

Review



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
Τόμος 13 (1), 17-25
Δημοσιεύτηκε: Φεβρουάριος 2015



Inquiries in Sport & Physical Education
Volume 13 (1), 17-25
Released: February 2015

www.pe.uth.gr/emag

ISSN 1790-3041



Playing Football in a Hot Environment: Effects on Performance and Recommendations for Coaches

Andreas Flouris

Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Thessaly, Trikala, Hellas

Abstract

Athletic performance is decreased during exercise in high environmental heat stress. Given the lack of reviews - especially in Greek - regarding football games and workouts in extreme ambient conditions, this review examines the effects of high environmental heat stress on the performance and health of football athletes. The issues discussed include the environment of south Europe, the performance under heat stress conditions, the intensity of football exercise, the heat stress in football, but also practical applications and guidelines for coaches. Future research should focus on strategies that will maximize the performance of athletes during exercise in high heat stress and reduce as much as possible the effects of the thermal burden on the health of athletes.

Keywords: *heat, exercise, temperature, game, team*

Ανασκόπησης

Παίζοντας Ποδοσφαίρο σε Θερμό Περιβάλλον: Επιπτώσεις στην Απόδοση και Συμβουλές για τον Προπονητή

Ανδρέας Φλουρής
ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Η απόδοση των αθλητών μειώνεται όταν η θερμική επιβάρυνση από το περιβάλλον είναι υψηλή. Με δεδομένη την έλλειψη ανασκοπήσεων-ειδικότερα στην ελληνική γλώσσα-για τη διεξαγωγή αγώνων και προπονήσεων ποδοσφαίρου σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, η παρούσα ανασκόπηση μελετά τις επιπτώσεις της υψηλής θερμικής επιβάρυνσης από το περιβάλλον στην απόδοση, αλλά και στην υγεία των ποδοσφαιριστών. Τα θέματα που αναλύονται εστιάζουν στο κλιματικό περιβάλλον της Νότιας Ευρώπης, στην άσκηση υπό συνθήκες θερμικής επιβάρυνσης, στις ενεργειακές απαιτήσεις, καθώς και στη θερμική επιβάρυνση του ποδοσφαίρου, αλλά και πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις για τους προπονητές. Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να εστιάζουν σε στρατηγικές που θα μεγιστοποιήσουν την απόδοση των αθλητών κατά τη διάρκεια της άσκησης σε περιβάλλον με υψηλή θερμική επιβάρυνση, αλλά και θα μειώσουν κατά το δυνατό τις επιπτώσεις της θερμικής επιβάρυνσης στην υγεία των αθλητών.

Λέξεις κλειδιά: ζέση, άσκηση, θερμοκρασία, αγώνας, ομάδα

Γενική εισαγωγή

Έρευνες σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν επανειλημμένως δείξει ότι η απόδοση των αθλητών μειώνεται όταν η θερμική επιβάρυνση από το περιβάλλον είναι υψηλή (Cheung & Sleivert, 2004; Flouris, 2011; Flouris & Schlader, *in press*); Gonzalez-Alonso, Crandall, & Johnson, 2008; Nybo, 2008; Nybo, Rasmussen, & Sawka, 2014). Επιπλέον, όταν η θερμική επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι αρκετά υψηλή, υπάρχει κίνδυνος ακόμα και για την υγεία των αθλητών. Πράγματι, παρόλο που ο επιπολασμός της θερμοπληξίας στο ποδόσφαιρο δεν είναι σαφής, τα τελευταία χρόνια έχουν αναφερθεί αρκετά περιστατικά θανάτων από θερμοπληξία κατά τη διάρκεια αγώνων ή προπονήσεων ποδοσφαίρου. Με δεδομένη την έλλειψη ανασκοπήσεων-ειδικότερα στην ελληνική γλώσσα-για τη διεξαγωγή αγώνων και προπονήσεων ποδοσφαίρου σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, η παρούσα ανασκόπηση μελετά τις επιπτώσεις της υψηλής θερμικής επιβάρυνσης από το περιβάλλον στην απόδοση αλλά και στην υγεία των ποδοσφαιριστών με στόχο να παρέχει συμβουλές στους προπονητές ποδοσφαίρου και τους διοργανωτές αγώνων ως προς την ασφαλή μεγιστοποίηση της απόδοσης των αθλητών.

Σχετικές θεωρίες - Ανασκόπηση σχετικών ερευνών

Το περιβάλλον της Νότιας Ευρώπης

Η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται και η Ευρώπη (ιδιαίτερα στο Νότο) έχει θερμανθεί περισσότερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο, με τα τελευταία 15 χρόνια να είναι τα θερμότερα από το 1850, τη μέση διάρκεια των καυσώνων να έχει διπλασιαστεί και τη συχνότητα των θερμών ημερών να έχει τριπλασιαστεί μεταξύ 1880 και 2005 (Della-Marta, Haylock, Luterbacher, & Wanner, 2007; European Environment Agency, European Commission JRC, & WHO Europe, 2008). Ένας μόνο καύσωνας το 2003 προκάλεσε >70.000 θανάτους σε 12 Ευρωπαϊκές χώρες-κυρίως του Νότου-και τεράστιες οικονομικές απώλειες (~20 δισεκατομμύρια € μόνο στη Γαλλία) (European Environment Agency, et al., 2008). Υπολογίζεται ότι από το 2040 και έπειτα, περισσότερα από τα μισά καλοκαίρια στον Ευρωπαϊκό Νότο θα είναι θερμότερα από ό,τι εκείνο του 2003, ενώ στην περιοχή αυτή από το 2050 και έπειτα όσοι εκτελούν σωματική εργασία/άσκηση θα το κάνουν σε συνθήκες έντονης θερμικής επιβάρυνσης, τουλάχιστον το 25% του χρόνου (Association of British Insurers, 2005, 2007). Μέχρι το τέλος του αιώνα, η μέση ετήσια θερμοκρασία στην Ευρώπη προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά >6 °C

(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007a, 2007b), αλλά ακόμη και το συντηρητικό σενάριο αύξησης κατά 3 °C προβλέπει 86.000 θάνατοι ετησίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2071 και εφεξής (European Environment Agency, et al., 2008; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007c).

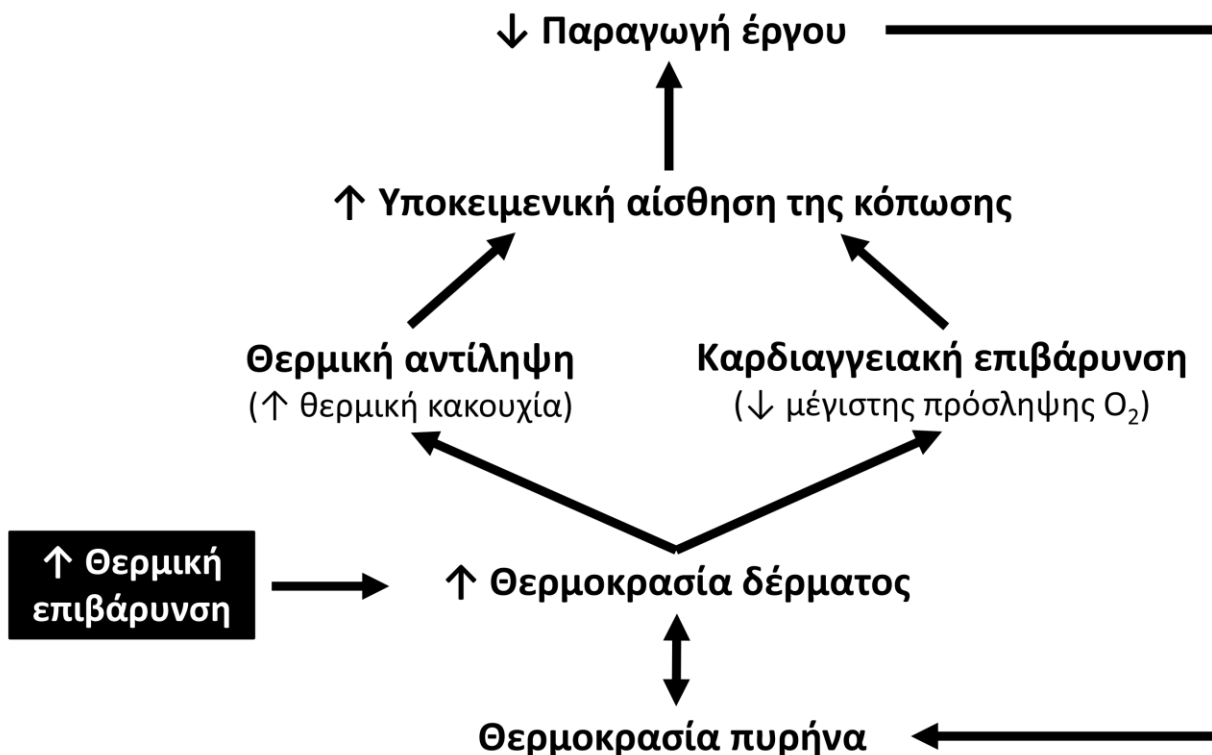
Οι δυσοιώσεις αυτές προβλέπεις για το περιβάλλον στη Νότια Ευρώπη, επηρεάζουν και το άθλημα του ποδοσφαίρου. Δυστυχώς, παρά τη συνεχή έρευνα για τις επιπτώσεις παραγόντων του περιβάλλοντος στο ποδόσφαιρο, δεν έχει αναγνωριστεί ακόμη ένα κριτήριο (π.χ. όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από κάποιο επίπεδο) με βάση το οποίο οι υπεύθυνοι—είτε αυτός είναι ο διαιτητής σε έναν αγώνα, είτε ο προπονητής σε μια προπόνηση—να μπορούν να αποφασίζουν εάν ένας αγώνας ή μια προπόνηση πρέπει να διακοπεί ή να ματαιωθεί. Κάτι τέτοιο είναι σημαντικό, δεδομένης της υψηλής θερμικής επιβάρυνσης στο ποδόσφαιρο.

Άσκηση και θερμική επιβάρυνση

Σε ψυχρό περιβάλλον, το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που δημιουργείται από τους μύες που παράγουν έργο απελευθερώνεται από το δέρμα προς το περιβάλλον μέσω της μεταφοράς (αναφέρεται στο μηχανισμό μεταφοράς θερμικής ενέργειας μεταξύ ενός στερεού σώματος και ενός υγρού ή αερίου). Ωστόσο, όταν η άσκηση εκτελείται σε υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, η εξάτμιση γίνεται ο κυρίαρχος—και σε ορισμένες περιπτώσεις ο μόνος—μηχανισμός για την αποβολή της παραγόμενης θερμότητας (Kenny & Flouris, 2014). Η θερμική επιβάρυνση του σώματος επιδεινώνεται ακόμη περισσότερο σε συνθήκες χαμηλής ταχύτητας του ανέμου ή/και υψηλής υγρασίας γιατί τότε μειώνεται σημαντικά η δυνατότητα αποβολής θερμότητας μέσω της εξάτμισης. Η κατάσταση αυτή μπορεί να επιφέρει θερμοπληξία.

Η ικανότητα για την άσκηση σε θερμό περιβάλλον είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με εκείνη που εκτελείται σε ψυχρότερες συνθήκες (Flouris, 2011; Flouris & Schlader, (in press); Galloway & Maughan, 1997; Kenny & Flouris, 2014). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε μια πλειάδα ομοιοστατικών αλλαγών που λαμβάνουν χώρα παράλληλα με την αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος. Σύμφωνα με τον Nybo (2010), οι παράγοντες αυτοί μπορούν γενικά να χωριστούν: (1) σε αλλαγές στο κεντρικό νευρικό σύστημα που οδηγούν στη λεγόμενη «κεντρική κόπωση» και (2) σε μειωμένη λειτουργικότητα του καρδιαγγειακού συστήματος η οποία οδηγεί σε μείωση της μεταφοράς οξυγόνου και, επομένως, της ενεργειακής απόδοσης του αερόβιου μεταβολισμού στους μύες που παράγουν έργο με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της λεγόμενης «περιφερικής κόπωσης». Επιπλέον, η υψηλή αύξηση της θερμοκρασίας του μυός που μπορεί να παρατηρηθεί στο ποδόσφαιρο (Mohr, Krusturp, & Bangsbo, 2003) είναι ικανή να επηρεάσει τη μυϊκή λειτουργία μέσω μεταβολών στη συστατικότητα (van der Poel & Stephenson, 2002) και τη νευρώση (Racinais, Gaoua, & Grantham, 2008).

Εκτός από τις φυσιολογικές/βιολογικές επιπτώσεις που επιφέρει η θερμική επιβάρυνση, η άσκηση στη ζέστη επιδρά στην απόδοση και μέσω ψυχολογικών μηχανισμών. Πράγματι, πολλές μελέτες έχουν εξετάσει συμπεριφοριστικές πτυχές της θερμορύθμισης οι οποίες είναι αποδεδειγμένο ότι επηρεάζουν την απόδοση. Σε πρόσφατη ανασκόπησή μας εξετάσαμε τον αυτο-επιλεγμένο ρυθμό της παραγωγής έργου σε θερμά περιβάλλοντα (Flouris & Schlader, (in press)). Η ανάλυση αυτή μας έδωσε τη δυνατότητα να προτείνουμε ένα μοντέλο της συμπεριφοριστικής θερμορύθμισης κατά τη διάρκεια της άσκησης σε θερμό περιβάλλον (Εικόνα 1). Με βάση το μοντέλο αυτό: (1) η αυτο-επιλεγμένη μείωση της παραγωγής έργου σε υψηλή θερμική επιβάρυνση βοηθά τη θερμορύθμιση και, επομένως, θεωρείται θερμορυθμιστική συμπεριφορά., (2) Σε περιόδους ηρεμίας, η θερμική συμπεριφορά καθορίζεται σχεδόν αποκλειστικά από τη θερμική άνεση. Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει κατά τη διάρκεια της άσκησης. Σε αυτές τις συνθήκες, η θερμική συμπεριφορά φαίνεται να ελέγχεται κυρίως από την υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης. (3) Πριν καταγραφεί αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος (όταν μόνο η θερμοκρασία του δέρματος είναι αυξημένη), η μείωση στον αυτο-επιλεγμένο ρυθμό παραγωγής έργου σε θερμό περιβάλλον προκαλείται κυρίως από τη θερμική αντίληψη (τη θερμική άνεση και τη θερμική αίσθηση για το σώμα μας) καθώς και τις επιπτώσεις που έχει αυτή στην υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης. (4) Όμως, όταν η θερμοκρασία του πυρήνα και του δέρματος είναι αυξημένες, η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης επηρεάζεται κυρίως από παράγοντες που σχετίζονται με την καρδιαγγειακή επιβάρυνση (οι οποίοι αναλύθηκαν παραπάνω), επιφέροντας έτσι την αυτο-επιλεγμένη μείωση στην παραγωγή έργου (Flouris & Schlader, (in press)).



Εικόνα 1. Μοντέλο της συμπεριφοριστικής θερμορύθμισης κατά τη διάρκεια της άσκησης σε θερμό περιβάλλον (Flouris & Schlader, in press)

Η ένταση της άσκησης στο ποδόσφαιρο

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει γίνει ένας μεγάλος αριθμός μελετών για τον καθορισμό των μεταβολικών απαιτήσεων που έχει ένας ποδοσφαιρικός αγώνας (Ali & Farrally, 1991; Ogushi, Ohashi, Nagahama, Isokawa, & Suzuki, 1993; Rohde & Espersen, 1988; Smith, Clarke, Hale, & McMorris, 1993; Tumilty, Hahn, Telford, & Smith, 1988). Κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960, ένας μέσος ποδοσφαιριστής κάλυπτε περίπου 3-4 km κατά τη διάρκεια ενός αγώνα (Palfay, 1970; Wade, 1962; Zelenka, Seliger, & Ondrej, 1967). Καθώς το επίπεδο του παιχνιδιού στο ποδόσφαιρο γινόταν ολοένα και πιο υψηλό, οι ποδοσφαιριστές άρχισαν να καλύπτουν ολοένα και μεγαλύτερες αποστάσεις κατά τη διάρκεια ενός αγώνα. Πράγματι, κατά τις δεκαετίες 1970 και 1980 στη βιβλιογραφία συναντώνται τιμές μεταξύ 8 km και 9.5 km (Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991; Ekblom, 1986; Gerisch & Weber, 1988; Weineck, 1992). Πλέον, οι ποδοσφαιριστές καλύπτουν ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις. Για παράδειγμα, κατά το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα του 2014, το 40% των ποδοσφαιριστών κάλυψαν περισσότερα από 9 km ανά αγώνα ενώ το 25% των ποδοσφαιριστών κάλυψαν περισσότερα από 10 km ανά αγώνα (FIFA, 2014). Επίσης, αθλητές όπως ο Thomas Mueller και ο Toni Kroos κάλυψαν έως και 12 km ανά αγώνα (FIFA, 2014). Αντίστοιχα, στη φετινή διοργάνωση (2014-15) του UEFA Champions League, το 40% των ποδοσφαιριστών κάλυψαν περισσότερα από 9.4 km ανά αγώνα, ενώ το 25% των ποδοσφαιριστών κάλυψαν περισσότερα από 10.2 km ανά αγώνα (UEFA, 2015). Επίσης, αθλητές όπως ο Mikhail Gordeychuk και ο Koke κάλυψαν έως και 12.4 km ανά αγώνα (UEFA, 2015).

Η διαρκώς αυξανόμενη απόσταση που καλύπτουν οι ποδοσφαιριστές είναι ενδεικτική και για τις ενεργειακές απαιτήσεις της άσκησης κατά τη διάρκεια του αγώνα. Για παράδειγμα, κατά το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα του 2014, το 49% της απόστασης που κάλυψαν οι ποδοσφαιριστές έγινε με την κατοχή της μπάλας (FIFA, 2014), επομένως σε υψηλή έως πολύ υψηλή ένταση. Πράγματι, τις τελευταίες δεκαετίες τα διαστήματα παθητικής αποκατάστασης και άσκησης χαμηλής έντασης στο ποδόσφαιρο μειώνονται συνεχώς, ενώ αυξάνονται τα διαστήματα άσκησης σε υψηλή και πολύ υψηλή ένταση (Lottermann, 1990).

Η θερμική επιβάρυνση στο ποδόσφαιρο

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο ρυθμός παραγωγής έργου στο ποδόσφαιρο είναι υψηλός. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι η θερμοκρασία του τετρακεφάλου μύος μπορεί να φτάσει τους 42 °C (Mohr, et al., 2003)

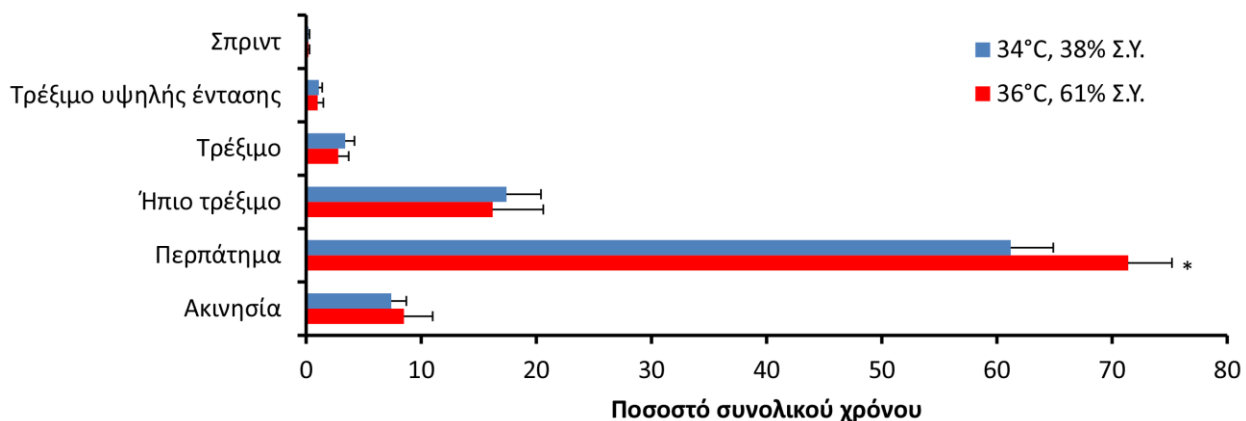
ενώ, ακόμη και σε εύκρατο περιβάλλον, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος μπορεί να φτάσει έως τους 39.5 °C και σε μερικές περιπτώσεις πάνω από 40 °C (Ekbloom, 1986; Kurdak et al., 2010; Mohr, Krusturp, Nybo, Nielsen, & Bangsbo, 2004; Mohr, Nybo, Grantham, & Racinais, 2012; Ozgunen et al., 2010). Όπως προβλέπει το μοντέλο της συμπεριφοριστικής θερμορύθμισης το οποίο αναλύθηκε παραπάνω (Flouris & Schlader, (in press)), η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος οδηγεί σε αυξημένη καρδιαγγειακή επιβάρυνση και, εν συνεχεία, σε αυξημένη υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε αυτο-επιλεγμένη μείωση της παραγωγής έργου. Πράγματι, μελέτες στο ποδόσφαιρο έχουν επιβεβαιώσει ότι η αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος κατά τη διάρκεια ενός αγώνα οδηγεί σε πρόωρη κόπωση, μείωση της διάρκειας τρέξιματος υψηλής έντασης τρέξιμο αλλά και της απόστασης που καλύπτουν οι αθλητές κατά το δεύτερο ημίχρονο του αγώνα (Mohr, et al., 2003).

Ο Kurdak και συν. (2010) μελέτησαν τη στρατηγική των ποδοσφαιριστών κατά τη διάρκεια δύο αγώνων ποδοσφαίρου 90 λεπτών σε θερμό (34.3 °C) και υγρό (64% σχετική υγρασία) περιβάλλον, οι οποίοι εκτελέστηκαν σε διάστημα 2 εβδομάδων. Πριν και κατά τη διάρκεια του πρώτου αγώνα, οι 22 αθλητές που έλαβαν μέρος στη μελέτη είχαν απεριόριστη πρόσβαση μόνο σε πόσιμο νερό ήταν ελεύθεροι να καταναλώσουν όσο ήθελαν (δηλαδή δεν έλαβαν συγκεκριμένες συμβουλές ενθάρρυνσης ή αποθάρρυνσης για την κατανάλωση νερού). Πριν και κατά τη διάρκεια του δεύτερου αγώνα, η μία ομάδα (11 αθλητές) είχε απεριόριστη πρόσβαση σε πόσιμο νερό μόνο, ενώ η άλλη ομάδα (11 αθλητές) είχε απεριόριστη πρόσβαση σε πόσιμο νερό και σε ένα γνωστό αθλητικό ποτό. Οι αθλητές της δεύτερης ομάδας που είχαν πρόσβαση σε πόσιμο νερό και στο αθλητικό ποτό ενημερώθηκαν ότι υπήρχαν απεριόριστες ποσότητες και ότι θα μπορούσαν να πιουν ελεύθερα. Και στους δύο αγώνες οι ερευνητές τοποθέτησαν σφουγγάρια και μπουκάλια μη-πόσιμου νερού στις πλευρές του γηπέδου για τους παίκτες που θα ήθελαν να ρίξουν το νερό πάνω τους κατά τη διάρκεια του αγώνα. Οι αθλητές ξεκίνησαν και τους δύο αγώνες επαρκώς ενυδατωμένοι. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην απόσταση που κάλυψαν οι αθλητές των δύο ομάδων κατά τη διάρκεια των δύο αγώνων. Επίσης, δεν υπήρχαν διαφορές στην απόδοση και τη θερμική κατάσταση των αθλητών των δύο ομάδων. Οι αθλητές που είχαν απεριόριστη πρόσβαση μόνο σε πόσιμο νερό και δεν έλαβαν κάποια συγκεκριμένη οδηγία έχασαν κατά μέσο όρο 3.1 λίτρα ιδρώτα και 45 mmol νατρίου κατά τη διάρκεια του αγώνα. Μέσω της αυτό-επιλεγμένης πρόσληψης νερού οι αθλητές αντικατέστησαν το 55% των απωλειών τους σε ιδρώτα και, συνεπώς, στο τέλος του αγώνα ήταν 2.2% ελαφρύτεροι. Ο όγκος του νερού που κατανάλωσαν οι αθλητές κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (741-2387 ml) είχε μεγάλο εύρος τιμών υποδηλώνοντας ότι υπήρχαν αθλητές που κατανάλωσαν μεγάλες ποσότητες αλλά και αθλητές που κατανάλωσαν πολύ μικρές ποσότητες. Επίσης, η κατάσταση ενυδάτωσης πριν από το παιχνίδι (δηλαδή το πόσο καλά ενυδατωμένοι ήταν οι αθλητές) και τον όγκο νερού που κατανάλωσαν οι αθλητές κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Κατά τον δεύτερο αγώνα, οι αθλητές της δεύτερης ομάδας που είχαν πρόσβαση σε πόσιμο νερό και στο αθλητικό ποτό και ενημερώθηκαν ότι υπήρχαν απεριόριστες ποσότητες και ότι θα μπορούσαν να πιουν ελεύθερα, κατανάλωσαν τον ίδιο όγκο υγρών, ο οποίος αποτελούνταν από ~50% νερό και ~50% αθλητικό ποτό. Οι απώλειες σε ιδρώτα και νάτριο των αθλητών της ομάδας αυτής ήταν αντίστοιχες με εκείνες των αθλητών της πρώτης ομάδας. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, ο Kurdak και συν. (2010) συμπέραναν ότι κατά τη διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα σε θερμό και υγρό περιβάλλον υπάρχει σημαντικές απώλειες ιδρώτα και ηλεκτρολυτών. Επίσης, συμπέραναν ότι απώλειες αυτές μπορούν να συμβεί σε πολλούς παίκτες ακόμη και όταν πόσιμο νερό και αθλητικό ποτό είναι ελεύθερα διαθέσιμα.

Ο Banelow και συν. (2010) μελέτησαν τις επιδράσεις της άσκησης σε θερμό (34 °C) και υγρό (64% σχετική υγρασία) περιβάλλον στη γνωστική ικανότητα των αθλητών δύο ποδοσφαιρικών ομάδων κατά τη διάρκεια μιας σειράς τριών αγώνων. Επίσης, μελέτησαν κατά πόσο οι επιπτώσεις της άσκησης σε θερμό περιβάλλον στη γνωστική ικανότητα μπορούν να μεταβληθούν από παρεμβάσεις με στόχο τη διατήρηση της ενυδάτωσης, των ενεργειακών αποθεμάτων, και της θερμικής ισορροπίας. Έτσι, στον πρώτο αγώνα οι αθλητές αγωνίστηκαν χωρίς κάποια συγκεκριμένη παρέμβαση. Στο δεύτερο αγώνα χορηγήθηκε σε όλους τους αθλητές νερό και αθλητικά ποτά τους δόθηκε η συμβουλή να αυξήσουν την πρόσληψη υγρών τους έτσι ώστε να νιώθουν ενυδατωμένοι. Κατά τη διάρκεια του τρίτου αγώνα, οι παίκτες εκτέθηκαν σε περιβάλλον 25 °C για 15 λεπτά πριν από τον αγώνα και για σχεδόν 10 λεπτά κατά τη διάρκεια του ημιχρόνου. Η γνωστική λειτουργία, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, η μάζα του σώματος, η ωσμωμοριακότητα του πλάσματος και τα επίπεδα της γλυκόζης μετρήθηκαν πριν, κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά από κάθε ποδοσφαιρικό αγώνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ήπια/μέτρια αφυδάτωση (απώλεια έως 2.5% του σωματικού βάρους) που προκλήθηκε κατά τη διάρκεια των αγώνων δεν είχε σαφή επίδραση στη γνωστική λειτουργία. Αντίθετα, η γλυκόζη πλάσματος και η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος φαίνεται να είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη γνωστική ικανότητα των ποδοσφαιριστών.

Συγκεκριμένα, υψηλότερη γλυκόζη σχετίζεται με ταχύτερη και λιγότερο ακριβή επίδοση ενώ η άνοδος της θερμοκρασίας του πυρήνα είχε το αντίθετο αποτέλεσμα. Σε γενικές γραμμές, τα υψηλά επίπεδα γλυκόζης στο πλάσμα σχετίζονται με υψηλότερη ταχύτητα «λειπών κινήσεων», ταχύτερη διάκριση σύνθετων οπτικών ερεθισμάτων καθώς και γενικότερα υψηλότερη ψυχο-κινητική ταχύτητα (Bandelow, et al., 2010). Επίσης, το αθλητικό ποτό φαίνεται να ευνοεί τη γνωστική ικανότητα μέσω της διατήρησης των επιπέδων γλυκόζης στο πλάσμα. Τέλος, η παρέμβαση ψύξης είχε ευεργετικά αποτελέσματα μόνο στην ψυχο-κινητική ταχύτητα.

Η μελέτη του Ozgunen και συν. (2010) αξιολόγησε τακτικές δραστηριότητες και θερμικές αντιδράσεις των παικτών κατά τη διάρκεια αγώνων ποδοσφαίρου σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, 11 ποδοσφαιριστές έπαιξαν δύο αγώνες σε συνθήκες μέτριας θερμικής επιβάρυνσης (34°C, 38% σχετική υγρασία) και υψηλής θερμικής επιβάρυνσης (36°C, 61% σχετική υγρασία). Η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος στον αγώνα μέτριας θερμικής επιβάρυνσης ήταν 39.1 °C και στον αγώνα υψηλής θερμικής επιβάρυνσης ήταν 39.6 °C. Η συνολική απόσταση που κάλυψαν οι αθλητές στο πρώτο και το δεύτερο ημίχρονο ήταν 4386 και 4227 μέτρα κατά τον αγώνα μέτριας θερμικής επιβάρυνσης και 4301 και 3761 μέτρα κατά τον αγώνα υψηλής θερμικής επιβάρυνσης. Η φανερή μείωση στην απόσταση που κάλυψαν οι αθλητές κατά το δεύτερο ημίχρονο του αγώνα υψηλής θερμικής επιβάρυνσης ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0.001$). Το ποσοστό του χρόνου που δαπάνησαν οι αθλητές στις διαφορετικές δραστηριότητες κατά τους δύο αγώνες στη μελέτη του Ozgunen και συν. (2010) παρουσιάζεται στην Εικόνα 2. Στην εικόνα αυτή φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι αθλητές δαπάνησαν περισσότερο χρόνο σε δραστηριότητες υψηλής έντασης κατά τον αγώνα μέτριας θερμικής επιβάρυνσης. Αντίθετα, κατά τον αγώνα υψηλής θερμικής επιβάρυνσης, οι αθλητές δαπάνησαν περισσότερο χρόνο σε δραστηριότητες χαμηλής έντασης. Με βάση τα ευρήματα αυτά, ο Ozgunen και συν. (2010) συμπέραναν ότι η υψηλή θερμική επιβάρυνση που βιώνουν οι ποδοσφαιριστές όταν αγώνες παίζονται σε υψηλή περιβαλλοντική θερμοκρασία και υγρασία μπορεί να μειώσει την απόδοσή τους.



Εικόνα 2. Το ποσοστό του χρόνου που δαπάνησαν οι αθλητές στις διαφορετικές δραστηριότητες κατά τους δύο αγώνες στη μελέτη των Ozgunen και συν. (Ozgunen, et al., 2010). Σημείωση: το γράφημα δημιουργήθηκε με βάση τα δεδομένα που παρουσιάζουν οι Ozgunen και συν. στον Πίνακα 1 του σχετικού άρθρου. Σ.Υ. = σχετική υγρασία

Η πιο πρόσφατη σχετική μελέτη έγινε από τον Mohr και συν. (2012), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση της θερμικής επιβάρυνσης στη σωματική απόδοση και τις φυσιολογικές προσαρμογές 17 επαγγελματιών ποδοσφαιριστών κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ποδοσφαίρου. Συγκεκριμένα, οι αθλητές αγωνίστηκαν σε δύο πειραματικούς αγώνες οι οποίοι εκτελέστηκαν σε φυσιολογικό περιβάλλον (~21 °C) και σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης (~43 °C). Η μέση θερμοκρασία του τετρακέφαλου μυός ήταν 40.3 °C κατά τον αγώνα περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης και 39.2 °C κατά τον αγώνα σε φυσιολογικό περιβάλλον. Η μέση θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος ήταν 39.6 °C κατά τον αγώνα σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης και 38.3 °C κατά τον αγώνα σε φυσιολογικό περιβάλλον. Δεν βρέθηκε διαφορά στην καρδιακή συχνότητα, στη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, στη συνολική εφίδρωση, καθώς και στην απόδοση σε σπριντ μετά το παιχνίδι. Τα ευρήματα αυτά προφανώς οφείλονται σε αλλαγή της τακτικής των παικτών με βάση το μοντέλο συμπεριφοριστικής θερμορρύθμισης που αναλύεται παραπάνω. Πράγματι, κατά τον αγώνα σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης η συνολική απόσταση που κάλυψαν οι αθλητές μειώθηκε κατά 7% και το τρέξιμο υψηλής έντασης μειώθηκε κατά 26%. Επίσης, κατά τον αγώνα σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης οι επιτυχημένες κο-

ντινές και μακρινές πάσες αυξήθηκαν κατά 8% και 9%, αντίστοιχα. Επίσης, η θερμοκρασία του πυρήνα αλλά και η αύξησή της κατά τη διάρκεια του αγώνα σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης είχαν στατιστικά σημαντική σχέση με τη συνολική απόσταση που κάλυψαν οι αθλητές. Με βάση τα ευρήματα αυτά, οι Mohr και συν. συμπέραναν ότι η συνολική απόσταση που καλύπτουν οι ποδοσφαιριστές και ειδικά το τρέξιμο υψηλής έντασης είναι μειωμένα όταν ο αγώνας εκτελείται σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης (Mohr, et al., 2012).

Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις

Με βάση την υπάρχουσα γνώση σχετικά με τις επιπτώσεις της θερμικής επιβάρυνσης στο ποδόσφαιρο, οι προπονητές είναι απαραίτητο να υιοθετήσουν στρατηγικές που θα μεγιστοποιήσουν την απόδοση των αθλητών τους αλλά και θα μειώσουν κατά το δυνατό τις επιπτώσεις της θερμικής επιβάρυνσης στην υγεία των αθλητών. Οι προτεινόμενες στρατηγικές είναι:

- Πριν από προπόνηση ή αγώνα, σε περιβάλλον με υψηλή θερμική επιβάρυνση, οι αθλητές πρέπει να πίνουν 6 ml υγρού ανά kg μάζας σώματος κάθε 2-3 ώρες, προκειμένου να ξεκινήσουν την άσκηση ενυδατωμένοι.
- Κατά τη διάρκεια του αγώνα, οι αθλητές πρέπει να αναπληρώνουν τα υγρά που χάνουν μέσω του ιδρώτα έτσι ώστε η συνολική απώλεια βάρους του σώματός τους να μην ξεπερνά το 2.5%.
- Οι αθλητές που ασκούνται σε περιβάλλον με υψηλή θερμική επιβάρυνση έχουν υψηλότερες ημερήσιες απαιτήσεις σε νάτριο (δηλαδή αλάτι) από το γενικό πληθυσμό. Κατά τη διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα, είναι πιθανό να χρειαστεί πρόσληψη νατρίου, έτσι ώστε να διατηρηθεί σε φυσιολογικά επίπεδα.
- Κατά τη διάρκεια τουρνουά σε περιβάλλον με υψηλή θερμική επιβάρυνση που διαρκούν αρκετές ημέρες, απλές τεχνικές παρακολούθησης (όπως καθημερινή καταγραφή του σωματικού βάρους το πρωί ή του ειδικού βάρους ούρων) μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση ενυδάτωσης του αθλητή.
- Αθλητές που πρόκειται να αγωνιστούν σε συνθήκες υψηλής θερμικής επιβάρυνσης θα πρέπει να εγκλιματιστούν μέσω επαναλαμβανόμενης άσκησης σε θερμό περιβάλλον. Αυτό θα τους βοηθήσει να αποκτήσουν βιολογικές προσαρμογές που θα μειώσουν την καταπόνηση που θα δεχθεί το σώμα τους και θα βελτιώσουν την ικανότητά τους για άσκηση σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης.
 - Το πρωτόκολλο εγκλιματισμού θα πρέπει να περιέχει συνεδρίες άσκησης με διάρκεια >60 λεπτά ημερησίως οι οποίες να προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας του δέρματος και του πυρήνα του σώματος και να διεγείρουν την εφίδρωση.
 - Για τις μέγιστες δυνατές προσαρμογές οι αθλητές θα πρέπει να προπονούνται στο περιβάλλον στο οποίο θα αγωνιστούν. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, θα πρέπει να προπονούνται σε χώρο με υψηλή θερμική επιβάρυνση.
 - Οι πρώτες προσαρμογές του εγκλιματισμού γίνονται αισθητές εντός των πρώτων ημερών, αλλά οι κύριες φυσιολογικές προσαρμογές απαιτούν περίπου μια εβδομάδα. Ιδανικά, το πρωτόκολλο εγκλιματισμού για άσκηση σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης θα πρέπει να διαρκεί δύο εβδομάδες, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν και να εδραιωθούν (κατά το δυνατό) οι προσαρμογές του οργανισμού.

Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να αναδειξουν στρατηγικές που θα μεγιστοποιήσουν την απόδοση των αθλητών κατά τη διάρκεια της άσκησης σε περιβάλλον με υψηλή θερμική επιβάρυνση αλλά και θα μειώσουν κατά το δυνατό τις επιπτώσεις της θερμικής επιβάρυνσης στην υγεία των αθλητών. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να μελετηθούν τεχνικές προ-ψύξης και ψύξης κατά τη διάρκεια της άσκησης καθώς και η αποτελεσματικότητα διαφόρων υφασμάτων νέας τεχνολογίας στη μεγιστοποίηση της αποβολής θερμότητας. Επίσης, οι επιπτώσεις της θερμικής επιβάρυνσης στη γνωστική ικανότητα των αθλητών κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ποδοσφαίρου χρίζει περαιτέρω αξιολόγησης σε μελλοντικές μελέτες. Τέλος, είναι απαραίτητο να μελετηθεί ο επιπολασμός της θερμοπληξίας στο ποδόσφαιρο.

Σημασία για την Ποιότητα Ζωής-Επιλογος

Σε περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης η απόδοση των αθλητών μειώνεται και ο κίνδυνος για παθολογικές επιπλοκές αυξάνεται. Η παρούσα ανασκόπηση μελετά τις επιπτώσεις της υψηλής θερμικής επιβάρυνσης από το περιβάλλον στην απόδοση αλλά και στην υγεία των ποδοσφαιριστών με στόχο να παρέχει συμβουλές στους προπονητές ποδοσφαίρου και τους διοργανωτές αγώνων ως προς την ασφαλή μεγιστοποίηση της απόδοσης των αθλητών.

Βιβλιογραφία

- Ali, A., & Farrally, M. (1991). Recording soccer players' heart rates during matches. [Comparative Study]. *Journal of Sports Science*, 9(2), 183-189.
- Association of British Insurers. (2005). Financial risks of climate change - summary report. http://www.abi.org.uk/Display/File/Child/552/Financial_Risks_of_Climate_Change.pdf.
- Association of British Insurers. (2007). Adapting to our changing climate: A manifesto for business, government and the public. http://www.abi.org.uk/BookShop/ResearchReports/Climate_Change_FINAL.pdf.
- Bandelow, S., Maughan, R., Shirreffs, S., Ozgunen, K., Kurdak, S., Ersoz, G., & Dvorak, J. (2010). The effects of exercise, heat, cooling and rehydration strategies on cognitive function in football players. [Comparative Study]. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20 Suppl 3, 148-160.
- Bangsbo, J., Norregaard, L., & Thorso, F. (1991). Activity profile of competition soccer. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Canadian Journal of Sport Science*, 16(2), 110-116.
- Cheung, S. S., & Sleivert, G. G. (2004). Multiple triggers for hyperthermic fatigue and exhaustion. *Exercise and Sport Science Reviews*, 32(3), 100-106.
- Della-Marta, P. M., Haylock, M. R., Luterbacher, J., & Wanner, H. (2007). Doubled length of western European summer heat waves since 1880. *Journal of Geophysical Research*, 112, D15103.
- Eklblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Medicine*, 3(1), 50-60.
- European Environment Agency, European Commission JRC, & WHO Europe. (2008). Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO report. EEA Report No 4/2008. JRC Reference Report No JRC47756. Copenhagen, European Communities.
- FIFA. (2014). 2014 FIFA World Cup Brazil Statistics Retrieved 18/01/2015, 2015, from <http://www.fifa.com/worldcup/statistics/players/distance.html>
- Flouris, A. D. (2011). Functional architecture of behavioural thermoregulation. *European Journal of Applied Physiology*, 111(1), 1-8.
- Flouris, A. D., & Schlader, Z. J. ((in press)). Human behavioural thermoregulation during exercise in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.
- Galloway, S. D., & Maughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(9), 1240-1249.
- Gerisch, G. R., E., & Weber, K. (1988). Sports medical measurements of performance in soccer. In T. Reily, A. Less, K. Davids & J. Murphy (Eds.), *Science and football* (pp. 60-67). London, UK: E. & F.N. Spon.
- Gonzalez-Alonso, J., Crandall, C. G., & Johnson, J. A. (2008). The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *Journal of Physiology*, 586(1), 45-53.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007a). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007b). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007c). *Climate Change 2007: Synthesis report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kenny, G. P., & Flouris, A. D. (2014). The human thermoregulatory system and its response to thermal stress. In F. Wang & C. Gao (Eds.), *Protective Clothing: Managing Thermal Stress* (pp. 319-349). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd. in association with The Textile Institute.

- Kurdak, S. S., Shirreffs, S. M., Maughan, R. J., Ozgunen, K. T., Zeren, C., Korkmaz, S., . . . Dvorak, J. (2010). Hydration and sweating responses to hot-weather football competition. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20 Suppl 3, 133-139.
- Lottermann, S. (1990). Konditionstraining mit Spielformen. *Fussballtraining*, 5/6, 17-21.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. [Comparative Study] Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Sports Science*, 21(7), 519-528.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effect of re-warm-up at half-time. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(3), 156-162.
- Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J., & Racinais, S. (2012). Physiological responses and physical performance during football in the heat. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *PLoS One*, 7(6), e39202.
- Nybo, L. (2008). Hyperthermia and fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 104(3), 871-878.
- Nybo, L. (2010). Cycling in the heat: performance perspectives and cerebral challenges. [Review]. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20 Suppl 3, 71-79.
- Nybo, L., Rasmussen, P., & Sawka, M. N. (2014). Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Comparative Physiology*, 4(2), 657-689.
- Ogushi, T., Ohashi, J., Nagahama, H., Isokawa, M., & Suzuki, S. (1993). Work intensity during soccer match-play (a case study). In T. Reilly, J. Clarys & A. Stibbe (Eds.), *Science and football II* (pp. 121-124). London, UK: E. & F.N. Spon.
- Ozgunen, K. T., Kurdak, S. S., Maughan, R. J., Zeren, C., Korkmaz, S., Yazici, Z., . . . Dvorak, J. (2010). Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20 Suppl 3, 140-147.
- Palfay, J. (1970). *Moderne methoden im fussball-training*. Berlin: Bartels & Wernitz.
- Racinais, S., Gaoua, N., & Grantham, J. (2008). Hyperthermia impairs short-term memory and peripheral motor drive transmission. *Journal of Physiology*, 586(Pt 19), 4751-4762.
- Rohde, C., & Espersen, T. (1988). Work intensity during soccer training and match-play. In T. Reilly, A. Less, K. Davids & J. Murphy (Eds.), *Science and football* (pp. 68-75). London, UK: E. & F.N. Spon.
- Smith, M., Clarke, G., Hale, T., & McMorris, T. (1993). Blood lactate levels in college soccer players during match play. In T. Reilly, J. Clarys & A. Stibbe (Eds.), *Science and football II* (pp. 129-134). London, UK: E. & F.N. Spon.
- Tumilty, D., Hahn, A., Telford, R., & Smith, A. (1988). Is lactic acid tolerance an important component of fitness for soccer. In T. Reilly, A. Less, K. Davids & J. Murphy (Eds.), *Science and football* (pp. 81-86). London, UK: E. & F.N. Spon.
- UEFA. (2015). UEFA.com's UEFA Champions League player statistics Retrieved 18/01/2015, 2015, from <http://www.uefa.com/uefachampionsleague/season=2015/statistics/round=2000548/players/index.html#order=3desc>
- van der Poel, C., & Stephenson, D. G. (2002). Reversible changes in Ca(2+)-activation properties of rat skeletal muscle exposed to elevated physiological temperatures. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Physiology*, 544(Pt 3), 765-776.
- Wade, A. (1962). The training of young soccer players. *Medicine du Sport*, 3, 1245-1251.
- Weineck, J. (1992). *Optimales Fussballtraining*. Nuernberg: Perimed Verlag.
- Zelenka, V., Seliger, V., & Ondrej, O. (1967). Specific function testing of young football players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 7(3), 143-147.