effettuata nessuna analisi sulle richieste fisiche delle esercitazioni con la palla (i.e. accelerazione, decelerazione ecc) e di conseguenza anche se le risposte soggettive sono risultate simili la prestazione oggettiva potrebbe essere stata differente (20, 23, 47). Risulta alquanto interessante notare il rilievo dell'esistenza di una tendenza "quasi significativa" tra le session-RPE individuali e la prestazione nello Yo-Yo IR1, che suggerisce come i giocatori con maggiore fitness manifestassero un TL interno più basso. Ciò

potrebbe significare che la resistenza specifica probabilmente svolge un ruolo positivo nella risposta all'allenamento nel basket di élite. Questo facendo sì che i giocatori di basket in possesso di una maggiore fitness percepiscano una minore sensazione di fatica quando svolgono un compito simile ai giocatori con minore condizionamento (8). Quanto appena discusso risulta di estrema importanza per l'attuazione di corrette strategie di condizionamento nel basket e, di conseguenza, ulteriori studi sono necessari. In questo studio è stato adottato un design descrittivo non sperimentale nel tentativo di esaminare la distribuzione spontanea del TL nel basket professionistico d'élite. Sebbene in questo studio siano state esaminate 200 sessioni di allenamento si ritengono utili ulteriori ricerche impieganti un disegno sperimentale randomizzato per ottenere conclusioni definitive circa la ripartizione del carico di allenamento nel corso della stagione competitiva nei giocatori professionisti di basket.

## Bibliografia

1. APOSTOLIDIS, N., G.P. NASSIS, T. BOLATOGLOU, and N.D. GELADAS. Physiological and technical characteristics of elite young basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*. 44(2):157-163. 2004.
2. BANISTER, E.W., P. GOOD, G. HOLMAN, and C.L. HAMILTON, eds. *Modelling the training response in athletes*. Sport and Elite Performers, ed. D.M. Landers. Human kinetics: Champaign, Illinois:. 1986. 7-23.
3. BEN ABDELKRIM, N., C. CASTAGNA, S. EL FAZAA, Z. TABKA, and J. EL ATI. Blood metabolites during basketball competitions. *J Strength Cond Res*. accepted. 2008.
4. BEN ABDELKRIM N., S. EL FAZAA, and J. EL ATI. Time-motion analysis and physiological data of elite under- 19 Basketball players during competition. *Br. J. Sports Med.* . 41(2):69-75. 2006.
5. BILLAT, V., P.M. LEPRETRE, A.M. HEUGAS, M.H. LAURENCE, D. SALIM, and J.P. KORALSZTEIN. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Med Sci Sports Exerc*. 35(2)::297-304. 2003
6. BOSQUET, L., J. MONTPETIT, D. ARVISAIS, and I. MUJKA. Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 39(8):1358-1365. 2007.
7. CASTAGNA, C., S. D'OTTAVIO, V. MANZI, G. ANNINO, R. COLLI, R. BELARDINELLI, and F. LACALAPRICE. HR and VO2 responses during basketball drills, In *Book of Abstract of the 10th Annual Congress of European College of Sport Science*. N. Dikic, et al., eds: Belgrade, Serbia, 2005. pp. 160.
8. CASTAGNA, C., IMPELLIZZERI F. M. , E. RAMPININI, S. D'OTTAVIO, and V. MANZI. The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players *J Sci Med Sport*. 11(2):202-208. 2008.
9. CASTAGNA, C., V. MANZI, S. D'OTTAVIO, G. ANNINO, E. PADUA, and D. BISHOP. Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *J. Strength Cond. Res*. 21(4):1172-1176. 2007.
10. CATERISANO, A., B. PATRICK, W.L. EDENFIELD, and M.J. BATSON. Effects of a basketball season on aerobic and strength parameters among college men: starters vs reserves *J. Strength Cond. Res*. 11(1):21-24. 1997.
11. COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
12. COUTTS, A., P. REABURN, T.J. PIVA, and A. MURPHY. Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *Int J Sports Med*. 28(2):116-124. 2007.
13. COUTTS, A.J., E. RAMPININI, S.M. MARCORÀ, C. CASTAGNA, and F.M. IMPELLIZZERI. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport*:. [Epub ahead of print]. 2007.
14. COUTTS, A.J., P. REABURN, T.J. PIVA, and G.J. ROWSELL. Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur J Appl Physiol*. 99(3):313-324. 2007.
15. COUTTS, A.J., L.K. WALLACE, and K.M. SLATTERY. Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *Int J Sports Med*. 28(2):125-314. 2007
16. DELATTRE, E., M. GARCIN, L. MILLE-HAMARD, and V. BILLAT. Objective and subjective analysis of the training content in young cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*. 31(2):118-125. 2006.
17. DURELL, D.L., T.J. PUJOL, and J.T. BARNES. A survey of the scientific data and training methods utilized by collegiate strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res*. 17(2):368-73. 2003.
18. EBBEN, W.P. and P.B. WATTS. A review of combined weight training and plyometric training modes: complex training. *Strength Cond. J*. 20(5):18-27. 1998.
19. EDWARDS, S. High performance training and racing, In *The Heart Rate Monitor Book*. S. Edwards, ed. Feet Fleet Press: Sacramento, CA, 1993. pp. 113-123.

20. ESTEVE-LANAO, J., A.F. SAN JUAN, C.P. EARNEST, C. FOSTER, and A. LUCIA. How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc.* 37(3):496-504. 2005.
21. ESTEVE-LANAO, J., C. FOSTER, S. SEILER, and A. LUCIA. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res.* 21(3):943-949. 2007.
22. FOSTER, C., E. DAINES, L. HECTOR, A.C. SNYDER, and R. WELSH. Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal.* 95:370-374. 1996.
23. FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(7):1164-1168. 1998
24. FOSTER, C., J.A. FLORHAUG, J. FRANKLIN, L. GOTTSCHALL, L.A. HROVATIN, S. PARKER, P. DOLESHAL, and C. DODGE. A new approach to monitoring exercise training. *J. Strength Cond. Res.* 15(1):109-115. 2001.
25. GILLAM, G.M. Physiological basis of basketball bioenergetics. *NSCA Journal.* 6:44–71. 1985.
26. HELGERUD, J., L.C. ENGEN, U. WISLØFF, and J. HOFF. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(11):1925-1931. 2001.
27. HOFFMAN, J.R., H. STAVSKY, and B. FALK. The effect of water restriction on anaerobic power and vertical jumping height in basketball players. *Int. J. Sports Med.* 16:214-218. 1995.
28. HOFFMAN, J.R., G. TENENBAUM, C.M. MARESH, and W.J. KREAMER. Relationship Between Athletic Performance Tests and Playing Time in Elite College Basketball Players. *J. Strength Cond. Res.* 10(2):67-71. 1996.
29. HOFFMAN, J.R., S. EPSTEIN, M. EINBINDER, and Y. WEINSTEIN. The influence of aerobic capacity on anaerobic performance and recovery indices in basketball players. *J. Strength Cond. Res.* 13(4):407-411. 1999.
30. HOFFMAN, J.R. and C.M. MARESH. Physiology of basketball., In *Exercise: Basic and Applied Science.* W.E. Garrett and D.T. Kirkendall, eds. Lippincott Williams & Wilkins: Baltimore, 2000. pp. 733–744.
31. IMPELLIZZERI, F.M., E. RAMPININI, A.J. COUTTS, A. SASSI, and S.M. MARCORA. Use of RPE based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 36(6):1042-1047. 2004
32. IMPELLIZZERI, F.M., E. RAMPININI, and S.M. MARCORA. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J. Sports Sci.* 23(6):583 – 592. 2005.
33. IMPELLIZZERI, F.M., S.M. MARCORA, C. CASTAGNA, T. REILLY, A. SASSI, F.M. IAIA, and E. RAMPININI. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int. J. Sports Med.* 27(6):483-492. 2006.
34. ISSURIN, V. Block periodization versus traditional training theory: a review. *J Sports Med Phys Fitness.* 48(1):65-75. 2008.
35. KRAEMER, W.J., D.N. FRENCH, N.J. PAXTON, K. HAKKINEN, J.S. VOLEK, W.J. SEBASTIANELLI, M. PUTUKIAN, R.U. NEWTON, M.R. RUBIN, A.L. GOMEZ, J.D. VESCOVI, N.A. RATAMESS, S.J. FLECK, J.M. LYNCH, and H.G. KNUTTGEN. Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *J Strength Cond Res.* 18(1):121-128. 2004.
36. KRUSTRUP, P., M. MOHR, T. AMSTRUP, T. RYSGAARD, J. JOHANSEN, A. STEENSBERG, P.K. PEDERSEN, and J. BANGSBO. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: Physiological response, reliability, and validity. *Med. Sci. Sports Exer.* 35(4):697-705. 2003.
37. LATIN, R.W., K. BERG, and T. BAECHE. Physical and performance characteristics of NCAA Division I Male basketball players. *J. Strength Cond. Res.* 8(4):214-218. 1994.
38. MATAVULJ, D., M. KUKOLJ, D. UGARKOVIC, J. TIHANYI, and S. JARIC. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 41(2 ):159-164. 2001.
39. MCINNES, S.E., J.S. CARLSON, C.J. JONES, and M.J. MCKENNA. The physiological load imposed upon basketball players during competition. *J. Sports Sci.* 13:387-397. 1995.
40. MUJKA, I., S. PADILLA, D. PYNE, and T. BUSSO. Physiological Changes Associated with the Pre-Event Taper in Athletes. *Sports Med.* 34(13):891-927. 2004.

41. NARAZAKI, K., K. BERG, N. STERGIU, and B. CHEN. Physiological demands of competitive basketball. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. [Epub ahead of print]. 2008.
42. OSTOJIC, S.M., S. MAZIC, and N. DIKIC. Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *J. Strength Cond. Res.* 20(4):740-744. 2006
43. RHEA, M.R., W.T. PHILLIPS, L.N. BURKETT, W.J. STONE, S.D. BALL, B.A. ALVAR, and A.B. THOMAS. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *J Strength Cond Res.* 17(1):82-87. 2003
44. RHEA, M.R., S.D. BALL, W.T. PHILLIPS, and L.N. BURKETT. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *J Strength Cond Res.* 16(2):250-255. 2002.
45. RODRIGUEZ-ALONSO, M., B. FERNANDEZ-GARCIA, J. PEREZ-LANDALUCE, and N. TERRADOS. Blood lactate and heart rate during national and international women's basketball. *J Sports Med Phys Fitness.* 43(4):432-436. 2003.
46. SALLET, P., D. PERRIER, J.M. FERRET, V. VITELLI, and G. BAVEREL. Physiological differences in professional basketball players as a function of playing position and level of play. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 45(3):291-294. 2005.
47. SEILER, K.S. and G.Ø. KJERLAND. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scand J Med Sci Sports.* 16(1):49-56. 2006.
48. SIMENZ, C.J., C.A. DUGAN, and W.P. EBBEN. Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *J. Strength Cond. Res.* 19(3):495-504. 2005.
49. SPENCER, M., D. BISHOP, B. DAWSON, and C. GOODMAN. Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities Specific to Field-Based Team Sports. *Sports Med.* 35(12):1025-1044. 2005.
50. STAPFF, A. Protocols for the Physiological Assessment of Basketball Players, In *Physiological Tests for Elite Athletes*. C.J. Gore, ed. Human Kinetics Publishers: Champaign, IL, 2000. pp. 1-27.
51. STONE, W.J. and P.M. STEINGARD. Year-round conditioning for basketball. *Clin Sports Med.* 12(2):173-191. 1993.
52. TAVINO, L.P., C.J. BOWERS AND C. B. ARCHER. Effects of Basketball on Aerobic Capacity, Anaerobic Capacity, and Body Composition of Male College Players. *J. Strength Cond. Res. Vol. 9, No. 2, pp. 75-77.* 9(2):75-77. 1995.
53. THOMAS, J.R., J.K. NELSON, and J. SILVERMAN. *Research methods in physical activity*. 5th ed. Champaign, IL.: Human Kinetics, 2005.

# **RELAZIONE TRA UN TRIMP MODIFICATO E LA PRESTAZIONE IN CORRIDORI AMATORIALI DI LUNGA DISTANZA**

## **Introduzione**

L'allenamento mirante ad aumentare la prestazione atletica è un processo temporale di adattamento che comporta un'esecuzione progressiva e variabile di carichi fisici specificatamente orientati (13). Per indurre adattamenti a breve e lungo termine sono stati proposti dei modelli generali (30). Tuttavia, il miglioramento della prestazione può essere realizzato soltanto attraverso un accurato dosaggio dei carichi di allenamento (23-24). Anche se l'allenamento dovrebbe essere principalmente considerato come un processo multifattoriale, gli adattamenti che conducono agli aumenti di prestazione sono realizzati con una corretta manipolazione dei carichi di allenamento (i.e. volume vs le variazioni di intensità) (13, 24,25). Di conseguenza, la quantificazione dei carichi di allenamento (TL) appare necessaria per una periodizzazione di successo. Il carico di allenamento può essere misurato facilmente raccogliendo i dati relativi alla quantità di dose giornaliera di esercizio (i.e. le ripetizioni e i set, la velocità e la distanza, il peso sollevato, il tempo dell'esercizio) svolta dagli atleti (13). Tuttavia, è solo attraverso una conoscenza sistematica delle risposte individuali transitorie e cumulative ad un dato e/o serie di TL<sub>S</sub> che allenatori e preparatori fisici possono guidare accuratamente il processo di allenamento (2,3,11,16,22). Recentemente sono stati proposti un certo numero di metodi per aiutare gli allenatori e i preparatori fisici ad esaminare la risposta individuale al TL negli sport di squadra e di endurance (10,11,16,31). Questi procedimenti hanno usato, metodi qualitativi-quantitativi di tipo indiretto e descrittivo (i.e. session-RPE) (11,16) o metodi quantitativi diretti (i.e. monitoraggio della frequenza cardiaca) (3,5,6,20). Dato l'avanzamento della tecnologia nel monitoraggio della frequenza cardiaca (FC) (i.e. cardiofrequenzimetri portatili) questi ultimi metodi si sono rapidamente diffusi e sono cresciuti in popolarità negli sport di endurance (1). Tra i metodi basati sulla FC, il TRaining IMPulse (TRIMP)

proposto da Banister et al (3), si è dimostrato accurato nel delineare le singole risposte ai TL negli atleti di elite di sport di squadra (e.g. hockey su prato) e di endurance (12, 26, 29, 31). Con questo metodo la durata di una sessione di allenamento è moltiplicata per la FC media realizzata nel corso di tale sessione, ed è ponderata per l'intensità dell'esercizio nel tentativo di evitare di dare un'importanza sproporzionata a sessioni di allenamento a bassa intensità e di lunga durata rispetto a sessioni di allenamento ad alta intensità e breve durata. Dalla sua introduzione (3) sono stati fatti ulteriori tentativi per migliorare la sensibilità del TRIMP nel quantificare le risposte individuali a un determinato TL. Recentemente Stagno et al. (31) hanno introdotto una versione modificata del metodo di Banister et al (3) prevedendo determinati valori di TRIMP in selezionate zone di FC (i.e. zone vs valori medi). Questo metodo ha dimostrato di individuare i singoli profili di TL e di essere sensibile alla variazione dell'atleta nel risultato dell'allenamento. Tuttavia non sono state fornite informazioni circa la superiorità del TRIMP modificato rispetto al metodo originale per sostenere l'uso di tale tecnica più complessa. Inoltre Stagno et al. (31) hanno utilizzato valori medi di FC per calcolare il fattore di peso (vedi Metodi) introdotto dal Banister et al (3) per tenere conto delle variazioni dell'intensità dell'esercizio. Anche se questo metodo modificato del TRIMP (31) può essere considerato importante per gli sport di squadra, poiché ai giocatori della squadra sono forniti simili TL esterni, il carico interno degli atleti di sport di endurance (i.e. corridori di lunga distanza) (19) potrebbe essere meglio esaminato usando per il TRIMP fattori di peso individuali rispetto a quelli medi. Un metodo di TRIMP basato su fattori di peso individualmente determinati potrebbe tradursi in una più precisa quantificazione delle prestazioni e degli adattamenti all'allenamento negli atleti amatoriali di endurance rispetto ai metodi basati su un valore medio di gruppo. Purtroppo nessuna informazione è attualmente disponibile sull'efficacia e la sensibilità dei metodi del TRIMP in atleti amatoriali di endurance i quali rappresentano una grande parte popolazione fisicamente attiva. Di conseguenza, l'obiettivo di questo studio è duplice: in primo luogo valutare la validità di un TRIMP individualizzato (TRIMPi) nel delineamento delle risposte individuali all'allenamento; in

secondo luogo, valutare la possibile associazione fra gli adattamenti individuali al TL, valutati dal TRIMPi, e la prestazione negli atleti di endurance amatoriali.

## **Metodi**

*Soggetti.* Otto corridori di lunga distanza, sani, di livello amatoriale (età  $39.9 \pm 6.5$  anni, altezza  $177.3 \pm 6.2$  cm, peso  $71.0 \pm 6.5$  kg) con un'esperienza di allenamento nella corsa di 5-6 anni, hanno preso volontariamente parte allo studio. I criteri di inclusione sono stati l'assenza di segni clinici o sintomi di infezione, malattie cardiovascolari o disturbi del metabolismo e una distanza minima settimanale di allenamento di 50 km. Tutti i soggetti hanno fornito il consenso scritto informato alle procedure sperimentali dopo aver spiegato loro i possibili benefici e rischi associati alla partecipazione. Il protocollo di studio è stato approvato dall'Institutional Review Board locale in accordo con le linee guida stabilite dalla World Medical Assembly Declaration di Helsinki. Prima dell'inizio dello studio, tutti i corridori amatoriali di lunga distanza (LDR) si sono astenuti per quattro settimane da qualsiasi programma di attività fisica progettato con lo scopo di migliorare le prestazioni. Questo al fine di evitare possibili effetti dello stato dell'allenamento sull'intervento sperimentale. I LDRs si sono astenuti dall'alcol e da bevande con caffeina e trattenuti dall'allenamento nelle 24 ore prima delle sessioni sperimentali. I soggetti hanno consumato il loro ultimo pasto almeno tre ore prima del test sul treadmill. Al fine di garantire un sufficiente apporto di carboidrati durante la settimana prima del test è stato monitorato il contenuto dei nutrienti nella dieta di ciascun LDR. Durante lo studio, tutte le sessioni dei test hanno avuto luogo alla stessa ora delle sessioni di allenamento al fine di evitare possibili influenze circadiane sui parametri oggetto dell'indagine.

## *Valutazione della fitness e allenamento*

In 2 occasioni (all'inizio dello studio e dopo otto settimane di allenamento) i soggetti sono stati sottoposti a un test progressivo al treadmill a 2 fasi (Technogym Run Race 1400 HC, Gambettola, Italy) rispettivamente per la determinazione della concentrazione individuale del lattato ematico e della massima FC. Il test progressivo al treadmill consisteva di 4-5 periodi di esercizio sub-massimale partendo dalla velocità di  $10\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  intercalati da 1 minuto di recupero, a questo seguiti da un test incrementale massimale sino a esaurimento. La velocità di corsa al treadmill è stata incrementata durante il test sub massimale di  $1\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ogni 5 min. Una volta che la concentrazione di lattato ematico capillare si era innalzata sopra le  $4\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , la velocità del treadmill è stata aumentata di  $0.5\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ogni 30s fino all'esaurimento secondo le procedure riportate in studi precedenti (17,18). Il dosaggio del lattato è stato realizzato prelevando campioni di sangue capillare ( $25\mu\text{L}$ ) s dal lobo dell'orecchio nel minuto di intervallo tra i periodi di esercizio durante il test sub-massimale e 3 minuti dopo l'esaurimento conseguente al test massimale incrementale. I campioni di sangue furono immediatamente analizzati per valutare la concentrazione di lattato ematico, usando una tecnica elettro enzimatica (YSI 1500 Sport, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH). Prima di ogni test l'analizzatore fu calibrato seguendo le istruzioni del produttore usando soluzioni standard di lattato di 0, 5, 15, e  $30\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Il valore della FC è stato registrato ogni 5s con un sistema a telemetria breve (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) nel corso di tutte le valutazioni. La più alta FC misurata durante il test massimale incrementale è stata usata come massimo valore di riferimento ( $\text{FC}_{\text{max}}$ ). I criteri per il raggiungimento della  $\text{FC}_{\text{max}}$  sono stati il conseguimento di un esaurimento soggettivo e visivo, la concentrazioni di lattato ematico superiore alle  $8\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e un plateau della FC nonostante gli incrementi della velocità. La FC di riposo ( $\text{FC}_{\text{rip}}$ ) è stata misurata con i soggetti in uno stato di rilassamento (i.e. stanza calma, in posizione supina dopo 24 ore senza esercizio). La FC di riposo è stata assunta come il valore più basso (5s) entro 5 minuti del periodo di controllo. In ciascun soggetto le concentrazioni individuali di lattato ematico

sono state poste in funzione delle velocità di corsa e le velocità a 2 and 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  sono state utilizzate come paradigma dell'esercizio di allenamento (15, 21). Le concentrazioni di lattato ematico sono state plottate rispetto alle velocità di corsa e alla percentuale della frequenza cardiaca di riserva ( $\Delta\text{FC}$ ), e i profili individuali della concentrazione del lattato ematico (velocità a 2 e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e  $\Delta\text{FC}$  a 2  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) sono stati identificati tramite interpolazione esponenziale (3). I LDRs si sono allenati 5-6 volte a settimana in base al programma di allenamento descritto nella tabella 1. I chilometri e l'intensità dell'allenamento (i.e. la distanza da percorrere a un ritmo scelto) sono stati prescritti per i LDRs da un allenatore esperto di maratona secondo i risultati del test al treadmill (tabella 2). Le velocità a selezionate concentrazioni di lattato ematico sono state utilizzate dai LDRs come indicazione per l'allenamento e nessun feedback della FC è stato fornito ai LDRs durante le sessioni di allenamento. Il programma di allenamento prescritto rappresenta il tipico programma di allenamento iniziale svolto dai maratoneti amatoriali per prepararsi ad affrontare una corsa di maratona al termine del periodo di allenamento. Durante tutte le sessioni di allenamento, la FC è stata registrata in ciascun soggetto (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) ed i dati sono stati scaricati su un PC portatile e analizzati utilizzando un software dedicato, (Polar ProTrainer 5, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) e di un foglio di calcolo elettronico (Excel, Microsoft Corporation, USA). Come valutazione della prestazione, è stato considerato il tempo ottenuto nel corso dei test in pista (superficie in tartan) sui 5000 e 10000 m. Questi test sono stati condotti 4-5 giorni dopo la fine del programma di allenamento ad almeno tre giorni di distanza, al fine di evitare una fatica cumulativa tra i test. La prestazione nei test era rappresentata dai tempi individuali delle prove, con i tempi di corsa valutati con un cronometro manuale (Casio HS-3V-1B, Giappone). Prima di ogni corsa i soggetti hanno effettuato un protocollo standardizzato di riscaldamento che consisteva in 15 minuti di corsa lenta (ritmo auto selezionato) e 3-4 allunghi con un ritmo di corsa.

**Table 1.** Distance covered at selected running speeds during the first (A) and eighth week (B) training intervention by a representative runner. *Natural interval= continuous running on hilly course at constant speed ( $>2 \leq 4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ); Easy run= continuous running on hilly course at constant speed ( $< 2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ); Moderate run= continuous running at  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ; Intervals= running at speed above  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$*

<b>A</b>						
First week	Training zone	Distance (km)	Time (min)	Mean exercise HR (b/min)	TRIMP <sub>ban</sub> (AU)	TRIMP <sub>i</sub> (AU)
Day 1	Natural Interval Run	10	50	165	122	156
Day 2	Easy Run	8	50	150	84	90
Day 3	Recovery					
Day 4	Natural Interval Run	10	50	163	116	145
Day 5	Recovery					
Day 6	Moderate Run	12	55	165	134	171
Day 7	Easy Run	8	50	150	84	90
<b>Total</b>		<b>48</b>	<b>255</b>		<b>540</b>	<b>652</b>

<b>B</b>						
Eighth week	Training zone	Distance (km)	Time (min)	Mean exercise HR (b/min)	TRIMP <sub>ban</sub> (AU)	TRIMP <sub>i</sub> (AU)
Day 1	Rest					
Day 2	Natural Interval Run	16	70	160	151	182
Day 3	Rest					
Day 4	Intervals (6x2000m with 1000m in 4-5' recovery)	18	70	175	217	310
Day 5	Easy Run	26	130	150	218	234
Day 6	Rest					
Day 7	Moderate Run	20	85	165	207	264
<b>Total</b>		<b>80</b>	<b>355</b>		<b>793</b>	<b>990</b>

**Table 2.** Training Intensities and work outs

<b>Blood Lactate Zone</b>	<b>Blood Lactate Concentration</b>	<b>% Maximal Heart Rate</b>	<b>Workouts</b>
Low Lactate	$\leq 2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	$\leq 82 \% \pm 4.3\%$	Continuous Running (time 80 -120 min)
Lactate Accomodation	$> 2 \leq 4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	$82\% \pm 4.3\%$ to $92\% \pm 3.9\%$	Continuous Running (time 70 - 100 min) Interval Training
Lactate Accumulation	$> 4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	$> 92\% \pm 3.9\%$	(6x2000m with 1000m in 4-5' recovery)

### ***Calcolo del TRIMP***

Il metodo del training impulse (TRIMP) considera la  $\Delta FC$  ( $FC_{\text{esercizio}} - FC_{\text{rip}} / FC_{\text{max}} - FC_{\text{rip}}$ ), come la variabile principale dell'esercizio (3). La durata di ciascuna specifica sessione di allenamento è moltiplicata per la media della  $\Delta HR$  realizzata nel corso di tale sessione. Per evitare di dare uno sproporzionata importanza all'attività di lunga durata con bassi livelli di  $\Delta HR$  rispetto ad attività intense ma di breve durata, la  $\Delta HR$  è ponderata con un fattore di moltiplicazione ( $y$ ), al fine di riflettere l'intensità dello sforzo. Questo fattore  $y$  si basa su l'aumento esponenziale dei livelli di lattato ematico con l'elevazione della  $\Delta HR$  sopra la  $FC_{\text{rip}}$  (3). Questo fattore è servito a equiparare i punteggi del TRIMP di esercizi di lunga durata e bassa FC con esercizi di breve durata e alta FC. Così, in generale:

**TRIMP** (unità arbitrarie, AU; pseudo integrale) = tempo (min)  $\Delta FC \cdot y$

$$y = be^{cx}$$

dove  $y$  è un coefficiente non lineare dato dalla equazione:  $y = 0.64e^{1.92x}$

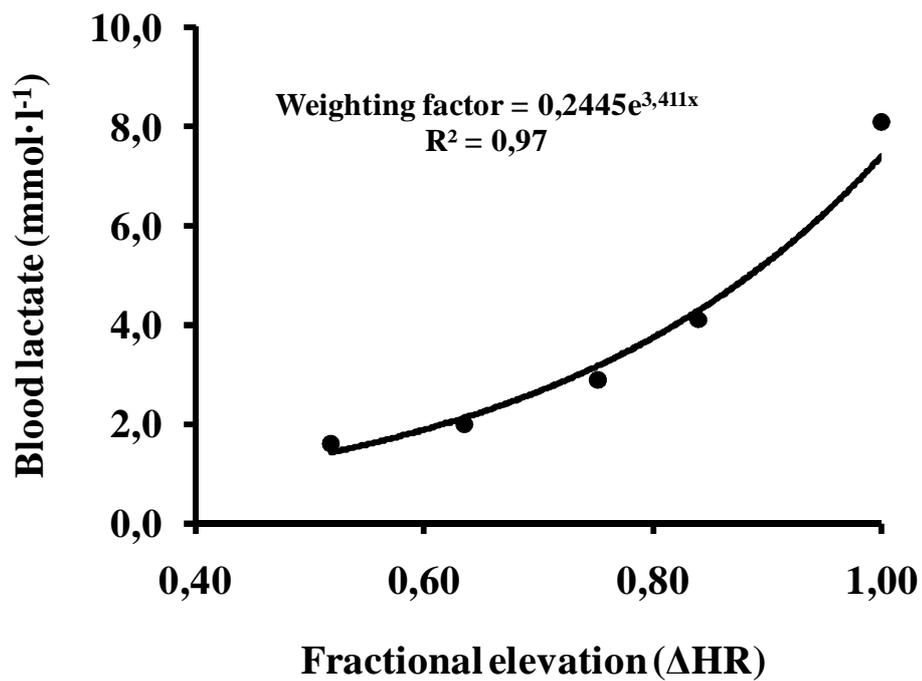
con  $e$  = base del logaritmo Neperiano e  $x = \Delta FC$

$b = 0.64$  e  $c = 1.92$  per i maschi

Tuttavia il metodo del TRIMP come proposto da Banister et al (3) ( $TRIMP_{Ban}$ ) utilizza la FC media dell'esercizio di una sessione di allenamento e il fattore  $y$  di moltiplicazione viene calcolato utilizzando due costanti nella equazione ( $b, c$ ), che sono uguali per tutti i soggetti.

L'uso della FC media dell'esercizio e dello stesso fattore  $y$  di moltiplicazione potenzialmente non riescono a rispecchiare le richieste fisiologiche individuali di ogni sessione di allenamento. Per risolvere questo problema, abbiamo introdotto per ogni soggetto un fattore individuale di ponderazione ( $y_i$ ). Questo  $y_i$  riflette il profilo di una tipica curva di risposta del lattato ematico all'aumento dell'intensità dell'esercizio. I valori individuali di  $y_i$  sono stati calcolati per ogni soggetto con il metodo del best fit utilizzando il modello esponenziale (figura 1). Così all'aumento dell'intensità dell'esercizio, come indicato dalla risposta della FC registrata (valore medio ogni 5s) il fattore di ponderazione  $y_i$  aumenta esponenzialmente.

Questo fa sì che nel corso di ciascuna sessione di allenamento il TRIMP individualizzato ( $TRIMP_i$ ) può essere calcolato in qualsiasi momento e quindi quantificato come lo pseudo-integrale di tutti i punti dati dalla curva  $\Delta FC$ . In questa ricerca sono state analizzate 352 sessioni di allenamento.



**Figure 1.** Shows the blood lactate concentration of the one subject against the fractional elevation in heart rate. Exponential line provides calculation of the weighting factor.

## Analisi statistica

I risultati sono stati espressi come media  $\pm$  deviazione standard (SD) e intervalli di confidenza al 95% (95% CI). Prima di utilizzare i test parametrici, l'ipotesi di normalità è stata verificata utilizzando il W-test di Shapiro-Wilk. Il coefficiente di correlazione momento-prodotto di Pearson è stato utilizzato per esaminare la correlazione tra le variabili. Al fine di valutare la forza dei coefficienti di correlazione, l'Effect Size (ES) è stato calcolato in accordo a Cohen et al. (4). Effect Size di 0.8 o più grande, di circa 0.5 e uguale o inferiore a 0.2 sono stati considerati rispettivamente come grandi, moderati, e piccoli. Il t-test di Student per dati appaiati è stato utilizzato per determinare eventuali differenze significative nelle variabili fisiologiche, prima e dopo l'allenamento. La significatività è stata fissata a  $P < 0.05$ . Il pacchetto statistico SPSS (SPSS Inc., versione 13.0.1 per Windows Chicago, IL, Stati Uniti d'America), è stato utilizzato per tutte le analisi statistiche.

## Risultati

L'aderenza ai specifici contenuti dell'allenamento, all'interno di ogni sessione di allenamento e la conformità con il programma è stata del 100%. Il picco di velocità durante il test al treadmill è stato di  $18.0 \pm 1.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  al basale e di  $18.9 \pm 1.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  alla fine del programma di allenamento ( $P < 0.01$ ). I valori corrispondenti del picco di lattato sono stati  $9.4 \pm 1.7 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e  $9.0 \pm 1.3 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (NS) prima e dopo l'allenamento rispettivamente. Le velocità a  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $21.3 \pm 5.2\%$ ,  $P < 0.001$ ) e  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $+10.6 \pm 2.4\%$ ,  $P < 0.001$ ) sono aumentate significativamente dopo l'allenamento (tabella 3). I miglioramenti di velocità (%) a  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r = 0.87$ ,  $P = 0.005$ ; 95% CI 0.97 a 0.41; ES 0.98) e  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r = 0.74$ ,  $P = 0.04$ , 95% CI 0.95 a 0.07; ES 0.92) erano significativamente correlati al TRIMP<sub>i</sub> medio settimanale (figura 2). Inoltre, è stata osservata una correlazione inversa statisticamente significativa tra il TRIMP<sub>i</sub> ed entrambe le prestazioni monitorate sui 5000 m ( $r = -0.77$ ,  $P = 0.02$ , 95% CI -0.95 a -0.15; ES 0.97) e sui 10000 m ( $r = -0.82$ ,  $P = 0.01$ ; 95% CI -0.96 a -

0.27; ES 0.99 figura 3). Nessuna relazione significativa è stata osservata tra  $\text{TRIMP}_{\text{Ban}}$  e la percentuale di miglioramenti a  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r = 0.61$ ,  $P = 0.11$ , 95%CI 0.91 a -0.17; ES 0.98) e  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r = 0.59$ ;  $P = 0.12$ , 95%CI 0.91 a -0.19, ES 0.96). Ancora una volta, il  $\text{TRIMP}_{\text{Ban}}$  non ha mostrato alcun rapporto con le prestazioni in pista sui 5000 m ( $r = -0.41$ ,  $P = 0.31$ , 95%CI -0.86 a 0.31; ES 0.96) e sui 10000 m ( $r = -0.54$ ,  $P = 0.16$ , 95%CI 0.90 a 0.26; ES 0.99). Il  $\text{TRIMP}_i$  settimanale ( $671 \pm 94 \text{ AU}$ ) è stato significativamente superiore ( $P < 0.01$ ) al  $\text{TRIMP}_{\text{Ban}}$  ( $565 \pm 59 \text{ AU}$ ,  $r = 0.78$ ,  $P = 0.02$ , figura 4).

**Table 3.** Physiological measures at the start of the training and 8 weeks later.

	<b>Before Training</b>	<b>After Training</b>	<b>Mean difference</b>	<b>95% CI for mean Lower - Upper</b>
	<b>Mean <math>\pm</math> SD</b>	<b>Mean <math>\pm</math> SD</b>		
Speed at 2 mmol·l <sup>-1</sup> (Km·h <sup>-1</sup> )	10.7 $\pm$ 0.81	13.0 $\pm$ 0.79	2.3**	1.8 to 2.7
Speed at 4 mmol·l <sup>-1</sup> (Km·h <sup>-1</sup> )	14.0 $\pm$ 0.79	15.5 $\pm$ 0.95	1.4*	1.0 to 1.8
HR at 2 mmol·l <sup>-1</sup> (beat·min <sup>-1</sup> )	152 $\pm$ 8	154 $\pm$ 7	1.50	-0.4 to 3.4
HR at 4 mmol·l <sup>-1</sup> (beat·min <sup>-1</sup> )	170 $\pm$ 7	171 $\pm$ 6	0.90	-3.2 to 4.9

*Abbreviations:* HR= Heart rate; \*= $P < 0.01$ ; \*\*= $P < 0.001$

**Table 4.**

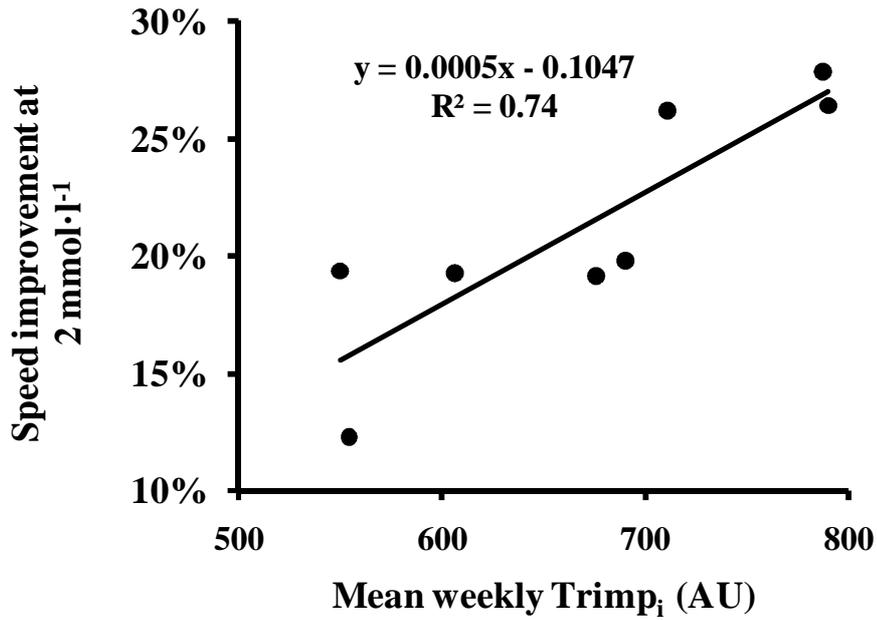
	Speed improvements at 2 mmol·l <sup>-1</sup>			Speed improvements at 4 mmol·l <sup>-1</sup>		
	r	CI (95%) Upper - Lower	Effect size	r	CI (95%) Upper - Lower	Effect size
TRIMPi	0.87**	(0.97 to 0.41)	0.98	0.74*	(0.94 - 0.07)	0.92

\* $P < 0.04$ ; \*\* $P < 0.005$

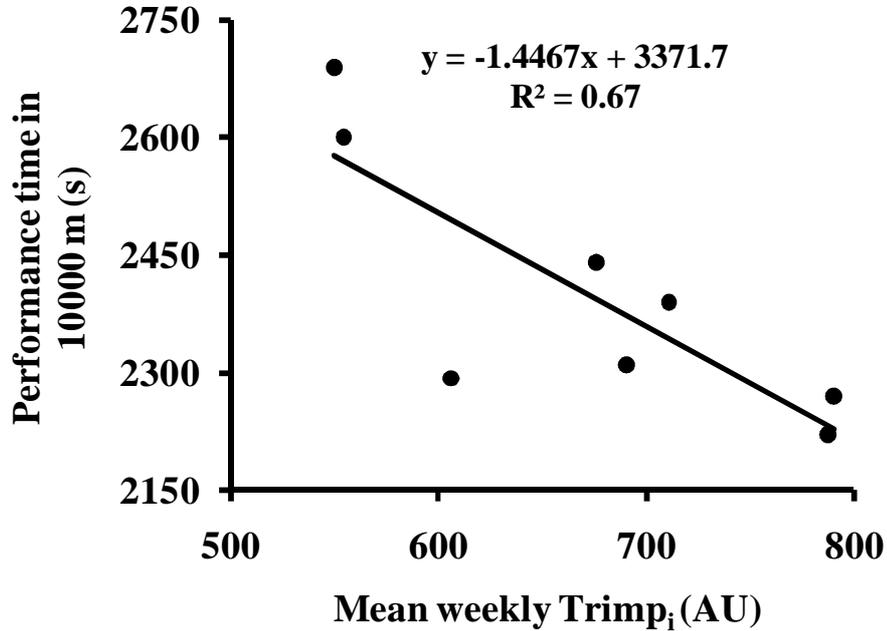
**Table 5.**

	Time 5000m			Time 1000m		
	r	CI (95%) Upper - Lower	Effect size	r	CI (95%) Upper - Lower	Effect size
TRIMPi	-0.77*	(-0.95 to -0.15)	0.97	-0.82**	(-0.96 to -0.27)	0.99

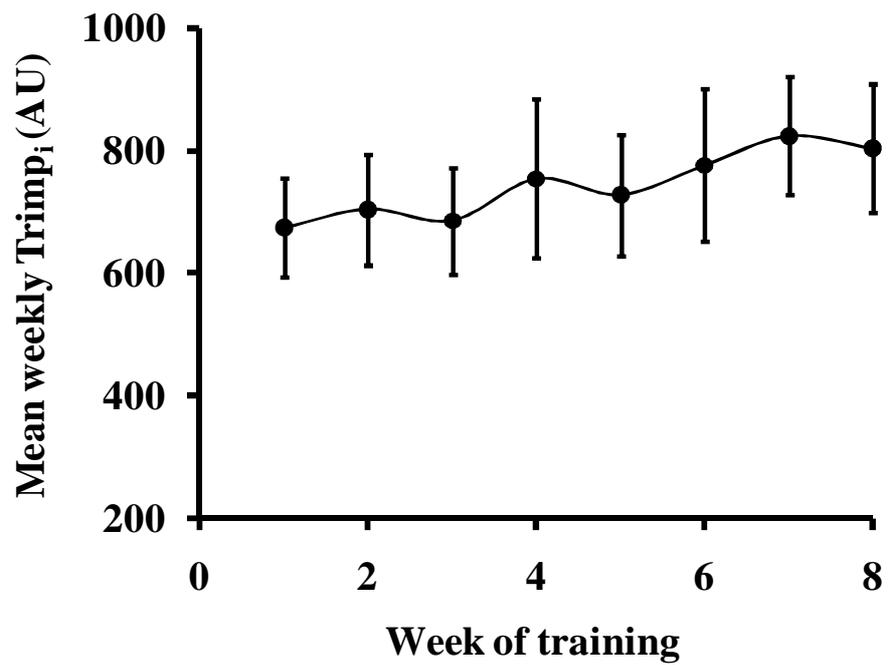
\* $P < 0.02$ ; \*\* $P < 0.005$



**Figure 2.** Relationship between speed at 2 mmol·l<sup>-1</sup> improvement and weekly load ( $r=0.87$ ;  $P=0.005$ ; 95%CI 0.97; 0.41).



**Figure 3.** Relationship between 10000m performance and weekly load ( $r = -0.82$ ;  $P=0.01$ ; 95%CI - 0.96; -0.27).



**Figure 4.** Weekly evolution of Training Loads during the 8 weeks training intervention (n=8).

## Discussione

La principale e originale scoperta di questo studio è la dimostrazione che il TRIMP individualizzato è un valido strumento per seguire i miglioramenti della fitness (velocità a 2 e 4 mmol·l<sup>-1</sup>) e della prestazione (i.e. corsa sui 5000 e 10000 m) in corridori di lunga distanza amatoriale ed è più utile del metodo originale basato su valori medi di gruppo. Il metodo del TRIMP è una misura integrata del carico di allenamento, che permette di rendere conto degli effetti dell' intensità e del volume sui sistemi biologici e fisiologici degli atleti (3). Diversi metodi basati sulla FC sono stati proposti nel tentativo di quantificare il TL individuale. Recentemente Lucia et al. (20) hanno proposto di valutare le risposte al TL, utilizzando il tempo speso in tre diverse zone di FC determinate in base alla soglia ventilatoria e al punto di compensazione respiratoria. Al fine di rendere conto delle differenze nel tempo trascorso ad un determinato carico a causa dell'intensità dell'esercizio, la risposta individuale al TL è stata considerata come la somma del tempo speso in tre zone di FC moltiplicate per i coefficienti di intensità relativi (che vanno, da 1 a 3 da bassa ad alta intensità) (20). Questo metodo rappresenta una versione modificata del modello originale proposto da Edwards (6) in cui sono state usate zone di FC arbitrarie non associate fisiologicamente per descrivere il TL interno. Recentemente Esteve-Lanao et al. (7) hanno utilizzato il metodo di Lucia et al. (20) per monitorizzare il TL in corridori di endurance di livello sub-élite durante la fase preparatoria della stagione competitiva. Tuttavia, questa tecnica basata sulle zone di FC non ha mostrato alcun rapporto con le prestazioni di corsa su distanze simili a quelle considerate nel presente studio (i.e. gare di 4 e 10 km). Questo risultato è stato confermato nel nostro studio, quando il TRIMP<sub>Ban</sub> è stato impiegato per il confronto. Il presente studio è il primo a dimostrare una relazione significativa e forte tra la misura della dose di allenamento e la prestazione di corsa in corridori amatoriali di lunga distanza. Infatti, minore era il tempo dei test nelle prestazioni sui 5000 e 10000 m tanto maggiore era il valore medio del TRIMP<sub>i</sub> settimanale. Questi risultati suggeriscono che quando si tratta di corridori di endurance di sub-élite o amatoriali, l'attenzione dovrebbe essere

rivolta a scegliere il giusto metodo per monitorare il TL interno (16). In particolare, solo i metodi che mostrano un'associazione (i.e. validità di costrutto convergente) (33) tra TL interno e prestazioni e/o variabili del fitness dovrebbero essere presi in considerazione. Alla luce dei nostri risultati, il TL interno dovrebbe essere determinato mediante caratteristiche fisiologiche individuali (i.e. FC e profilo del lattato ematico), piuttosto che dai valori medi dell'esercizio (3). Infatti, il TRIMPi ha dimostrato di riflettere l'effettivo adeguamento al TL essendo fortemente legato ad entrambe le variabili, fisiologiche e di prestazione (32). Quindi il TRIMPi sembra fornire un feedback accurato dell'adattamento all'allenamento, un valido monitoraggio della progressione del TL durante la preparazione e un buon predittore della prestazione. Ciò è in linea con lo studio di Stagno et al. (31) che hanno proposto una individualizzazione del TRIMP i nei giocatori d'élite di hockey. Tuttavia il TRIMPi utilizzato nel presente studio è diverso da quello impiegato da Stagno et al. (31). Infatti per il calcolo del TRIMPi abbiamo introdotto un fattore di ponderazione ( $\gamma$ ), determinato per ogni singolo atleta e non derivato da un valore medio di gruppo. Il nostro approccio è diverso da quelli precedenti che hanno utilizzato valori medi della FC della sessione di allenamento ed ha permesso a più valori di FC di essere considerati per il calcolo del TRIMP. Inoltre il calcolo del fattore di ponderazione del nostro studio è stato basato sulle risposte fisiologiche individuali e non su coefficienti standard della popolazione, sesso-dipendenti, come riportato da altri (3,31). Le suddette differenze nel calcolo del TRIMP possono spiegare anche la mancanza di sensibilità (i.e. relazioni con le variazioni del fitness) e validità (i.e. associazioni con la prestazione) osservati nel presente studio, quando abbiamo usato il metodo originario (3). In ogni caso nel nostro studio, l'Effect Size delle relazioni menzionate è stato grande. L'entità del TL sperimentata dai LDRs ha avuto un effetto maggiore sopra le intensità di esercizio più basse (i.e. velocità a  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e tempo sui 10000 m). Ciò contrasta con i risultati riportati da Esteve-Lanao et al. (7) su corridori di distanza di livello medio (i.e. sub-élite), nei quali è stato osservato un effetto del volume dell'allenamento a bassa intensità (i.e. inferiore alla soglia ventilatoria) sulla prestazione di

endurance (i.e. gare di 4 e 10 km). Questa constatazione può essere utilizzata come una prova per la periodizzazione dell'allenamento in corridoi di endurance, suggerendo l'entità della risposta individuale del TL come il fattore principale per il miglioramento fisiologico e della prestazione nelle prime fasi della stagione (i.e. fase di preparazione), in corridoi di endurance amatoriali. In questo contesto, sarebbe interessante per gli allenatori e i preparatori fisici sapere quale potrebbe essere il valore critico di TL utile per controllare il processo di allenamento. Questa stima può essere ottenuta utilizzando le equazioni che collegano il TRIMPi con i cambiamenti della fitness aerobica (cioè  $y = 0$  nelle relazioni tra TRIMPi vs prestazione e velocità a  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Questa procedura ha dimostrato che per mantenere il miglioramento ottenuto nella fitness aerobica (i.e. velocità a  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) dopo 8 settimane di allenamento, LDRs dovrebbe accumulare un TRIMPi medio settimanale di circa 210 AU. Tuttavia, questi sono solo dati indicativi ottenuti mediante analisi di regressione e, di conseguenza, studi sull'allenamento (i.e. prescrizione dell'allenamento di mantenimento) dovrebbero essere realizzati in modo da accettare le deduzioni conclusive. In corridoi di endurance di sub-elite allenati che hanno sperimentato il miglioramento delle prestazioni sulle variabili delle lunghe distanze, Esteve-Lanao et al. (7, 8) hanno riportato un TRIMP settimanale nel range di 360-495 AU. Da questi studi (7,8) sembrerebbe che un TRIMP settimanale superiore a 360 AU dovrebbe essere realizzato al fine di ottenere il miglioramento delle prestazioni di endurance. Tuttavia, il metodo impiegato nello studio di Esteve-Lanao et al. (7), in cui sono stati usati dei modelli lineari per spiegare le differenze negli adattamenti della fitness aerobica e del TL, non risultò essere collegato ai miglioramenti delle prestazioni al contrario di quanto da noi riportato nel nostro studio. Questo concetto è ulteriormente sottolineato dai risultati del confronto tra TRIMPi e  $\text{TRIMP}_{\text{Ban}}$ . Anche se il confronto tra gli studi che hanno tentato di valutare i  $\text{TL}_S$  dovrebbero essere effettuati con cautela, nondimeno, i risultati di questo studio indicano che l'utilizzo di modelli lineari e di variabili fisiologiche medie dovrebbe essere realizzato con attenzione (3,7) nel caso si voglia monitorare l'adattamento individuale all'allenamento e le relative prestazioni. La corsa di

fondo a livello amatoriale è un'attività fisica molto diffusa a livello mondiale la quale celebra la sua popolarità con la partecipazione di massa alle maratone cittadine. Nella riviste per corridori neofiti, esperti della corsa forniscono informazioni riguardo la corretta preparazione e le strategie di gara nel tentativo di aiutare i corridori a raggiungere i loro obiettivi individuali. Alla luce del presente studio, il TRIMPi potrebbe essere considerato come un metodo accessibile, valido e a basso costo per monitorare le risposte individuali al TL e, di conseguenza ottimizzare i progressi dell'allenamento, questo evitando possibili stati di overreaching o overtraining (9,25). Il principale limite della presente indagine è la piccola dimensione del campione, che è una caratteristica comune degli studi effettuati con gli atleti. Questa limitazione è compensata in parte dalla forte consistenza delle nostre osservazioni che ha portato a risultati statisticamente significativi. Inoltre, le nostre scoperte derivano da un relativo breve periodo di allenamento. Oltre a ciò, in accordo a Esteve-Lanao et al. (7) questo studio non ha preso in considerazione le valutazioni delle prestazioni pre e post sperimentazione (i.e. prestazione sui 5000 e 10000m). Alla luce di queste considerazioni risultano utili futuri studi che impieghino oltre il TRIMPi periodi più prolungati di allenamento e, eventualmente, grandi popolazioni sottoposte a frequenti valutazioni della prestazione. In conclusione, i risultati di questo studio indicano che il TRIMPi è un valido metodo di monitoraggio della prestazioni e della fitness in corridori di lunga distanza e superiore ai metodi del TRIMP basati sui valori medi di gruppo della FC. Risultando il TRIMPi correlato con la prestazione di gara, i risultati di questo studio suggeriscono che questo può essere utilizzato dagli allenatori per quantificare nei corridori di lunga distanza il carico di allenamento e quindi a preparare sedute di allenamento individualizzate.

## Bibliografía

1. Achten J, Jeukendrup A. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine* 2003;33:517-38.
2. Banister EW, Calvert TW. Planning for future performance: implications for long term training. *Can J Appl Sport Sci* 1980;5:170-6.
3. Banister, E. W. Modeling elite athletic performance. In: *Physiological Testing of Elite Athletes*, H. Green, J. McDougal, and H. Wenger (Eds.). Champaign: Human Kinetics, 1991, pp. 403–4244.
4. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates; 1988. 567 p.
5. Edwards JE, Lindeman AK, Mikesky AE, Stager JM. Energy balance in highly trained female endurance runners. *Med Sci Sports Exerc* 1993 25:1398-4.
6. Edwards, S. High performance training and racing. In: *The Heart Rate Monitor Book*, S. Edwards(Ed.).Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993, pp.113–123.
7. Esteve-Lanao J, San Juan AF, Earnest CP, Foster C, Lucia A. How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:496-4.
8. Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res* 2007;21:943-9.
9. Foster C, Lehmann M. Overtraining syndrome. In: Guten G, editor. *Running Injuries*. Orlando: W.B. Saunders, Co., 1997:173-88.
10. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998 30:1164-8.
11. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J. Strength Cond. Res.* 2001;15:109-5.
12. Foster C, Hoyos J, Earnest C, Lucia A. Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:670-5.
13. Fry RW, Morton AR, Keast D. Periodisation of training stress--a review. *Can J Sport Sci* 1992;17:234-40.
14. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
15. Hughson RL, Weisiger KH, Swanson GD. Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. *J Appl Physiol* 1987;62:1975-81.
16. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004 36:1042-7.
17. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, et al. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int. J. Sports Med.* 2006;27:483-92.
18. Krustrup P, Mohr M, Amstrup T, et al. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: Physiological response, reliability, and validity. *Med. Sci. Sports Exer.* 2003;35:697-5.
19. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthelemy JC, Dormois D. The energetics of middle distance running. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1990;60:38-43.
20. Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL. Tour de France versus Vuelta a España: which is harder? *Med Sci Sports Exerc.* 2003 35:872-8.
21. Mader A, Heck H. A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". *Int J Sports Med* 1986;7( Suppl 1):45-65.

22. Morton RH, Fitz-Clarke JR, Banister EW. Modeling human performance in running. *J Appl Physiol* 1990;69:1171-7.
23. Mujika I. The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: a review. *Int J Sports Med* 1998;19:439-46.
24. Mujika I, Padilla S. Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1182-7.
25. Mujika I, Padilla S, Pyne D, Busso T. Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. *Sports Med* 2004;34:891-27.
26. Padilla S, Mujika I, Orbananos J, Angulo F. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:850-6.
27. Padilla S, Mujika I, Orbananos J, Santisteban J, Angulo F, Jose Goiriena J. Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:796-2.
28. Padilla S, Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Goiriena JJ. Exercise intensity and load during uphill cycling in professional 3-week races. *Eur J Appl Physiol* 2008;102:431-8.
29. Rodriguez-Marroyo JA, Garcia Lopez J, Juneau CE, Villa JG. Workload demands in professional multi-stage cycling races of varying duration. *Br J Sports Med* 2007, Dec 7 [Epub ahead of print].
30. Smith DJ. A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Med*. 2003;33:1103-26.
31. Stagno KM, Thatcher R, van Someren KA. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci* 2007;25:629-4.
32. Tanaka K, Matsuura Y. Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation. *J Appl Physiol* 1984;57:640-3.
33. Thomas JR, Nelson JK, Silverman J. *Research methods in physical activity*. 5th ed. Champaign, IL.: Human Kinetics, 2005, pp 10-14.

# **EFFETTO DELLA DISTRIBUZIONE DELL'INTENSITÀ DELL'ALLENAMENTO SULLE VARIABILI DELLA FITNESS AEROBICA IN GIOCATORI DI CALCIO D'ELITE**

## **Introduzione**

Durante una partita di calcio la via aerobica è molto sollecitata (1). Le scoperte di studi descrittivi e di allenamento (1,5) mostrano che la fitness aerobica è un importante componente fisica della performance del calciatore. Per queste ragioni i programmi di allenamento nel calcio prevedono il condizionamento aerobico. Recenti studi descrittivi hanno analizzato la distribuzione dell'intensità dell'allenamento in atleti di endurance d'elite mostrando l'esistenza di pattern specifici per disciplina nella distribuzione dell'intensità durante la fase di preparazione (7, 9). Differentemente dagli sport di endurance dove la prescrizione dell'allenamento è maggiormente individualizzata, i giocatori degli sport di squadra usualmente ricevono allenamenti di gruppo (3,10,11) e conseguentemente la risposta al carico d'allenamento (TL) del giocatore potrebbe presentare notevoli variazioni inter-individuali. Sfortunatamente non ci sono informazioni disponibili circa l'attuale TL espresso dai giocatori di calcio professionistico d'elite durante il periodo competitivo (13). Inoltre nel calcio diversi studi longitudinali che hanno verificato l'effetto dell'allenamento a breve termine sullo sviluppo della fitness aerobica hanno sortito risultati positivi (2,3,14). Tuttavia attualmente non ci sono informazioni concernenti l'efficacia di allenamenti controllati non sperimentali in calciatori professionisti d'elite. L'importanza di quantificare il TL nel calcio usando i metodi della FC possono essere valutati dall'esame della relazione tra intensità d'allenamento (i.e. tempo passato in una determinata zona d'intensità) e risultati dell'allenamento (i.e. variabili della fitness aerobica sub massimale come le soglie del lattato). Infatti senza questa verifica l'utilità del controllo e della modulazione del carico d'allenamento mediante la FC potrebbe nel calcio essere dubbia. Purtroppo anche in questo caso non sono disponibili informazioni circa questo argomento nella letteratura internazionale relativa al calcio (1).

Lo scopo di questo studio è stato quindi quello di esaminare la distribuzione dell'intensità dell'allenamento, quantificato usando la FC, in giocatori di calcio durante la prima fase del campionato. Inoltre per comprendere l'importanza della quantificazione del TL usando la FC abbiamo esaminato la relazione tra il tempo passato nelle differenti zone d'intensità e la fitness aerobica misurata usando test di laboratorio standard.

## **Metodi**

In questo studio è stato esaminato il profilo d'allenamento di una squadra di calcio del campionato Italiano di serie A (n=14). Quattordici calciatori professionisti (età  $25 \pm 4$  anni, altezza  $178 \pm 7$  cm, massa corporea  $74 \pm 8$  kg) hanno partecipato volontariamente a questo studio. Tutti i giocatori prima della sperimentazione hanno rilasciato il loro consenso alla partecipazione dopo una dettagliata descrizione sia scritta che verbale relativamente ai rischi e benefici insiti in questo studio descrittivo. Il protocollo di studio è stato approvato dall'Institutional Review Board locale in accordo con le linee guida stabilite dalla World Medical Assembly Declaration di Helsinki.

Durante le 4 settimane precedenti lo studio i giocatori si sono astenuti da allenamenti pesanti e supervisionati (pausa post campionato). Inoltre essi si astenero da allenamenti pesanti il giorno precedente il test. Per verificare il sufficiente apporto di carboidrati durante le settimane precedenti il test è stato effettuato un controllo del regime alimentare. Per evitare influenze circadiane, tutte le sessioni dei test sono state fatte alla stessa ora. Il TL è stato misurato monitorando la FC degli esercizi dei calciatori durante la fase di preparazione (6 settimane) del campionato.

Lo studio è stato effettuato nel corso della fase preparatoria di pre-campionato in quanto è in questo periodo che le squadre di Serie A svolgono un rilevante programma di condizionamento fisico.

A causa della natura dello studio non sono stati fatti interventi nell'allenamento dagli autori di questa ricerca. L'intensità dell'allenamento è stata quantificata usando 3 zone d'intensità della frequenza cardiaca in relazione ai risultati del test sub massimale al treadmill. Come marker

fisiologici sono state considerate le FC ottenute alle concentrazioni di lattato ematico di 2 e 4 mmol·l<sup>-1</sup>. Le FC d'allenamento furono categorizzate come zone a bassa intensità (FC < 2 mmol·l<sup>-1</sup>) a intensità moderata (FC tra 2 e 4 mmol·l<sup>-1</sup>) e alta intensità (FC > di 4 mmol·l<sup>-1</sup>). La FC è stata registrata per tutta la fase di preparazione e questo per un totale di 36 sessioni d'allenamento (6 sessioni per settimana). La quantificazione dell'intensità dell'allenamento è stata stabilita analizzando i pattern della distribuzione del tempo che i calciatori trascorrevano in ognuna delle tre zone d'intensità della FC. I giocatori hanno eseguito un test progressivo al treadmill in 2 fasi (Technogym Run Race 1400 HC, Gambettola, Italy) per la determinazione della concentrazione individuale di lattato ematico e della massima FC rispettivamente in 2 occasioni (inizio e dopo sei settimane d'allenamento). Il test progressivo al treadmill consisteva di 4-5 esercizi sub massimali alla velocità iniziale di 8 km·h<sup>-1</sup> seguito da un test incrementale massimale sino a esaurimento. La velocità di corsa al treadmill è stata incrementata durante il test sub massimale di 1 km·h<sup>-1</sup> ogni 5min. Una volta che la concentrazione di lattato ematico capillare era elevata a circa 4 mmol·l<sup>-1</sup>, la velocità del treadmill era aumentata di 0.5 km·h<sup>-1</sup> ogni 30s fino all'esaurimento. I campioni di sangue capillare (25µL) sono stati presi dal lobo dell'orecchio immediatamente dopo ogni esercizio sub massimale e 3 minuti dopo l'esaurimento e successivamente analizzati per valutare la concentrazione del lattato ematico usando una tecnica elettro enzimatica (YSI 1500 Sport, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH). Prima di ogni test l'analizzatore è stato calibrato seguendo le istruzioni del produttore usando soluzioni standard di lattato di 0, 5, 15, e 30 mmol·l<sup>-1</sup>. Durante tutta la valutazione il valore della FC è stato registrato ogni 5s con un sistema a telemetria breve (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). La più alta FC misurata durante il test massimale incrementale è stata usata come massimo valore di riferimento (FC<sub>max</sub>). I profili della concentrazione individuale di lattato ematico vs velocità di corsa sono stati ottenuti in ogni soggetto e le velocità a 2 and 4 mmol·l<sup>-1</sup> sono state utilizzate come paradigma dell'esercizio (16,17). Le concentrazioni di lattato ematico sono state plottate in relazione alla velocità di corsa e alla FC e

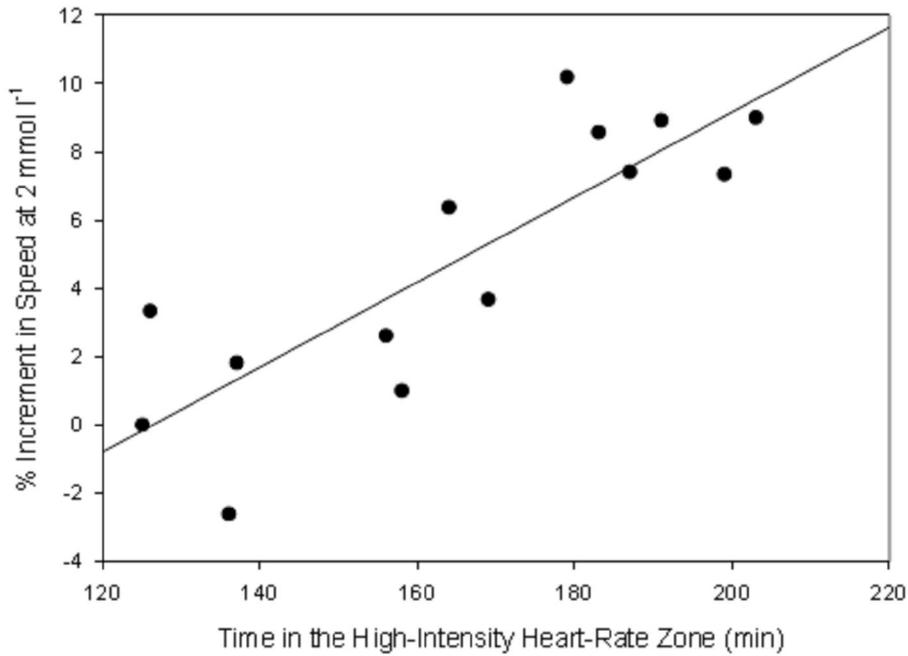
sono stati identificati i profili individuali della concentrazione del lattato ematico (velocità a 2 e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e FC a 2.0  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e 4  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) attraverso una interpolazione esponenziale. La valutazione della fitness aerobica sub massimale è stata eseguita all'inizio e alla fine delle 6 settimane di allenamento corrispondenti alla fase pre campionato. Il test post preparazione è stato effettuato dopo due giorni dall'ultima sessione d'allenamento allo scopo di evitare la fatica accumulata con allenamento. Il programma d'allenamento seguito dai giocatori rappresenta il tipico programma d'allenamento realizzato dai calciatori d'elite con lo scopo di sviluppare la fitness e gli aspetti tecnico tattici del gioco prima della fase competitiva. Nessun supporto esterno è stato fornito ai tecnici della squadra e al preparatore fisico dopo la valutazione di partenza della fitness. Durante lo studio osservazionale i giocatori hanno realizzato l'allenamento aerobico usando esercitazioni di gioco (11,19). Le sessioni di condizionamento della forza sono state realizzate nella forma di circuit training usando come carico l'80-90% di 1RM per sollecitare lo sviluppo della forza e della potenza degli arti superiori e inferiori. In questo studio è stato monitorato solo lo sviluppo della fitness aerobica e delle abilità tattiche delle sessioni d'allenamento. In tutto 504 allenamenti individuali sono stati monitorati e usati per i calcoli (durata media  $90 \pm 10$  min). Durante tutte le sessioni d'allenamento la FC è stata registrata in ogni soggetto e i dati sono stati scaricati in un computer portatile e analizzati utilizzando un software specifico (Polar ProTrainer 5, Kempele, Finland) e un foglio elettronico (Microsoft Excel, U.S.A).

## **Analisi statistica**

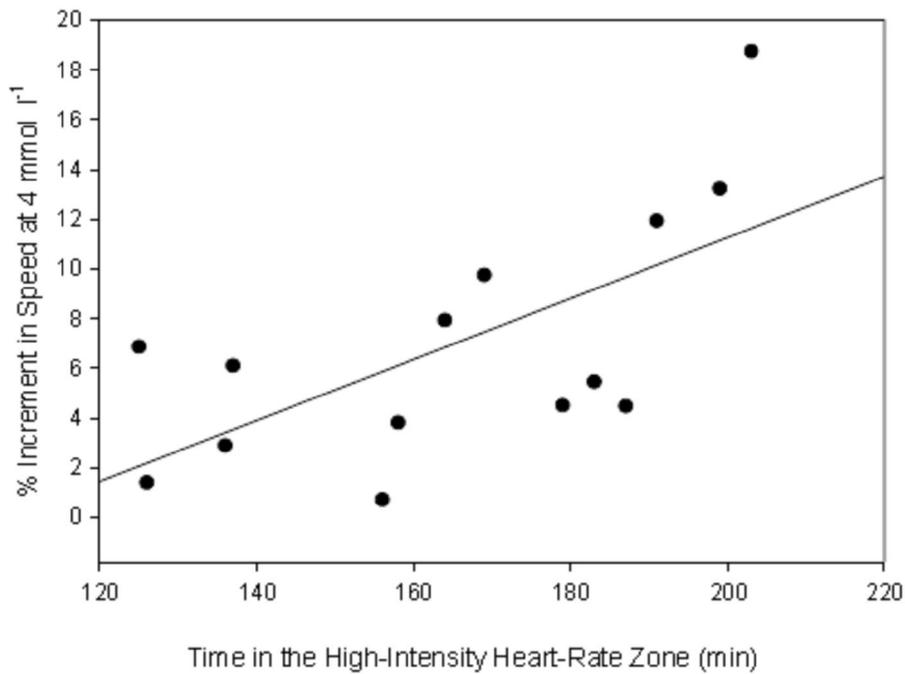
I risultati sono stati espressi come media  $\pm$  deviazione standard (SD) e intervalli di confidenza al 95% (95%CI). L'assunzione di normalità è stata verificata usando il W-test di Shapiro-Wilk e il coefficiente di correlazione di Pearson è stato utilizzato per esaminare le correlazioni tra le variabili. L'Effect Size (ES) è stato calcolato per verificare la dimensione delle differenze (20). Effect Size di 0.8 o più grande, di circa 0.5 e uguale o inferiore a 0.2 sono stati considerati rispettivamente come grandi, moderati, e piccoli. Il t-test di Student è stato utilizzato per individuare differenze tra le variabili prima e dopo gli allenamenti. Le differenze tra le zone d'intensità sono state studiate usando l'ANOVA a una via con il test post-hoc di Bonferroni. La significatività è stata fissata a 0.05

## **Risultati**

L'analisi dei 504 allenamenti individuali hanno mostrato che i calciatori si esercitano per il  $73 \pm 2.5\%$  ( $1528 \pm 92$  min), per il  $19 \pm 2.8\%$  ( $406 \pm 64$  min) e per l' $8 \pm 1.4\%$  ( $165 \pm 27$  min) del tempo totale di allenamento rispettivamente a bassa, media e alta intensità ( $P < 0.001$ ). I valori di FC a 2 and  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  erano rispettivamente  $1'81.5 \pm 2.6\%$  e il  $90.2 \pm 2.1\%$  della  $FC_{\text{max}}$ . Le velocità corrispondenti alla soglia del lattato di  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  erano rispettivamente  $10.9 \pm 0.6$  and  $11.4 \pm 0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  nei test pre e post allenamento ( $P < 0.001$ ; ES 0.21). Le velocità a  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  pre e post allenamento erano rispettivamente  $13.0 \pm 0.8$  and  $13.9 \pm 0.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $P < 0.01$ ; ES 0.00). Il tempo d'allenamento passato ad alta intensità era significativamente correlato al miglioramento relativo alla velocità a  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r=0.84$ , 95%CI 0.55 a 0.95;  $P < 0.001$ ) e  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r=0.65$ , 95%CI 0.20 a 0.80;  $P = 0.001$ ) (figure 1-2).



**Figure 1.** Relationship between time spent in the High-Intensity Zone (>HR at 4 mmol · l<sup>-1</sup>) and the pre to post % improvement in Speed at 2 mmol · l<sup>-1</sup> ( $r=0.84$ ,  $P<0.001$ , CI95% 0.55 to 0.95,  $n=14$ ).



**Figure 2.** Relationship between time spent in the High-Intensity Zone (>HR at 4 mmol · l<sup>-1</sup>) and the pre to post % improvement in Speed at 4 mmol · l<sup>-1</sup> ( $r=0.65$ ,  $p<0.01$ , CI95% 0.20 to 0.88,  $n=14$ ).

## Discussione

Il primo scopo di questo studio è stato quello di quantificare la distribuzione giornaliera dell'intensità d'allenamento in una squadra d'élite professionistica di calcio in situazione reale. Per realizzare questo è stata monitorata la risposta della FC alle sessioni d'allenamento giornaliere (8,9) durante il periodo più intenso dell'allenamento condizionale della stagione (fase precampionato). La scoperta chiave di questo studio osservazionale è che i giocatori di calcio d'élite professionisti adottano una notevole differenziazione dell'intensità d'allenamento nella fase di preparazione della stagione competitiva. Specificatamente i giocatori di calcio professionisti passano il 73, il 19 e l'8% del loro tempo totale d'allenamento rispettivamente a bassa, media e alta intensità.

Similarmente al presente studio, due recenti studi hanno esaminato il profilo dell'intensità d'allenamento di sciatori di fondo elite e corridori sub-elite di endurance durante le prime fasi del periodo preparatorio alla sessione competitiva (8,9). Questi studi descrittivi hanno mostrato una distribuzione polarizzata dell'intensità d'allenamento per gli atleti di endurance ben allenati (8,9). In questi studi preliminari le zone d'intensità sono state definite in accordo con la prima e la seconda soglia ventilatoria (VT): bassa intensità ( $<VT1$ ); intensità moderata ( $>VT1$  e  $<VT2$ ) e alta intensità ( $>VT2$ ). Nello studio di Seiler e Kjerland (9) gli sciatori di fondo junior d'élite passavano circa il 91% del loro tempo di allenamento sciando a bassa intensità ( $VT1$ ,  $FC \leq 2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Il rimanente 6.4 e 2.6% del loro tempo di allenamento era passato a moderata e alta intensità. Analizzando le risposte d'allenamento di corridori di fondo di medio livello (gare di 5-10km) Esteve-Lanao et al. (8) hanno mostrato che in un lungo periodo di preparazione (un macrociclo di 6 mesi) il 71% del tempo totale di allenamento era trascorso a bassa intensità, il 21% a moderata intensità e l'8% ad alta intensità. La distribuzione dell'intensità d'allenamento riportata da Esteve-Lanao et al. (8) è risultata abbastanza diversa da quella riportata per gli sciatori di fondo, dimostrando, probabilmente, che negli sport di endurance si verificano delle differenze nelle strategie d'allenamento. Comunque le differenze nella distribuzione dell'intensità possono essere parzialmente dovute alle notevoli

differenze del periodo di osservazione usato in questi studi (6 mesi contro 32 giorni) e nei differenti scopi dell'allenamento a causa del periodo della stagione esaminato. Il profilo dell'intensità d'allenamento proposto in questo studio era simile a quello riportato nei corridori di endurance per distanze di gare tra i 5 e 10 km (8). Inoltre, la distribuzione dell'intensità d'allenamento dei giocatori di calcio è risultata simile al programma d'allenamento prescritto per i corridori di 5km (7). In quello studio sperimentale è stato esaminato l'impatto della distribuzione dell'intensità sulla performance di endurance in due gruppi di studio che differivano per il tempo trascorso a basse e moderate intensità d'allenamento. I risultati hanno mostrato che su un macrociclo di 5 mesi il volume a bassa intensità esercita un effetto superiore sulla performance d'endurance rispetto a un allenamento caratterizzato da più tempo passato a intensità moderate. Questi risultati erano simili a quelli riportati dallo stesso gruppo di ricerca in un precedente studio descrittivo (8), dimostrando che l'allenamento a bassa intensità risulta più efficace rispetto a quello ad intensità superiori negli atleti allenati per le corse di endurance. Il quadro così descritto per i corridori d'endurance contrasta con le scoperte di questo studio che mostrano un effetto positivo sulla fitness aerobica dei calciatori d'élite solamente del tempo di allenamento trascorso ad alta intensità. Questo è in linea con diverse ricerche che hanno mostrato attraverso studi sperimentali sull'allenamento che la fitness aerobica era significativamente aumentata allenando i giovani calciatori a intensità tra il 90-95% della loro  $FC_{max}$  (2,3,14). Conseguentemente potrebbe essere suggerito che i calciatori beneficino più che gli atleti di endurance degli allenamenti ad alta intensità (21) per migliorare la loro componente aerobica (22). Risulta comunque vero che in ogni caso dovrebbero essere considerate al momento di affrontare questo problema anche le differenze nel tempo assoluto di allenamento (i.e. minuti trascorsi in ciascuna zona d'intensità). È interessante notare che, nonostante notevoli differenze nella proporzione del tempo speso a bassa e moderata intensità, non siano evidenti differenze nel settore ad alta intensità in tutte le discipline sportive se espresso in percentuale del tempo totale di allenamento (7, 9). Infatti il carico d'allenamento ad alta intensità tiene conto per appena l'8% del

tempo totale d'allenamento nelle differenti condizioni d'allenamento. Si potrebbe speculare che probabilmente questo potrebbe essere il limite superiore ( 8% del tempo totale d'allenamento) dell'esercizio ad alta intensità che può essere tollerato con sicurezza dagli atleti d'élite e sub elite ben allenati quando si allenano (7, 9). In questo studio l'aumento della fitness aerobica è stato valutato monitorando i cambiamenti della velocità a selezionate concentrazioni di lattato ematico alla fine del mesociclo precampionato. Il test sub massimale usato in questo studio era simile a quello riportato nella letteratura delle scienze applicate al calcio che hanno mostrato una sensibilità maggiore alle variabili della fitness aerobica sub massimale nel rilevamento delle variazioni stagionali dell'endurance rispetto con il  $VO_{2max}$  (1,3,23,24). Questo studio di fatto ulteriormente supporta l'applicabilità dei test sub massimali aerobici in un contesto calcistico professionistico. Uno scopo secondario di questo studio è stato quello di esaminare la relazione tra il tempo passato nelle differenti zone d'intensità e l'aumento della fitness aerobica. Noi abbiamo trovato una significativa associazione tra l'alta intensità e i cambiamenti nelle velocità alle soglie del lattato di 2 e 4  $mmol \cdot l^{-1}$ . In altre parole il tempo passato a basse e moderate intensità non è risultato rilevante nel descrivere i cambiamenti della fitness aerobica. Queste conclusioni sono simili a quelle riportate da Impellizzeri et al. (6) che trovarono una correlazione significativa ( $r=0.55$ ,  $P < 0.05$ ) tra il tempo passato ad alta intensità e i cambiamenti nel consumo d'ossigeno alla soglia di 4  $mmol \cdot l^{-1}$ . I risultati di questo studio supportano la validità della quantificazione dell'intensità dell'esercizio usando la FC è perciò la sua utilità nell'ottimizzazione dell'allenamento, almeno in riferimento alla fitness aerobica generale. Il monitoraggio dell'allenamento usando la FC potrebbe permettere agli allenatori di modificare il programma d'allenamento allo scopo di realizzare le alte intensità.

Infatti questo studio ha anche mostrato una relazione dose risposta, con il maggior incremento nella fitness aerobica che si realizza con una maggiore quantità di allenamento ad alta intensità. Questi risultati confermano anche studi precedenti che mostrano l'efficacia degli allenamenti ad alta intensità nei calciatori (2,3). Il principale limite di questo studio è dovuto all'utilizzo di un campione

di convenienza (squadra professionistica di calcio) e conseguentemente questa ricerca dovrebbe essere considerata come lo studio di un caso. Alla luce di ciò, supporto a questi rilievi dovrebbe essere apportato mediante studi randomizzati interessanti popolazioni di calciatori di elite nello stesso periodi di allenamento qui contemplato.

## **IMPLICAZIONI PRATICHE**

- Nel calcio la fitness aerobica sub massimale è positivamente influenzata dalla quantità di esercizio ad alta intensità accumulata durante l'allenamento.
- La fitness aerobica nei calciatori d'elite dovrebbe essere allenata svolgendo esercizi che contemplino fasi ad alta intensità che costituiscano almeno l'8% del programma totale d'allenamento settimanale
- L'uso della FC per quantificare e modulare il carico d'allenamento dei calciatori è appropriato.
- Per migliorare la fitness aerobica dei calciatori è necessario usare esercitazioni ad alta intensità.

## Bibliografia

1. Stølen T, Chamari K, Castagna C, *et al.* Physiology of Soccer: An Update. *Sports Med* 2005; 35 (6):501-536.
2. Helgerud J, Engen LC, Wisløff U, *et al.* Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (11):1925-1931.
3. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, *et al.* Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med* 2006; 27 (6):483-492.
4. Wisløff U, Helgerud J and Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30 (3):462-467.
5. Bangsbo J and Lindquist F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal of Sports Medicine* 1992; 13 (2):125-132.
6. Impellizzeri F, Rampinini E and Marcora S. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci* 2005; 23 (6):583-592.
7. Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, *et al.* Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res* 2007; 21 (3):943-949.
8. Esteve-Lanao J, San Juan AF, Earnest CP, *et al.* How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37 (3):496-504.
9. Seiler KS and Kjerland GØ. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16 (1):49-56.
10. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, *et al.* Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport* 2007; [Epub ahead of print].
11. Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, *et al.* Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci* 2007; 25 (6):659-666.
12. Stagno KM, Thatcher R and van Someren KA. A modified TRIMP to quantify the in season training load of team sport players. *J Sports Sci* 2007; 25 (6):629-634.
13. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, *et al.* Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004 36 (6):1042-1047.
14. Bravo DF, Impellizzeri FM, Rampinini E, *et al.* Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med* 2008; 29 (8):668-674.
15. Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, *et al.* The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: Physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exer* 2003; 35 (4):697-705.
16. Mader A and Heck H. A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". *Int J Sports Med* 1986; 7 Suppl 1 45-65.
17. Hughson RL, Weisiger KH and Swanson GD. Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. *J Appl Physiol* 1987; 62 (5):1975-1981.
18. Banister EW, Good P, Holman G, *et al.* Modelling the training response in athletes. in *Sport and Elite Performers*. Champaign, Illinois. Human kinetics. 1986.
19. Bangsbo J. *Fitness Training in Football - a Scientific Approach*. Bagsværd. HO+Storm. 1994.
20. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum Associates. 1988.
21. Impellizzeri FM, Rampinini E and Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci* 2005; 23 (6):583 – 592.
22. Pate RR and Kriska A. Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med* 1984; 1 (2):87-98.

23. Edwards AM, Clark N and Macfadyen AM. Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *Journal of Sports Science & Medicine* 2003; 2 23-29.
24. McMillan K, Helgerud J, Grant SJ, *et al.* Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer. *Br J Sports Med* 2005; 39 (7):432-436.

## CONCLUSIONI

In questo studio la quantificazione del carico interno di allenamento (utilizzando le session-RPE TLd o il TRIMPi o il tempo trascorso in diverse zone di intensità di esercizio delimitate dalla frequenza cardiaca a  $2.0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) ci ha permesso di comprendere meglio i diversi risultati individuali dell'allenamento, misurati come fitness aerobica submassimale e come prestazione nei 5000 e 10000m. In realtà nonostante un simile carico esterno di allenamento abbiamo trovato un carico interno di allenamento variabile a causa delle caratteristiche individuali degli atleti, come precedentemente suggerito da Foster et al (1996) da Impellizzeri et al (2007) e da Esteve-Lanao J (2007). Come previsto gli atleti che avevano sostenuto un carico interno di allenamento superiore hanno dimostrato un più grande miglioramento nella fitness aerobica sub massimale e nella prestazione dei 5000 e 10000m. Il controllo della risposta degli atleti dopo un periodo di allenamento impiegando test fisiologici può essere sfruttato per la progettazione più efficace dei programmi di allenamento. La sistematica applicazione del nostro approccio dovrebbe fornire le necessarie conoscenze non solo per interpretare i cambiamenti indotti dall'allenamento una volta che si è verificato, ma anche di modificare il processo di allenamento prima di valutare il suo esito, ottimizzando così la sua prestazione fisica. In sintesi questa tesi intende stimolare gli allenatori e i preparatori fisici a monitorare ed esaminare costantemente i carichi d'allenamento per valutare sistematicamente il processo d'allenamento che hanno così attentamente pianificato.

Un ulteriore miglioramento nella performance fisica degli atleti può essere ottenuta dal monitoraggio e dall'analisi dei carichi d'allenamento piuttosto che attraverso lo sviluppo di nuovi test fisiologici. Altri studi sono necessari per capire il fenomeno della relazione dose risposta tra esercizio fisico e prestazione in modo più pieno e applicare efficacemente i metodi di quantificazione del carico interno d'allenamento proposti nella presente tesi.

