



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ & ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

«Η επίδραση ενός αγώνα ποδοσφαίρου σε παράγοντες που αξιολογούν την κατάσταση σιδήρου»

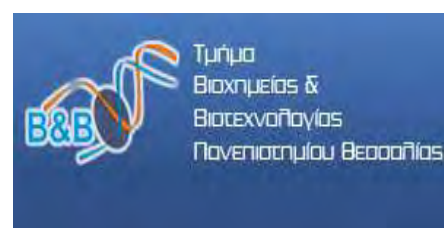
«The effect of a football match on factors that assess iron status»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παπαποστόλου Απόστολος-Πορφύριος



-Λάρισα 2015-



«Η επίδραση ενός αγώνα ποδοσφαίρου σε παράγοντες που αξιολογούν την κατάσταση σιδήρου»
«The effect of a football match on factors that assess iron status»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Βιοχημείας της Άσκησης, της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατά το χρονικό διάστημα Μαρτίου 2014-Ιανουαρίου 2015.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	Υπογραφή
Κος Τζιαμούρτας Αθανάσιος: Αναπληρωτής Καθηγητής Βιοχημείας της Άσκησης, ΣΕΦΑΑ, Π.Θ.	
Κος Κουρέτας Δημήτριος: Καθηγητής Φυσιολογίας Ζωικών οργανισμών, ΤΒΒ, Π.Θ.	
Κος Στάγκος Δημήτριος: Λέκτορας Φυσιολογίας Ζωικών Οργανισμών, ΤΒΒ, Π.Θ.	

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<i>Σελίδα</i>
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
2. ABSTRACT	6
3. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
4.1 Σκοπός	10
4.2 Ερευνητική Υπόθεση	10
5. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	11
5.1 Δείκτες που αξιολογούν την κατάσταση σιδήρου	11
5.1.1 Εκτίμηση των αποθεμάτων σιδήρου του σώματος	12
5.1.2 Εκτίμηση της κατάστασης σιδήρου στο πλάσμα ή στον ορό του αίματος	13
5.2 Επίδραση της χρόνιας άσκησης στην κατάσταση σιδήρου	14
5.3 Επίδραση της οξείας άσκησης στην κατάσταση σιδήρου	16
6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	19
6.1 Δείγμα	19
6.2 Σχεδιασμός Μελέτης	20
6.3 Διαδικασία Μετρήσεων	22
6.3.1 Συλλογή και Ανάλυση Αίματος	22
6.3.2 Πρωτόκολλο μέτρησης σιδήρου	23
6.3.3 Πρωτόκολλο μέτρησης ολικής σιδηροδεσμευτικής ικανότητας (TIBC)	23
6.3.4 Πρωτόκολλο προσδιορισμού κορεσμού Τρανσφερίνης (TS)	23
6.3.5 Πρωτόκολλο προσδιορισμού Φερριτίνης	23
6.3.6 Στατιστική Ανάλυση	23
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	25
7.1 Συγκέντρωση Σιδήρου	25
7.2 Ολική Σιδηροδεσμευτική Ικανότητα (TIBC)	26
7.3 Κορεσμός Τρανσφερίνης (TS)	27
7.4 Φερριτίνη	28

	<i>Σελίδα</i>
8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	29
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	33
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	34

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γνωστό ότι η συμμετοχή σε έντονη οξεία ή χρόνια άσκηση μπορεί να προκαλέσει έλλειψη σιδήρου. Παρόλα αυτά, δεν έχει μελετηθεί έως τώρα η επίδραση ενός μόνο ποδοσφαιρικού αγώνα στην κατάσταση σιδήρου των αθλητών. Για αυτό το λόγο εξετάστηκε η μεταβολή διαφόρων δεικτών της κατάστασης σιδήρου μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου. Τριάντα τέσσερις άρρενες ποδοσφαιριστές χωρίστηκαν τυχαία σε μία ομάδα ελέγχου (ΟΕ, N=14 αθλητές, οι οποίοι συμμετείχαν μόνο στην προπόνηση και στις αξιολογήσεις) και σε μια πειραματική ομάδα (ΠΟ, N=20 αθλητές, οι οποίοι έλαβαν μέρος σε έναν αγώνα μια εβδομάδα αφού είχαν ολοκληρώσει την αγωνιστική τους περίοδο). Όλοι οι συμμετέχοντες προπονήθηκαν κανονικά για δύο συνεχόμενες ημέρες μετά τον αγώνα. Συλλογή δειγμάτων αίματος πραγματοποιήθηκε πριν τον αγώνα, 2, 12, 36 και 60 ώρες μετά τον αγώνα και εκτιμήθηκε η συγκέντρωση σιδήρου και φερριτίνης, η ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα (ΤΙΒC) και ο κορεσμός της Τρανσφερίνης (TS). Στην ΠΟ, υπήρξε μείωση της συγκέντρωσης σιδήρου 2 ώρες μετά τον αγώνα ($P<0.05$) η οποία επέστρεψε στα αρχικά επίπεδα μετά τις 2 ώρες. Η ΤΙΒC αυξήθηκε 12 ώρες και διατηρήθηκε σε υψηλότερα από τα αρχικά επίπεδα έως 60 ώρες μετά τον αγώνα ($P<0.05$). Δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στην ομάδα ελέγχου. Επομένως, ένας αγώνας ποδοσφαίρου, δεν επηρεάζει σημαντικά την κατάσταση σιδήρου.

2. ABSTRACT

It is well known that participation in intense acute or chronic exercise can cause iron deficiency. However, it has not been studied until now the effect of a single football match on iron status of athletes. Therefore, this study assessed indicators of iron status after a football match. Thirty-four male football players were randomly assigned to a control group (CG, N=14, participated only in measurements and training) or an experimental group (EG, N=20, took part in a football game one week after the completion of the competitive season). All participants trained regularly for two consecutive days after the game. Blood samples collected before the game, 2, 12, 36 and 60 hours after the game for the assessment of iron and ferritin concentration, total iron binding capacity (TIBC) and transferrin saturation (TS). In EG, iron concentration decreased 2 hours after the game ($P < 0.05$), and returned to baseline levels thereafter. TIBC increased 12 hours and remained at higher than baseline levels until 60 hours after the game ($P < 0.05$). No changes were noted in the control group. Therefore, a football match did not significantly affect iron status.

3. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

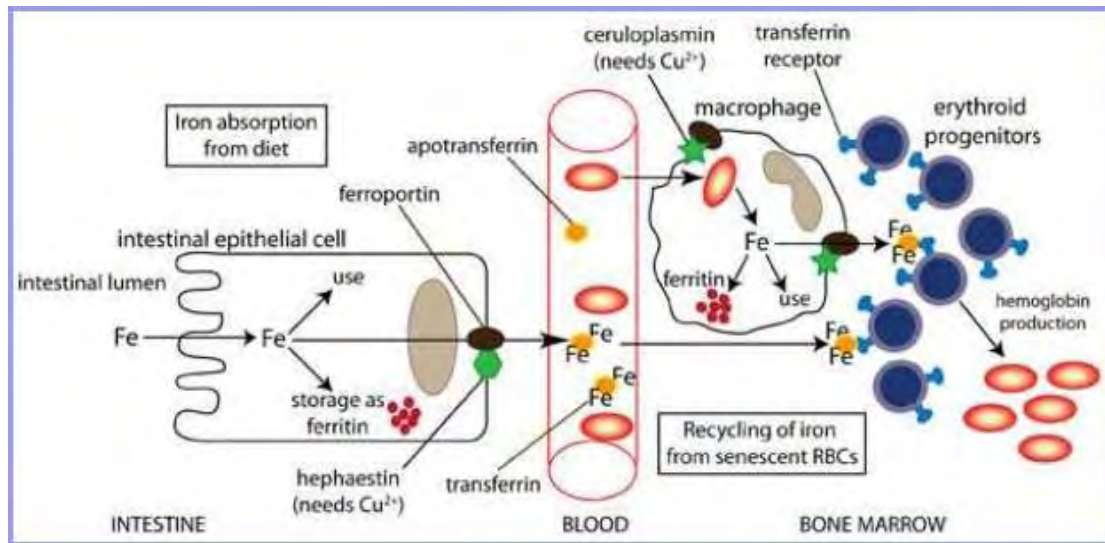
Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Τζιαμούρτα Αθανάσιο για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω την Διπλωματική μου Εργασία (στο εργαστήριο Βιοχημείας της Άσκησης, της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού) για την άριστη συνεργασία μας, τις συμβουλές που μου έδινε, την προσοχή που επιδείκνυε κάθε φορά που αντιμετώπιζα κάποιο πρόβλημα με την πτυχιακή μου εργασία καθώς και τον χρόνο που αφιέρωσε για να μου λύνει οποιαδήποτε απορία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κουρέτα Δημήτριο καθώς και τον κ. Στάγκο Δημήτριο για τη συμμετοχή τους στη τριμελή συμβουλευτική επιτροπή. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτωρ Χαρά Δελή για την ανιδιοτελή βοήθειά της κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας.

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

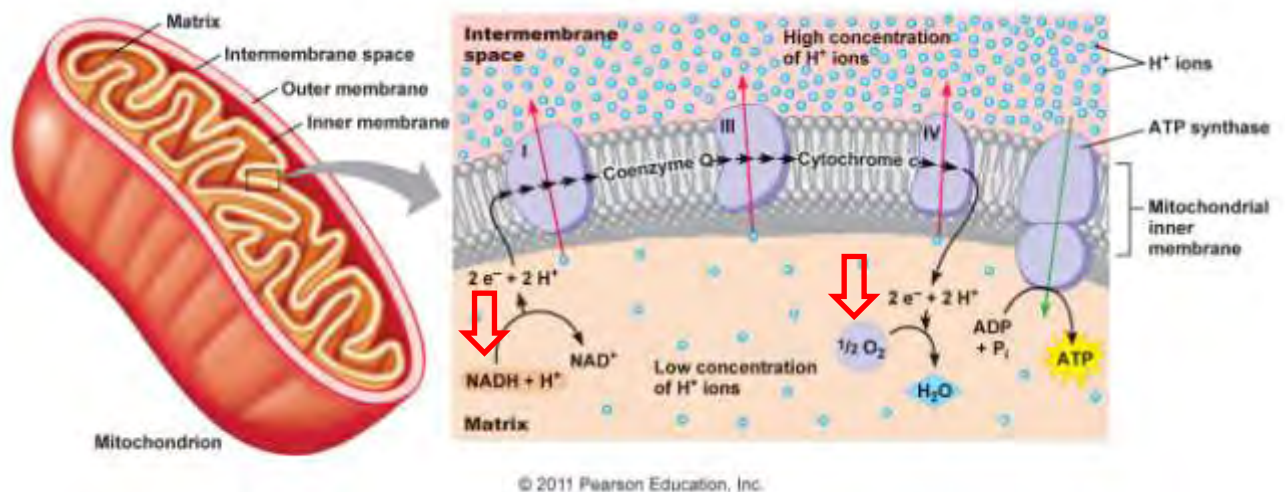
Ο σίδηρος είναι πολύ σημαντικός για τη βέλτιστη πρόσληψη και μεταφορά του οξυγόνου από τα αναπνευστικά όργανα στους σκελετικούς μύες, καθώς αποτελεί ζωτικής σημασίας συστατικό της αιμοσφαιρίνης (HGB) και της μυοσφαιρίνης (Dun 2007). Ο σίδηρος έχει αρκετές ρυθμιστικές λειτουργίες για οξειδωτικά ένζυμα και πρωτεΐνες που εμπλέκονται στην κυτταρική παραγωγή ενέργειας (Beard 2001). Ως εκ τούτου, για την συμμετοχή σε αθλητικά γεγονότα – άσκηση, κατά την οποία η ανάγκη των μυών σε οξυγόνο αυξάνεται πάρα πολύ προκειμένου να διατηρηθεί η φυσική ικανότητα εργασίας και το ενεργειακό κυτταρικό ισοζύγιο, είναι απαραίτητη η άριστη κατάσταση του σιδήρου.

Πλήθος δεδομένων υποδεικνύει ότι η συμμετοχή σε έντονη οξεία (Schumacher 2002) ή χρόνια (Koehler 2012, Reinke 2012), άσκηση μπορεί να προκαλέσει έλλειψη σιδήρου [απόλυτη ανεπάρκεια σιδήρου όταν η Φεριτίνη (Ferr) του ορού είναι <30 μg/L ή λειτουργική ανεπάρκεια όταν η Ferr του ορού είναι 30-90 μg/L και ο κορεσμός της τρανσφερρίνης (TS) είναι <20%] (Reinke 2012). Έχει αναφερθεί ότι αυτή η ανεπάρκεια σιδήρου μπορεί να συμβεί στο ένα τρίτο των ελίτ αθλητών (Koehler 2012) από διαφορετικά είδη αθλημάτων (Koehler 2012, Reinke 2012). Πράγματι, έχει τεκμηριωθεί ότι τόσο η απόλυτη όσο και η λειτουργική ανεπάρκεια σιδήρου μπορεί να παρατηρηθεί σε ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου (Reinke 2012, Escanero 1997) και άλλους αθλητές λόγω της έκθεσής τους σε παρατεταμένες υψηλής έντασης αγωνιστικές περιόδους και προπονήσεις. Αυτό το απαιτητικό πρόγραμμα προϋποθέτει ότι οι ποδοσφαιριστές πρέπει να διατηρήσουν την ομοιόσταση του σιδήρου τους για όσο το δυνατόν περισσότερο κατά την διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου ώστε να έχουν βέλτιστη απόδοση και υγεία. Ωστόσο, η συσσωρευμένη κόπωση και ο ανεπαρκής χρόνος ανάρρωσης κατά τη διάρκεια μιας αγωνιστικής περιόδου μπορεί να οδηγήσουν τους ποδοσφαιριστές σε διαταραχή της κατάστασης σιδήρου τους (Reinke 2012). Η έλλειψη σιδήρου μπορεί να διακόψει την σύνθεση της αιμοσφαιρίνης-μυοσφαιρίνης (Εικόνα 1), να μειώσει την διάχυση του οξυγόνου από τα ερυθροκύτταρα στα μιτοχόνδρια των σκελετικών μυών και να εξασθενίσει την μυϊκή οξειδωτική φωσφορυλίωση λόγω της μείωσης των σιδηροδεσμευτικών πρωτεϊνών της αίμης που συμμετέχουν στην αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων (κυτόχρωμα c και οξειδάση του κυτοχρώματος c) καθώς και των μη-αιμικών σιδηροδεσμευτικών ενζύμων (ηλεκτρική αφυδρογονάση, NADH αφυδρογονάση) και μη-αιμικών σιδηρο-θειικών πρωτεϊνών (Εικόνα 2). Έτσι, η ανεπάρκεια σιδήρου μέσω τις μείωσης παραγωγής ενέργειας από τα μιτοχόνδρια μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ικανότητας για άσκηση, γεγονός το οποίο με τη σειρά του μειώνει την ικανότητα των παικτών να μεγιστοποιήσουν την αγωνιστική τους απόδοση (Beard 2001).

Εικόνα 1. Παραγωγή αιμοσφαιρίνης στον μυελό των οστών.



Εικόνα 2. Η αναπνευστική αλυσίδα (μεταφορά ηλεκτρονίων) στα μιτοχόνδρια.



Δεδομένα από περιγραφικές μελέτες δείχνουν ότι οι ποδοσφαιριστές μπορεί να είναι επιρρεπείς σε ανεπάρκεια σιδήρου (Villanueva 2011) ενώ τα συμπληρώματα σιδήρου μπορεί να ομαλοποιήσουν τις αποθήκες σιδήρου (Villanueva 2011). Κατά τη διάρκεια μιας αγωνιστικής περιόδου, οι ποδοσφαιριστές συμμετέχουν σε συνεχόμενες προπονήσεις μικρόκυκλων 7 ημερών οι οποίες αποτελούνται από καθημερινές συνεδρίες έντονης σωματικής, τεχνικής και τακτικής κατάρτισης και επιπλέον στις περισσότερες περιπτώσεις έναν ή δύο επίσημους ποδοσφαιρικούς αγώνες (Bompa 2009). Κάθε προπονητικός μικρόκυκλος αποτελείται από έξι καθημερινές συνεδρίες οι οποίες πραγματοποιούνται ανάμεσα στους αγώνες και κυμαίνονται από μια απλή προπόνηση αποκατάστασης έως μια έντονη ή και πάρα πολύ έντονη προπόνηση (Bompa 2009).

Αν και οι διακυμάνσεις στην κατάσταση του σιδήρου κατά τη διάρκεια μιας ποδοσφαιρικής σεζόν έχουν διερευνηθεί σε κάποιο βαθμό στο παρελθόν (Reinke 2012, Hesterberg 2013, Banfi 2007), οι βραχυπρόθεσμες προσωρινές μεταβολές της κατάστασης του σιδήρου μετά από έναν ποδοσφαιρικό αγώνα δεν έχουν ακόμη καθοριστεί.

4.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να εξετάσει τις αποκρίσεις δεικτών της κατάστασης σιδήρου μετά από ένα ποδοσφαιρικό αγώνα και των προπονήσεων που έπονται αυτού.

4.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ

Υποθέσαμε ότι δεν θα υπάρξουν μεταβολές στους δείκτες της κατάστασης σιδήρου μετά από έναν ποδοσφαιρικό αγώνα ο οποίος έγινε σε προσομοίωση συνθηκών κανονικής αγωνιστικής και προπονητικής περιόδου.

5. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

5.1 Δείκτες που αξιολογούν την κατάσταση σιδήρου

Λόγω του πολύ σημαντικού ρόλου του σιδήρου στην βέλτιστη φυσική κατάσταση αλλά και γενικότερα στην υγεία των αθλητών, η αξιολόγηση της κατάστασης σιδήρου στους αθλητές καθίσταται καίριας σημασίας, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία ανεπάρκειας σιδήρου στους αθλητές.

Η αξιολόγηση της κατάστασης του σιδήρου δεν μπορεί να γίνει με απλή εκτίμηση ενός μεμονωμένου δείκτη. Σε αρκετούς δείκτες της κατάστασης σιδήρου παρατηρούνται μεταβολές ως απάντηση σε χρόνια ή οξεία μορφή άσκησης. Επομένως για να πραγματοποιηθεί μια ακριβής εκτίμηση της κατάστασης σιδήρου είναι απαραίτητο να μετρηθούν περισσότεροι από ένα δείκτη καθώς και άλλοι αιματολογικοί παράγοντες. Επιπλέον, στον Πίνακα 1, παραθέτονται τα όρια αναφοράς δεικτών που αξιολογούν την κατάσταση σιδήρου στο γενικό πληθυσμό, καθώς και οι τιμές που έχουν καταγραφεί σε ελίτ αθλητές.

Πίνακας 1. Όρια αναφοράς δεικτών που αξιολογούν την κατάσταση σιδήρου στον γενικό πληθυσμό και τιμές που έχουν καταγραφεί σε ελίτ αθλητές.

		Ferr ($\mu\text{g/L}$)	Iron ($\mu\text{g/dL}$)	TIBC ($\mu\text{g/dL}$)	TS (%)
Τιμές αναφοράς από ενήλικες μη αθλητές	Άνδρες	20-300	65-175	250-425	20-50
	Γυναίκες	10-120	50-170	250-425	15-50
Τιμές αναφοράς Ελίτ αθλητών					
Koehler et al. (2012)	Άνδρες	55,4 \pm 36,7			
	Γυναίκες	35,4 \pm 22,0			
(διάφορα αγωνίσματα)					
Della Valle & Haas, (2012)	Γυναίκες (Κ)	43,0 \pm 20,3			
	(ΑΣ)	13,9 \pm 5,1			
Reinke et al. (2012)	Άνδρες (ΑΠ)	6-127			10,7-85,4
	(ΠΑ)	20-133			9,0-54,2
	(ΠΠ)	15-148			13,9-43,2
Schumacher et al. (2002)	Άνδρες (ΑΑ)	125,6 \pm 91,5	125,0 \pm 50,2		
	(ΑΔ)	82,3 \pm 61	105,5 \pm 38,6		
Malczewska et al. (2001)	Άνδρες (Κ)	65,9 \pm 1,83	104,3 \pm 28,2	310 \pm 36,7	
	(ΑΣ)	19,5 \pm 2,14	72,8 \pm 20,5	348 \pm 41,2	
	Γυναίκες (Κ)	40,6 \pm 1,76	105,3 \pm 32,9	315 \pm 42,6	

	(ΑΣ)	20,1±1,54	81,7±20,4	344±49,2
Rowland et al. (1987)	Άνδρες	29,4±17,8		
	Γυναίκες	26,6±11,4		
Magnuson et al. (1984)	Άνδρες	64,3±47,8	19,1±7,3	31,8±11,6

Κ: Κανονική Κατάσταση Σιδήρου, ΑΣ: Ανεπάρκεια Σιδήρου, ΑΠ: Αγωνιστική Περίοδος, ΠΑ: Περίοδος Αποκατάστασης, ΠΠ: Προετοιμασία, ΑΑ: Αθλητές Αντοχής, ΑΔ: Αθλητές Αγωνισμάτων Δύναμης

5.1.1 Εκτίμηση των αποθεμάτων σιδήρου του σώματος

Η συγκέντρωση της Ferr στον ορό είναι ένας από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους δείκτες στην εξέταση της κατάστασης του σιδήρου. Η συγκέντρωση της Ferr στον ορό σε συνθήκες όπου ο σίδηρος είναι δεσμευμένος σε αιμοσιδερίνη (Crichton 2003) χρησιμοποιείται ως ένας δείκτης αξιολόγησης των αποθηκών του σιδήρου και της ικανότητας για σύνθεση πρωτεϊνών και αίμης. Η συγκέντρωση της Ferr στον ορό συνήθως κυμαίνεται από 10-300 μg/L (Lynch 2004, Tietz 1995), ενώ οι τιμές κάτω των 12 μg/L αντιστοιχούν σε μη μετρήσιμα αποθέματα σιδήρου στον μυελό των οστών, στο ήπαρ και στο σπλήνα. Τέτοιες χαμηλές τιμές υποδεικνύουν την εμφάνιση του πρώτου σταδίου ανεπάρκειας σιδήρου (Lynch 2004). Η Ferr φαίνεται πως εξαρτάται από το φύλο και την ηλικία, αφού σε παιδιά και γυναίκες πριν την εμμηνόπαυση εμφανίζεται σε χαμηλότερες τιμές σε σχέση με ενήλικους άνδρες.

Ωστόσο η έκφραση και η εμφάνιση της Ferr στον ορό επηρεάζεται επίσης και από άλλους παράγοντες. Η Ferr διεγείρεται κατά την οξεία φάση αντίδρασης του οργανισμού και η συγκέντρωσή της στον ορό μπορεί να αυξηθεί από ηπατικές νόσους, μολύνσεις και άλλες φλεγμονώδεις καταστάσεις, κακοήθειες ασθένειες, νεφρική ανεπάρκεια, καρδιαγγειακές παθήσεις, υψηλή κατανάλωση αλκοόλ και από την γήρανση (Zoller 2004, Hulthen 1998, Elin 1977). Μερικές φυσικές δραστηριότητες συνοδεύονται από φλεγμονώδεις αποκρίσεις οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν μια οξεία φάση αντίδρασης του οργανισμού και έτσι να αυξηθούν τα επίπεδα της Ferr για πολλές ημέρες. Επομένως, σε ορισμένες περιπτώσεις όπου προκαλούνται φλεγμονές από την άσκηση, τα φυσιολογικά επίπεδα της Ferr μπορεί να είναι παραπλανητικά και να αντικατοπτρίζουν περισσότερο μια οξείας φάσης αντίδραση, παρά την πραγματική αποδοτικότητα των αποθηκών σιδήρου των αθλητών. Η ημερήσια μεταβολή της Ferr έχει υπολογιστεί ότι κυμαίνεται μεταξύ 13% και 75% σε αθλητές αγωνισμάτων αντοχής (Malczewska 2000) και ως εκ τούτου η συγκέντρωση της Ferr στον ορό δεν μπορεί ανεξάρτητα να ταυτιστεί με τα αποθέματα σιδήρου στον οργανισμό (Hallberg 2003). Εν περίληψη, αν και η συγκέντρωση της Ferr στον ορό συχνά αναφέρεται σε μελέτες ότι επηρεάζεται από την άθληση (Nachtigall 1996, Malczewska 2001, Brigham 1993), θα πρέπει η διάγνωση, επάρκειας ή ανεπάρκειας σιδήρου στους αθλητές να γίνεται με ιδιαίτερη επιφύλαξη, όταν ο μόνος δείκτης που αξιολογείται είναι η Ferr.

5.1.2 Εκτίμηση της κατάστασης σιδήρου στο πλάσμα ή στον ορό

Οι τρεις βασικοί δείκτες από τους οποίους μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες για την κατάσταση σιδήρου στο πλάσμα ή στον ορό του αίματος είναι οι εξής:

- Η Συγκέντρωση του Σιδήρου
- Η Ολική Σιδηροδεσμευτική Ικανότητα (TIBC)
- Ο Κορεσμός της Τρανσφερίνης (TS)

Η συγκέντρωση του σιδήρου εκφράζει τη συνολική περιεκτικότητα σε σίδηρο ανά μονάδα όγκου του ορού, και οι φυσιολογικές τιμές τυπικά κυμαίνονται μεταξύ 50 – 175 µg/dL (Tietz 1995, Beard 2004). Η συγκέντρωση του σιδήρου παρουσιάζει μια ημερήσια διακύμανση της τάξης του 15% με 26% και μια διακύμανση 10% - 20% κατά την διάρκεια της ημέρας (Borel 1991) και κατά συνέπεια, μόνο η μέτρηση της συγκέντρωσης σιδήρου στον ορό δεν μπορεί να αποτελέσει ένα αξιόπιστο δείκτη της κατάστασης σιδήρου.

Η ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα (TIBC) αντικατοπτρίζει τον συνολικό αριθμό θέσεων σύνδεσης για τα άτομα σιδήρου στην Τρανσφερίνη ανά μονάδα όγκου του πλάσματος ή του ορού αντίστοιχα (Beard 2004). Τα όρια αναφοράς για την TIBC κυμαίνονται μεταξύ 250 – 425 µg/dL (Tietz 1995) και είναι πιο σταθερός δείκτης για την κατάσταση σιδήρου από τη συγκέντρωση σιδήρου, αφού έχει ημερήσια διακύμανση της τάξης του 8% με 12% ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας παρουσιάζει διακύμανση λιγότερο από 5%. Η TIBC δεν μεταβάλλεται πριν τα αποθέματα του σιδήρου να εξαντληθούν (Beard 2004). Σε μία κατάσταση όπου τα αποθέματα του σιδήρου έχουν εξαντληθεί παρατηρείται μια αύξηση στα επίπεδα του TIBC αφού είναι ελεύθερες περισσότερες θέσεις σύνδεσης για τον σίδηρο στην Τρανσφερίνη.

Η Τρανσφερίνη είναι η πρωτεΐνη που συνδέεται με το σίδηρο και τον μεταφέρει στα κύτταρα (Beard 2004). Τα επίπεδα της Τρανσφερίνης δεν επηρεάζονται από τις φλεγμονώδεις αντιδράσεις ή άλλες ασθένειες για αυτό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διάγνωση της ανεπάρκειας σιδήρου ακόμα και κάτω από τις προαναφερθέντες καταστάσεις (Zoller 2004). Ο κορεσμός της Τρανσφερίνης (TS) αντιπροσωπεύει το ποσοστό του σιδήρου στον ορό προς το TIBC και τιμές μικρότερες του 15% αποτελούν ένδειξη για το δεύτερο στάδιο ανεπάρκειας σιδήρου. Οι φυσιολογικές τιμές αναφοράς για τον TS κυμαίνονται μεταξύ 20% - 50% και 15% -50% για άνδρες και γυναίκες αντίστοιχα (Tietz 1995). Δεδομένου ότι η TIBC είναι αρκετά σταθερή, οποιαδήποτε μεταβολή στον TS του πλάσματος θα οφείλεται σε μεταβολή στην συγκέντρωση του σιδήρου. Συνεπώς οτιδήποτε μεταβάλει τη συγκέντρωση του σιδήρου, θα μεταβάλει και τον TS (Beard 2004). Συμπερασματικά ο TS σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση της Ferr του ορού

αποτελούν τα δύο βασικά κριτήρια για τον προσδιορισμό της σοβαρότητας της ανεπάρκειας του σιδήρου.

5.2 Επίδραση της χρόνιας άσκησης στην κατάσταση σιδήρου

Ένα μεγάλο πλήθος στοιχείων υποδεικνύουν ότι η κατάσταση σιδήρου και αρκετοί αιματολογικοί παράγοντες συχνά διαταράσσονται λόγω της χρόνιας άσκησης δίνοντας την εντύπωση ότι οι αθλητές εμφανίζουν ανεπάρκεια σιδήρου ή αλλιώς τη λεγόμενη αθλητική αναιμία (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Επίδραση της χρόνιας άσκησης στην κατάσταση σιδήρου

Μελέτη	Πρωτόκολλο	Δείγμα	Δείκτες	Αποτελέσματα
Kohler et al. (2012)	Αναδρομική εκτίμηση της κατάστασης σιδήρου σε αθλητές από 25 διαφορετικά αγωνίσματα	96 άνδρες και 97 γυναίκες ελίτ αθλητές	Ferr, Fe	57% των γυναικών και 31% των ανδρών είχαν Ferr<35 μg/L και η συγκέντρωση Fe ήταν χαμηλότερη στους άνδρες.
Kohler et al. (2012)	Προσδιορισμός των επιπτώσεων της εξαντλημένης κατάστασης του σιδήρου στην απόδοση κατά την έναρξη της προνοητικής σεζόν	165 γυναίκες αθλήτριες της κωπηλασίας	Ferr	30% των αθλητών εμφάνισαν ανεπάρκεια σιδήρου Ferr<20 μg/L.
Reinke et al. (2012)	Εκτίμηση της κατάστασης του σιδήρου μετά από τρεις περιόδους: το πρωτάθλημα, αποκατάσταση, preseason προπόνηση	10 επαγγελματίες παίκτες ποδοσφαίρου και 20 ελίτ κωπηλάτες	Ferr, TS, Fe	27% των αθλητών είχαν ανεπάρκεια σιδήρου μετά το πρωτάθλημα κάτι το οποίο συνεχίστηκε από το 14% των αθλητών σε όλες τις περιόδους. Στην Ferr δεν παρατηρήθηκε αύξηση κατά την αποκατάσταση, η TS αυξήθηκε κατά την αποκατάσταση αλλά μειώθηκε στην περίοδο αποκατάστασης
Schumacher et al. (2002)	Μελέτη εκτίμησης της αιματολογικής/κατάστασης σιδήρου σε αθλητές αντοχής, μικτούς ή δύναμης	747 άνδρες αθλητές, 104 controls	Ferr, Fe, Tf	Δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά στο Fe και το Tf. Ενώ η Ferr μειώθηκε στους αθλητές σε σχέση με τα controls.

Malczewska et al. (2001)	Αξιολόγηση της συχνότητας παρουσίας ανεπάρκειας σιδήρου σε αθλητές	131 άνδρες και 121 γυναίκες από διάφορα αγωνίσματα	Fe, TIBC, Ferr	Παρατηρήθηκε λανθάνουσα ανεπάρκεια σιδήρου στο 29% των γυναικών και στο 11% των ανδρών, υψηλότερες τιμές TIBC αλλά χαμηλότερα επίπεδα Ferr.
--------------------------	--	--	----------------	---

Ferr: Φεριτίνη, Fe: Σίδηρος, TS: Κορεσμός τρανσφερίνης, TIBC: Ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα.

Ενώ στον γενικό πληθυσμό η συγκέντρωση της Ferr στον ορό του αίματος κάτω από τα 12 µg/L χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του πρώτου σταδίου ανεπάρκειας σιδήρου, για τους αθλητές έχουν υιοθετηθεί ευρύτερα όρια τιμών συγκέντρωσης Ferr (στον ορό) που κυμαίνονται μεταξύ 12-40 µg/L για την αναγνώριση της ανεπάρκειας και των μειωμένων αποθηκών σιδήρου (Koehler 2012, Reinke 2012). Επίσης η ανεπάρκεια σιδήρου διακρίνεται περαιτέρω σε απόλυτη όταν η Ferr στον ορό είναι κάτω από τα 30 µg/L και σε λειτουργική ανεπάρκεια όταν η Ferr στον ορό είναι μεταξύ 30-90 µg/L ή όταν η Ferr στον ορό είναι μεταξύ 100-299 µg/L αλλά ο TS είναι κάτω από 20% (Reinke 2012).

Αν και εντός των φυσιολογικών ορίων, οι αθλητές παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές Ferr στον ορό του αίματος, ενώ παρόμοιες τιμές τρανσφερίνης με εκείνες ατόμων που κάνουν καθιστική ζωή (Schumacher 2002). Ομοίως σύμφωνα με τον Spodaryk (1993) έχει παρατηρηθεί σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση Ferr σε αθλητές αντοχής σε σχέση με αθλητές δυναμικών αγωνισμάτων και επίπεδα Ferr κάτω των 50 µg/L από το 18% των αθλητών αντοχής σε σχέση με το 12% της ομάδας ελέγχου. Μειωμένες τιμές Ferr στον ορό (<35 µg/L) έχουν καταγραφεί στο 1/3 ελίτ αθλητών (Koehler 2012). Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά των Nachtigall και συν (1996) οι οποίοι αναφέρουν μειωμένες τιμές Ferr στον ορό του αίματος (<35 µg/L) και χαμηλές ηπατικές αποθήκες σιδήρου σε άνδρες δρομείς αποστάσεων, υποδεικνύοντας μια πραγματική υπολανθάνουσα κατάσταση ανεπάρκειας σιδήρου.

Μια πολύ έντονη περίοδος αγώνων ή προπόνησης μπορεί να οδηγήσει σε απόλυτη ή λειτουργική ανεπάρκεια σιδήρου επαγγελματίες ποδοσφαιριστές (Reinke 2012, Nielsen 1998), υψηλού επιπέδου κωπηλάτες (Reinke 2012) καθώς και γυναίκες αθλήτριες της κολύμβησης (Brigham 1993). Σε μερικές περιπτώσεις η επιτρεπόμενη περίοδος ανάρρωσης πριν την επόμενη φάση προετοιμασίας ίσως δεν είναι επαρκής για την αναπλήρωση των εξαντλημένων αποθηκών σιδήρου (Reinke 2012).

Σύμφωνα με πολλές έρευνες, διαταραχές στην κατάσταση σιδήρου λόγω της χρόνιας άσκησης εμφανίζονται πιο συχνά σε γυναίκες αθλήτριες παρά σε άνδρες αθλητές. Στη μελέτη των Koehler και συν (2012), οι αθλήτριες είχαν διπλάσιες πιθανότητες να παρουσιάσουν μειωμένα επίπεδα Ferr, καθώς το 58.8% των αθλητριών εμφάνισαν Ferr κάτω από τα 35 $\mu\text{g/L}$ ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στους άνδρες συναθλητές τους ήταν μόλις 31.2%. Σε μια άλλη έρευνα (Rowland 1987) το 45% των αθλητριών αγώνων ανωμάλου δρόμου εμφάνισαν ανεπάρκεια σιδήρου στο τέλος της αγωνιστικής τους περιόδου, ενώ μόνο το 17% των ανδρών συναθλητών τους εμφάνισαν αντίστοιχη επιδείνωση. Σε μερικές ακόμα έρευνες επίσης αναφέρεται ότι σε γυναίκες δρομείς εμφανίστηκαν σημαντικά χαμηλά επίπεδα Ferr κάτω από 15 $\mu\text{g/L}$ ή ακόμα χαμηλότερα από 12 $\mu\text{g/L}$. (Rowland 1987, Groppe 2006, Nickerson 1989). Τέλος σε μια έρευνα όπου εξετάστηκε η κατάσταση σιδήρου κατά την διάρκεια μιας παρατεταμένης προπόνησης σε γυναίκες δρομείς με χαμηλές αλλά και με κανονικές αποθήκες σιδήρου παρουσιάστηκαν τα εξής αποτελέσματα: Κατά 71% εμφανίστηκε εξάντληση στις αποθήκες σιδήρου (ανεξάρτητα με τις αρχικές μετρήσεις ηρεμίας) στο τέλος της προπόνησης, ενώ δεν επανήλθαν στα φυσιολογικά επίπεδα μέχρι και δέκα μέρες μετά την ολοκλήρωση της άσκησης (Auersperger 2013).

Σύμφωνα με τις παραπάνω έρευνες φαίνεται πως η χρόνια μορφή άσκησης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την κατάσταση σιδήρου. Η αιτία για τα χαμηλά επίπεδα της Ferr στον ορό των αθλητών δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητή αλλά ως πιθανή εξήγηση προτείνεται η αιμόλυση που προκαλείται στους αθλητές εξαιτίας της άσκησης.

5.3 Επίδραση της οξείας άσκησης στην κατάσταση σιδήρου

Όχι μόνο η χρόνια αλλά και η έντονη οξεία φυσική δραστηριότητα φαίνεται ότι μεταβάλλουν αρκετούς δείκτες της κατάστασης σιδήρου. Μια σημαντική μείωση στα επίπεδα του σιδήρου στον ορό σε 12.2 $\mu\text{mol/L}$ αναφέρεται μετά από την ολοκλήρωση ενός αγώνα τριάθλου (Rogers 1986). Ο συγγραφέας αυτής της έρευνας προτείνει ότι η έντονη εφίδρωση ή μια υπολανθάνουσα ανεπάρκεια σιδήρου ευθύνονται για την σοβαρή μείωση του σιδήρου στον ορό του αίματος. Ωστόσο η συγκέντρωση του σιδήρου στον ιδρώτα δεν συσχετίζεται με τα αυξημένα ποσοστά εφίδρωσης όλου του σώματος (DeRuisseau 2002).

Αντίθετα, αύξηση στα επίπεδα της Ferr παρατηρήθηκε μετά από τρέξιμο υπομέγιστης έντασης μέχρι εξάντλησης (Schumacher 2002). Αυτή η αύξηση αποδόθηκε κυρίως στη συμπύκνωση του αίματος, όπως αποδείχτηκε από την έντονη μείωση του όγκου του αίματος. Επίσης σύμφωνα με άλλες έρευνες, η αύξηση στα επίπεδα της Ferr μπορεί να οφείλεται σε φλεγμονώδεις αντιδράσεις

που μπορεί να προκύψουν μετά από έντονη φυσική δραστηριότητα (Zoller 2004, Hulthen 1998, Elin 1977).

Επιπλέον, τα αρχικά επίπεδα Ferr μπορεί να επηρεάσουν τα επίπεδα μετά την άσκηση. Στη μελέτη των Peeling και συν (2014), σε αθλητές που χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με τα αρχικά επίπεδα Ferr στον ορό τους (<30 μg/L, 30-50 μg/L, 50-100 μg/L, >100 μg/L) παρουσιάστηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων στα επίπεδα της Ferr μετά από έντονες ολιγόλεπτες συνεδρίες τρεξίματος. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή εκτός από την επίδραση της άσκησης στην κατάσταση του σιδήρου, είναι σημαντικό να εξετάζουμε και την κατάσταση της Ferr στους αθλητές πριν την έναρξη των αθλητικών δραστηριοτήτων τους.

Ανεξάρτητα από το αν η άσκηση είναι οξεία ή χρόνια, οι περισσότερες έρευνες αναφέρουν μεταβολές στην κατάσταση σιδήρου, ενώ υπάρχουν και έρευνες οι οποίες δεν υποστηρίζουν σημαντικές διαφορές στην κατάσταση σιδήρου μεταξύ προπονημένων και απροπόνητων ατόμων. Πράγματι, παρόμοια συχνότητα εμφάνισης ανεπάρκειας σιδήρου έχει καταγραφεί ανάμεσα σε νεαρούς αθλητές αντοχής και σε μη-αθλητές (Malczewska 1997). Η υψηλή φυσική δραστηριότητα των αθλητών δεν επηρέασε τις αποθήκες σιδήρου καθώς αυτές βρέθηκαν να είναι υψηλότερες σε σχέση με τα άτομα ελέγχου. Πρέπει να αναφερθεί όμως ότι οι αθλητές εμφάνιζαν υψηλότερη πρόσληψη σιδήρου από τη διατροφή σε σχέση με τα άτομα ελέγχου και ότι το 18% εκείνων που εμφάνιζαν επάρκεια σε σίδηρο αναφέρεται ότι κατανάλωναν συμπληρώματα σιδήρου. Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη από το ίδιο ινστιτούτο (Malczewska 2000) στην οποία εμπλέκονται αθλήτριες αντοχής, αναφέρεται μειωμένη συχνότητα εμφάνισης ανεπάρκειας σιδήρου στις αθλήτριες σε σχέση με τα άτομα ελέγχου. Οι εν λόγω μελέτες μπορούν να οδηγήσουν στην υπόθεση ότι η αυξημένη πρόσληψη σιδήρου και διατροφικοί παράγοντες που εμπλέκονται στο μεταβολισμό του σιδήρου, μπορούν να αντισταθμίσουν τις αυξημένες απώλειες σιδήρου που προκαλούνται από την άσκηση σε νεαρούς αθλητές. Αναφορικά με την ανεπάρκεια σιδήρου σε αθλητές των οποίων η πρόσληψη σιδήρου ήταν επαρκής, οι συγγραφείς την αποδίδουν σε ελαττωμένη απορρόφηση του για τους άνδρες και διαρροή σιδήρου στο αίμα λόγω της έμμηνου ρύσης για τις αθλήτριες. Στον Πίνακα 3 αναφέρονται συνοπτικά τα παραπάνω δεδομένα.

Πίνακας 3. Επίδραση της οξείας άσκησης στην κατάσταση σιδήρου

Μελέτη	Πρωτόκολλο	Δείγμα	Δείκτες	Αποτελέσματα
Διατάραξη στην κατάσταση σιδήρου				
Rogers et al. (1986)	Αξιολόγηση πριν, μετά 30min, 24h και 48h μετά από ένα αγώνα Τριάθλου 160km (κωπηλασία, ποδηλασία, τρέξιμο)	18 αθλητές Τριάθλου	TS, Fe, TIBC	Μετά το πέρας του αγώνα μειώθηκε ο Fe και το TS
Schumacher et al. (2002)	Εκτίμηση της άσκησης σε μεταβλητές μετά από μία οριακή δοκιμασία τρεξίματος μέχρι εξάντλησης (IRTTE), 45min υπομέγιστο τρέξιμο, αερόβια ποδηλασία	39 αθλητές (33 άνδρες, 6 γυναίκες)	Ferr, Fe	Η Ferr αυξήθηκε μετά το οριακό υπομέγιστο τρέξιμο
Αμετάβλητη κατάσταση σιδήρου				
Malczewska et al. (1997)	Εκτίμηση της κατάστασης σιδήρου σε αθλητές αντοχής	178 άνδρες Αθλητές, 52 Άνδρες control	Ferr, Fe, TS, TIBC	Παρόμοια ανεπάρκεια σιδήρου (19%) στους αθλητές και (20%) στα controls. Μείωση των Ferr,Fe και αύξηση TIBC στις υποομάδες με εξάντληση σιδήρου
Malczewska et al. (2000)	Εκτίμηση της κατάστασης σιδήρου σε αθλητές αντοχής	126 γυναίκες αθλήτριες, 52 γυναίκες control	Fe, TIBC, Ferr, TIBC	Χαμηλότερη ανεπάρκεια σιδήρου στους αθλητές(26%) σε σχέση με τα control (50%). Μείωση των Ferr,Fe και αύξηση TIBC στις υποομάδες με ανεπάρκεια σιδήρου

TS: Κορεσμός τρανσφερίνης, Fe: Σίδηρος, TIBC: Ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα, Ferr: Φερίτινη.

6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί μέρος μίας μεγαλύτερης μελέτης ποδοσφαίρου, η οποία στόχευε στον προσδιορισμό των επιπτώσεων ενός ποδοσφαιρικού αγώνα στην απόδοση των αθλητών.

6.1. ΔΕΙΓΜΑ – ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ

Για την μελέτη αυτή προσφέρθηκαν να συμμετάσχουν 34 άρρενες ποδοσφαιριστές μεσαίας κατηγορίας (12 αμυντικοί, 14 μέσοι, 8 επιθετικοί). Τα χαρακτηριστικά των παικτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Κριτήρια συμμετοχής των παικτών στη μελέτη αποτέλεσαν τα εξής:

- Να μην υπάρχουν πρόσφατοι μυοσκελετικοί τραυματισμοί ή/και άλλες ασθένειες.
- Αποχή από εργογενή συμπληρώματα διατροφής, χρήση φαρμάκων και το κάπνισμα για τουλάχιστον έξι μήνες.
- Να έχουν αγωνιστεί για τουλάχιστον 5 έτη και να συμμετείχαν τουλάχιστον σε έξι εκπαιδευτικές συνεδρίες ανά εβδομάδα και σε έναν αγώνα ανά εβδομάδα.
- Να επιδεικνυαν επίπεδα σιδήρου μέσα στα φυσιολογικά όρια αναφοράς και με επαρκή πρόσληψη σιδήρου από τη διατροφή.
- Να μην είχαν ιστορικό προηγούμενης συνταγογράφησης φαρμακολογικών συμπληρωμάτων σιδήρου.

Πίνακας 4. Σωματομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων

	Ομάδα Ελέγχου (14 Άτομα)	Πειραματική Ομάδα (20 Άτομα)
Ηλικία (Ετη)	22,2 ± 1,3	22,8 ± 1,8
Χρόνος σε αγωνιστικό επίπεδο (Ετη)	9,7 ± 1,1	9,9 ± 1,3
Μάζας Σώματος (kg)	75,7 ± 4,4	76,3 ± 5,2
Ύψος (m)	1,80 ± 0,03	1,79 ± 0,04
ΔΜΣ (kg/m ²)	23,4 ± 0,3	23,8 ± 0,4
Σωματικό Λίπος (%)	7,6 ± 0,8	7,9 ± 1,1
VO _{2max} (mL/kg/min)	58,1 ± 3,9	58,5 ± 4,3
HR _{max} (χτύποι/min)	197,3 ± 5,3	196,5 ± 4,9

ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος, VO_{2max}: Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου, HR_{max}: Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα.

Οι συμμετέχοντες υπέγραψαν ένα έντυπο εν επιγνώσει συναίνεσης, αφού πρώτα έλαβαν μια λεπτομερή περιγραφή των ωφελειών και των κινδύνων της μελέτης. Οι διαδικασίες ήταν σύμφωνες με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι 1975, όπως αναθεωρήθηκε το 2000 και εγκεκριμένες από το Επιστημονικό Συμβούλιο Εγκρίσεων και την Επιτροπή Δεοντολογίας.

6.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη διεξήχθη περίπου μια εβδομάδα μετά την αγωνιστική περίοδο (όπου οι αθλητές ήταν ακόμα συνηθισμένοι στην εντατική προπόνηση και στους αγώνες), βασιζόμενη σε ένα πρωτόκολλο επαναλαμβανόμενων μετρήσεων εφαρμόστηκε σε δύο ομάδες. Οι αθλητές διαγωνίστηκαν σε ένα παιχνίδι 90 λεπτών (οργανωμένο σύμφωνα με τους επίσημους κανονισμούς), που πραγματοποιήθηκε τρεις ημέρες μετά την έναρξη των αρχικών πειραματικών μετρήσεων. Οι αθλητές χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες:

α) Μια ομάδα ελέγχου (ΟΕ: οι αθλητές συμμετείχαν μόνο στην προπόνηση και στις μετρήσεις, n=14 αθλητές) για τον έλεγχο των ημερήσιων διακυμάνσεων των κύριων εξαρτημένων μεταβλητών.

β) Μια πειραματική ομάδα (ΠΟ: οι αθλητές συμμετείχαν σε αγώνες, σε προπονήσεις και στις μετρήσεις, n= 20 αθλητές)

Οι αθλητές από την ΠΟ χωρίστηκαν τυχαία εκ νέου σε δύο ομάδες εκ των οποίων η κάθε μία περιείχε έναν τερματοφύλακα, τέσσερις αμυντικούς, τέσσερις μέσους και δύο επιθετικούς. Δύο αγώνες διεξήχθησαν σύμφωνα με τους επίσημους κανονισμούς κατά το αγωνιστικό διάστημα 2011-2013 και οι δέκα παίκτες εκτός του τερματοφύλακα αξιολογούνταν κάθε φορά. Οι συμμετέχοντες της ΠΟ πήραν μέρος σε ολόκληρο το παιχνίδι. Το πειραματικό παιχνίδι έλαβε χώρα στις 18:00-20:00 μμ. Οι συμμετέχοντες κατανάλωσαν ένα τυποποιημένο γεύμα (Fatouros 2010) και έπιναν νερό κατά βούληση κατά τη διάρκεια του αγώνα. Οι φυσικές δραστηριότητες των παικτών και ο καρδιακός ρυθμός καταγράφονταν κατά τη διάρκεια ολόκληρου του αγώνα.

Τρεις ημέρες πριν τον αγώνα πραγματοποιήθηκαν οι αρχικές μετρήσεις ηρεμίας οι οποίες περιελάμβαναν αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης, και των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών. Την ίδια ημέρα πραγματοποιήθηκε συλλογή δειγμάτων αίματος, η οποία επαναλήφθηκε 2 ώρες, 12 ώρες, 36 ώρες και 60 ώρες μετά τον αγώνα.

Κατά το διάστημα μετά το πειραματικό παιχνίδι οι παίκτες και των δύο ομάδων συμμετείχαν σε μία προπόνηση ανά ημέρα (η οποία διεξάγονταν από τους ερευνητές) σε μια προσπάθεια προσομοίωσης συνθηκών όπως σε ένα τυπικό πρόγραμμα προπόνησης των παικτών κατά τη διάρκεια μιας κανονικής αγωνιστικής περιόδου.

Η πρώτη προπόνηση (πρώτη μέρα αποκατάστασης) περιείχε μια γενική προθέρμανση (τρέξιμο και διατάσεις), μια ειδική προθέρμανση (παλίνδρομο τρέξιμο, ασκήσεις πασαρίσματος και ντρίμπλας, ασκήσεις κινητικότητας και ασκήσεις συντονισμού), τρέξιμο αντοχής σε μέτρια ένταση και αποθεραπεία. Η συνολική διάρκεια προπόνησης ήταν περίπου 55 λεπτά.

Η δεύτερη προπόνηση (δεύτερη μέρα αποκατάστασης) περιείχε μια γενική προθέρμανση (τρέξιμο και διατάσεις), μια ειδική προθέρμανση (παλίνδρομο τρέξιμο, ασκήσεις πασαρίσματος και ντρίμπλας, ασκήσεις κινητικότητας και ασκήσεις συντονισμού), ασκήσεις δεξιοτήτων (παιχνίδια τακτικής μισού γηπέδου και τακτικές αυτοματισμού) και αποθεραπεία και η συνολική της διάρκεια αυτή τη φορά ήταν περίπου 75 λεπτά. Ο φυσικός φόρτος και ο καρδιακός ρυθμός, που ήταν υπό συνεχή παρακολούθηση κατά τη διάρκεια όλων των προπονήσεων με την τεχνολογία GPS, περιγράφεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά των προπονήσεων

		Πρώτη Προπόνηση	Δεύτερη Προπόνηση
Μέση καρδιακή συχνότητα (Χτύποι/Λεπτό)	ΟΕ	128,6 ± 5,3	144,7 ± 7,1
	ΠΟ	127,4 ± 6,2	142,8 ± 6,4
Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (Χτύποι/Λεπτό)	ΟΕ	181,2 ± 7,3	191,6 ± 8,2
	ΠΟ	178,7 ± 8,5	192,5 ± 7,8
Συνολική απόσταση (Μέτρα)	ΟΕ	3.341,6 ± 41,3	6.484,6 ± 46,3
	ΠΟ	3.289,2 ± 34,8	6.311,8 ± 41,7
Καλυπτόμενη απόσταση σε 0-7,2 km/h	ΟΕ	2.526,4 ± 25,3	3.499,3 ± 35,4
	ΠΟ	2.420,3 ± 23,4	3.486,8 ± 39,6
Καλυπτόμενη απόσταση σε 7,3-14,4 km/h	ΟΕ	561,2 ± 12,7	1.979,7 ± 16,5
	ΠΟ	603,5 ± 15,5	1.818,2 ± 18,8
Καλυπτόμενη απόσταση σε 14,5-19,8 km/h	ΟΕ	158,2 ± 6,8	632,7 ± 14,1
	ΠΟ	183,4 ± 7,6	674,8 ± 17,6
Καλυπτόμενη απόσταση σε 19,9-25,2 km/h	ΟΕ	62,9 ± 5,1	253,3 ± 10,2
	ΠΟ	53,6 ± 4,0	233,5 ± 11,8

Πρόσληψη τροφής

Η πρόσληψη τροφής των συμμετεχόντων αναλύθηκε πριν από την έναρξη της μελέτης ώστε να επαληθευθεί η επαρκής πρόσληψη σιδήρου (πάνω από την συνιστώμενη ημερήσια δόση RDA). Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να διατηρήσουν τις συνηθισμένες διατροφικές τους συνήθειες και να συμπληρώνουν το ημερήσιο διαιτολόγιο τους, το οποίο στη συνέχεια αναλύονταν με την ScienceFit 200A δίαιτα (Science Technologies, Athens, Greece) κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου. Οι συμμετέχοντες έλαβαν λεπτομερείς οδηγίες για το πως να παρακολουθούν και να καταγράφουν την πρόσληψη των τροφών και των ποτών τους. Στοιχεία από την πρόσληψη τροφής των συμμετεχόντων απεικονίζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά της πρόσληψης τροφής των συμμετεχόντων

	Ομάδα	Ελέγχου	Πειραματική	Ομάδα
Ενέργεια (kcal)		3179,4 ± 659,8		3135,9 ± 632,7
Πρωτεΐνες (g)		113,5 ± 22,6		107,6 ± 18,9
	%E	14,3 ± 1,8		13,7 ± 1,5
Λιπαρά (g)		91,6 ± 21,5		94,3 ± 24,4
	%E	25,9 ± 3,8		27,0 ± 4,5
Υδατάνθρακες (g)		475,3 ± 92,6		464,9 ± 85,7
	%E	59,8 ± 5,7		59,3 ± 5,1
		8,2 ± 2,2		8,4 ± 2,6
Σίδηρος (mg)				

%E: Ποσοστό της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης.

6.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

6.3.1. Συλλογή και Ανάλυση Αίματος

Ελήφθησαν δείγματα αίματος (7:00-8:00 π.μ.) από τους συμμετέχοντες μετά από ολονύκτια νηστεία (Chatzinikolaou 2014). Το αίμα (3 mL) συλλέχτηκε σε σωλήνες με SST-Gel και Clot Activator, αφέθηκε να πήξει σε θερμοκρασία δωματίου για 20 λεπτά και έπειτα φυγοκεντρήθηκε (1,370g, 4°C, 10 λεπτά ώστε να διαχωριστεί ο ορός για την εκτίμηση της κατάστασης σιδήρου). Πλάσμα και δείγματα ορού μεταφέρθηκαν σε πολλαπλά σωληνάκια Eppendorf και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν στους -80°C μέχρι την ημέρα της ανάλυσης τους. Τα δείγματα αποψύχθηκαν μόνο μία φορά πριν αναλυθούν.

6.3.2. Εκτίμηση σιδήρου

Για την μέτρηση του σιδήρου χρησιμοποιήθηκε ο Αναλυτής Κλινικής Χημείας Z1145 (Ζαφειρόπουλος Diagnostica, Αθήνα, Ελλάδα) και χρησιμοποιήθηκαν αντιδραστήρια που περιέχονται σε εμπορικά διαθέσιμα κιτ (Ζαφειρόπουλος, Αθήνα, Ελλάδα). Κάθε δείγμα αναλύθηκε δύο φορές.

6.3.3. Εκτίμηση ολικής σιδηροδεσμευτικής ικανότητας (TIBC)

Για την μέτρηση της ολικής σιδηροδεσμευτικής ικανότητας (TIBC) χρησιμοποιήθηκε ο Αναλυτής Κλινικής Χημείας Z1145 (Ζαφειρόπουλος Diagnostica, Αθήνα, Ελλάδα) και χρησιμοποιήθηκαν αντιδραστήρια που περιέχονται σε εμπορικά διαθέσιμα κιτ (Ζαφειρόπουλος, Αθήνα, Ελλάδα). Κάθε δείγμα αναλύθηκε δύο φορές.

6.3.4. Προσδιορισμός κορεσμού Τρανσφερίνης (TS)

Ο κορεσμός της Τρανσφερίνης (TS) υπολογίστηκε από την συγκέντρωση σιδήρου και την ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα (TIBC) (Tsalis, 2004) σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$TS = \frac{\text{Συγκέντρωση Σιδήρου}}{\text{Ολική Σιδηροδεσμευτική Ικανότητα}} \times 100$$

6.3.5. Προσδιορισμός Φερριτίνης

Για τον προσδιορισμό της φερριτίνης του ορού, χρησιμοποιήθηκε μια ανοσοενζυμομετρική μέθοδος τύπου sandwich ELISA (Accubind, Monobind Inc., USA®). Κάθε δείγμα αναλύθηκε δύο φορές.

6.3.6 Στατιστική Ανάλυση

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι \pm τυπική απόκλιση. Η κατανομή όλων των εξαρτημένων μεταβλητών εξετάστηκε με το Kolmogorov – Smirnov test. Εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) δύο παραγόντων (2 x 5, ομάδα x χρόνος) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο, για να εξεταστούν τυχόν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (πειραματικής – ελέγχου) στην κατάσταση σιδήρου στις διάφορες

χρονικές στιγμές μέτρησης (πριν το αγώνα, 2 h, 12 h, 36 h και 60 h μετά τον αγώνα), καθώς και τυχόν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δύο παραγόντων. Για τις μεταβλητές στις οποίες προέκυψε σημαντική αλληλεπίδραση, εφαρμόστηκαν ζευγαρωτές πολλαπλές συγκρίσεις μέσω του Sidak test, και για τις μεταβλητές στις οποίες προέκυψε κύρια επίδραση του παράγοντα χρόνου εφαρμόστηκαν post hoc αναλύσεις μέσω του Bonferroni test. Όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (version, 15, Chicago, IL, USA). Ως βαθμός σημαντικότητας ορίστηκε το $P < 0.05$

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

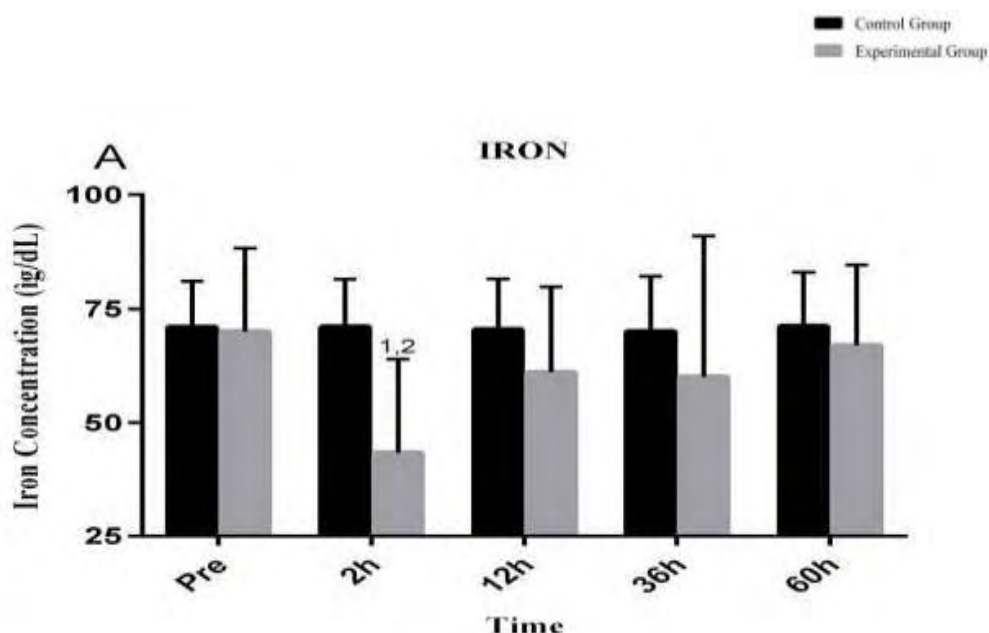
Δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά στην Ηλικία, στο χρόνο συμμετοχής των παικτών σε αγωνιστικό επίπεδο, στη σωματική μάζα (kg), στο ύψος, στο ΔΜΣ (kg/m^2), στο σωματικό λίπος, στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, καθώς και στη μέγιστη καρδιακή συχνότητα (Πίνακας 4).

Η διαιτητική ανάλυση αποκάλυψε ότι οι ομάδες κατανάλωναν συγκρίσιμες ποσότητες σιδήρου (mg) και ότι όλοι οι συμμετέχοντες ξεπερνούσαν καθημερινά τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη σιδήρου (8 mg) (Πίνακας 6).

Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων σχετικά με το προφίλ της φυσικής τους δραστηριότητας κατά τη διάρκεια των προπονητικών συνεδριών (Πίνακας 5).

7.1 Συγκέντρωση Σιδήρου

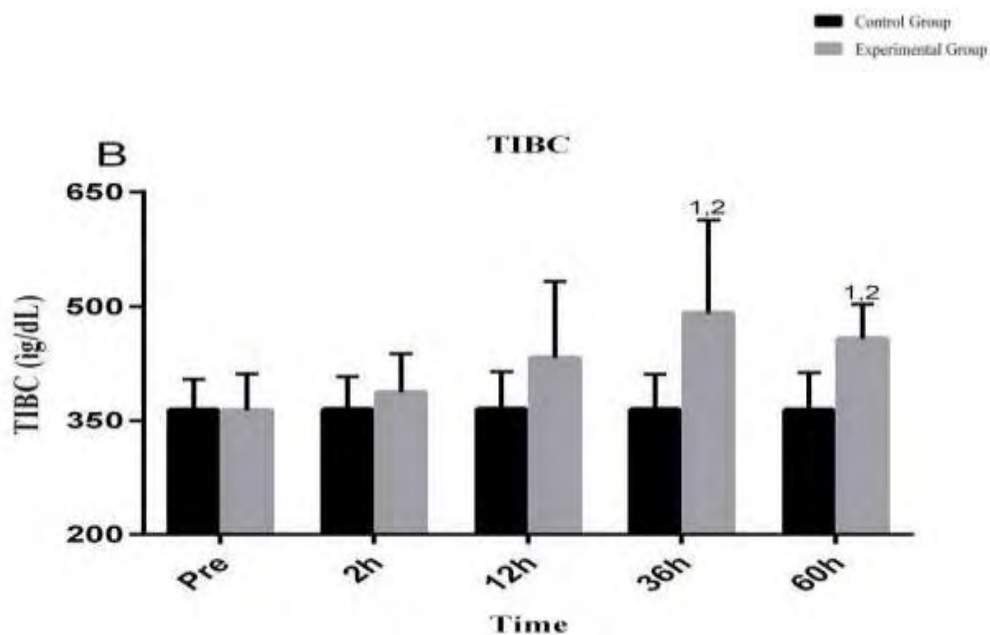
Στην πειραματική ομάδα, η συγκέντρωση του σιδήρου ($\mu\text{g}/\text{dL}$) (Γράφημα 1) μειώθηκε (κατά 38%, $P = 0.02$) μόνο στις 2 ώρες μετά τον αγώνα (κατά το διάστημα της αποκατάστασης) και εν συνεχεία επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Ενώ στην ομάδα ελέγχου η συγκέντρωση του σιδήρου παρέμεινε αμετάβλητη.



Γράφημα 1. Απόκριση της συγκέντρωσης σιδήρου μετά από ένα αγώνα ποδοσφαίρου. ¹Σημαντική διαφορά σε σχέση με τα πριν τον αγώνα επίπεδα. ²Σημαντική διαφορά μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

7.2 Ολική Σιδηροδεσμευτική Ικανότητα (TIBC)

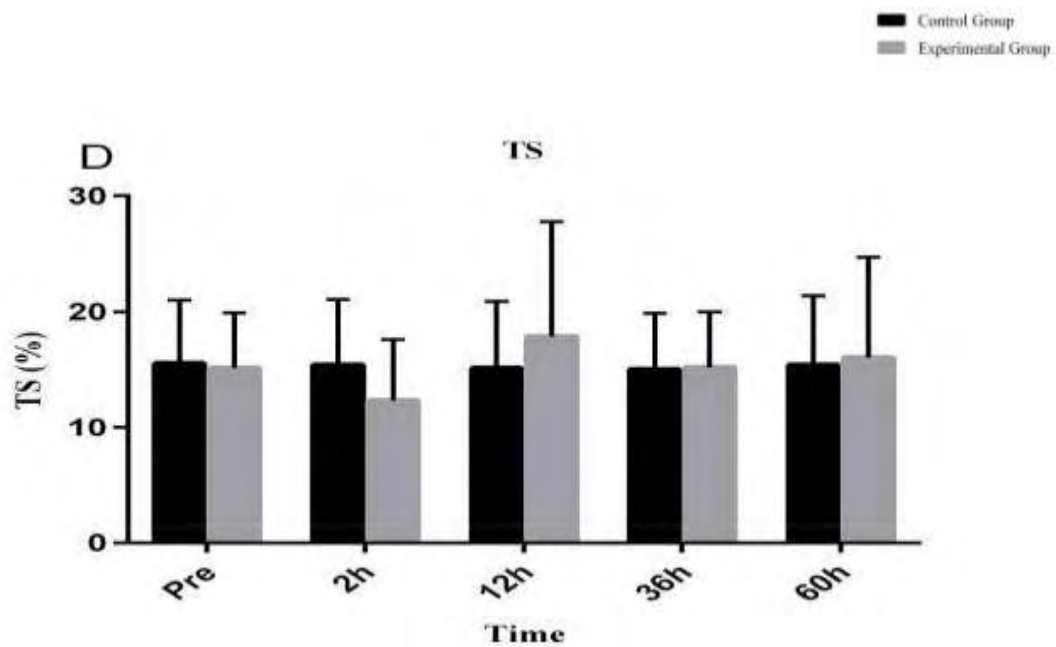
Στην πειραματική ομάδα, η TIBC (μg/dL) (Γράφημα 2) αυξήθηκε και παρέμεινε αυξημένη στις 12 ώρες (18%, $P = 0.03$), στις 36 ώρες (35%, $P = 0.002$) και στις 60 ώρες (26%, $P = 0.000$) μετά τον αγώνα. Στην ομάδα ελέγχου Η TIBC παρέμεινε αμετάβλητη.



Γράφημα 2. Απόκριση της ολικής σιδηροδεσμευτικής ικανότητας (TIBC) μετά από ένα αγώνα ποδοσφαίρου. ¹Σημαντική διαφορά σε σχέση με τα πριν τον αγώνα επίπεδα. ²Σημαντική διαφορά μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

7.3 Κορεσμός Τρανσφερίνης (TS)

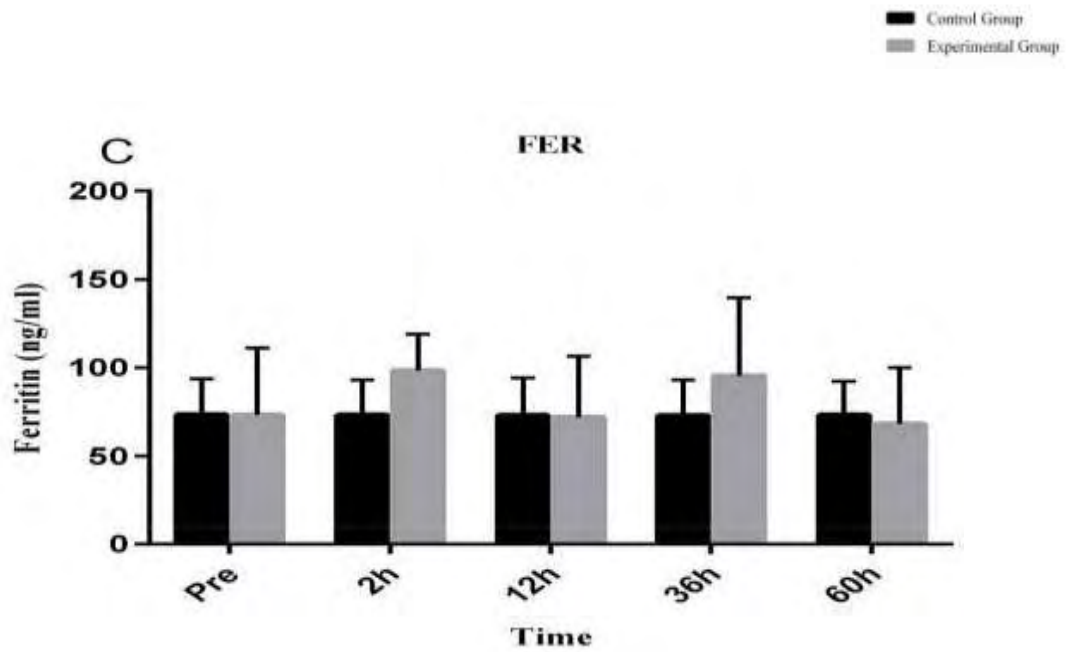
Ο κορεσμός της Τρανσφερίνης (%) παρέμεινε αμετάβλητος, τόσο στην ομάδα ελέγχου, όσο και στην πειραματική ομάδα (Γράφημα 3).



Γράφημα 3. Απόκριση του κορεσμού της τρανσφερίνης (TS) μετά από ένα αγώνα ποδοσφαίρου.

7.4 Φερριτίνη

Η Ferr (μg/mL) παρέμεινε αμετάβλητη στην ομάδα ελέγχου και στην πειραματική ομάδα (Γράφημα 4).



Γράφημα 4. Απόκριση της φερριτίνης (Ferr) μετά από ένα αγώνα ποδοσφαίρου.

8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προέκυψε ότι κάποιοι από τους δείκτες με τους οποίους αξιολογούμε την κατάσταση σιδήρου, επηρεάζονται ελάχιστα κατά τη διάρκεια της 60ωρης περιόδου ανάρρωσης που έπεται ενός ποδοσφαιρικού αγώνα. Το γεγονός αυτό, υποδεικνύεται από την προσωρινή μείωση των επιπέδων του σιδήρου στον ορό του αίματος μετά τον αγώνα, τα οποία επανέρχονται στα επίπεδα ηρεμίας μετά από λίγες μόλις ώρες. Από όσο γνωρίζουμε, η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που εξετάζει τις επιπτώσεις ενός μόνο ποδοσφαιρικού αγώνα (ο οποίος διεξήχθη στον τέλος της αγωνιστικής περιόδου) σε δείκτες που αξιολογούν την κατάσταση σιδήρου.

Γενικά οι ποδοσφαιριστές, κατά την διάρκεια ενός αγώνα καλύπτουν αποστάσεις 10 έως 12 χιλιομέτρων, ενώ συχνά οι προπονήσεις τους κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου περιλαμβάνουν τρέξιμο αποστάσεων που ξεπερνά τα 6 χιλιόμετρα (Mohr 2005). Επομένως, η καρδιαγγειακή αντοχή φαίνεται να έχει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση των ποδοσφαιριστών. Πράγματι, παίκτες με μεγαλύτερη αερόβια αντοχή διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις, διατηρούν μεγαλύτερη ένταση και έχουν αυξημένο αριθμό σπριντ κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ποδοσφαίρου (Helgerud 2001). Αν και οι συμμετέχοντες της παρούσας μελέτης δεν ήταν ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου, η καρδιαγγειακή τους κατάσταση ήταν παρόμοια με αυτή ελίτ ποδοσφαιριστών, καθώς η μέση μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου τους (VO_{2max}) άγγιξε τα $60 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}$.

Η αερόβια αντοχή επηρεάζεται σημαντικά, από την ικανότητα των ερυθροκυττάρων να μεταφέρουν οξυγόνο στους σκελετικούς μυς, την ικανότητα της αιμοσφαιρίνης και της μυοσφαιρίνης να δεσμεύουν οξυγόνο, καθώς και από την αποτελεσματικότητα της μιτοχονδριακής αναπνευστικής αλυσίδας στη μεταφορά ηλεκτρονίων κατά την παραγωγή του ATP στους σκελετικούς μυς (Williams 2005). Οι επαρκείς αποθήκες, καθώς και η διαθεσιμότητα του σιδήρου, είναι παράγοντες ζωτικής σημασίας για την επαρκή παραγωγή της αιμοσφαιρίνης, την μεγιστοποίηση της ικανότητας πρόσληψης οξυγόνου και κατά συνέπεια της αποδοτικότητας των ποδοσφαιριστών (Schumacher 2002) οι οποίοι υποβάλλονται σε διαδοχικούς προπονητικούς μικρόκυκλους με έναν ή δύο αγώνες, έντονες καθημερινές προπονήσεις, και αγώνες καθ' όλη τη διάρκεια μιας παρατεταμένης αγωνιστικής περιόδου και μόνο σύντομες περιόδους ανάκαμψης. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η αύξηση του προπονητικού όγκου μπορεί να επηρεάζει αρνητικά την κατάσταση σιδήρου (Candau 1992) και οι τιμές των επιπέδων σιδήρου και κορεσμού της τρανσφερίνης επιδεικνύουν διαφορετικές αποκρίσεις κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ποδοσφαιρικής περιόδου, ανάλογα με το προπονητικό φορτίο και το επίπεδο κόπωσης (Banister 1985). Ως εκ τούτου, οι ποδοσφαιριστές ίσως να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης συμπτωμάτων εξάντλησης του σιδήρου εξαιτίας

των μηχανισμών που σχετίζονται με το έντονο τρέξιμο, όπως η αιμόλυση, η απώλεια σιδήρου μέσω της εφίδρωσης, η γαστρεντερική αιμορραγία, οι μικροτραυματισμοί των μυών κλπ (Balaban 1992). Η εξάντληση του σιδήρου δύναται να προκαλέσει ελάττωση της αγωνιστικής απόδοσης, ανεπάρκεια σιδήρου και ίσως αναιμία (Fallon 1999). Επιπλέον, έχει αναφερθεί πως στο τέλος της αγωνιστικής περιόδου, το 27% των αθλητών εμφανίζουν απόλυτη ανεπάρκεια σιδήρου, ενώ το 70% των αθλητών παρουσιάζουν λειτουργική ανεπάρκεια σιδήρου ως αποτέλεσμα του αυξημένου όγκου προπόνησης και αγώνων κατά τη διάρκεια του χρόνου (Reinke 2012).

Το έντονο τρέξιμο με πολλαπλές επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις και οι απότομοι ελιγμοί μαρκαρίσματος (τάκλιν) αποτελούν στοιχεία που ενσωματώνουν την έκκεντρη μυϊκή συστολή, η οποία προκαλεί ασηπτικό μικροτραυματισμό των μυϊκών ινών (Michailidis 2013) και σχετίζεται με την αιμόλυση που προκαλείται από τα συνεχόμενα χτυπήματα των πελμάτων στο έδαφος που προδιαθέτουν τους αθλητές σε εξάντληση του σιδήρου τους. Επίσης το παρατεταμένο έντονο τρέξιμο μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλά επίπεδα σιδήρου και αυξημένες τιμές φερριτίνης, αποκρίσεις που συσχετίστηκαν με μυϊκό τραυματισμό και φλεγμονή (Klarcinska 2013).

Αν και τα επίπεδα σιδήρου των συμμετεχόντων στην παρούσα έρευνα ήταν μέσα στα φυσιολογικά όρια, οι τιμές του σιδήρου τους ήταν ελαφρώς πάνω από τις χαμηλότερες φυσιολογικές τιμές αναφοράς. Τα επίπεδα των δεικτών της κατάστασης σιδήρου που εκτιμήθηκαν, υποδηλώνουν ότι οι αθλητές μας δεν εμφάνιζαν αναιμία. Ωστόσο, οι τιμές του TS τους βρέθηκαν και παρέμειναν κάτω από το φυσιολογικό εύρος τιμών κατά τις αρχικές μετρήσεις ηρεμίας, κατατάσσοντας τους έτσι σε άτομα με λειτουργική ανεπάρκεια σιδήρου αφού η φερριτίνη ορού ήταν μεταξύ 30-99 $\mu\text{g/L}$ και ο TS κάτω από 20% (Reinke 2012). Αυτό όμως δεν αποτελεί έκπληξη, δεδομένου ότι η παρούσα έρευνα διεξήχθη μόλις μία εβδομάδα μετά την ολοκλήρωση της ετήσιας αγωνιστικής σεζόν των συμμετεχόντων αθλητών, η οποία περιλάμβανε περισσότερους από 45 αγώνες κατά τη διάρκεια ενός δεκάμηνου μακρόκυκλου αγώνων και προπονήσεων (Hesterberg 2013).

Έχει βρεθεί ότι στο τέλος μιας αγωνιστικής σεζόν, το 27% των αθλητών επιδεικνύουν απόλυτη ανεπάρκεια σιδήρου, ενώ το 70% εξ αυτών παρουσιάζουν λειτουργική ανεπάρκεια σιδήρου (Reinke 2012), ως αποτέλεσμα του εκτεταμένου αριθμού παιχνιδιών και προπονητικών συνεδριών που υφίστανται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Reinke 2012, Hesterberg 2013). Παρόλα αυτά, στην παρούσα μελέτη, τα επίπεδα σιδήρου στο πλάσμα του αίματος των αθλητών, μειώθηκαν μόλις 2 ώρες μετά τον αγώνα και εν συνεχεία επανήλθαν στα αρχικά τους επίπεδα. Η μείωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στους μικροτραυματισμούς των μυϊκών ινών ως

αποτέλεσμα των επανειλημμένων επαφών των ποδιών με το έδαφος. Επιπλέον, η υπερβολική εφίδρωση πιθανόν να ευθύνεται μερικώς για αυτή τη σύντομη πτώση των επιπέδων σιδήρου (Dunn 2007). Οι συμμετέχοντες στη μελέτη μας ήταν υγιείς, χωρίς ιστορικό αυξημένης ευαισθησίας σε γαστρικές αλλοιώσεις, μειωμένη γαστρεντερική απορρόφηση ή γαστρική αιμορραγία, τα οποία θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε απώλεια σιδήρου (Otte 2001). Η διατροφή επίσης δεν θα μπορούσε να επηρεάσει την παρατηρούμενη απόκριση της κατάσταση του σιδήρου, αφού η μέση ημερήσια ενεργειακή τους πρόσληψη ήταν συγκρίσιμη (> 3000 kcal) με εκείνες ελίτ ποδοσφαιριστών (Bangsbo 1992) και ήταν αρκετά πάνω από το ενεργειακό κόστος του αγώνα ή των προπονήσεων που επακολούθησαν (1500 kcal) (FIFA/F-MARC Consensus Statement, 2006), ενώ η ημερήσια πρόσληψη σιδήρου ήταν μεγαλύτερη από την ημερήσια συνιστώμενη δόση (Noda 2009).

Παρά το γεγονός ότι στο 50% των αθλητριών του ποδοσφαίρου κινδυνεύουν να οδηγηθούν σε εξάντληση των αποθεμάτων σιδήρου τους αμέσως μετά από μια ποδοσφαιρική προπόνηση (Tan 2012), τα αποτελέσματά μας έδειξαν, ότι η κατάσταση του σιδήρου σε άνδρες ποδοσφαιριστές με λειτουργική ανεπάρκεια του σιδήρου, επηρεάζεται ελάχιστα μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου και/η μετά από τις καθημερινές προπονήσεις. Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με εκείνα των Nikolaidis και συν (2003), κατά την οποία η παρατεταμένη άσκηση ποδηλασίας απέτυχε να μεταβάλλει τη συγκέντρωση της Ferr κατά το πρώτο 24ωρο μετά την άσκηση, ενώ πέντε διαδοχικές συνεδρίες τρεξίματος, οδήγησαν σε αύξηση της συγκέντρωσης σιδήρου και της Ferr (Peeling 2014).

Η TIBC παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα 12-60 ώρες κατά την περίοδο αποκατάστασης. Σύμφωνα με τον Tietz (1995), οι τιμές αναφοράς της TIBC κυμαίνονται μεταξύ 250-425 μg/dL και θεωρείται ότι είναι πιο σταθερός δείκτης της κατάστασης σιδήρου σε σύγκριση με τη συγκέντρωση του σιδήρου, παρουσιάζοντας μια ημερήσια διακύμανση της τάξης του 8% με 12% και διακύμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας <5%. Όμως η προσωρινή μείωση του σιδήρου του ορού μπορεί να προκαλεί μια αύξηση των επιπέδων του TIBC καθώς περισσότερες ελεύθερες θέσεις δέσμησης στην Τρανσφερίνη καθίστανται διαθέσιμες για το σίδηρο (Beard 2004). Επιπρόσθετα σε περιόδους μειωμένης διαθεσιμότητας σιδήρου και χαμηλού TS (15-20%), η TIBC μπορεί να αυξηθεί (Finch 1984).

Πιθανός περιορισμός της μελέτης αποτελεί το γεγονός ότι μία εβδομάδα πριν τον αγώνα, οι συμμετέχοντες απείχαν από την τυπική εντός-περιόδου προπόνηση παρά το γεγονός ότι συμμετείχαν στην καθημερινή προπόνηση αποκατάστασης. Όμως, η κατάσταση σιδήρου πιθανόν να μην παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις μέσα σε λίγες μόνο ημέρες καθώς τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι η κατάσταση σιδήρου επανέρχεται στα φυσιολογικά επίπεδα μόλις

λίγες ώρες μετά από έναν αγώνα παρά την καθημερινή προπόνηση. Η συμμετοχή ημι-επαγγελματιών ποδοσφαιριστών που είναι συνηθισμένοι σε λιγότερο απαιτητικές εντάσεις προπόνησης και αγωνιστικών προγραμμάτων συγκριτικά με επαγγελματίες παίκτες, αποτελεί έναν ακόμη πιθανό περιορισμό της μελέτης.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας έδειξαν πως στην κατάσταση του σιδήρου παρατηρείται μια μικρής διάρκειας πτώση μετά από ένα ποδοσφαιρικό αγώνα η οποία όμως επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα μερικές μόνο ώρες μετά το παιχνίδι. Η Ferr και ο TS δεν επηρεάζονται καθόλου από ένα παιχνίδι ποδοσφαίρου. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν ότι η χορήγηση συμπληρωμάτων διατροφής σιδήρου σε ποδοσφαιριστές που καλύπτουν τη συνιστώμενη ημερήσια δόση σιδήρου μέσω της τροφής τους πιθανώς να μην είναι απαραίτητη. Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να εστιάσουν στις οξείες επιδράσεις ενός ποδοσφαιρικού αγώνα και σε άλλες κατηγορίες αθλητών (π.χ. επαγγελματιών ποδοσφαιριστών ή και αθλητών μικρότερης ηλικίας), καθώς επίσης και σε αθλητές με μη φυσιολογική κατάσταση σιδήρου, προκειμένου να διαπιστωθούν οι πιθανές μεταβολές στην κατάσταση σιδήρου και σε αυτές τις κατηγορίες αθλητών. Επίσης, θα πρέπει να ερευνηθεί η πιθανή επίδραση του φύλου στην απόκριση της κατάστασης σιδήρου μετά από ένα ποδοσφαιρικό αγώνα.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Auersperger I, Škof B, Leskošek B, Knap B, Jerin A, Lainscak M. Exercise-Induced Changes in Iron Status and Hepcidin Response in Female Runners. Faculty of Sport, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia. [2013, 8(3):e58090].
2. Balaban, E.P. (1992). Sports anemia. *Clinics in Sports Medicine*, 11, 313–325.
3. Banfi, G., & Del Fabbro, M. (2007). Behaviour of reticulocyte counts and immature reticulocyte fraction during a competitive season in elite athletes of four different sports. *Int J Lab Hematol*, 29, 127-31.
4. Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *Int J Sports Med*, 13, 152-7.
5. Banister, E. W., & Hamilton, C. L. (1985). Variations in iron status with fatigue modeled from training in female distance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54, 16–23.
6. Beard, J, L. (2001). Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. *J Nutr*, 131, 2S-2.
7. Beard, J. (2004). Indicators of the iron status of populations: free erythrocyte protoporphyrin and zinc protoporphyrin; serum and plasma iron, total iron binding capacity and transferrin saturation; and serum transferrin receptor. In WHO (Eds.) *Assessing the iron status of populations*. Second 448 edition. Geneva, Switzerland: WHO
8. Biemond, P., van Eijk, H. G., Swaak, A. J., & Koster, J. F. (1984). Iron mobilization from ferritin by superoxide derived from stimulated polymorphonuclear leukocytes. Possible mechanism in inflammation diseases. *J Clin Invest*, 73, 1576-1579.
9. Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization. Theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
10. Borel MJ, Smith SM, Derr J, Beard JL. Day-to-Day Variation in Iron-Status Indexes in Healthy-Men and Women. *American Journal of Clinical Nutrition* 1991; 54(4): 729-735.
11. Brigham DE, Beard J, Krimmel R, Kenney W. Changes in iron status during competitive season in female collegiate swimmers. *Nutrition* 1993; 9(5): 418-422.
12. Candau, R., Busso, T., & Lacour, J. R. (1992). Effects of training on iron status in cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 64, 497–502.
13. Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., Avloniti, A., Karipidis, A., Jamurtas, A. Z., Skevaki, C. L., ... Fatouros, I. (2014). The microcycle of inflammation and performance changes after a basketball match. *J Sports Sci*, 32, 870-82.

14. Crichton RR, Ward RJ. An overview of iron metabolism: molecular and cellular criteria for the selection of iron chelators. *Curr Med Chem* 2003; 10(12): 997-1004.
15. DeRuisseau KC, Cheuvront SN, Haymes EM, Sharp RG. Sweat Iron and Zinc Losses During Prolonged Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2002; 12: 428-437.
16. Dunn, L. L., Rahmanto, Y. S., & Richardson, D. R. (2007). Iron uptake and metabolism in the new millennium. *Trends Cell Biol*, 17, 93–100.
17. Elin RJ, Wolff SM, Finch CA. Effect of Induced Fever on Serum Iron and Ferritin Concentrations in Man. *Blood* 1977; 49(1): 147-153.
18. Escanero JF, Villanueva J, Rojo A, Herrera A, del Diego C, Guerra M. Iron stores in professional athletes throughout the sports season. *Physiol Behav.* 1997 Oct;62(4):811-4.
19. Fallon, K. E., Sivyer, G., Sivyer, K., & Dare, A. (1999) Changes in haematological parameters and iron metabolism associated with a 1600 kilometre ultramarathon. *Br J Sports Med*, 33, 27–31.
20. Fatouros, G. I., Chatzinikolaou, A., Douroudos, I., Nikolaidis, G. M., Kyparos, A., Margonis, K., ... Jamurtas, Z. A. (2010). Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *J Strength Cond Res*, 24, 3278-3286.
21. Finch, C. A. & Cook, J. D. (1984). Iron deficiency. *Am J Clin Nutr*, 39, 471-7.
22. Gropper SS, Blessing D, Dcinham K, Barksdale JM. Iron status of female collegiate athletes involved in different sports. *Biological Trace Element Research* 2006; 109(1): 1-13.
23. Hallberg L, Hulthen L. High serum ferritin is not identical to high iron stores. *American Journal of Clinical Nutrition* 2003; 78(6): 1225-1226.
24. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 1925-31.
25. Hesterberg, M. F., Fahrenkrug, J., Krstrup, P., Storskov, A., Kjær, M., & Andersen, J. L. (2013). Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 27, 1260–1271.
26. Hulthen L, Lindstedt G, Lundberg PA, Hallberg L. Effect of a mild infection on serum ferritin concentration - clinical and epidemiological implications. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52(5): 376-379.
27. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Food, and Nutrition Board. National Academy: Press; 2001
28. Klapcinska, B., Waskiewicz, Z., Chrapusta, S. J, Sadowska-Krepa, E., Czuba, M., & Lanqfort, J. (2013). Metabolic responses to a 48-h ultra-marathon run in middle-aged male amateur runners. *Eur J Appl Physiol*, 113, 2781-93.

29. Koehler, K., Braun, H., Achtzehn, S., Hildebrand, S., Predel, H. 496 G., Mester, J., & Schnzer, W. (2012). Iron status in elite young athletes: gender-dependent influences of diet and exercise. *Eur J Appl Physiol*, 112, 513-523.
30. Lynch S. Indicators of the iron status of populations: red blood cell parameters. In WHO (Ed.) *Assessing the Iron Status of populations*. Second edition. Geneva, Switzerland: WHO; 2004
31. Malczewska J, Raczynski G, Stupnicki R. Iron status in female endurance athletes and in non-athletes. *International Journal of Sport Nutrition* 2000; 10(3): 260-276.
32. Malczewska J, Raczynski G. Iron status in male endurance athletes and in non-athletes. *Biology of Sport* 1997; 14(4): 259-273.
33. Malczewska J. The Assessment of Frequency of Iron Deficiency in Athletes from the Transferrin Receptor-Ferritin Index. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 2001; 11: 42-52.
34. Mattioli, A. V., Bonatti, S., Melotti, R., & Mattioli, G. (2008). Atrial stunning, inflammation and nutritional status after cardioversion from atrial fibrillation. *Int J Cardiol*, 129, 344–7 13.
35. Michailidis, Y., Karagounis, L. G., Terzis, G., Jamurtas, A. Z., Spengos, K., Tsoukas, D., ... Fatouros, I.G. (2013). Thiol-based antioxidant supplementation alters human skeletal muscle signaling and attenuates its inflammatory response and recovery after intense eccentric exercise. *Am J Clin Nutr*, 98(1), 233-45.
36. Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*, 23, 593-599.
37. Nachtigall D, Nielsen P, Fischer R, Engelhardt R, Gabbe EE. Iron deficiency in distance runners. A reinvestigation using Fe-labelling and non-invasive liver iron quantification. *Int J Sports Med* 1996; 17(7): 473-479.
38. Nickerson HJ, Holubets MC, Weiler BR, Haas RG, Schwartz S, Ellefson ME. Causes of Iron-Deficiency in Adolescent Athletes. *Journal of Pediatrics* 1989; 114(4): 657-663.
39. Nielsen P, Nachtigall D. Iron supplementation in athletes. Current recommendations. *Sports Med* 1998; 26(4): 207-216.
40. Nikolaidis, M. G., Michailidis, Y., & Mougios, V. (2003). Variation of soluble transferrin receptor and ferritin concentrations in human serum during recovery from exercise. *Eur J Appl Physiol*, 89, 500-502.
41. Noda, Y., Iide, K., Masuda, R., Kishida, R., Nagata, A., Hirakawa, F., ... Imamura H. (2009). Nutrient intake and blood iron status of male collegiate soccer players. *Asia Pac J Clin Nutr*, 18, 344-350.
42. Nutrition for football. (2006). The FIFA/F-MARC Consensus Conference. *J Sports Sci*, 24, 663 – 664.

43. Otte, J. A., Oostveen, E., Geelkerken, R. H., Groeneveld, A. B., 521 & Kolkman, J. J. (2001). Exercise induces gastric ischemia in healthy volunteers: a tonometry study. *J Appl Physiol*, 91, 866–71.
44. Peeling P, Sim M, Badenhorst CE, Dawson B, Govus AD, Abbiss CR, Swinkels DW, Trinder D. Iron status and the acute post-exercise hepcidin response in athletes. School of Sport Science, Exercise and Health, The University of Western Australia, Crawley, Western Australia, Australia. [2014, 9(3):e93002]
45. Reinke S, Taylor WR, Duda GN, von Haehling S, Reinke P, Volk HD, Anker SD, Doehner W. Absolute and functional iron deficiency in professional athletes during training and recovery. *Int J Cardiol* 2012; 156(2): 186-191.
46. Rogers G, Goodman C, Mitchell D, Hattingh J. The Response of Runners to Arduous Triathlon Competition. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1986; 55(4): 405-409.
47. Rowland TW, Black SA, Kelleher JF. Iron-Deficiency in Adolescent Endurance Athletes. *Journal of Adolescent Health* 1987; 8(4): 322-326.
48. Schumacher YO, Schmid A, Konig D, Berg A. Effects of exercise on soluble transferrin receptor and other variables of the iron status. *British Journal of Sports Medicine* 2002; 36(3): 195-199.
49. Schumacher YO, Schmid A, Grathwohl D, Bultermann D, Berg A. Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002; 34(5): 869-875.
50. Spodaryk K. Hematological and Iron-Related Parameters of Male Endurance and Strength Trained Athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1993; 67(1): 66-70.
51. Tan, D., Dawson, B., & Peeling, P. (2012). Hemolytic effects 546 of a football-specific training session in elite female players. *Int J Sports Physiol Perform*, 7, 271-6.
52. Tietz NW. *Clinical Guide to Laboratory Tests*: Elsevier; 1995.
53. Tsalis, G, Nikolaidis, M. D., & Mougios, V. (2004). Effects of iron intake through food or supplement on iron status and performance of healthy adolescent swimmers during a training season. *Int J Sports Med*, 25, 306-313.
54. Villanueva, J., Soria, M., Gonzalez-Haro, C., Ezquerro, L., Nieto, J. L., & Escanero, J. F. (2011). Oral iron treatment has a positive effect on iron metabolism in elite soccer players. *Biol Trace Elem Res*, 142, 398-406.
55. Williams, M. H. (2005). Dietary supplements and sports performance: minerals. *J Int Soc Sports Nutr*, 2, 43–9.
56. Zoller H, Vogel W. Iron supplementation in athletes - First do no harm. *Nutrition* 2004; 20(7-8): 615-619. doi: DOI 10.1016/j.nut.2004.04.006