



# LA VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ ANAEROBICA NEL CALCIO: STUDIO PILOTA

di Carlo Castagna<sup>1,2</sup>, Stefano Cappelli<sup>2</sup>, Vincenzo Manzi<sup>3</sup>

### INTRODUZIONE

Lo studio della funzionalità metabolica del calciatore è di fondamentale importanza per lo sviluppo dei metodi di allenamento utili per l'ottimizzazione della prestazione fisica di gioco (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). La ricerca scientifica applicata al calcio si è particolarmente interessata dello studio della funzionalità anaerobica a breve termine (potenza anaerobica, PA) trascurando quella a medio termine definita quale capacità anaerobica (CA) (Stølen, et al., 2005). L'analisi di gioco ha recentemente suggerito l'interesse della CA relativamente a sforzi massimali di media durata (10-30s) facendo riferimento al concetto di speed-endurance (Bangsbo, Elbe, Andersen, & Poulsen, 2010; Christensen et al., 2011; Iaia & Bangsbo, 2010; Thomassen, Christensen, Gunnarsson, Nybo, & Bangsbo, 2010). Infatti l'analisi degli eventi gioco ha indicato come probabile il verificarsi nel corso della partita di azioni condotte a intensità quasi massimale (esercizio accelerativo) della durata di 10-30s non prima rilevati con la match-analysis (Thomassen, et al., 2010). Queste risultanze portano alla riconsiderazione dell'intervento di CA per la preparazione (stimolo critico di allarme) che come attività di produzione di gioco ad alta e altissima intensità. La valutazione della CA viene solitamente attuata mediante il rilievo della potenza sviluppata nel corso di 30s di sforzo condotti al cicloergometro mediante quell'universalmente accettato test conosciuto come Wingate test (Carvalho et al., 2011; Granier, Mercier, Mercier, Anselme, & Prefaut, 1995; Kavanagh & Jacobs, 1988; Zalac, Jarzabek, & Waskiewicz, 1999). Pur fornendo dati di sicuro interesse per la determinazione del profilo individuale del calciatore, il test utilizza modalità di esercizio non calcio specifiche che ne rendono dubbia l'utilità per la prescrizione dell'allenamento.

L'abilità di ripetere sprint brevi e con recupero incompleto è stata pro-

posta come una funzionalità fisiologica integrata con un elevato grado di specificità per la prestazione calcistica (Chaouachi et al., 2009; Rampinini et al., 2007; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005). Infatti numerosi studi hanno dimostrato pur attraverso diversi test di valutazione l'associazione tra questa abilità e l'attività svolta ad alta intensità nel corso del gioco nonché la sua validità di costruito (Impellizzeri et al., 2008; Krstrup et al., 2006; Rampinini, et al., 2007; Stølen, et al., 2005; Thomassen, et al., 2010). La ripetizione di sprint della durata di 3-6s (da 3 a 15) alla massima intensità con recuperi non superiori ai 30s ha fatto registrare concentrazioni di lattato molto elevate (10-16 mmol·l<sup>-1</sup>) tali da suggerire l'utilizzo di questi paradigmi quali mezzi per l'allenamento intermittente della CA (Balsom, Seger, Sjodin, & Ekblom, 1992a, 1992b). Recenti studi qualitativo-quantitativi utilizzando la simulazione computerizzata hanno indicato come gli sforzi massimali (all-out) della durata di 10s siano in grado di descrivere elegantemente la cinetica delle componenti metaboliche anaerobiche quali quella sostenuta dai fosfati ad alto contenuto energetico e quella glicolitica (Heck, Schulz, & Bartmus, 2003). Infatti l'evidenza dimostra che proprio in questi sviluppi temporali si assiste a una massimizzazione degli interventi per unità di tempo dei meccanismi della scissione del Fosfato Creatina, della produzione del lattato muscolare e della cinetica dell'ossigeno senza drammatiche diminuzioni del pH muscolare. Pertanto rispetto agli sforzi unitari solitamente usati per valutare l'abilità di ripetere sprint (3-5s) il paradigma all-out di 10s risulta utile per qualificare le potenzialità anaerobiche del calciatore

1) Laboratorio di Metodologia dell'allenamento e Biomeccanica applicata al calcio del Settore Tecnico FIGC

2) Scuola Regionale dello Sport del CONI Marche, Ancona

3) Ente Spaziale Italiano, Roma

(Heck, et al., 2003). Questo fa presupporre che un suo reiterato impiego nel tempo possa evidenziare il reale profilo della CA del calciatore rispetto alla prevalentemente Fosfato Creatina dipendente abilità di ripetere sprint (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011; Krstrup, et al., 2006; Spencer, et al., 2005).

L'introduzione del nastro trasportatore non motorizzato consente la valutazione indiretta delle potenzialità anaerobiche registrando una serie di variabili dinamiche e cinematiche su base istantanea (a ogni passo) e con una modalità di movimento specifica per il calciatore, quale la corsa lineare (Greenhaff et al., 1994; Lakomy, 1987; Van Praagh, 2007). Infatti Faude e coll. (Faude, Koch, & Meyer, 2012) hanno recentemente dimostrato come lo sprint lineare sia l'azione per elezione inducente alla segnatura nel calcio di élite.

Allo scopo di delineare il profilo anaerobico del calciatore è stata intrapresa una sperimentazione che facendo uso del nastro trasportatore non motorizzato (NTNM) ha messo a confronto l'abilità di ripetere sprint brevi con due paradigmi utili per caratterizzare la speed-endurance frazionata (CA di mantenimento) e continua (CA di produzione) (Bangsbo, et al., 2010).

### METODI

Alla sperimentazione hanno partecipato 11 calciatori di livello regionale (età 21.0 ± 5.2 anni, altezza 178.6 ± 5.48 cm, massa corporea 73.4 ± 6.1 kg) i quali sono stati sottoposti in diverse occasioni a tre test effettuati al NTNM (Force Woodway, Woodway Inc., Waukesha, WI, USA) in ordine casuale. Il NTNM ha consentito mediante il suo equipaggiamento la determinazione istantanea delle forze orizzontali, delle reazioni all'appoggio (mediante pedana di forza) e delle velocità di rotolamento del nastro. Il software dedicato (Force Woodway, Woodway Inc., Waukesha, WI, USA) ha reso possibile la implementazione dei protocolli impiegati e la registrazione dei dati raccolti.

Quali paradigmi della abilità di ripetere sprint (ARS), e della Capacità Anaerobica di mantenimento (CAM) e di produzione (CAP) sono stati utilizzati rispettivamente:

1. 6 sprint massimali di 5s con 20s di recupero passivo (6x5s);

2. 3 sprint massimali della durata di 10s con 20s di recupero passivo (3x10s);

3. 30s all-out (30s).

Oltre ai parametri cinematici e dinamici istantanei nel corso della sperimentazione è stata valutata la concentrazione del lattato ematico durante il recupero post-esercizio con campionamenti dopo 3, 6 e 9 minuti di ristoro mediante il sistema Lactate-Pro (Arkay, Tokyo, Giappone) usando prelievi ematici effettuati dal lobo dell'orecchio. La differenza tra le varie variabili è stata stabilita mediante il calcolo dell'effect size (ES, Cohen *d*). La associazione tra le variabili di interesse è stata verificata usando il coefficiente di correlazione di Spearman. I dati sono espressi come media e deviazione standard della media e intervalli di confidenza al 95%.

### RISULTATI

L'analisi dei dati ha mostrato un picco di lattato ematico post esercizio pari a 11.42 ± 2.56, 13.63 ± 2.33, 15.08 ± 1.57 mM·L<sup>-1</sup>, rispettivamente per la prova 6x5s, 3x10s e 30s. La differenza tra il valore del picco di lattato rilevato nella condizione 3x10s rispetto a 6x5s (ES=0.65) e 30s (ES=0.69) è risultata di medio effetto. La concentrazione di lattato per la condizione 6x5s è risultata essere notevolmente inferiore rispetto a quella della condizione 30s (ES=2.09).

La potenza media totale (per i 30s di sprint) nelle tre prove è stata pari 4150 ± 521, 3940 ± 591 e 3682 ± 522 watt rispettivamente per la condizione 6x5s, 3x10s e 30s. Le differenze tra la potenza media totale prodotta nella condizione 3x10s e quelle rilevate per 6x5s e 30s sono risultate di medio effetto (rispettivamente ES=0.40 e 0.48). La differenza tra la potenza totale prodotta nelle condizioni 6x5s e 30s è risultata essere di grande effetto (ES=0.92).

La distanza totale percorsa nelle tre prove è stata di 107.85 ± 12.78, 112.48 ± 6.64 e 113.27 ± 8.37m per le condizioni 6x5s, 3x10s e 30s. Le differenze sono risultate di medio effetto tra la condizione 6x5s e 3x10s (ES=0.45) e 30s (ES=0.44). La distanza totalizzata nella condizione 3x10s è risultata avere una differenza di piccolo effetto con 30s (ES=0.25).

L'associazione tra i valori medi di potenza nel 3x10s con 6x5s e 30s è risul-



tata rispettivamente molto forte ( $\rho=0.76$ ; 0.30-0.93) e quasi perfetta ( $\rho=0.99$ ; 0.96-0.99). La potenza totalizzata nella prova 6x5s è risultata avere una associazione molto forte con quella realizzata nei 30s ( $\rho=0.83$ ; 0.45-0.95). L'associazione tra la distanza totale percorsa nella condizione 3x10s e quella registrata nei 30s è risultata molto forte ( $\rho=0.86$ ; 0.523-0.962). La distanza totale percorsa nei 6x5s è risultata essere moderatamente e fortemente associata rispettivamente alla condizione 30s ( $\rho=0.48$ ; -0.166-0.839) e 3x10s ( $\rho=0.66$ ; 0.106-0.904).

### DISCUSSIONE

Questo è il primo studio che ha esaminato nel calcio la possibile relazione tra i diversi aspetti della capacità anaerobica a breve e medio termine, utilizzando il nastro trasportatore non motorizzato. I dati raccolti hanno evidenziato l'interesse per la prova 3x10s con 20s di recupero passivo per la definizione del profilo individuale anaerobico del calciatore. Inoltre questo studio ha evidenziato l'utilità del nastro trasportatore non motorizzato nella valutazione delle potenzialità anaerobiche individuali del calciatore su base istantanea.

Prima di addentrarsi nella specificità delle analisi dei dati risulta di notevole interesse metodologico la considerazione pratica delle concentrazioni di lattato determinate dall'impiego dei paradigmi di esercizio impiegati in questo studio. I dati infatti dimostrano che mediante prove intermittenti 6x5s e 3x10s sia possibile sollecitare notevolmente il meccanismo lattacido inducendo concentrazioni superiori a quelle medie solitamente rilevate nel corso di una partita e molto prossime a quelle di picco ottenute successivamente a azioni di gioco molto intense (Stølen, et al., 2005). Pertanto nel caso il preparatore atletico o l'allenatore siano interessati all'allenamento di queste caratteristiche metaboliche le esercitazioni 6x5s e 3x10s potrebbero essere una scelta favorevole (Bishop, et al., 2011; Girard, et al., 2011). È utile dal punto di vista operativo considerare che le prove in oggetto sono state svolte richiedendo il massimo sforzo istantaneo ai soggetti per tutta la durata dello sforzo. Sebbene ulteriori studi di approfondimento si ritengano utili per definirne l'esatta collocazione metodologica, al riguardo non sembra attualmente azzardato affermare che con queste esercitazioni sia possibile indurre elevate

concentrazioni di lattato ematico in breve tempo, simulando una possibile azione di gioco svolta ad altissima intensità e reiterata nell'immediato (20s). L'interesse per questi paradigmi di esercizio per gli sport di squadra è evidenziato dai numerosi studi che si sono interessati dell'abilità di ripetere sprint e recentemente della applicabilità della metodica dell'allenamento della speed-endurance nel calcio (Iaia & Bangsbo, 2010; Krstrup, et al., 2006; Thomassen, et al., 2010).

In particolare la prova 3x10s si è dimostrata in grado di indurre concentrazioni di lattato ematico in linea con quelli riportati impiegando protocolli di maggior durata temporale totale impiegando ripetizioni di inferiore durata (15x40m/60s) (Balsom, et al., 1992a, 1992b; Heck, et al., 2003). Differenze di popolazione, di strumentazione e procedure devono essere comunque sempre considerate in queste esemplificazioni comparative. La prova 6x5s utilizzando un paradigma di esercizio proprio della ARS ha indotto concentrazioni di lattato in linea con quelli riportati in studi di simile natura (15x40m/30) per un uguale numero di ripetizioni, dimostrando che per indurre alte acidificazioni nella serie il numero degli sprint ha un notevole impatto (Balsom, et al., 1992a; Serpiello, McKenna, Stepto, Bishop, & Aughey, 2011). La prova 30s si è dimostrata in grado di produrre notevoli acidificazioni in brevissimo tempo indicandola come prova per l'allenamento della efficienza della potenza anaerobica e per la tolleranza del lattato. Recentemente sono state proposte esercitazioni di gioco (anche con palla) per lo sviluppo della CAP che hanno utilizzato questo paradigma temporale (30s) reiterandolo nel tempo con ampi recuperi (2-4 min) (Thomassen, et al. 2010).

La prova 6x5s si è dimostrata in grado di far totalizzare una potenza massima media superiore alle altre due condizioni considerate (3x10s e 30s) nel gruppo di calciatori qui esaminati. Questo indica come l'esercizio intermittente breve (5s) ad altissima intensità risulti meno economico delle condizioni usate per caratterizzare sia CA di mantenimento che di produzione le quali hanno consentito di ottenere distanze praticamente superiori nello stesso tempo totale di esercizio. Le differenze in questo caso sono da attribuirsi principalmente alla fase di accelerazione prevista nella condizione 6x5s che si ripropone per 6 volte rispetto alle 3 e 1 rispettivamente per la condizione 3x10s e 30s. Questi dati risultano di notevole in-

teresse per la conoscenza dell'esercizio intermittente condotto alla massima intensità soggettiva e per l'ulteriore caratterizzazione della prestazione calcistica. In questo contesto risulta evidente come la reiterata partenza da fermo per sprint di breve durata costituisca una strategia, seppur contingente, non economica a cui far preferire azioni ad alta intensità condotte usando partenze in movimento. Questa caratterizzazione dinamica dello sprint ripetuto grazie al rilievo istantaneo della potenza (passo per passo) ottenuta mediante il Nastro Trasportatore non Motorizzato, suggerisce l'interesse per la prova 3x10s come test per valutare l'abilità di reiterare potenza di spinta per tempi medi (10s) con ridotti tempi di ripristino non sufficienti per determinare un importante ristoro delle fonti energetiche anaerobiche. Alla luce dei dati raccolti la prova 3x10s si evidenzia come un test utile per la valutare le caratteristiche ane-

robiche di potenza e capacità anaerobica del calciatore ponendosi per elezione fisiologicamente e biomeccanicamente a metà strada tra la ARS e la CAP (Heck, et al., 2003; Krstrup, et al., 2006; Spencer, et al., 2005; Thomassen, et al., 2010). Al momento è ipotizzabile una identificazione di costruito tra i livelli di lattato nella prova 3x10s con la quale i soggetti più allenati sarebbero potenzialmente in grado di mostrare maggiori valori di potenza totale a fronte di valori di lattato ematico inferiori. Pertanto ulteriori studi si rendono necessari per verificare la validità di costruito del 3x10s mettendo a confronto la prestazione in questo paradigma di soggetti con diverso background di allenamento e competitivo.

I risultati di questo studio hanno comunque mostrato come le due attività di sprint ripetuto qui considerate siano ampiamente associabili alla CAP (distanza totale e potenza). Questo suggerisce che almeno per que-

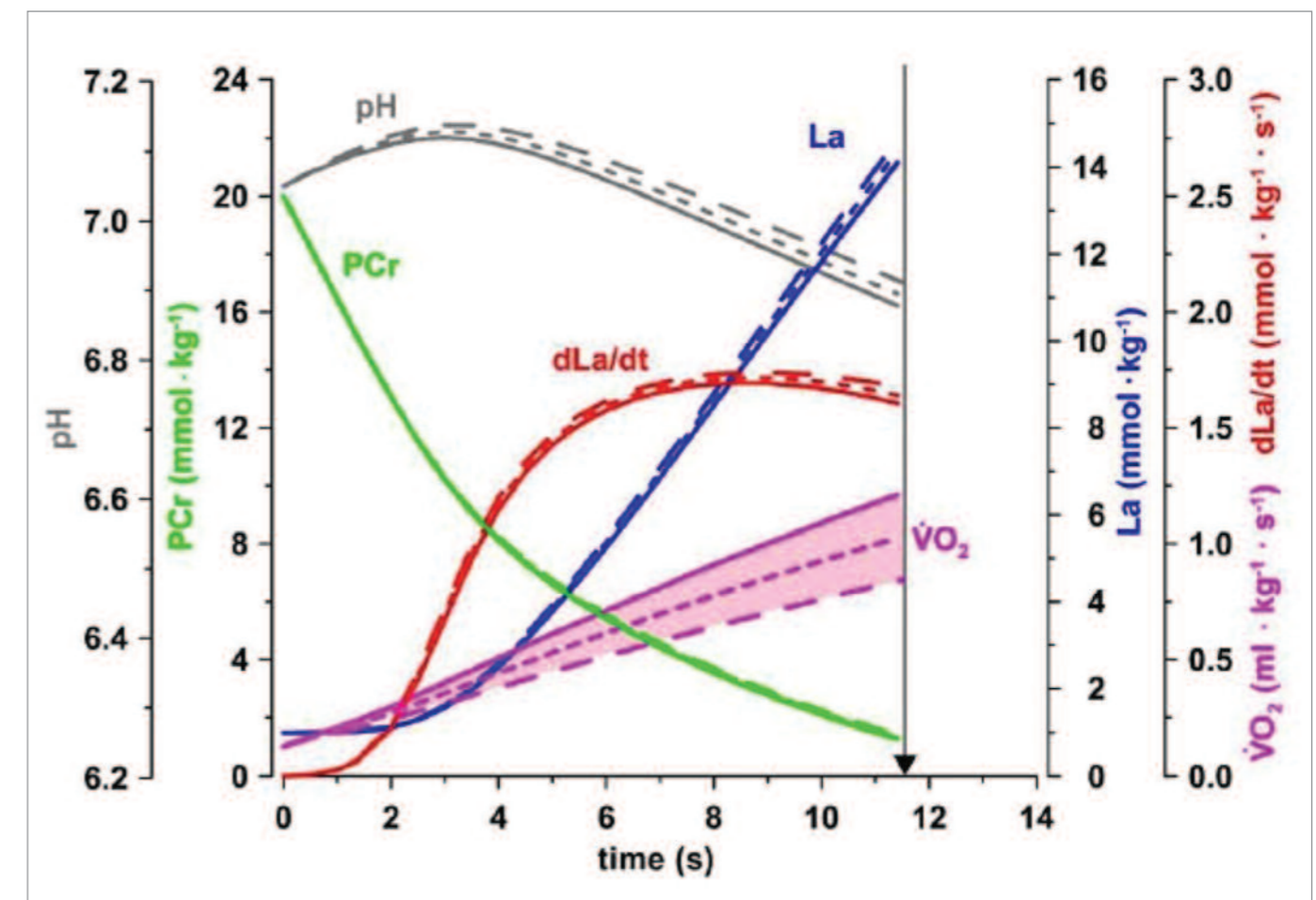


Figura 1. Cinetica delle variabili metaboliche nel corso di uno sforzo massimale di breve durata.



## LABORATORIO DI METODOLOGIA DELL'ALLENAMENTO E BIOMECCANICA APPLICATA AL CALCIO

sti soggetti la prestazione di CAP costituisce una sorta di caratterizzazione anaerobica generale. Le condizioni di sprint intermittente qui considerate hanno dimostrato anche esse di essere associate (da grande a molto grande) in quanto a produzione di potenza e a lavoro esterno rea-

lizzato. Queste risultanze indicano che i paradigmi qui usati attraverso diversi meccanismi energetici protocollo dipendenti, sono in grado di determinare valori cinematici e dinamici proporzionali.

### Bibliografia

- Balsom, P.D., Seger, J.Y., Sjodin, B., & Ekblom, B. (1992a). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International Journal of Sports Medicine*, 13(7), 528-533.
- Balsom, P.D., Seger, J.Y., Sjodin, B., & Ekblom, B. (1992b). Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 144-149.
- Bangsbo, J., Elbe, A. M., Andersen, M., & Poulsen, A. L. (2010). International Consensus Conference "Performance in top sports involving intense exercise". *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 2, ii-iv. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01183.x
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756. doi: 10.2165/11590560-000000000-00000 4 [pii]
- Carvalho, H. M., Coelho e Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Goncalves, C. E., Castagna, C., Philippaerts, R. M., & Malina, R. M. (2011). Cross-validation and reliability of the line-drill test of anaerobic performance in basketball players 14-16 years. *J Strength Cond Res*, 25(4), 1113-1119. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d09e38
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chamari, K., Wong, P.L., Chaalali, A., & Castagna, C. (2009). Intermittent Endurance and Repeated Sprint Ability in Soccer Players. *J Strength Cond Res*, Accepted 22 Dec.
- Christensen, P. M., Krstrup, P., Gunnarsson, T. P., Kiilerich, K., Nybo, L., & Bangsbo, J. (2011). VO<sub>2</sub> kinetics and performance in soccer players after intense training and inactivity. *Med Sci Sports Exerc*, 43(9), 1716-1724. doi: 10.1249/MSS.0b013e318211c01a
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631. doi: 10.1080/02640414.2012.665940
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694. doi: 10.2165/11590550-000000000-000004 [pii]
- Granier, P., Mercier, B., Mercier, J., Anselme, F., & Prefaut, C. (1995). Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, 70(1), 58-65.
- Greenhaff, P.L., Nevill, M.E., Soderlund, K., Bodin, K., Boobis, L.H., Williams, C., & Hultman, E. (1994). The metabolic responses of human type I and II muscle fibers during maximal treadmill sprinting. *Journal of Physiology*, 478(1), 149-155.
- Heck, H., Schulz, H., & Bartmus, U. (2003). Diagnostics of anaerobic power and capacity. *European Journal of Sport Science*, 3(3), 1-23.
- laia, F. M., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 2, 11-23. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01193.x
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905. doi: 10.1055/s-2008-1038491
- Kavanagh, M.F., & Jacobs, I. (1988). Breath-by-breath oxygen consumption during performance of the Wingate test. *Canadian Journal of Sport Science*, 13(1), 91-93.
- Krstrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38(6), 1165-1174.
- Lakomy, H.K.A. (1987). The use of a non-motorised treadmill for analysing sprint performance. *Ergonomics*, 30(4), 627-637.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S.M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F.M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int. J. Sports Med.*, 28(3), 228-235.
- Serpiello, F. R., McKenna, M. J., Stepto, N. K., Bishop, D. J., & Aughey, R. J. (2011). Performance and physiological responses to repeated-sprint exercise: a novel multiple-set approach. *Eur J Appl Physiol*, 111(4), 669-678. doi: 10.1007/s00421-010-1687-0
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities Specific to Field-Based Team Sports. *Sports Med.*, 35(12), 1025-1044.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer: An Update. *Sports Med.*, 35(6), 501-536.
- Thomassen, M., Christensen, P. M., Gunnarsson, T. P., Nybo, L., & Bangsbo, J. (2010). Effect of 2-wk intensified training and inactivity on muscle Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump expression, phospholemman (FXD1) phosphorylation, and performance in soccer players. *J Appl Physiol*, 108(4), 898-905. doi: 01015.2009 [pii] 10.1152/jap-physiol.01015.2009
- Van Praagh, E. (2007). Anaerobic fitness tests: what are we measuring? *Med Sport Sci*, 50, 26-45.
- Zalac, A., Jarzabek, R., & Waskiewicz, Z. (1999). The diagnostic value of the 10- and 30-second wingate test for competitive athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 16-19.