

Michele Merlini, Samuele Marcora

University of Kent, School of Sport and Exercise Science; Endurance Research Group

Gli effetti della fatica mentale sulla prestazione atletica del calciatore

Riassunto

Introduzione: dodici calciatori non professionisti partecipanti al campionato universitario (*Medway Football Team*) sono stati reclutati per testare gli effetti di un protocollo di fatica mentale sulla prestazione di un test calcistico specifico come lo Yo-Yo IRT Lev1.

Metodi: durante le 2 visite previste, risposte psicologiche, fisiologiche e distanza percorsa nel test fisico (Yo-Yo) venivano confrontate tra una condizione di controllo (lettura di un giornale) e una condizione di fatica mentale (*Stroop task*) della durata complessiva di 30 minuti.

Risultati: i risultati ottenuti in seguito all'esperimento sono stati significativamente differenti tra le condizioni in termine di distanza totale percorsa durante lo Yo-Yo Test, (CON 1410 ± 354 m) contro la condizione di fatica (FAT 1203 ± 402 m), ($p < 0,001$). La risposta cardiaca registrata al termine di ogni livello completato ha riportato un effetto indicativo nel tempo ($p < 0,001$) ma non significativamente differente tra le condizioni. Di contro a questo risultato i valori registrati a Iso-Time (livelli dello Yo-Yo completati da tutti i soggetti in entrambe le condizioni) hanno registrato una percezione dello sforzo (Borg 6-20) significativamente più elevata dopo la condizione di Fatica Mentale ($p < 0,001$); nessuna differenza è stata registrata ad esaurimento. Una significatività statistica è stata registrata dall'analisi dello sforzo mentale in seguito allo *Stroop task* a dimostrazione dell'efficacia del test scelto per indurre fatica mentale (CON $2,3 \pm 2$ UA; FAT $7,0 \pm 2,0$ UA) ($p < 0,001$).

Conclusioni: questo studio dimostra come in stato di fatica mentale la prestazione fisica nel calciatore subisca un decremento significativo in termine di distanza totale percorsa.

Parole chiave: calcio - stanchezza - stanchezza mentale - funzione cognitiva - fitness test - performance

Summary

Introduction: twelve non-professional football players competing in the university league (*Medway Football Team*) were recruited in a study looking at the effect of mental fatigue on a specific football test such as Yo-Yo Intermittent Recovery Test.

Methods: during the first 2 visits, participants physiological and psychological response was recorded as well as the total distance covered during the fitness test. A comparison between the two conditions preceding the test: Control (reading a paper) or Mental Fatigue (Performing the Stroop Incongruent Test) was run.

Results: both the condition lasted 30 minutes and the results achieved following the testing protocol showed a significant difference in term of covered distance during the Yo-Yo test performance. (CON 1410 ± 354 m vs FAT 1203 ± 402 m) $p < 0.001$. Heart rate recorded throughout the physical test reported a main effect of time ($p < 0.001$) but didn't differ between conditions. Contrary, the results coming from the analysis of RPE collected at the end of each level completed in both conditions (Iso-Time) underlined a greater perception of effort in mental fatigue condition ($p < 0.001$); no differences was found at exhaustion. From the analysis of mental effort a significant difference has been found after the Stroop test comparing the 2 treatments. This show the efficacy of the test chosen by us to induce mental fatigue to the footballers (CON 2.3 ± 2 UA vs FAT 7.0 ± 2 UA).

Conclusions: therefore, the outcomes coming from our study illustrate the effect of mental fatigue on physical performance in term of less total cover distance. Future research should look at the mechanisms behind this process helping coaches and fitness trainers evaluating the psychological stress factors impairing the footballers performance.

Key words: soccer - fatigue - mental fatigue - cognitive function - fitness test - performance

Introduzione

Il gioco del calcio è caratterizzato da aspetti tecnici, tattici, fisiologici e strettamente collegati l'uno con l'altro¹. La natura intermittente di questo sport fa sì che esso sia contraddistinto dall'alternanza di tratti giocati ad alta intensità divisi da recuperi incompleti sotto massimali nei quali il giocatore copre distanze intorno ai 10 km compiendo differenti attività. Correre, sprintare, saltare, camminare e sostare sono tra le più frequenti modalità di locomozione osservate durante la partita di calcio e descrivono accuratamente il modello fisiologico a cui il calciatore è sottoposto durante il corso di un incontro di calcio^{2,3}.

Dati emergenti dall'analisi di partite di calcio dimostrano come nel corso degli ultimi 15 minuti di partita l'intensità di gioco diminuisca e con essa anche il numero di azioni tecniche svolte con successo; il numero di tiri, di passaggi, dribbling e cross vengono significativamente ridotti all'avanzare dei minuti di gioco⁴.

Il calo di parametri tecnici e la successiva riduzione delle attività ad alta intensità che emergono nel finale di partita sono conseguenti, oltre che dal risultato momentaneo della partita, alla comparsa di stati di fatica psicofisiologica che deteriorano la prestazione globale del giocatore e conseguentemente della squadra⁵.

Un deficit delle capacità specifiche del calciatore non avviene solamente in modo acuto nel corso della partita di calcio, la durata della stagione calcistica stessa fa sì che gli atleti sviluppino stati di fatica causati dalle numerose gare ufficiali presenti nel calendario agonistico. Campionato, coppe nazionali, coppe europee e gli impegni con le rispettive nazionali, sviluppano nei calciatori alti livelli di stress psico-fisico che hanno un effetto cumulativo quando protratti nel tempo, influenzando negativamente sul rendimento dei singoli.

La sfida più grossa nel calcio ad alti livelli è rappresentata dal recuperare al meglio tra un impegno e il successivo; troppo poca attenzione è data agli aspetti cognitivo/emotivo con cui i calciatori convivono prima, durante e dopo la partita di calcio.

Prolungati periodi di stress, eccessiva tensione, sensazione di stanchezza e mancanza di adeguato recupero (soprattutto psicologico) in seguito a match ravvicinati, si tramutano in uno stato di fatica immagazzinata con i quali gli atleti sperimentano; ne deriva una successiva perdita di forma e una propensione maggiore agli infortuni causato da una percezione di stanchezza costante in seguito a inadeguato recupero^{6,7}.

Di questo fenomeno gli allenatori sono pienamente coscienti, numerose sono le interviste nelle quali essi parlano di fatica mentale, di cali cognitivi e di mancanza di concentrazione in seguito a sconfitte o prestazioni non positive delle proprie squadre. Ne deriva da esso una difficoltà nell'organizzazione di azioni finalizzate al raggiungimento dell'obiettivo (*goal-oriented*). L'aspetto cognitivo sembra essere perciò correlato negativamente a prolungati stati di fatica mentale che si manifestano

attraverso una difficoltà nell'organizzazione di azioni articolate delle quali il calcio è formato.

Una riduzione marcata nei processi di vigilanza psicomotoria è stata evidenziata durante periodi di stress cognitivo con un conseguente peggioramento nelle risposte inibitorie e un ritardo nel prendere decisioni importanti (*decision-making*)^{8,9}. Questo fenomeno appare più marcato durante il finale della partita e in seguito a periodi dominati da alte richieste cognitive e fisiche che sviluppano stati di severa fatica⁴.

Non è forse la capacità di "lettura" ovvero di riuscire a prendere le migliori decisioni in tempi brevi uno degli elementi caratterizzanti l'esito di una partita di calcio?

La mancanza di studi in letteratura scientifica in merito a questo fenomeno ha fatto sì che cercassimo in modo più dettagliato le possibili conseguenze indotte dalla fatica mentale nella prestazione calcistica. Lo scopo del nostro studio è stato perciò quello di valutare i possibili effetti causati da essa in un test comunemente usato come strumento di valutazione atletica nel calciatore: lo Yo-Yo IRT Lev1.

In seguito a esso, il nostro scopo di ricerca era finalizzato a:

- fornire ad allenatori informazioni riguardanti l'effetto della fatica mentale sulla prestazione fisica attraverso test specifici di prestazione quali per esempio lo Yo-Yo IRT;
- formulare ipotesi e applicazioni utili nell'identificare l'eventuale presenza di fatica mentale nei giocatori;
- fornire ad allenatori e preparatori atletici applicazioni in campo pratico utili a ridurre l'impatto negativo causato da fatica mentale.

Materiali e metodi

Design dell'esperimento

In un esperimento *double blind*, randomizzato, controllato, *crossover*, 12 calciatori visitarono la nostra struttura 3 volte (Tab. I).

Tabella I. Caratteristiche antropometriche e sport specifiche dei soggetti testati.

Età	24	2,7
Altezza	175	4,3
Peso	76	5,7
Indice massa corporea	23,8	1,2
Ore di allenamento sett.	3,3	0,9
Errori <i>Stroop test</i>	16	6,6

Gli esperimenti furono approvati del comitato etico dell'Università del Kent in accordo ai principi riportati nella Dichiarazione di Helsinki (1983).

Durante la prima visita i soggetti familiarizzarono con i test e le strumentazioni che avrebbero usato nel corso del test come le scale visive analogiche (VAS), lo *Stroop*

Task (task utilizzato per indurre fatica mentale), la scala di Borg 6-20 e infine il test fisico che avrebbero svolto come parte finale del test^{10 11 12}.

Durante le visite 2/3 ai partecipanti venne chiesto di assegnare attraverso l'uso di scala VAS un valore di fatica mentale a riposo, baseline, prima iniziare il protocollo sperimentale.

In seguito alla valutazione di valori pre test di fatica mentale, i soggetti vennero assegnati ad una delle 2 condizioni di trattamento sulla base della randomizzazione. I 2 trattamenti duravano rispettivamente 30 minuti e si dividevano in: controllo (CON), lettura di un quotidiano e fatica mentale (FAT), svolgimento dello *Stroop Color Word Test* (incongruenza). Durante questo test i soggetti dovevano riportare oralmente il colore delle parole che leggevano su un foglio; l'incongruenza di questo test era caratterizzata da una differenza tra i colori con cui erano scritte e il significato della parola stessa. I partecipanti dovevano cercare di rispondere correttamente nel più breve tempo possibile alle parole che leggevano da sinistra a destra in un foglio dimensione A4 cercando di aumentare sempre di più la velocità di lettura¹³.

Durante il test, errori compiuti, fatica mentale e sforzo mentale vennero registrati così come, in seguito al trattamento, la Motivazione dei soggetti nel compiere il test fisico venne registrata ed utilizzata in fase di analisi.

Test fisico

Dopo 5 minuti di riscaldamento standardizzato ed identico tra le 2 condizioni, ai partecipanti veniva chiesto di esprimere il loro massimo impegno durante l'esecuzione dello Yo-Yo IRT Lev1. Questo test è caratterizzato da "navette" di 40 m (20 + 20 m) nei quali ai soggetti veniva chiesto di percorrere la distanza prefissata ad un'andatura dettata da un segnale acustico che scandiva i tempi di percorrenza a velocità crescenti. Al termine di ogni singolo lavoro, i soggetti avevano a disposizione 10s di recupero attivo prima dell'inizio del successivo lavoro.

Il test si definiva terminato quando il calciatore, per due volte consecutive, non riusciva a essere sulla linea di partenza al momento del segnale acustico.

Frequenza cardiaca e percezione dello sforzo furono registrate al termine di ogni livello completato e utilizzate durante le analisi statistiche.

Analisi dei dati

Tutti i dati sono stati presentati come media e deviazione standard. L'effetto di condizione (fatica mentale vs controllo), Fatica Mentale post trattamento, Sforzo Mentale (prima e dopo il trattamento) e ogni parametro fisiologico e psicologico a Iso-Time (fine del *warm up* + 6 livelli di Yo-Yo Test) sono stati analizzati attraverso Anova per misure ripetute.

Risultati

In seguito a *Stroop task* la percezione della fatica ha riportato un incremento significativo in contrasto con la

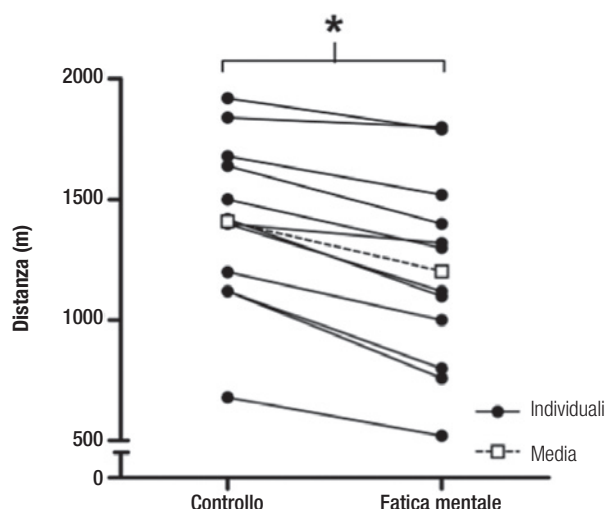
condizione di controllo che è rimasta uguale (interazione di condizione x tempo: $p < 0,001$). Dalle analisi emerse inoltre come la percezione della fatica prima del trattamento non risultò differente tra le 2 condizioni contrariamente ai dati registrati in seguito al trattamento nei quali, la condizione di fatica riportò valori significativamente diversi da quelli registrati dalla condizione di controllo (CON $1,24 \pm 0,75$ AU; FAT $5,16 \pm 1,11$ AU; $p < 0,001$). La percezione dello sforzo mentale registrò anch'essa valori significativamente più elevati nella condizione FAT ($7,0 \pm 2,0$ AU) rispetto al CON ($2,3 \pm 2,0$ AU; ($p < 0,001$). La motivazione registrata durante le due prove non ha evidenziato differenti valori tra le condizioni analizzate.

Yo-Yo Intermittent Recovery Test, Level 1

La distanza media percorsa dai soggetti nella condizione di Fatica Mentale (1203 ± 402 m) rispetto alla condizione di Controllo (1410 ± 354 m) si è dimostrata significativamente inferiore ($p < 0,001$, $d = 0,55$). Dall'analisi individuale è emerso come la distanza percorsa nella condizione FAT fosse inferiore in tutti i 12 soggetti evidenziando un decremento del 16,3% (Fig. 1).

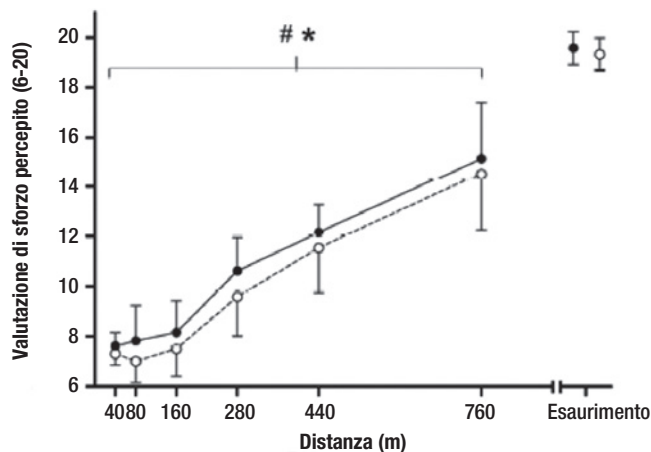
Misure psico-fisiologiche

Nessuna interazione di condizione per tempo è stata registrata dall'analisi della Frequenza Cardiaca e dell'RPE nonostante un effetto di tempo sia stato trovato in entrambe le condizioni durante lo Yo-Yo IRT Lev1 ($p < 0,01$). La frequenza cardiaca non è stata significativamente differente tra le condizioni (Fig. 2) contrariamente a quanto trovato dall'analisi dell'RPE che a Iso-time fu significativamente più alta in FAT rispetto a CON ($p < 0,01$) (Fig. 3).



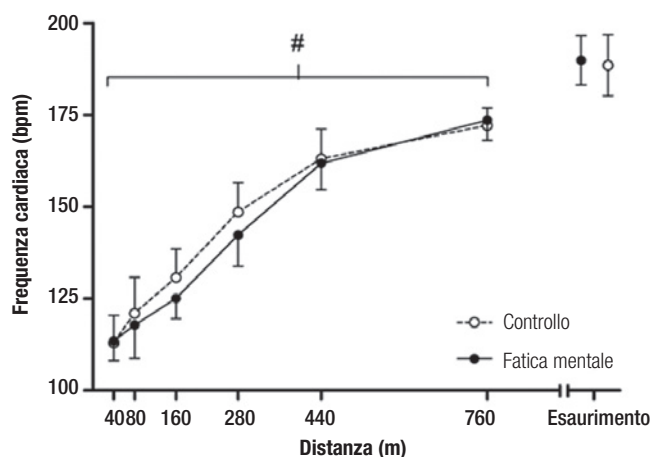
* Effetto significativo di condizione ($p < 0,001$). Dati presentati come valori individuali.

Figura 1. Effetto del trattamento sulla distanza totale percorsa.



* Effetto sign. di condizione ($p < 0,01$); # Effetto sign. sul tempo ($p < 0,01$).
I dati sono plottati a Iso-Time (Warm up + 6 livelli). Dati rappresentati come media e deviazione standard.

Figura 2. Effetto del trattamento sulla percezione dello sforzo.



Effetto sign. sul tempo ($p < 0,01$).
I dati sono plottati a Iso-Time (Warm up + 6 livelli). Dati rappresentati come media e deviazione standard.

Figura 3. Effetto del trattamento sulla risposta cardiaca.

Nessun cambiamento significativo è stato registrato a esaurimento.

Discussione

I risultati emersi dal nostro studio dimostrano per la prima volta come la fatica mentale abbia un impatto negativo sulla distanza totale percorsa in un test di pratica calcistica come lo Yo-Yo IRT Lev1.

Sebbene tra le due condizioni si sia registrato un 16,3% di differenza in termine di distanza percorsa, questo valore non è stato possibile spiegarlo attraverso cambiamenti di origine fisiologica siccome i dati di frequenza

cardiaca da noi registrati non furono significativamente diversi tra le due condizioni di trattamento.

Dalle analisi è sorto inoltre il ruolo chiave ricoperto dalla percezione dello sforzo (RPE) che, durante lo svolgimento dello Yo-Yo in seguito a fatica mentale, registrò valori più alti e quindi imputabili alla cessazione anticipata del test fisico. A conferma dell'impatto negativo causato dalla fatica mentale si può notare come le risposte psicologiche esaminate durante le due condizioni di trattamento (Vas Motivazionale) non abbiano riportato differenze significative tra le condizioni, permettendoci di escludere quindi variabili esterne allo studio.

In seguito al protocollo di fatica mentale i soggetti percepirono più faticoso lo svolgimento del test fisico raggiungendo l'esaurimento più velocemente.

In accordo con i nostri risultati, in uno studio recente condotto su calciatori, un peggioramento della performance fisica fu trovato durante lo svolgimento di un esercizio che riproduceva le attività intermittenti presenti all'interno di una partita di calcio in seguito a protocollo di fatica mentale¹⁴.

Dopo lo svolgimento di un task della durata di 90 minuti, dove ai partecipanti veniva chiesto di reagire a stimoli che apparivano su uno schermo, i soggetti dovevano compiere diverse andature ad intensità simili a quelle presenti in un match di calcio attraverso un tappeto non motorizzato; nello specifico attività come camminare, jogging, correre, accelerare e sprintare erano inserite all'interno del protocollo.

Il lavoro prodotto durante l'esperimento segnalò differenze indicative in termine di alta e bassa intensità sviluppate tra le diverse condizioni; la condizione di controllo fu in grado di sviluppare maggiori potenze in paragone alla condizione di fatica che, oltre a potenze di lavoro inferiori, fece registrare anche valori di percezione dello sforzo significativamente più alti di quelli di controllo ($p = 0,013$).

Motivazione e risposte fisiologiche registrate non mostrarono differenze di condizione, così come nel nostro studio. Apparentemente, anche in questo studio la percezione dello sforzo sembrò essere il solo parametro in grado di motivare la differenza di risultati ottenuti nell'esperimento.

I risultati da noi raggiunti nello studio trovano spiegazione all'interno del modello psicobiologico di resistenza all'interno del quale emerge come i processi coinvolti nella prestazione di resistenza siano riconducibili a due grossi filoni: la percezione della fatica (RPE) e la motivazione nello svolgere il compito^{15 16}.

Secondo il suddetto modello, la percezione dello sforzo se troppo elevata porta a un abbandono anticipato del compito da parte dei soggetti o nel modificare le modalità di svolgimento dello stesso in caso si tratti di attività *self-pace*.

A livello pratico i soggetti, al fine di completare il compito a loro richiesto, modificano l'intensità di lavoro (km/h;

Watt) per riuscire nell'intento di terminare l'esercizio con una percezione dello sforzo gestibile ^{17 18}.

L'esaurimento, secondo prof. Marcora, avviene sotto forma di distaccamento dal compito e non dal fallimento nel compiere il compito stesso. In altri termini, un individuo decide di distaccarsi dal compito perché lo sforzo richiesto supera la volontà stessa di terminare il compito (teoria dell'intensità motivazionale), o perché persistere con uno sforzo troppo elevato viene percepito come proibitivo e oltre le proprie possibilità ^{19 20}.

Contrariamente alla teoria del *Central Governor Model* proposta da Noakes ²¹ secondo la quale il Sistema Nervoso Centrale modula le risposte interne per preservare l'organismo da un "catastrofico fallimento", i risultati da noi trovati non potrebbero essere spiegati attraverso questo approccio in quanto le risposte fisiologiche ottenute furono simili tra condizioni e quindi non responsabili dell'esito del test fisico.

La causa della conclusione anticipata del gruppo post fatica mentale trovata nel nostro studio è quindi riconducibile all'unica variabile indipendente da noi manipolata: la condizione di fatica mentale.

Conclusione

Lo studio da noi svolto conferma come la fatica mentale abbia un impatto negativo sul calciatore in termine di distanza percorsa durante un test specifico nel calcio. Dati i numerosi impegni ravvicinati presenti nella stagione calcistica, diventa di notevole importanza adottare strategie di recupero tra un match e l'altro sotto il punto di vista cognitivo e fisiologico.

I processi cognitivi residenti nel cervello sono difficilmente divisibili e riducibili ad analisi singolari, perciò l'incrocio di risultati raccolti attraverso l'utilizzo di strumenti differenti potrebbero certamente fornire ad allenatori e staff tecnici dati per identificare soggetti affetti da affaticamento mentale.

L'utilizzo di questionari sport specifici come il Rest-Q Sport ²², test di vigilanza psicomotoria (Pvt test) ²³ e una sensibilità da parte degli atleti nell'utilizzo di scale di valutazione percettive di fatica (Borg) e di recupero (*Total Recovery Rate*, TQR) fornirebbero grande supporto all'analisi globale dell'atleta.

Ricerche future dovrebbero essere orientate a trovare dei test sensibili e riproducibili aventi lo scopo di individuare in atleti stati severi di fatica mentale, in modo da

comprendere le cause scaturenti di questi effetti, cercando di ridurli il più possibile.

La necessità di proporre frequentemente questa tipologia di test diventa primaria importanza giacché permetterebbe di ottenere un range di misurazioni all'interno del quale sarebbe possibile individuare valori associabili a stati di fatica mentale.

La possibilità di inserire tra le varie metodiche di allenamento allenamenti cognitivi come il *brain training*, aumenterebbe la capacità cognitiva del cervello a cooperare durante momenti d'intensa domanda cognitiva senza che una riduzione della prestazione fisica avvenga in seguito ad esso. L'applicazione del *brain training* premetterebbe anche di alzare, secondo la nostra opinione, la soglia alla quale il soggetto comincerebbe ad accusare un peggioramento cognitivo in seguito a prolungati periodi di fatica mentale privi di adeguati recuperi.

In conformità a questo, studi da noi sviluppati recentemente sul *brain training* mostravano come, a pari intensità di lavoro, soggetti abituati ad allenarsi con uno stimolo cognitivo erano in grado di durare molto di più (70/75% differenza pre-post) in un task a esaurimento; i valori di RPE registrati nel gruppo allenatosi con il task mentale erano significativamente più bassi in confronto a chi era abituato ad allenarsi senza la componente cognitiva (dati non ancora pubblicati).

In conclusione, data l'intensa attività cognitivo-decisionale presente nel calcio e i pochi giorni di riposo, l'inserimento dell'allenamento cognitivo consentirebbe al calciatore di ottimizzare la gestione delle energie psico-emotive attraverso il corso della stagione agonistica senza correre il rischio di imbattersi in stati di fatica mentale.

L'inserimento di particolari tecniche di rilassamento cognitivo ed emotivo come yoga, meditazione, il training autogeno e le tecniche d'immaginazione guidata, aiuterebbero a superare stati caratterizzati da intensa domanda cognitiva all'interno dei quali recuperare tra un match e il successivo è assai complesso a causa del poco tempo disponibile.

L'inserimento di sessioni cognitive personalizzate come strumento di allenamento dovrebbe essere considerato nella pratica del calcio professionistico moderno in cui la gestione delle energie e la domanda cognitiva è di massima importanza ai fini del successo.

Bibliografia

¹ Stølen T, Chamari K, Castagna C, et al. *Physiology of soccer: an update*. Sports Med 2005;35:501-36.

² Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. *The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports*. Sports Med 2008;38:37-51.

³ Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, et

al. *High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels*. Strength Cond Res 2010;24:2343-51.

⁴ Harper LD, West DJ, Stevenson, et al. *Technical performance reduces during the extra-time period of professional soccer match-play*. PLoS One 2014;9:e110995.

⁵ Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. *Fatigue*

in soccer: a brief review. J Sports Sci 2005;23:593-9.

⁶ Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. *Effects of mental fatigue on attention: an ERP study*. Brain Res Cogn Brain Res 2005;25:107-16.

⁷ Boksem MA, Tops M. *Mental fatigue: costs and benefits*. Brain Res Rev 2008;59:125-39.

⁸ Robert G, JH. *Compensatory control in*

- the regulation of human performance under stress and high workload - A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology* 1997;45:1-3.
- ⁹ Lorist MM, Tops M. *Caffeine, fatigue, and cognition*. *Brain Cogn* 2003;53:82-94.
 - ¹⁰ Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ. *Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain*. *Acad Emerg Med* 2001;8:1153-7.
 - ¹¹ Bush G, Whalen PJ, Rosen BR, et al. *The counting Stroop: an interference task specialized for functional neuroimaging--validation study with functional MRI*. *Hum Brain Mapp* 1998;6:270-82.
 - ¹² Borg E, Kaijser L. *A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests*. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16:57-69.
 - ¹³ MacLeod CM. *Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review*. *Psychol Bull* 1991;109:163-203.
 - ¹⁴ Smith MR, Marcora SM, Coutts AJ. *Mental fatigue impairs intermittent running performance*. *Med Sci Sports Exerc* 2015;47:1682-90.
 - ¹⁵ Marcora SM. *Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance?* *Eur J Appl Physiol* 2008;104:929-31.
 - ¹⁶ Marcora SM, Staiano W. *The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle?* *Eur J Appl Physiol* 2010;109:763-70.
 - ¹⁷ Pageaux B, Lepers R, Dietz KC, et al. *Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance*. *Eur J Appl Physiol* 2014;114:1095-105.
 - ¹⁸ Edwards DKH, Jones DA, Merton APA. *Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise*. *J Physiol* 1977;272:769-78.
 - ¹⁹ Brehm JW, Self EA. *The intensity of motivation*. *Annu Rev Psychol* 1989;40:109-31.
 - ²⁰ Wright RA. *Refining the prediction of effort: Brehm's distinction between potential motivation and motivation intensity*. *Soc Personal Psychol Compass* 2008;2:682-701.
 - ²¹ Noakes T. *The central governor model of exercise regulation applied to the marathon*. *Sports Med* 2007;37:374-7.
 - ²² Davis H, Orzeck T, Keelan P. *Psychometric item evaluations of the Recovery-Stress Questionnaire for athletes*. *Psychol Sport* 2007;8:917-38.
 - ²³ Basner M, David F. *Maximizing sensitivity of the psychomotor vigilance test (PVT) to sleep loss*. *Sleep* 2011;34:581-91.

CORRISPONDENZA

Michele Merlini
michele.merlini1986@gmail.com