



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DOTTORATO DI RICERCA IN

SCIENZE BIOMEDICHE

Ciclo XXVII

COORDINATORE Prof. PERSIO DELLO SBARBA

Titolo della tesi

Carico di allenamento e prestazione sportiva

Settore Scientifico disciplinare MED/09

Dottorando

Dott. Bovenzi Antonio

Tutore

Prof. Galanti Giorgio

Coordinatore

Prof. PERSIO DELLO SBARBA

Anni 2012./2014

La Tesi è basata sui seguenti articoli:

- Manzi V, **Bovenzi A**, Franco Impellizzeri M, Carminati I, Castagna C. *Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season*. J Strength Cond Res. 2013 Mar;27(3):631-6. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825dbd81.
- Manzi V, **Bovenzi A**, Castagna C, Sinibaldi Salimei P, Volterrani M, Iellamo F. *Training Load Distribution in Endurance Runners: Objective vs Subjective Assessment*. Int J Sports Physiol Perform. 2015 Mar 24. [Epub ahead of print].

Indice

1. FORMULAZIONE DELLE IPOTESI DI LAVORO	?
<i>1.1. Scopi</i>	?
<i>1.2. Metodi</i>	?
<i>1.3. Studio I.</i>	?
<i>1.4. Studio II.</i>	?
2. DEFINIZIONI	?
3. INTRODUZIONE	?
4. STUDIO I	?
<i>Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season</i>	
5. STUDIO II	?
<i>Training Load Distribution in Endurance Runners: Objective vs Subjective Assessment</i>	
6. CONCLUSIONI	?

FORMULAZIONE DELLE IPOTESI DI LAVORO

Scopi:

Lo scopo principale della presente tesi è stato quello di conseguire una migliore conoscenza dei vari aspetti del rapporto dose-risposta tra carico di allenamento e prestazione in atleti di sport di squadra e in corridori amatoriali di lunghe distanze, non analizzati in precedenza nella letteratura.

Ipotesi

1. Tra i giocatori di calcio professionisti d'élite esiste una evidente risposta individuale all'allenamento;
2. Nel calcio la fitness aerobica è condizionata positivamente dalla quantità e dall'intensità dell'esercizio fisico;
3. Un'analisi individualizzata del carico di allenamento ha una migliore sensibilità nel rappresentare le risposte individuali all'esercizio fisico nei calciatori professionisti;
4. Le session-RPE TLd sono un valido metodo per valutare il carico interno di allenamento nei corridori amatoriali di lunghe distanze;

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

Studio 1. Lo scopo di questo studio è stato quello di esaminare l'associazione tra le misure del carico interno di allenamento individuale (training impulse, TRIMPi) la fitness aerobica e le variabili prestazionali in giocatori di calcio di serie A. Diciotto giocatori di calcio di serie A (età $28,4 \pm 3,2$ anni, altezza $182 \pm 5,3$ centimetri, massa corporea 79.9 ± 5.5 kg) hanno effettuato un test al tapis roulant per la determinazione del VO_{2max} della soglia ventilatoria (VT) e per la misura della velocità ad una concentrazione di lattato ematico di $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (S4) in differenti giorni prima e dopo otto settimane di allenamento (preseason). Lo Yo-Yo Intermittent recovery test livello 1 (Yo-Yo IR1) è stato eseguito prima e dopo otto settimane di allenamento. Il carico individuale di allenamento (TRIMPi) è stato calcolato utilizzando i profili individuali di lattato e frequenza cardiaca e valutato in ogni sessione di allenamento ($n = 900$). I risultati hanno mostrato che il TRIMPi era associato alle variazioni percentuali del VO_{2max} ($r = 0,77$, $p = 0,002$), della VT ($r = 0,78$, $p = 0,002$), della S4 ($r = 0,64$, $p = 0,004$) e alla prestazione nello Yo-Yo IR1 ($r = 0,69$, $p = 0,009$). L'analisi di regressione ha mostrato che un TRIMPi settimanale > 500 AU era necessario per garantire miglioramenti nella fitness aerobica e nella prestazione dei calciatori di Serie A durante la stagione precompetitiva. In conclusione possiamo confermare che il TRIMPi è un metodo valido e praticabile per guidare la prescrizione dell'allenamento in giocatori di serie A durante la preseason.

Parole chiave: *periodizzazione, sport di squadra, condizionamento, training impulse.*

Studio 2. Scopo: questo studio è stato progettato per quantificare, attraverso l'utilizzo del metodo delle session-RPE, la distribuzione giornaliera del carico di allenamento in un gruppo di atleti di endurance di livello amatoriale, e comparare i risultati così ottenuti con due differenti metodi oggettivi considerati come gold standard nella quantificazione del carico di allenamento (basati sulla frequenza cardiaca).

Metodi: sette corridori di lunga distanza, maschi, allenati, di livello amatoriale, (età: 36.5 ± 3.8 anni; FC_{max} 184 ± 9 bpm (media \pm SD) hanno eseguito, in due occasioni (all'inizio e alla fine dello studio), un test progressivo a due fasi su treadmill per determinare i valori della velocità di corsa, della frequenza cardiaca (FC) e della stima soggettiva dello sforzo percepito (RPE) a una concentrazione fissa di lattato ematico di 2.0 e 4.0 $mmol \cdot l^{-1}$ rispettivamente, e il valore della frequenza cardiaca massima (FC_{max}). Le frequenze cardiache alle concentrazioni di 2.0 e 4.0 $mmol \cdot l^{-1}$ (FCS2, FCS4) e il valore della frequenza cardiaca massima sono state usate per delimitare tre differenti zone di intensità di esercizio. Durante un periodo di cinque mesi, tutte le sessioni di allenamento (circa 400) sono state monitorate mediante registrazione continua della frequenza cardiaca ed acquisizione delle stime soggettive dello sforzo percepito. Tutto questo ha permesso di misurare l'ammontare complessivo del tempo trascorso in tre differenti zone di intensità, definite come zona 1 (bassa intensità, con FC inferiore a FCS2), zona 2 (moderata intensità, con FC compresa tra FCS2 e FCS4) e zona 3 (alta intensità, con FC compresa tra FCS4 e FC_{max}).

Risultati: le percentuali del tempo totale ($T_{tot} = 76.3\% \pm 7.0\%$) e dei valori delle session-RPE (s-RPE = $69.6\% \pm 9.0\%$) di allenamento calcolati in zona 1 sono state significativamente maggiori ($P < 0.001$) di quelle calcolate in zona 2 ($T_{tot} = 17.4\% \pm 5.0\%$; s-RPE = $27.8\% \pm 8.0\%$) e zona 3 ($T_{tot} = 6.3\% \pm 2.0\%$; s-RPE = $2.6\% \pm 2.0\%$). Le percentuali del T_{tot} e delle s-RPE in zona 2 sono state significativamente maggiori di quelle calcolate in zona 3 ($P < 0.05$). La distribuzione del carico di allenamento basata sull'analisi dei dati della frequenza cardiaca (T_{tot}) e quella basata sulle s-RPE sono risultate simili solo per la parte di allenamento svolta in zona 1, mentre sono risultati

significativamente diversi i carichi di allenamento svolti in zona 2 e zona 3 ($P < 0.05$). Una correlazione statisticamente significativa ($r = 0.88$, $P < 0.001$) è stata trovata tra la percentuale di Ttot svolto in zona 1 e le percentuali di miglioramento delle velocità di corsa ad una concentrazione fissa di lattato di $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Inoltre una correlazione statisticamente significativa ($r = -0.83$, $P < 0.001$) è stata trovata tra le velocità di corsa ad una concentrazione fissa di lattato di $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ e le prestazioni ottenute dai soggetti durante una maratona scelta come obiettivo.

Conclusioni: i risultati di questo studio hanno mostrato che questo gruppo di atleti di endurance di livello amatoriale ha adottato una strategia di allenamento in cui la maggior parte delle esercitazioni sono state eseguite a basse intensità ($[\text{La}]^{-1} \leq 2.0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$). Inoltre, questa evidenza è stata associata a migliori prestazioni (tempo stimato maggiore di 3 ore) durante una gara di maratona. Tutto ciò concorda con i risultati di altri studi osservazionali condotti su atleti di endurance di alto livello di differenti discipline sportive. Ulteriori studi impieganti un disegno sperimentale di intervento (aumentando o riducendo l'allenamento svolto in zona 1) sono necessari per acquisire conclusioni definitive riguardo la distribuzione del carico di allenamento giornaliero negli atleti amatoriali di endurance e per valutare la sua influenza nelle variazioni dei meccanismi fisiologici maggiormente utili per il miglioramento della prestazione.

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

DEFINIZIONI

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

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.

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 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)

INTRODUZIONE

Gli studi e le ricerche che vengono effettuati nel campo dello sport hanno lo scopo di ottenere, se possibile, nuove utili informazioni da utilizzare al fine di apportare miglioramenti metodologici in determinati ambiti di interesse, discipline o specialità; l'obiettivo nella pratica sportiva, in generale, è il miglioramento della prestazione atletica o del livello di fitness; è risaputo, sia da allenatori che atleti, che alla base di una prestazione atletica c'è sempre un programma di allenamento e che oltretutto la prestazione migliora con l'allenamento. Di conseguenza il condizionamento fisico mediante allenamento diventa un requisito indispensabile per la prestazione atletica. Così, gli argomenti oggetto di maggior studio negli anni sono stati quelli riguardanti l'analisi delle specifiche prestazioni sportive (al fine di ottenere indici e parametri specifici per la definizione del "modello specifico di prestazione") e quello riguardante il modello di allenamento necessario per ottenere la stessa. L'insieme delle nozioni acquisite sono servite per cercare di elaborare ed ottenere metodi per l'organizzazione, articolazione e modulazione dell'allenamento sempre più sofisticati, funzionali e rispondenti al meglio ai requisiti dell'attività di competizione.

Perché misurare-quantificare l'allenamento, o meglio, il carico di allenamento?

E' stato dimostrato che, generalmente, la prestazione atletica migliora progressivamente con l'aumento graduale del carico di allenamento (cioè, esiste una correlazione diretta tra prestazione e carico di allenamento). Così l'obiettivo principale di un allenatore è quello di portare a migliorare la performance di gara dei propri atleti attraverso la prescrizione (progressiva) di quantità ottimali di allenamento fisico che li porti ad aumentare adeguatamente il livello di fitness-condizionamento fisico. Per questo, il carico di allenamento dovrebbe essere prescritto accuratamente (personalizzato) per i seguenti motivi: primo perché deve saper produrre (indurre) specifici adattamenti fisiologico-strutturali necessari per raggiungere specifici livelli prestativi in accordo ai parametri fisiologici richiesti durante la competizione; secondo, deve indurre questi adattamenti tenendo conto delle diverse biotipologie ed esigenze proprie degli atleti. Infatti, la risposta

soggettiva all'allenamento (carico interno) ad un determinato carico imposto (carico esterno) risulta diverso tra diversi atleti, anche della stessa specialità-disciplina sportiva e questa è un'evidenza da tenere in grande considerazione soprattutto negli sport di squadra; terzo perché è stato dimostrato che adattamenti negativi al training sono direttamente correlati alla mole di allenamento per cui carichi di allenamento (stimoli) inadatti (per es. minimi o eccessivi) possono indurre risposte (adattative) inadeguate all'allenamento che possono manifestarsi poi con scarse prestazioni, sovrallenamento, infortuni (per esempio, la sindrome da over training si osserva spesso in risposta a sostenuti e costanti alti carichi di allenamento). Il problema pratico che riguarda allenatori e preparatori fisici è quindi quantificare il training-carico allenante (carico esterno), comprese le fasi di recupero, necessario agli scopi prefissati, nonché (ancora più importante) valutare le risposte soggettive al carico di allenamento imposto (carico interno) in quanto questo risulta essere il miglior indicatore della bontà del training e dei periodi di riposo svolti. Rispetto agli sport di resistenza, in cui la prescrizione dell'allenamento è stabilita individualmente, negli sport di squadra, i singoli giocatori sono normalmente sottoposti ad esercitazioni di gruppo (Impellizzeri et al. 2006, Coutts AJ et al. 2007). Di conseguenza, gli effetti del carico di lavoro, può mostrare delle variazioni interindividuali (TL) producendo delle differenze tra i giocatori coinvolti. Negli sport di resistenza, in generale, esiste un consenso comune riguardo i fattori fisiologici limitanti le prestazioni sportive di lunga durata. Tuttavia, il dibattito continua su come poter organizzare-strutturare il processo di allenamento quotidiano (sessione quotidiana) affinché questi fattori vengano sviluppati in modo ottimale e, conseguenzialmente vengano migliorate in modo ottimale anche le prestazioni sportive. Tra le variabili essenziali dell'allenamento, probabilmente la più critica e maggiormente discussa è l'intensità dell'esercizio e la sua distribuzione (all'interno dei diversi cariche allenanti).

Nella metodologia dell'allenamento è usuale classificare l'intensità di allenamento in base a specifiche zone determinate in relazione ai livelli di frequenza cardiaca o di concentrazioni di lattato ematico (o di consumo di ossigeno). Il concetto della suddivisione in zone d'intensità di allenamento

è stato proposto e consigliato dalla letteratura specializzata e le istituzioni sportive hanno perfezionato e divulgato scale d'intensità standardizzate ripartite fino a cinque differenti zone "aerobiche". Tuttavia, queste molteplici zone d'intensità non rappresentano reali livelli specifici di attività fisiologica, così come i limiti delle zone non sono nettamente riconducibili a parametri fisiologici ben definiti. Kindermann (1979) per primo descrisse il passaggio da metabolismo aerobico ad anaerobico, evidenziano due zone definite rispettivamente di "Soglia aerobica" e "Soglia anaerobica", corrispondente al massimo valore del lattato in stato stabile (MLSS). Studi effettuati utilizzando l'analisi continua dei gas respiratori durante esercizio (Lucià et al. 1998,1999) hanno identificato due specifici cambiamenti nel quoziente respiratorio corrispondenti alle "soglia aerobica" e "soglia anaerobica" proposte per primo da Kindermann e collaboratori. Queste attestabili variazioni respiratorie si associano a concomitanti variazioni nelle concentrazioni del lattato ematico, ampiezza del segnale EMG e dei valori nelle concentrazioni delle catecolamine. Mentre la questione ruota intorno la relazione causa-effetto fra i cambiamenti respiratori, del lattato ematico, del segnale EMG e degli ormoni del sistema nervoso simpatico, le soglie ventilatorie sembrano risultare degli ottimi rilevatori per l'identificazione di tre zone di intensità di allenamento contraddistinte da significative differenze nell'attivazione del sistema nervoso simpatico, delle unità motorie e nella capacità di rimandare la fatica. L'utilizzo delle soglie ventilatorie come indicatori per determinare tre zone d'intensità di esercizio è avvenuto di recente da parte di parecchi gruppi di ricerca, spesso con lo scopo di descrivere la distribuzione dell'intensità di esercizio realizzata in gare di fondo di lunga durata. Sailer & Kjerland (2006) hanno denominato queste tre zone d'intensità considerando i livelli del lattato ematico: una "zona a basso lattato", una "zona di adattamento del lattato" (dove la concentrazione del lattato ematico è aumentata ma rimane in equilibrio per via delle velocità dei processi di sintesi e smaltimento), e una "zona di accumulo del lattato", dove la velocità di produzione del lattato eccede-supera quella massima di rimozione, e la fatica muscolare sopraggiunge immediatamente.

Sailer et al., (2006) hanno trovato analizzando gli studi presenti in letteratura che è possibile ottenere, di base, due modelli di distribuzione del carico di allenamento. Un modello di allenamento cosiddetto a “soglia” in cui soggetti scarsamente allenati ottengono significativi miglioramenti prestativi allenandosi maggiormente ad intensità corrispondente alla propria soglia del lattato (massimo lattato allo stato stazionario, MLSS). In questo modello di distribuzione del carico di allenamento viene data maggiore importanza al lavoro svolto ad intensità uguale o prossima alla soglia del lattato. Un modello di allenamento cosiddetto “polarizzato” che emerge da un limitato numero di pubblicazioni su atleti e campioni di alto livello internazionale (nello specifico canottieri, ciclisti di prove a cronometro e maratoneti). Questi studi suggeriscono che, ai più alti livelli di prestazione, gli atleti si allenano maggiormente ad intensità sotto la soglia del lattato (circa il 75% del tempo o della distanza coperta in allenamento) oppure in quantità considerevole ad intensità nettamente sopra soglia (15-20% del tempo di allenamento), ma sorprendentemente poco ad intensità corrispondente alla propria soglia del lattato. In sostanza, la distribuzione dell'intensità-carico di allenamento è polarizzata cioè orientata lontano dalla zona di moderata intensità rappresentata dal valore della soglia del lattato. Questo dato è stato riscontrato anche per maratoneti di livello internazionale che gareggiano mantenendo un'andatura vicina alla loro soglia del lattato. In conclusione 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.

Studio I: *parte sperimentale*

Il primo studio realizzato in questo dottorato ha trattato il rapporto dose-risposta tra carico di allenamento (Training Impulse, TRIMP) e variabili fisiologiche (massimo consumo di ossigeno, soglia anaerobica) correlate alla fitness e alla prestazione dei giocatori di calcio di alto livello. Gli argomenti affrontati hanno riguardato:

- il profilo fisiologico di giocatori di calcio di alto livello in differenti periodi della stagione sportiva
- l'analisi del carico di allenamento
- la relazione tra carico di allenamento e performance

In particolare, è stato seguito un gruppo di calciatori d'élite partecipanti al campionato italiano di prima divisione (serie A) durante la fase pre campionato 2010-2011 (vale a dire, 8 settimane). I giocatori sono stati monitorati per le risposte individuali all'allenamento utilizzando il carico individualizzato di allenamento di Manzi et al., (TRIMPi) nel corso di ogni sessione di allenamento pre-campionato. Come variabili rappresentative della fitness aerobica sono stati assunti la massima potenza aerobica (VO_{2max}), la velocità ad una concentrazione di lattato nel sangue di $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (S4) e il VO_2 alla soglia ventilatoria ($VO_2 VT$). La ripetibilità del metodo del TRIMP è stata valutata prima dell'inizio dello studio osservazionale, attraverso il coefficiente di correlazione intraclasse (ICC) e come coefficiente di variazione (CV).

Il primo obiettivo di questo studio è stato quello di verificare se l'applicazione dei metodi utilizzati per valutare gli stimoli interni ed esterni dell'allenamento sono in grado di rilevare dei cambiamenti delle variabili fisiologiche che sono espressione della prestazione dell'atleta e di valutare meglio la relazione dose-risposta all'esercizio fisico. Attraverso l'analisi del TRIMP abbiamo anche stabilito il carico minimo di allenamento utile per mantenere un livello accettabile di fitness aerobica attraverso un regolare esercizio fisico. Inoltre dai dati scaturiti da questo studio sarà anche possibile

identificare singolarmente la corretta intensità di allenamento per migliorare progressivamente la dose dell'esercizio dei giocatori di calcio d'élite.

Studio II: *parte sperimentale*

Il lavoro sviluppato in questo secondo studio di dottorato ha trattato la distribuzione del carico di allenamento (training load, TL) di un gruppo di maratoneti di livello amatoriale nel corso del loro impegnativo periodo di preparazione alle gare. In questo studio si è utilizzato il modello delle tre zone di intensità come proposto da Sailer et al., (2006) e Lucia et al. (1998,1999). Si è ipotizzato che questi atleti si allenassero secondo un modello di allenamento "polarizzato", dove decisamente poca dell'attività di condizionamento viene svolta ad intensità di soglia del lattato. Sono state anche confrontate le distribuzioni del carico di allenamento ottenute mediante tre differenti metodi di dati quali: frequenza cardiaca, lattato ematico e session-RPE.

La valutazione reale del carico di allenamento (TL) (cioè il volume e l'intensità) sperimentato da ogni corridore, è stata monitorata in accordo alla prescrizione dell'allenatore, senza nessun intervento esterno (vedi consulenza dello sperimentatore). Il carico interno (risposta allo stimolo allenante) dei corridori è stato valutato utilizzando il metodo delle session-RPE secondo le metodiche proposte da Foster et al. (2001). Il metodo della session-RPE ha dimostrato di essere un valido metodo per valutare il carico interno in atleti di differenti discipline sportive (giocatori di basket, giovani calciatori, giovani sciatori di fondo e corridori di corse campestri). Il primo obiettivo di questo studio è stato quello di valutare la validità di popolazione del metodo delle session-RPE nel suddetto gruppo di corridori di livello amatoriale al fine di attestare l'applicabilità di tale metodo di misurazione del carico di allenamento nel corso di diverse tipologie di esercitazioni. Pertanto, la validità è stata valutata come associazione tra le session-RPE e la frequenza cardiaca (FC) di allenamento. Le risposte delle session-RPE sono state comparate rispetto a due metodi oggettivi basati sulla FC descritti da Edwards e da Banister et al. e assunti come criterio di validità.

L'evoluzione del profilo del carico di allenamento di questi corridori amatoriali è stato esaminato durante un periodo (macro ciclo) di 5 mesi (da metà settembre a metà marzo) antecedente una gara di maratona scelta come obiettivo. La ripetibilità del metodo della session-RPE è stata valutata prima dell'inizio dello studio osservazionale attraverso il coefficiente di correlazione interclasse (ICC) e come coefficiente di variazione (CV).

Carico individuale di allenamento e variabili della fitness aerobica in giocatori di serie A durante la stagione pre-competitiva

Introduzione

Gli adattamenti dell'allenamento sono il risultato dell'interazione di un certo numero strutturato di perturbazioni fisiologiche imposto agli atleti durante il processo di allenamento (6,17,18). Le risposte individuali all'allenamento sono in relazione al livello di fitness individuale degli atleti e proporzionale alla grandezza del carico di allenamento imposto (TL=Training Load) (20). Come risultato, la quantificazione della risposta individuale ad un dato TL è di vitale importanza per tracciare i processi adattativi legati all'allenamento (16,21).

Recentemente, un certo numero di studi ha esaminato le risposte individuali all'allenamento usando i metodi basati sulla frequenza cardiaca (FC) (6,16-18,21). Manzi et al. (16) hanno mostrato che con un approccio completamente individualizzato, è stato possibile individuare accuratamente i miglioramenti della fitness principalmente nel corso di sessioni di allenamenti aerobici in atleti di resistenza. Negli sport di squadra, i giocatori sono principalmente sottoposti a sessioni di allenamento di gruppo che mirano a sviluppare la fitness fisica della squadra e le abilità tecnico-tattiche (17). L'allenamento individualizzato assume un'importanza di primo piano negli sport d'élite, e il suo interesse è ancora maggiore negli sport di squadra come conseguenza delle differenti risposte interindividuali (6,17,21). Recentemente Stagno et al. (21) utilizzando un approccio semi-individualizzato per descrivere le risposte all'allenamento, hanno esaminato il profilo adattativo di giocatori di hockey d'élite. I risultati di questo studio hanno dimostrato l'esistenza di una relazione dose-risposta tra carico interno e le variabili della fitness aerobica. Purtroppo, le informazioni fornite nello studio di Stagno et al. (21) non hanno considerato le variabili di criterio relative alla prestazioni e di conseguenza non è stato fornito il rapporto tra il TL e la fitness specifica. Nonostante l'interesse di un preciso profilo delle risposte individuali all'allenamento, non è stato effettuato nessuno studio utilizzando un approccio completamente individualizzato con giocatori di

squadra di livello professionistico (18). La possibile relazione tra TL pienamente individualizzato e fitness generica e specifica dovrebbe essere interessante per lo sviluppo di un allenamento scientifico negli sport di squadra.

La partecipazione al calcio professionistico richiede una complessa interazione di attributi fisici e cognitivi per perseguire il successo competitivo durante la stagione (19). Il modello ergonomico del calcio professionistico è orientato alla competizione con la sequenza temporale delle partite nel corso della stagione che rappresenta la variabile principale del modello (19). Inoltre, il volume stagionale di gare è proporzionale al livello competitivo con la Premiership più esigente rispetto ai campionati con uno standard minore (22). Dato ciò una accurata valutazione della risposta individuale al TL è fondamentale per l'ottimizzazione del modello ergometrico dei giocatori di calcio di Premiership. Nonostante l'importanza della questione, nessuna informazione è disponibile sul carico interno e sulle risposte adattative in giocatori di calcio di Premiership.

Pertanto, lo scopo di questo studio è stato quello di esaminare il rapporto tra carico interno e le variabili generiche e specifiche della fitness aerobica nei giocatori di calcio di Premiership utilizzando un approccio completamente individualizzato nel controllo del TL. Come ipotesi di lavoro è stata assunta la probabilità di associazione tra le risposte individuali all'allenamento e il miglioramento delle variabili della fitness aerobica.

METODI

Approccio sperimentale al problema

In questo studio, è stato utilizzato un disegno descrittivo ex post facto. In particolare, è stato seguito un gruppo di calciatori d'élite partecipanti al campionato italiano di prima divisione (serie A) durante la fase pre campionato 2010-2011 (vale a dire, 8 settimane). I giocatori sono stati monitorati per le risposte individuali all'allenamento utilizzando il carico individualizzato di allenamento di Manzi et al. (18) (TRIMPi) nel corso di ogni sessione di allenamento pre-campionato. Come variabili rappresentative della fitness aerobica sono stati assunti la massima potenza aerobica

(VO₂max), la velocità ad una concentrazione di lattato nel sangue di 4 mmol·l⁻¹ (S4) e il VO₂ alla soglia ventilatoria (VO₂ VT). Il VO₂max è stato riportato essere una misura sensibile della fitness aerobica dei giocatori di calcio durante le prime fasi della stagione agonistica (13). Inoltre, studi descrittivi hanno mostrato una relazione significativa tra VO₂max individuale e i valori delle variabili relative alle attività di gioco e il VO₂max di squadra e il livello competitivo (22). La velocità a selezionate soglie di lattato è stata riportata per la sua validità ecologica nel calcio professionistico (22). Inoltre, le variabili della fitness aerobica sub massimale hanno mostrato di essere sensibili agli interventi stagionali di allenamento sia generici che specifici, nei giocatori di calcio (6,13). Recentemente Castagna et al. (6) hanno riportato che le velocità a 2 e 4 mmol·l⁻¹ sono sensibili alle variazioni del TL nei giocatori di calcio di premiership. In particolare, il miglioramento delle variabili prese in considerazione che rappresentano la fitness aerobica sub massimale erano correlate al tempo trascorso ad alta intensità durante l'allenamento (6). L'Intermittent recovery livello 1 (Yo-Yo IR1) ha mostrato di avere una validità di costrutto (cioè, attività ad alta intensità) convergente nel calcio (2). Dato ciò il test Yo-Yo IR1 è stato assunto come criterio di prestazione per questo studio (ad esempio, prestazioni aerobica specifica). Ciò è stato fatto con lo scopo di valutare la preparazione dei giocatori di far fronte alla domanda di gioco durante il periodo osservato. Le procedure dei test hanno avuto luogo durante la prima settimana di allenamento dopo il termine della pausa estiva e durante la settimana precedente la prima partita di campionato di Serie A (vale a dire, durante la nona settimana di allenamento). La grandezza del carico interno è stata valutata utilizzando il metodo del TRIMPi per guidare l'intensità degli allenamenti e il recupero. Ciò è stato fatto con lo scopo di evitare situazioni inappropriate di overreaching non funzionali. I test si sono svolti in 3 occasioni differenti durante la settimana con una valutazione randomizzata per evitare che i risultati subissero l'effetto relativo all'ordine di sequenza dei test. Durante la sessione di allenamento e test, l'idratazione è stata garantita consentendo assunzione ad libitum di fluidi. Tutti i test sono stati eseguiti alle stesse ore del giorno (cioè, 3-6 PM) per evitare gli effetti circadiani sulle

prestazioni fisiche. I giocatori sono stati mantenuti ad un alto contenuto di carboidrati nella dieta nei giorni precedenti il test e durante i giorni di allenamento e di gara.

Soggetti

Diciotto calciatori italiani (età 28.4 ± 3.2 anni, altezza 182 ± 5.3 centimetri, corpo massa 79.9 ± 5.5 kg) professionisti di Serie A (6 difensori, 6 centrocampisti e 6 attaccanti) hanno partecipato a questo studio. I giocatori avevano almeno 7 anni di esperienza in serie A. Tutti i giocatori erano componenti della stessa squadra di Serie A (ACF Fiorentina, Firenze, Italia) durante la stagione 2010-2011. I giocatori si allenavano 7 volte alla settimana in tutta la fase di pre season con una partita amichevole giocata nel fine settimana. Le sessioni di allenamento sono state principalmente dedicate al lavoro tecnico-tattico con le sessioni di allenamento per lo sviluppo della fitness aerobica eseguite come sessioni di allenamento singole durante la pre season. Il tempo di allenamento durante il periodo di osservazione è stato del 15% e del 13% dedicato rispettivamente alle esercitazioni generiche di allenamento aerobico e ai giochi con la palla. Il 21 e l' 8% del tempo di allenamento è stato speso per lo sviluppo delle capacità tecnico e tattico e le partite. Principalmente, l'allenamento anaerobico (forza e allenamento di sprint) rappresentavano il 14% di tutto il tempo di allenamento. Il tempo rimanente (29%) è stato speso con le routine di riscaldamento.

Procedure

I giocatori in diverse occasioni (a distanza di 48 ore) sono stati sottoposti a 2 test per misurare la concentrazione di lattato ematico, la HR massima e il VO₂max.

I profili individuali del lattato sono stati valutati secondo le modalità suggerite da Manzi et al. (18).

La concentrazione di lattato è stata valutata da campioni di sangue capillare prelevati dal lobo dell'orecchio (5 ml) usando un analizzatore portatile di lattato (LactatePro, Arkray, Giappone).

Prima di ogni prova, l'analizzatore è stato calibrato seguendo le raccomandazioni del costruttore. Il

VO₂max e la VT sono stati valutati utilizzando un test progressivo massimale con una velocità iniziale di $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ e incrementi di velocità di $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ fino ad esaurimento. Il VO₂VT è stato

valutato in base alle raccomandazioni di Beaver et al. (4). Il raggiungimento del VO₂max è stato considerato come il raggiungimento di almeno due dei seguenti criteri: (a) un plateau del VO₂ nonostante un aumento della velocità, (b) un rapporto negli scambi respiratori sopra 1.10 (c) un HR di $\pm 10 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$ rispetto alla HR_{max} predetta con l'età ($208 - 0.7\cdot\text{anni}$). I gas respiratori sono stati analizzati utilizzando un sistema di analisi automatico dei gas respiro per respiro. La massima HR misurata in ciascun test incrementale è stata utilizzata come FC_{max}. I criteri per il conseguimento della FC_{max} sono stati il raggiungimento di un esaurimento soggettivo e visivo, una concentrazione di lattato superiori alle $8 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ e un plateau della HR nonostante gli incrementi di velocità. Le prestazioni dello Yo-Yo IR1 sono state valutate in base alle procedure riportate da Castagna et al. (5). Il TRIMPi è stato calcolato per ogni giocatore per ogni sessione di allenamento secondo le procedure suggerite da Manzi et al. (18). La frequenza cardiaca a riposo (FC_{rip}) è stata misurata con i soggetti in stato di riposo (cioè in posizione supina). La FC_{rip} è stata assunta come il più basso valore ottenuto durante un periodo di monitoraggio di 5 minuti. In ogni soggetto sono state ottenute le concentrazioni individuali di lattato ematico rispetto alle velocità di corsa con la velocità a $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ che è stata usata come paradigma per l'esercizio (6,18). 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 (3). Il programma d'allenamento seguito dai giocatori rappresenta il tipico programma d'allenamento realizzato dai calciatori d'élite con lo scopo di sviluppare la fitness e gli aspetti tecnico tattici del gioco prima della fase competitiva. Durante tutte le sessioni di allenamento e test, la HR è stata registrata ogni 5 secondi con un sistema telemetrico a corto raggio (Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). I dati della HR sono stati scaricati su un PC portatile e analizzati utilizzando un software dedicato (Polar ProTrainer 5, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) e un foglio elettronico (Excel, Microsoft Corporation, USA).

Analisi statistiche

I risultati sono stati espressi come media \pm SD e intervalli di confidenza al 95% (95% CI).

L'assunzione di normalità è stata verificata utilizzando il test di Shapiro-Wilk. L'associazione tra le variabili è stata valutata utilizzando il coefficiente di correlazione prodotto-momento di Pearson e l'analisi di regressione lineare. L'entità qualitativa dell'associazione è stata riportata secondo i criteri di Hopkins (2002). I cambiamenti pre-to-post sono stati esaminati con il t-test appaiato. La D di Cohen è stata utilizzata per valutare la dimensione dell'effetto (ES) (7). La significatività è stato fissato a $p \leq 0.05$.

RISULTATI

La media settimanale del TL per il periodo osservato è stata di 644 ± 224 AU (unità arbitrarie). La S4 (da 13.7 ± 2.0 a 14.7 ± 1.5 km·h⁻¹ $P = 0.0008$; 95% CI 0.48-1,52 km·h⁻¹, ES = 1.09), il VO₂max (da 58.7 ± 4.4 a 61.2 ± 4.1 ml·kg·min⁻¹ $P = 0.009$, 95% CI 0.75 a 4.3 ml·kg·min⁻¹; ES = 0.9), e la VO₂VT (da 49.0 ± 4.5 a 52.7 ± 4.2 ml·kg·min⁻¹ $P = 0.0003$, IC 95% 2.1 a 5.2 ml·kg·min⁻¹, ES = 1.4) sono significativamente migliorate tra il pre training il post training. La prestazione dello Yo-Yo IR1 è significativamente migliorata dopo il periodo dall'allenamento (da 1998 ± 279 a 2366 ± 409 m, 95% CI da 237 a 498 m; ES = 2.1). IL TRIMPi era significativamente associato con il cambiamento del VO₂max ($r = 0.77$, $p = 0.002$, 95% CI da 0.38 a 0.93, molto grande), della S4 ($r = 0.64$, $p = 0.004$, 95% CI da 0.25 a 0.85, grande, figura 1), del VO₂VT ($r = 0.78$, $p = 0.002$, 95% CI ,40-0,93, molto-grande). Inoltre è stata trovata una grande associazione tra TRIMPi ($r = 0.69$, $p = 0.009$, 95% CI 0.22 a 0.90, grande) e la variazione nella prestazione dello Yo-Yo IR1.

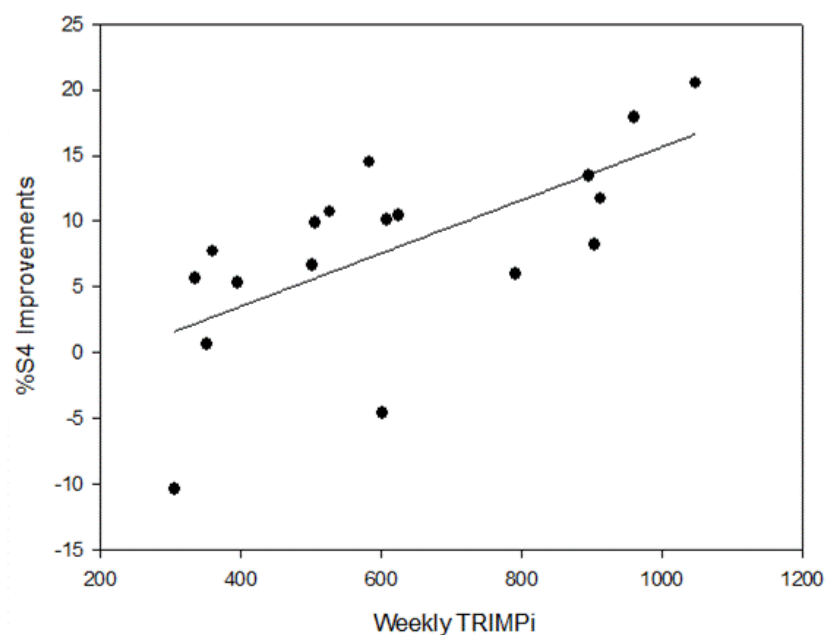


Figura 1. Relazione tra il carico di allenamento settimanale (TRIMPi) e la percentuale di miglioramento della velocità a $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.

DISCUSSIONE

Questo è il primo studio che ha esaminato in giocatori di calcio di Serie A l'associazione tra TRIMPi e le variabili della fitness aerobica e l'associazione tra TRIMPi e la performance specifica di resistenza. I risultati riportati hanno mostrato una grande associazione tra il TRIMPi medio settimanale pre season e la percentuale di variazione delle variabili fisiologiche. Questi risultati forniscono la prova della validità longitudinale del metodo del TRIMPi e di un suo effetto sulla capacità aerobica in giocatori di calcio di Serie A durante la stagione precompetitiva (12). Il metodo del TRIMPi è una misura integrata del TL, che ci permette di spiegare gli effetti dell'intensità e del volume sui sistemi biologici e fisiologici degli atleti (18). In conseguenza di questo, il TRIMPi costituisce un valido modo per monitorare il carico interno degli atleti in sport di resistenza e un metodo potenzialmente interessante per il monitoraggio degli allenamenti di gruppo negli sport di squadra (18). In questo studio, il TRIMPi ha mostrato di essere associato alle variabili della fitness aerobica che sono state indicate essere attinenti alla performance calcistica (22). Infatti, la variabilità

interindividuale del TRIMPi era fortemente associata alla variabilità nel cambiamento del VO₂max. Allo stesso modo il miglioramento delle componenti aerobiche sub massimali ha mostrato un'associazione da grande a molto grande con la media settimanale del TRIMPi. Questi risultati suggeriscono che il TRIMPi è una misura valida per rilevare i cambiamenti della capacità aerobica nei giocatori di calcio di Serie A. Detto questo, il TRIMPi può essere utilizzato con successo per la prescrizione dell'allenamento dei giocatori di calcio d'élite durante la fase pre season. L'equazione di regressione che descrive la relazione tra TRIMPi e cambiamenti ottenuti nel VO₂max ($\text{TRIMPi} = 498.13 + 3.326,78 \cdot \% \text{VO}_2\text{max}$) ha dimostrato che per mantenere il livello fisiologico acquisito (cioè, $\% \text{VO}_2\text{max} = 0$), i giocatori dovrebbero accumulare almeno 498 UA durante l'allenamento settimanale nella stagione agonistica. I TL settimanali per il mantenimento della S4 ($\text{TRIMPi} = 453.67 + 2,118.74 \cdot \% \text{S4}$) e del VO₂VT ($\text{TRIMPi} = 415.18 + 2,974.66 \cdot \% \text{VO}_2\text{VT}$) (cioè, $y = 0$) erano rispettivamente di 454 e 415 AU. Queste informazioni sono particolarmente interessanti per guidare l'allenamento durante la stagione sportiva una volta che il fitness coach e l'allenatore ritengono che i miglioramenti della capacità aerobica sono stati raggiunti. Inoltre, questi valori critici di TRIMPi possono essere utilizzati durante la stagione post competitiva cioè nella fase di transizione per guidare il mantenimento della fitness individuale utilizzando strumenti oggettivi (1).

In relazione a tale interesse pratico, sono necessari interventi sperimentali con TRIMPi pre pianificati. In questo studio descrittivo sull'allenamento come riferimento della capacità fisica dei giocatori durante la partita è stato utilizzato lo Yo-Yo IR1 (2). L'approccio non sperimentale utilizzato in questo studio ha mostrato di indurre miglioramenti significativi dello Yo-Yo IR1 che favorisce un consolidamento della fitness specifica della partita ottenuta durante l'allenamento pre campionato dai giocatori di Serie A. Il risultante 18,4% di variazione media nella prestazione dello Yo-Yo IR1 era in linea con quella precedentemente riportata da una ricerca effettuata nel calcio (2). Specificamente, i risultati di questo studio erano inferiori a quelli riportati da Krstrup et al. (15) in arbitri d'élite (31 vs 18,4%), ma simili (17-22 vs 18,4%) al miglioramento trovato in giovani

calciatori d'élite da Hill-Haas et al. (11). Anche Ferrari-Bravo et al. (9) hanno trovato un miglioramento nella prestazione dello Yo-Yo IR1 del 22 e 17% in giovani calciatori che eseguivano rispettivamente o esercizi di sprint training o esercizi di interval training ad alta intensità durante la fase di pre season (vale a dire, 7 settimane). Questa informazione fornisce elementi di prova per la sensibilità della Yo-Yo IR1 nel rilevamento delle modifiche di resistenza specifica nei giocatori di premiership. L'entità risultante delle modifiche ha dimostrato che con l'attuazione di un corretto carico di allenamento la prestazioni dello Yo-Yo IR1 può essere notevolmente migliorata ($ES = 2.1$) anche in giocatori professionisti ben addestrati (basale Yo-Yo IR1 1998 ± 279 m). A questo proposito valori medi settimanali di TRIMPi >509 AU ($TRIMPi = 509.18 + 1,205.86 \times \% \text{ Yo-Yo IR1}$) dovrebbero essere considerati per promuovere un miglioramento della resistenza specifica nei calciatori di Serie A durante la fase di pre season. L'analisi dei valori critici settimanali di mantenimento attraverso il TRIMPi ha dimostrato che per migliorare la capacità aerobica massima e la resistenza specifica, il TL settimanale dovrebbe superare le 500 UA. Realizzando questo, ci sarebbe un vantaggio in tutta la gamma delle prestazioni aerobiche. Durante il periodo di allenamento osservato, i giocatori spesero il 7% del tempo totale di allenamento con una HR $>90\%$ della frequenza cardiaca massima. Questo dato era simile (7 vs 8%) alla distribuzione dell'allenamento riportato da Castagna et al. (6) in giocatori di calcio professionisti durante la fase di pre season (6 settimane di allenamento). È interessante notare, che questo profilo di allenamento è stato simile a quello riportato da Esteve-Lanao et al. (8) e Manzi et al. (18) in atleti di resistenza. Questa scoperta consente di sostenere che è necessaria una quantità limitata di tempo per indurre un miglioramento concreto della capacità aerobica in calciatori d'élite durante la prima fase di allenamento annuale. Specificamente, Impellizzeri et al. (13) hanno dimostrato che un significativo miglioramento della fitness aerobica associata al miglioramento della performance in partita poteva essere ottenuta solo con il 6-7% del tempo trascorso allenandosi con small side games. Alla luce di questi risultati, si potrebbe sostenere che almeno il 7% del tempo di allenamento deve essere

eseguito ad alta intensità (cioè, 90-95% della FCmax) per indurre un miglioramento concreto della capacità aerobica nel calcio. Questo indipendentemente dal livello competitivo considerato (6,13,22). Tuttavia, la quantità assoluta di tempo può risultare diversa poiché i giocatori di Serie A sono soliti allenarsi più a lungo durante la routine settimanale rispetto a giocatori di calcio dilettanti o giovani (19). Dato l'interesse pratico della questione, sono necessari ulteriori studi che esaminano l'effetto sull'adattamento fisiologico di tipo aerobico di diverse quantità di tempo trascorse in zone di HR ad alta intensità (ad esempio, 90-95% di FCmax) (6). I cambiamenti pre-post della fitness aerobica osservati in questo studio erano in linea con i risultati di precedenti ricerche (13,22). Specificamente, il miglioramento del 4.3% del VO₂max era leggermente inferiore al cambiamento indotto nel calcio giovanile da interventi sperimentali. Infatti, Impellizzeri et al. (13) hanno riportato in giovani calciatori un miglioramento del VO₂max pre season (cioè, 4 settimane) nel range del 6-7%, con tuttavia un VO₂max di partenza più basso rispetto ai giocatori di questo studio (55.6 ± 3.4 vs 58.7 ± 4.4 ml·kg·min⁻¹). Prove a sostegno di un effetto della fitness di partenza sul miglioramento pre season del VO₂max possono essere trovate esaminando lo studio di Bravo et al. (9) che ha trovato un miglioramento nel range del 7% in giocatore in possesso di valori di VO₂max oscillanti tra 52 e 54 ml·kg·min⁻¹. È interessante notare che i giocatori del citato studio raggiunsero valori di VO₂ simili ai valori di base dei giocatori di questo studio. Anche se questa visione d'insieme sostiene l'effetto della fitness iniziale, uno studio di Helgerud et al. (10) ha riportato dei miglioramenti durante la stagione, in conseguenza dell'allenamento di interval training ad alta intensità notevolmente superiori a quelli riportati in questo studio (ad esempio, 11 vs 4,3%). Questi dati sono stati ottenuti con giocatori juniores in possesso di un VO₂ massimo simile a quello di partenza riportato per i giocatori di questo studio (58.1 ± 4 vs 58.7 ± 4.4 ml·kg·min⁻¹, rispettivamente). Tuttavia, l'entità del miglioramento del VO₂max riportato dallo studio di Helgerud et al. (10) non è stato supportato da studi successivi effettuati utilizzando lo stesso paradigma di allenamento ma condotti in condizioni di allenamento e di fitness più favorevoli (ad esempio, pre

season contro stagione) (valori basali di VO₂ più bassi). La ragione del meno pronunciato miglioramento del VO₂max in questo specifico periodo della stagione potrebbe essere la conseguenza del livello di fitness iniziale dei giocatori e dalla natura delle sessioni di allenamento qui considerate (20). I cambiamenti osservati nella fitness aerobica sub massimale (~7%) corrispondevano a quelli riportati per i giovani calciatori di premiership durante la pre season (6,13). La differenza nell'importanza delle variazioni delle componenti della fitness aerobica suggerisce una maggiore sensibilità delle variabili della fitness aerobica sub massimale per il monitoraggio degli adattamenti fisiologici pre season (14).

APPLICAZIONI PRATICHE

Il risultato dello studio ha dimostrato che in Serie A i giocatori di calcio, migliorano le variabili pertinenti alla fitness aerobica e alla prestazione calcistica, in associazione con il carico di allenamento durante la pre season. Ciò dimostra la sensibilità del TRIMPi nel rilevare le modifiche della fitness aerobica e la capacità di rendimento in partita. Infatti, le variazioni nel TRIMPi sono state in grado di tenere conto della differenza interindividuale negli adattamenti all'allenamento, nonostante il moderato miglioramento della fitness aerobica (4-7%). Questo aggiunge un'altra prova al corpo delle evidenze circa la validità longitudinale del TRIMPi come già mostrato in atleti di resistenza (18). Dal punto di vista pratico, un TL settimanale nell'intervallo di 500 AU può garantire uno sviluppo globale della fitness aerobica e della prestazione. Questa informazione è di enorme impatto per la prescrizione del carico di allenamento nei giocatori di calcio d'élite. Inoltre, la conoscenza dei valori di soglia del carico di allenamento garantiscono una guida pratica allo sviluppo di un modello ergonomico strutturato per i giocatori di calcio d'élite. Il metodo del TRIMPi può essere utilizzato con successo per controllare il processo dinamico di allenamento durante la stagione pre competitiva e guidare l'allenamento di mantenimento della prestazioni durante la stagione agonistica. Data la natura di misura integrata del TRIMPi le informazioni sulla relazione dose-risposta circa le variazioni della fitness aerobica dovrebbe essere valutate con la

manipolazione sperimentale del TL settimanale. Pertanto, ulteriori studi sono necessari per valutare il TRIMPi settimanale ottimale da somministrare ai giocatori di calcio di premiership per massimizzare le risposte all'allenamento sia per la capacità aerobica che per la prestazioni.

Bibliografia

1. Bangsbo, J. *The physiology of soccer - With special reference to intense intermittent exercise*. Acta Physiol Scand Suppl 619: 1–155, 1994.
2. Bangsbo, J, Iaia, FM, and Krstrup, P. *The Yo-Yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports*. Sports Med 38: 37–51, 2008.
3. Banister, EW and Calvert, TW. *Planning for future performance: Implications for long term training*. Can J Appl Sport Sci 5: 170–176, 1980.
4. Beaver, WL, Wasserman, K, and Whipp, BJ. *A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange*. J Appl Physiol 60: 2020–2027, 1986.
5. Castagna, C, Impellizzeri, F, Cecchini, E, Rampinini, E, and Alvarez, JC. *Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players*. J Strength Cond Res 23: 1954–1959, 2009.
6. Castagna, C, Impellizzeri, FM, Chaouachi, A, Bordon, C, and Manzi, V. *Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: A case study*. J Strength Cond Res 25: 66–71, 2011.
7. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
8. Esteve-Lanao, J, San Juan, AF, Earnest, CP, Foster, C, and Lucia, A. *How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance*. Med Sci Sports Exerc 37: 496–504, 2005.
9. Bravo, D, Impellizzeri, FM, Rampinini, E, Castagna, C, Bishop, D, and Wisløff, U. *Sprint vs. interval training in football*. Int J Sports Med 29: 668–674, 2008.
10. Helgerud, J, Engen, LC, Wisløff, U, and Hoff, J. *Aerobic endurance training improves soccer performance*. Med Sci Sports Exerc 33: 1925–1931, 2001.
11. Hill-Haas, SV, Coutts, AJ, Rowsell, GJ, and Dawson, BT. *Generic versus small-sided game training in soccer*. Int J Sports Med 30: 636–642, 2009.
12. Hopkins, WG. Measures of validity. In A new view of statistics. *Internet Society for Sport Science* Retrieved from <http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html>. 2000. Accessed May 2011.
13. Impellizzeri, FM and Marcora, SM. *Test validation in sport physiology: Lessons learned from clinimetrics*. Int J Sports Physiol Perform 4: 269–277, 2009.
14. Impellizzeri, FM, Marcora, SM, Castagna, C, Reilly, T, Sassi, A, Iaia, FM, and Rampinini, E. *Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players*. Int J Sports Med 27: 483–492, 2006.
15. Impellizzeri, FM, Rampinini, E, and Marcora, SM. *Physiological assessment of aerobic training in soccer*. J Sports Sci 23: 583–592, 2005.
16. Krstrup, P and Bangsbo, J. *Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training*. J Sports Sci 19: 881–891, 2001.
17. Manzi, V, Castagna, C, Padua, E, Lombardo, M, D'Ottavio, S, Massaro, M, Volterrani, M, and Iellamo, F. *Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to*

- individualized training impulse in marathon runners*. Am J Physiol Heart Circ Physiol 296: H1733–H1740, 2009.
18. Manzi, V, D'Ottavio, S, Impellizzeri, FM, Chaouachi, A, Chamari, K, and Castagna, C. *Profile of weekly training load in elite male professional basketball players*. J Strength Cond Res 24:1399–1406, 2010.
 19. Manzi, V, Iellamo, F, Impellizzeri, F, D'Ottavio, S, and Castagna, C. *Relation between individualized training impulses and performance in distance runners*. Med Sci Sports Exerc 41: 2090–2096, 2009.
 20. Reilly, T. *An ergonomics model of the soccer training process*. J Sports Sci 23: 561–572, 2005.
 21. Shephard, RJ. *Regression to the mean*. A threat to exercise science? Sports Med 33: 575–584, 2003.
 22. 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 25: 629–634, 2007.
 23. Stølen, T, Chamari, K, Castagna, C, and Wisløff, U. *Physiology of soccer: An update*. Sports Med 35: 501–536, 2005.

Distribuzione del carico di allenamento in corridori amatoriali di endurance

Introduzione

L'individuazione dei fattori che potrebbero limitare o migliorare la prestazione negli sport di resistenza è stato argomento di differenti studi (1). Il principale obiettivo di questi studi è stato quello di ottenere informazioni pratiche per ottimizzare la metodologia e la progettazione del programma di allenamento per favorire le migliori prestazioni da parte degli atleti. Allo stato attuale vi è un consenso generale che le migliori performance in atleti di resistenza si ottengono attraverso un workout di lavoro consistente in una quantità ottimale di condizionamento fisico seguita da un adeguato periodo di recupero per consentire agli adattamenti fisiologici di raggiungere il massimo prima di una competizione (2). Un accumulo di grandi quantità di intenso esercizio fisico con un recupero insufficiente tra i periodi di allenamento potrebbe fornire prestazioni inferiori rispetto a quelle attese (3). In questo quadro, tuttavia, le modalità con cui l'allenamento giornaliero deve essere previsto per ottenere il miglior risultato resta ancora da definire. Tra le variabili essenziali del programma di allenamento da prendere in considerazione, l'intensità dell'esercizio e la sua distribuzione sono probabilmente i fattori cruciali e i più ampiamente studiati, in quanto rappresentano il carico fisiologico effettivo a cui gli atleti sono esposti durante le sessioni di allenamento quotidiano (4). Molti studi hanno sottolineato l'importanza di variare il carico di allenamento quotidiano (TL) a breve e medio termine (alternando periodi di allenamento ad alta e bassa intensità) per ottenere prestazioni ottimali (5). Di solito, negli atleti di resistenza di lunghe distanze l'intensità dell'esercizio è valutata sulla base di distinte zone di allenamento, in base alla frequenza cardiaca o alla concentrazione di lattato nel sangue, ottenute durante specifici test di laboratorio (4,6). Recentemente è stato esaminato in alcuni studi descrittivi, la distribuzione del volume rispetto all'intensità del TL in atleti di resistenza (1,4,7). Analizzando la risposta all'allenamento in corridori di resistenza sub-elite (corridori di 5-10-km), dove il volume di allenamento era da 4 a 5 ore / settimana, uno di questi studi descrittivi (7) ha dimostrato che nel

corso di un periodo di preparazione prolungato (ad esempio, un macrociclo 6-mesi), il 71% del tempo di allenamento totale era speso a bassa intensità, il 21% a intensità moderata, e l'8% ad alta intensità. Questi dati erano simili a quelli riportati durante l'allenamento di ciclisti professionisti (8) maratoneti di elite (9) e giocatori di (10) calcio professionisti.

Questi studi indicherebbero che in atleti di resistenza (ad esempio, corridori di lunga distanza [LDRs], ciclisti e sciatori di fondo) c'è un pattern specifico per lo sport nella distribuzione del TL. Inoltre, studi longitudinali hanno dimostrato che quando l'allenamento è equiparato in funzione della risposta individuale, l'allenamento di bassa intensità (cioè, sotto la zona del lattato) è più efficace dell'allenamento moderato (cioè, all'interno della zona di lattato), a condizione che il contributo dell'allenamento ad alta intensità (cioè, al di sopra della zona di lattato) è sufficiente (1). Anche se molti studi hanno esaminato la distribuzione del TL in atleti di resistenza d'elite (4,7) nessuna ricerca si è concentrata sulla distribuzione del TL e sulla sua efficacia negli atleti di resistenza non di elite, che rappresentano una grande parte della popolazione tra gli individui fisicamente attivi.

Lo scopo di questo studio osservazionale è stato di valutare la distribuzione dell' intensità dell' esercizio e il profilo delle risposte individuali in atleti di resistenza amatoriali in preparazione per una maratona. L'ipotesi testata è stata quella che anche in atleti amatoriali, come in quelli di elite, i tempi di allenamento sarebbero fondati principalmente sulle basse intensità di attività fisica che si tradurrebbero in una performance migliore nella maratona. In questo quadro principale, abbiamo provato anche l'ipotesi che un metodo di allenamento di facile utilizzo basato sulla percezione individuale dello sforzo fornisce risposte simili a quelli più usuali della frequenza cardiaca e del lattato ematico.

MATERIALI E METODI

Soggetti

Sette corridori di lunga distanza, sani, di livello amatoriale (età 36.5 ± 3.8 anni, altezza 177.3 ± 6.3 cm, peso 71.0 ± 4.2 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.

Metodologia

Prima dell'inizio dello studio, tutti i corridori amatoriali di lunga distanza (LDRs) si sono astenuti per 4 settimane da qualsiasi programma di attività fisica volto a migliorare le prestazioni al fine di evitare possibili effetti dell'allenamento sull'intervento sperimentale. Pertanto, ai fini dello studio sono stati considerati (parzialmente) detraining. I LDRs si sono astenuti dal alcool e bevande contenenti caffeina e si astenero dall'allenamento nelle 24 ore prima delle sessioni sperimentali. Hanno consumato il loro ultimo pasto almeno 3 ore prima di un test al tapis roulant, e una relazione sui nutrienti è stata presa per assicurare un apporto di carboidrati sufficiente durante la settimana prima del test. Durante lo studio, tutte le sessioni dei test sono state svolte allo stesso tempo delle sessioni di allenamento per evitare possibili influenze circadiane sui parametri in esame. Nessun atleta è stato considerato overtrained durante la registrazione delle sessioni, sulla base della mancanza dei seguenti segni: incapacità di sostenere il consueto programma di allenamento riduzione delle prestazioni e presenza di sintomi quali una maggiore sensazione di stanchezza durante le routine di allenamento quotidiano, disturbi del sonno, apatia, o irrequietezza. Nessun soggetto stava prendendo farmaci al momento della registrazione delle sessioni di allenamento.

Valutazione della fitness e allenamento

In 2 occasioni (all'inizio e dopo 8 settimane di allenamento) i soggetti sono stati sottoposti a un test progressivo a due fasi al treadmill (Technogym Run Race 1400 HC, Gambettola, Italy) rispettivamente per la determinazione della concentrazione individuale del lattato ematico e delle 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 seguito da un test incrementale massimale sino a esaurimento. La velocità di corsa al treadmill è stata incrementata durante il test sub massimale di $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 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 (4). 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 si è proceduto a due operazioni: 1) sono stati prelevati campioni di sangue capillare ($25\mu\text{L}$) dal lobo dell'orecchio dei soggetti per realizzare il dosaggio del lattato, 2) sono state acquisite i valori delle RPE relativi al periodo di esercizio. I campioni di sangue sono stati 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 è stato calibrato seguendo le istruzioni del produttore usando soluzioni standard di lattato di 0, 5, 15, e $30 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. La più alta FC misurata durante il test massimale incrementale è stata usata come massimo valore di riferimento (FC_{max}). I criteri per il raggiungimento della FC_{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.

Quantificazione del TL

Per quantificare il TL abbiamo utilizzato il metodo proposto da Foster et al, (11) denominato session-RPE. Con questo metodo, il TL interno viene ottenuto moltiplicando il valore dello sforzo percepito (RPE) indicato sulla scala di Borg a 10 categorie (scala CR10) (12) dell'intera sessione per la sua durata. Questo prodotto rappresenta in un unico numero la grandezza del TL interno in unità arbitrarie (AU) ed è stato utilizzato e validato in atleti di diversa discipline sportive (2,13); come tale potrebbe essere considerato un indicatore del TL interno globale (14). Ogni soggetto ha riferito la percezione dello sforzo della sessione di allenamento indicando il numero sulla scala CR10. Per garantire che lo sforzo percepito fosse riferito a tutta la sessione di allenamento, piuttosto che all'intensità di esercizio più recente, ad ogni soggetto è stato chiesto di fornire una valutazione della difficoltà complessiva dell'intero allenamento, e per ogni individuo la RPE è stata registrata entro 30 minuti dopo il completamento di ogni sessione di allenamento. Abbiamo spiegato ai soggetti che volevamo una valutazione globale di tutto l'allenamento. La HR di riposo (HRrest) è stata misurata con i soggetti in stato di riposo (ad esempio, sala relax, posizione supina dopo 24 ore senza nessun esercizio). La HRrest è stata assunta come il valore più basso entro un periodo di 5 secondi con un tempo di monitoraggio di 5 minuti.

Le concentrazioni individuali di lattato ematico rispetto alle velocità di corsa sono state ottenute in ogni soggetto e le velocità a 2 e 4 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ sono state utilizzate come paradigma dell'esercizio (15,16).

Le concentrazioni di lattato ematico sono state plottate rispetto alle velocità di corsa, alla percentuale della frequenza cardiaca di riserva (ΔFC) e ai valori di RPE e i profili individuali della concentrazione del lattato ematico (velocità a 2 e 4 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ e ΔFC a 2 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ e 4 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) sono stati identificati tramite interpolazione esponenziale (17). Le risposte delle session-RPE sono state confrontate rispetto a 2 metodi oggettivi basati sulla HR, quello descritto da Edwards (18) e quello riportato da Manzi et al, (6) ed indicato come Individual Training Impulse (TRIMPi). Questi 2

metodi sono stati impiegati come criterio di validità. L'evoluzione del profilo del TL di questi corridori amatoriali è stato esaminato nel corso di un macrociclo di 5 mesi (da fine ottobre ai primi di marzo) progettato per ottenere le massime prestazioni nel corso di una maratona.

Le 3 zone di intensità sono state determinate in base ai risultati dei test effettuati sul tapis roulant, all'inizio del periodo di allenamento. In tutti i soggetti la HR era continuamente registrata durante ogni sessione di allenamento per l'intero periodo di 5 mesi per determinare le seguenti variabili: la dose di allenamento totale (dal TRIMPi), il tempo totale trascorso in ciascuna delle zone 3 di intensità (zona 1, $HR \leq HRS2$, zona 2, HR tra $HRS2$ e $HRS4$, zona 3, $HR \geq HRS4$), e il valore totale delle session-RPE in ciascuna delle 3 zone di intensità (zona 1, ≤ 4 , zona 2, tra il 4 e il 5,5; zona 3, ≥ 5.5 , con RPE = 4 corrispondente a S2 e RPE = 5.5 corrispondente a S4). La quantificazione del TL basato sui punteggi delle session-RPE suddivisi in accordo a Seiler e Kjerland (4) è stato confrontato con quello basato sulle zone di allenamento definite da valori HR. In questo studio, sono stati analizzati da 380 a 420 sessioni di allenamento. Come misura delle prestazioni, abbiamo preso in considerazione il tempo ottenuto in una maratona.

La frequenza cardiaca è stata registrata di continuo (frequenza di campionamento 5s) usando cardiofrequenzimetri a telemetria breve (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Dopo ogni sessione di allenamento, i dati della FC sono stati scaricati su un computer, utilizzando un software specifico (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) e successivamente esportati ed analizzati utilizzando il programma Excel (Microsoft corporation, U.S.A.). I LDRs si sono allenati da 4 a 6 volte la settimana secondo il programma di allenamento rappresentato in tabella 1. Il chilometraggio e l'intensità dell'allenamento (cioè, distanza da percorrere ad selezionata velocità) sono stati prescritti per i LDRs da un allenatore con esperienza nella maratona secondo i risultati del test al tapis roulant (tabella 2). Le velocità di corsa a selezionate concentrazioni di lattato nel sangue sono state utilizzate dai LDRs come indicazione per l'allenamento, e nessun feedback sulla HR è stata fornita a LDRs durante gli allenamenti. Il programma di allenamento prescritto

rappresentava il programma di allenamento tipico eseguito da maratoneti di livello amatoriale per prepararsi ad una maratona alla fine del periodo di allenamento.

La ripetibilità del metodo delle session-RPE è stata valutata prima dell'inizio dello studio attraverso il coefficiente di correlazione intraclassa (ICC) e il coefficiente di variazione (CV). I valori corrispondenti erano 0,94 e 1,2%, rispettivamente.

Table 1 Results for the Natural-Interval, Continuous Running on a Hilly Course at Constant Speed (>2 and ≤ 4 mmol/L); an Easy Run, Continuous Running on a Hilly Course at Constant Speed (<2 mmol/L); a Moderate Run, Continuous Running at 4 mmol/L; and Intervals, Running at Speed (>4 mmol/L)

Training zone	Distance (km)	Time (min)	Eighth week	Training zone	Distance (km)	Time (min)
Natural-interval run	10	50	Day 1	Recovery		
Easy run	9	50	Day 2	Natural-interval run	15	70
Recovery			Day 3	Recovery		
Natural-interval run	10	50	Day 4	Intervals (6 × 2000 m + 6 × 1000 m recovery)	18	70
Recovery			Day 5	Easy run	26	130
Moderate run	12	50	Day 6	Recovery		
Easy run	9	50	Day 7	Moderate run	20	80
Total	50	250			79	350

Table 2 Training Intensities and Workouts

Blood lactate zone	Blood lactate concentration (mmol/L)	% HR _{max}	Workouts
Low lactate	≤ 2	$\leq 80 \pm 3.8$	Continuous running (time 80–120 min)
Lactate accommodation	$>2 \leq 4$	$\leq 80 \pm 3.8$ to $\leq 91 \pm 3.9$	Continuous running (time 70–100 min)
Lactate accumulation	>4	$>91 \pm 3.9$	Interval training (6 × 2000 m with 1000 m in 4–5 min recovery)

Abbreviation: HR_{max}, maximal heart rate.

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. L'ANOVA ad una via è stata utilizzata per confrontare il tempo totale trascorso in ciascuna delle 3 zone di tutto il periodo di allenamento di 5 mesi. Il test di Bonferroni è stato utilizzato come test post hoc. Il test di Wilcoxon è stato utilizzato per determinare eventuali differenze statisticamente significative nella distribuzioni dell'intensità dell'allenamento determinata con la HR e le session-RPE. L'effect size (ES) è stato calcolato per valutare la

grandezza delle differenze. Effect size di 0.1, tra 0.1 e 0.20, tra 0.20 e 0.50, tra 0.50 e 0.80, e > 0.80 sono stati considerati insignificante, piccolo, moderato, grande, e molto grande, rispettivamente. Il coefficiente di correlazione momento-prodotto di Pearson è stato utilizzata sia all'interno che tra i gruppi, separatamente, per esaminare se vi fosse una relazione significativa tra le variabili di dell'allenamento e il tempo della prestazione. In accordo ad Hopkins (19) la grandezza per il coefficiente di correlazione è stato considerato insufficiente ($r < 0.1$), piccola ($0.1 < r < 0.3$) moderata ($0.3 < r < 0.5$), grande ($0.5 < r < 0.7$), molto grande ($.75 < r < 0.9$), quasi perfetta ($r > 0.9$), e perfetta ($r = 1$). La significatività è stata fissata a $P \leq 0.05$. Il pacchetto statistico SPSS (SPSS Inc., versione 17 per Windows Chicago, IL, Stati Uniti d'America), è stato utilizzato per tutte le analisi statistiche.

Risultati

L'aderenza agli specifici contenuti dell'allenamento, all'interno di ogni sessione di allenamento e la conformità con il programma è stata del 100% come si evince dal dispositivo di monitoraggio della HR che ha registrato, in aggiunta alla HR, la data di ogni sessione di allenamento.

I risultati del test al tapis roulant al basale erano: HRrest 54 ± 5 beats/min, HRS2 155 ± 6 beats/min, HRS4 170 ± 7 , HRmax 184 ± 9 beats/min e la percentuale della HR a S2 e a S4 erano $l'82 \pm 2.6\%$ e $90.6 \pm 1.9\%$ rispettivamente della HRmax.

La percentuale del tempo totale trascorso in ciascuna delle 3 zone di intensità durante il periodo di allenamento è mostrato in Figura 1. Differenze statisticamente significative sono state riscontrate tra il tempo totale trascorso in zona 1 e quello nelle zone 2 e 3 ($P = .000$ per entrambi, $ES = 0.98$, $ES = 0.99$) e tra il tempo totale trascorso in zone 2 e 3 ($P = 0,002$, $ES = 0.91$).

Analogamente, quando il TL è stato quantificato mediante le session-RPE il $69,6\% \pm 9,0\%$ delle sessioni sono state eseguite ad un valore inferiore o uguale a 4 sulla scala di 10 punti il $27,8\% \pm 8,0\%$ tra i valori 4 e 5.5, e infine il $2,6\% \pm 2,0\%$ dell'allenamento è stato eseguito ad un punteggio di session-RPE ≥ 5.5 . Il confronto tra i 2 metodi di quantificazione del TL ha mostrato differenze significative per quanto riguarda la percentuale di tempo trascorso in zona 2 e 3 ($P = .02$, $ES = 0.36$;

P = 0,001, ES = 0.64, rispettivamente), mentre nessuna differenza significativa è stata rilevata per l'intensità più bassa (P = .07, ES = 0.25; figura 2).

Correlazioni da grandi a molto grandi sono state trovate tra le session-RPE e il TL basato sulla HR a livello individuale. Allo stesso modo correlazioni da grandi a molto grandi sono state osservate tra il TL valutato con il metodo delle session-RPE e il TRIMPi sia a livello individuale che di gruppo (Tabella 3) ($r = 0,79$, $p < 0,000$; Figura 3).

Il tempo totale di allenamento trascorso nella zona 1 ha mostrato un grande associazione con la percentuale di miglioramento della velocità di corsa alle $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ($r = 0,88$, $p = 0,008$; Figura 4).

Inoltre, una grande correlazione è stata trovata tra la velocità di corsa alle $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ e la performance nella maratona ($r = -.83$, $p = .04$; la figura 5).

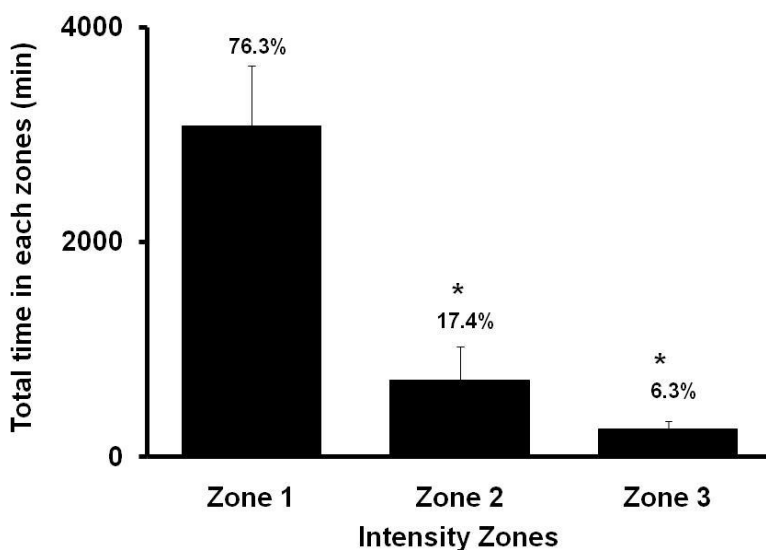


Figura 1. Tempo totale trascorso in ciascuna delle 3 zone di intensità in base alla frequenza cardiaca durante il periodo di allenamento. E' indicata anche la percentuale di tempo trascorso in ogni zona.

* $P < 0.001$ vs zona 1

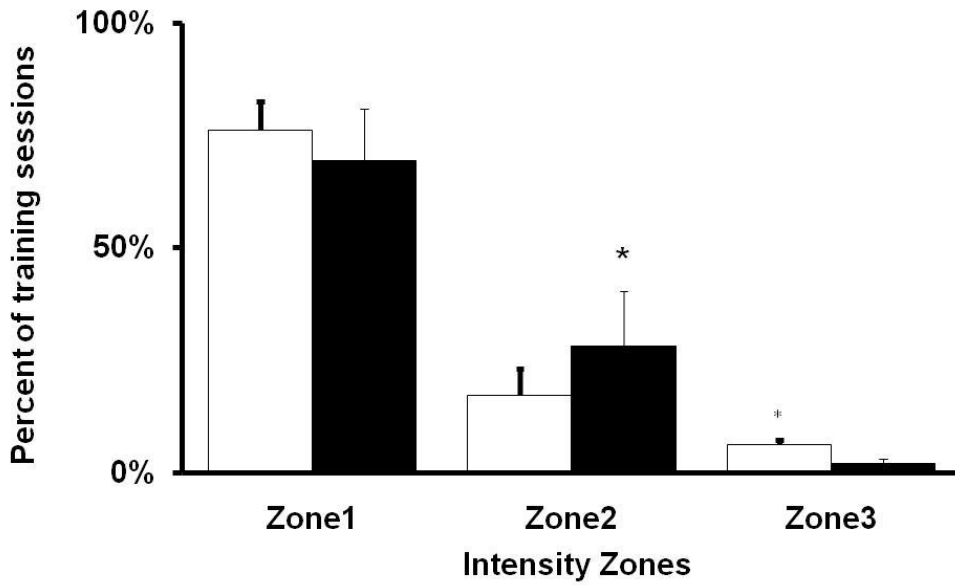


Figura2. Confronto tra le percentuali di tempo trascorso in ogni zona di allenamento di frequenza cardiaca (colonne bianche) e session-RPE (colonne nere). * $P = 0.02$ e † $P = 0.001$ tra i metodi.

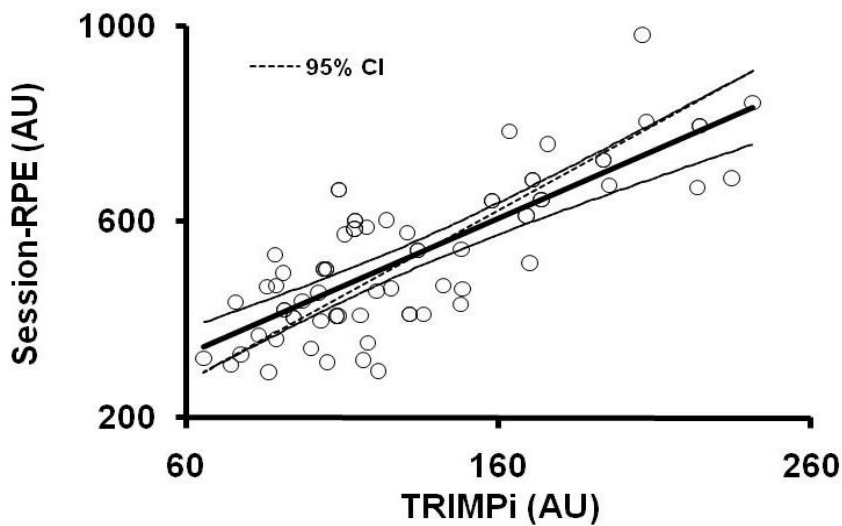


Figura 3. Correlazione tra il metodo delle session-RPE e il metodo del TRIMPi (dati aggregati, $r = 0,79$, $p = 0,000$, 95% CI 0.68-0.86)

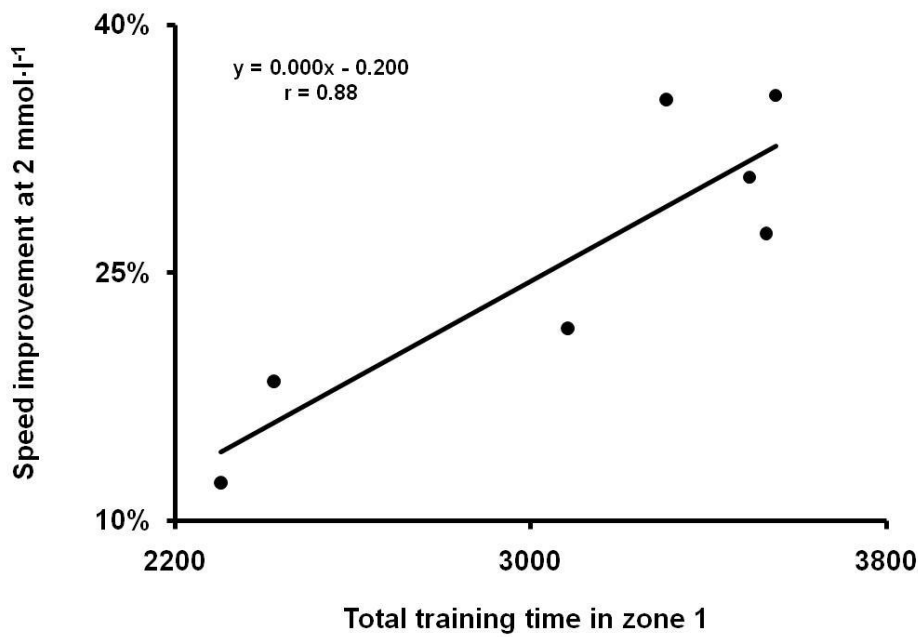


Figura 4. Relazione tra il tempo totale di allenamento svolto in zona 1 e le percentuali di miglioramento della velocità di corsa a 2 mmol·l⁻¹.

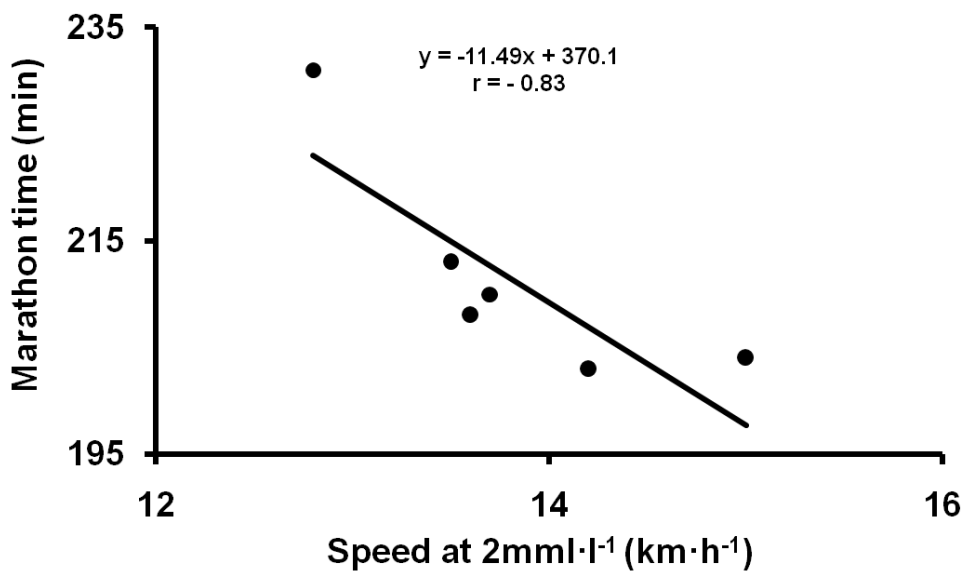


Figura 5. Relazione tra la velocità di corsa a 2 mmol·l⁻¹ e la prestazione durante una gara di maratona disputata alla fine del periodo di studio di 5 mesi.

Discussione

Il risultato principale e nuovo di questo studio è la dimostrazione che in LDRs amatoriali, il tempo di allenamento trascorso a bassa intensità è maggiore di quello speso a intensità più elevate ed è efficace nel migliorare le prestazioni. Un altro dato fondamentale è l'osservazione che un metodo di allenamento facile da usare e poco costoso come le session-RPE fornisce risposte simili a quelle metodologie di allenamento più comuni basate sulla HR e sul lattato.

In accordo con gli studi precedenti condotti in atleti di resistenza di alto livello, anche nei maratoneti amatoriali la maggior parte dell'allenamento è stato speso in zona 1 a bassa intensità (4). In contrasto con gli atleti d'elite, nei quali la distribuzione del TL nelle 3 zone di intensità è polarizzato a bassa e alta intensità (ad esempio, il 75% -5% -20%) (4) i corridori amatoriali del nostro studio trascorsero più tempo a moderata intensità (zona 2) che ad alta.

Questo risultato discrepante potrebbe essere spiegato con il diverso livello di prestazione, in quanto atleti amatoriali sono in grado di sostenere una minore quantità del loro allenamento vicino alla massima intensità rispetto agli atleti di alto livello. La parte dell'allenamento effettuata a bassa intensità relativa (zona 1 con una concentrazione di lattato ematico $\leq 2.0 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) è risultato essere quantitativamente simile a quello osservato in altri studi (4). Diversi studi hanno dimostrato che queste intensità sono le più efficaci per stimolare la biogenesi mitocondriale, migliorando i processi ossidativi, e aumentano la mobilitazione delle energie di riserva (7). Questi sono i potenziali meccanismi attraverso i quali l'allenamento a bassa intensità ha migliorato le prestazioni nei nostri maratoneti amatoriali, così come negli atleti d'elite.

I nostri risultati sono in linea con quelli riportati da Esteve-Lanao et al (1) in fondisti sub-elite durante la fase preparatoria della stagione agonistica. Questi autori hanno osservato un effetto benefico del volume di allenamento a bassa intensità (cioè, al di sotto della soglia ventilatoria) sulla prestazione (cioè, gare dai 4 ai 10 km). Nel nostro studio, abbiamo dimostrato una correlazione forte e significativa tra la quantità di allenamento trascorso in zona 1 (bassa intensità) e la percentuale di

miglioramento a una velocità di corsa di $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, con una relazione significativa anche tra la velocità di corsa a $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ e la prestazione cioè, il tempo di gara della maratona (figure 4 e 5). Questi risultati suggeriscono che quando si tratta di corridori di resistenza sub-elite o amatoriali, l'attenzione dovrebbe essere rivolta alla scelta del metodo per monitorare il TL interno. In particolare, solo i metodi che mostrano un'associazione (cioè una validità di costrutto convergente) tra il TL interno e la prestazione e/o le variabili della fitness dovrebbero essere considerati (20). Inoltre, i risultati di questo studio indicano che le session-RPE, cioè un metodo basato sulla percezione individuale dello sforzo, possono essere considerate un valido strumento per valutare le risposte individuali all'allenamento in corridori di resistenza amatoriale. In realtà, è stato trovato un rapporto forte e significativo tra il punteggio dello session-RPE e il metodo di Edwards e il TRIMPi, considerato come il gold standard nella valutazione del TL. Questa scoperta si estende a quelle precedentemente riportate per gli atleti di resistenza (4) e per i giocatori di sport di squadra (2,13)

Bibliografia

1. 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: 943-949.
2. Impellizzeri FM., Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. *Use of RPE-based training load in soccer*. Med Sci Sports Exerc 2004; 36: 1042-1047.
3. Busso T. *Variable dose-response relationship between exercise training and performance*. Med Sci Sports Exerc. 2003;35:1188–1195.
4. Seiler KS, Kjerland GO. *Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution?* Scand J Med Sci Sports 2006; 16: 49-56.
5. Robinson DM, Robinson SM, Hume PA, Hopkins WG. *Training intensity of elite male distance runners*. Med Sci Sports Exerc 1991; 23: 1078-1082.
6. Manzi V, Iellamo F, Impellizzeri F, D'Ottavio S, Castagna C. *Relation between individualized training impulse and performance in distance runners*. Med Sci Sports Exerc 2009; 41: 2090-2096.
7. Esteve-Lanao J, San Juan AF, Earnest CP, Lucia A. *How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance*. Med Sci Sports Exerc 2005; 37: 496-504.
8. Lucía A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL. *Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France*. Int J Sports Med. 1999;20:167–172.
9. Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralsztejn JP. *Physical and training characteristics of top-class marathon runners*. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:2089–2097.
10. Castagna C, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Bordon C, Manzi V. *Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study*. J Strength Cond Res. 2011;25(1):66–71.
11. Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R. *Athletic performance in relation to training load*. Wisc Med J 1996; 95: 370-374.

12. Borg G, Hassmén P, Lagerström M. *Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise*. Eur J Appl Physiol 1987; 56:679-685.
13. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. *A new approach to monitoring exercise training*. J Strength Cond Res 2001; 15: 109-115.
14. Morgan WP. *Psychological components of effort sense*. Med Sci Sports Exerc 1994; 26:1071–1077.
15. Hughson RL, Weisiger KH, Swanson GD. *Blood lactate concentration increases as continuous function in progressive exercise*. J Appl Physiol 1987; 62:1975-1981.
16. Banister EW. *Modeling elite athletic performance*. In: Green HJ, McDougal JD, Wenger H eds. *Physiological Testing of Elite Athletes*. Champaign, IL; 1991: 403-424.
17. Mader A, Heck H. *A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold"*. Int J Sports Med 1986; 7(Suppl 1):45-65.
18. Edwards S. *High performance training and racing*. In: Edwards S ed. *The heart rate monitor book*. Sacramento, CA: Feet Fleet Press; 1993: 113-123.
19. Hopkins WG. (2002). *A scale of magnitudes for effect statistics*.
<http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html>
20. Thomas JR, Nelson JK, Silverman J. *Research methods in physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2005.