

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ ΣΙΔΗΡΟΥ
ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ
ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ
ΕΦΗΒΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΩΝ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ Α. ΤΣΑΛΗ

Καθηγητή Φυσικής Αγωγής

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2003

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ ΣΙΔΗΡΟΥ
ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ
ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ
ΕΦΗΒΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΩΝ**

του

Γεωργίου Α. Τσαλή

Καθηγητή Φυσικής Αγωγής

Διδακτορική διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα
για τη μερική ολοκλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του διδακτορικού τίτλου
του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Εγκεκριμένο από την επταμελή εξεταστική επιτροπή:

Μούγιος Βασίλης, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

.....

Φαχαντίδου Άννα, Καθηγήτρια, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

.....

Μυλωνάς Αργύρης, Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

.....

Κέλλης Σπυρίδων, Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

.....

Αμπατζίδης Γεώργιος, Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

.....

Γρούιος Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

.....

Αλεξίου Σεραφείμ, Λέκτορας, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

.....

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2003

© 2003

Γεώργιος Α. Τσαλής

ALL RIGHTS RESERVED

Στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις πιο θερμές ευχαριστίες και την εκτίμησή μου προς τον επιβλέποντα Αναπληρωτή Καθηγητή Βιοχημείας της Άσκησης του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κ. Βασίλη Μούγιο για την ακούραστη επιστημονική καθοδήγηση, παρότρυνση και ειλικρινή συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Επιθυμώ επίσης να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς τα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής για τη συμπαράσταση και τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας: Την κ. Άννα Φαχαντίδου, Καθηγήτρια Υγιεινής Αθλουμένων του Τ.Ε.Φ.Α.Α. Α.Π.Θ., για τις συμβουλές της κυρίως σε θέματα υγείας των εφήβων και ιδιαιτεροτήτων των κοριτσιών, και τον κ. Αργύρη Μυλωνά, Καθηγητή Ανατομικής του Τ.Ε.Φ.Α.Α. Α.Π.Θ., για τις εύστοχες παρατηρήσεις και λύσεις που παρείχε σε διάφορα θέματα που προέκυπταν και άπτονταν της ειδικότητάς του.

Θα ήθελα ακόμη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους όσους βοήθησαν με οποιοδήποτε τρόπο στην πραγματοποίηση αυτής της διατριβής και ιδιαίτερα:

- Τους συναδέλφους στο εργαστήριο της Βιοχημείας της Άσκησης για την ηθική και ψυχική υποστήριξη, χάρις στο θαυμάσιο και υψηλού επιστημονικού επιπέδου κλίμα που επικρατεί: Την Ανατολή Πετρίδου, τον Αντώνη Ματσακά και το Μιχάλη Νικολαΐδη, για την βοήθειά τους στην έρευνα της βιβλιογραφίας, και την Αναστασία Μελισσοπούλου για την βοήθειά της σε θέματα διατροφής.

- Τη σύζυγό μου Στέλλα Μίχου και τις κόρες μου Δήμητρα και Έλενα για την κατανόηση και την ηθική συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΑΛΗΣ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ ΣΙΔΗΡΟΥ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ ΕΦΗΒΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΛΥΜΒΗΤΡΙΩΝ

(Υπό την επίβλεψη του Δρ. Βασίλη Μούγιου)

Η διατήρηση των αιματολογικών και βιοχημικών παραμέτρων της κατάστασης σιδήρου μέσα στα φυσιολογικά όρια είναι σημαντικός παράγοντας για την κολυμβητική απόδοση στην προπόνηση και στον αγώνα. Για το λόγο αυτό, γονείς και προπονητές συχνά ανησυχούν βλέποντας χαμηλές τιμές αυτών των παραμέτρων στη διάρκεια της προπονητικής περιόδου και καταφεύγουν στη χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξεταστεί (α) αν η κατάσταση σιδήρου υγιών εφήβων κολυμβητών/-τριών αλλάζει κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής περιόδου έξι μηνών και (β) αν η αύξηση της ημερήσιας πρόσληψης σιδήρου επηρεάζει την κατάσταση σιδήρου ή την απόδοσή τους. Σαράντα δύο (21 αγόρια και 21 κορίτσια) κολυμβητές ηλικίας 12-17 ετών χωρίς αναιμία ή σιδηροπενία χωρίστηκαν σε τρεις ισάριθμες και ισότιμες ομάδες από άποψη αιμοσφαιρίνης, φεριτίνης και επίδοσης. Η ομάδα Α λάμβανε συμπλήρωμα 47 mg σιδήρου την ημέρα, η ομάδα Β ακολουθούσε διαιτολόγιο με τροφές πλούσιες σε σίδηρο (που παρείχε 26 mg την ημέρα) και η ομάδα Γ είχε τη συνηθισμένη διατροφή της. Οι συμμετέχοντες έδωσαν δείγμα αίματος στην αρχή της μελέτης και στο τέλος κάθε μιας από τις τρεις προπονητικές φάσεις της περιόδου (μέτρια προπόνηση, έντονη προπόνηση και φορμάρισμα) για να προσδιορισθούν οι αιματολογικές και βιοχημικές παράμετροι της κατάστασης σιδήρου. Η απόδοση εκτιμήθηκε από κολυμβητικές δοκιμασίες σε αποστάσεις 2000 m, 800 m, 200 m, 25 m και προσδιορισμό της ταχύτητας με συγκέντρωση γαλακτικού οξέος 4 mmol/L αίματος, οι οποίες πραγματοποιούνταν μαζί με τις αιμοληψίες. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές διακυμάνσεις της κατάστασης σιδήρου κατά τη διάρκεια της εξάμηνης προπονητικής περιόδου, με θεαματικότερη την αύξηση των τιμών των αιματολογικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια της μέτριας προπόνησης. Δεν βρέθηκαν όμως σημαντικές διαφορές στην κατάσταση σιδήρου και στην απόδοση μεταξύ των τριών ομάδων. Συμπερασματικά, η κατάσταση σιδήρου και η απόδοση υγιών εφήβων κολυμβητών επηρεάζεται από τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε προπονητικής φάσης, αλλά όχι από τη χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου σε

ποσότητες μέχρι και πενταπλάσιες της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης επί έξι μήνες. Προφανώς, αυτό οφείλεται στην επάρκεια σιδήρου στον οργανισμό, που έχει ως αποτέλεσμα να μη μεταβάλλονται οι βιολογικές παράμετροι που μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση από την πρόσθετη πρόσληψη σιδήρου.

ABSTRACT

GEORGE TSALIS: EFFECTS OF IRON INTAKE THROUGH FOOD OR SUPPLEMENT ON PERFORMANCE AND IRON STATUS OF ADOLESCENT SWIMMERS

(Under the supervision of Dr. Vassilis Mougios)

The maintenance of the hematological and biochemical parameters of iron status within the normal range is important for swimming performance during training and competition. That is why parents and coaches are often concerned seeing low levels of these parameters during the training period and resort to giving iron supplements. The purpose of present study was to investigate whether: (a) iron status of healthy adolescents swimmers changes during a training season of six months and (b) increasing daily iron intake affects iron status or performance. Forty-two (21 boys and 21 girls) swimmers, aged 12-17 years, without anemia or iron deficiency were divided into three equal and equivalent groups with respect to hemoglobin, ferritin and swimming performance. Group A received an iron supplement of 47 mg per day, group B followed a dietary plan rich in iron (providing, on average, 26 mg per day), and group C had a regular diet. Blood samples were taken at the beginning of the study and at the end of each of three training phases (moderate intensity training, high intensity training, and tapering) for the determination of hematological and iron status parameters. To evaluate performance, swimming tests at distances 2000 m, 800 m, 200 m, 25 m and determination of speed at 4 mmol/L blood were conducted along with blood sampling. The results showed significant fluctuations of iron status during the six-month training season, the most spectacular being an increase in hematological parameters during moderate intensity training. However, no significant differences in iron status or performance were found among the three groups. In conclusion, iron status and performance of healthy adolescent swimmers were affected by the particularities of each training phase irrespective of iron intake ranging from one to over five times the RDA over a period of six months. Obviously, this is due to the sufficiency of iron in the body, which results in no alterations of the biological parameters that can influence performance.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Ο ρόλος του σιδήρου στον άνθρωπο.....	3
Διατροφική κατάσταση σιδήρου.....	4
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	6
Επίδραση της άσκησης στις παραμέτρους της κατάστασης σιδήρου αθλητών.....	6
Επίδραση της άσκησης στις παραμέτρους της κατάστασης σιδήρου κολυμβητών.....	8
Διατροφική κατάσταση αθλητών και συμπληρώματα σιδήρου.....	10
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	13
ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	13
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	14
ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	14
ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	14
Ερευνητικές υποθέσεις.....	14
Στατιστικές υποθέσεις.....	15
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	16
Συμμετέχοντες.....	16
Σχεδιασμός.....	16
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.....	17
Εμμηνορροϊκή κατάσταση κολυμβητριών.....	17
Αιματολογικοί και βιοχημικοί προσδιορισμοί.....	18
Προσδιορισμός σιδήρου	18
Προσδιορισμός TIBC.....	19
Κορεσμός τρανσφερίνης.....	20
Προσδιορισμός φεριτίνης.....	20
Κολυμβητικές δοκιμασίες.....	21

Προσδιορισμός γαλακτικού οξέος.....	21
Προπονητικό πρωτόκολλο.....	22
Καταγραφή διατροφής.....	24
Στατιστική επεξεργασία.....	24
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	25
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	40
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.....	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Χρονολογική και σκελετική ηλικία συμμετεχόντων στο μέσο της μελέτης.	25
Πίνακας 2. Εμμηνορροϊκή κατάσταση κολυμβητριών.....	28
Πίνακας 3. Ημερήσια πρόσληψη διατροφικών στοιχείων από τα αγόρια	29
Πίνακας 4. Ημερήσια πρόσληψη διατροφικών στοιχείων από τα κορίτσια.....	30
Πίνακας 5. Ημερήσια πρόσληψη διατροφικών στοιχείων από αγόρια και κορίτσια.....	31

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Σχεδιασμός αιμοληψιών και δοκιμασιών απόδοσης.....	23
Σχήμα 2. Μέσο ανάστημα αγοριών και κοριτσιών κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	26
Σχήμα 3. Μέσο βάρος αγοριών και κοριτσιών κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	26
Σχήμα 4. Μέση τιμή BMI αγοριών και κοριτσιών κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	27
Σχήμα 5. Μέσο σωματικό λίπος αγοριών και κοριτσιών κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	27
Σχήμα 6. Αριθμός ερυθροκυττάρων των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης	32
Σχήμα 7. Αιμοσφαιρίνη των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης	33
Σχήμα 8. Αιματοκρίτης των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης	33
Σχήμα 9. Σίδηρος ορού των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης	34
Σχήμα 10. TIBC των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης	35
Σχήμα 11. Κορεσμός τρανσφερίνης των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης	35
Σχήμα 12. Φεριτίνη των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης	36
Σχήμα 13. Ταχύτητα ομάδων στα 2000 m κολύμβησης κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	36
Σχήμα 14. Ταχύτητα ομάδων στα 800 m κολύμβησης κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	37
Σχήμα 15. Ταχύτητα ομάδων στα 200 m κολύμβησης κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	37
Σχήμα 16. Ταχύτητα ομάδων στα 25 m κολύμβησης κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	38
Σχήμα 17. Ταχύτητα κολύμβησης που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού οξέος 4 mmol/L αίματος των ομάδων κατά τη διάρκεια της μελέτης.....	38

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ

BMI	Δείκτης σωματικής μάζας
TIBC	Ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα
V4	Ταχύτητα κολύμβησης κατά την οποία συγκεντρώνεται γαλακτικό οξύ 4 mmol/L αίματος
VO ₂ max	Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου
E	Ενέργεια
KOE	Κολυμβητική Ομοσπονδία Ελλάδας
ΣΗΠ	Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι διατροφικές απαιτήσεις των αθλητών είναι διαφορετικές από εκείνες του μέσου ανθρώπου και η κατάλληλη διατροφή συνεισφέρει στη μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης. Συνεπώς και οι κολυμβητές (από τους εντονότερα ασκούμενους αθλητές) έχουν ανάγκη από ισορροπημένη διατροφή, η οποία περιέχει τα απαραίτητα συστατικά για την καθημερινή σωματική δραστηριότητα, την προπόνηση και τους αγώνες (Berning, Troup, VanHandel, Daniels, and Daniels, 1991· Troup, 1990). Οι αθλητές αυτοί χρειάζονται περισσότερη ενέργεια και αυξημένες ποσότητες ορισμένων βιταμινών και ανόργανων συστατικών, λόγω της υψηλής μεταβολικής δραστηριότητας που απαιτεί το προπονητικό και αγωνιστικό τους πρόγραμμα.

Στην αγωνιστική κολύμβηση συμμετέχει μεγάλος αριθμός νέων ανθρώπων και μάλιστα κορίτσια μικρής ηλικίας κερδίζουν ακόμη και Ολυμπιακά μετάλλια. Τα προγράμματα των αγωνιστικών εκδηλώσεων του αθλήματος, σε όλον τον κόσμο, περιέχουν κατηγορίες που περιλαμβάνουν ηλικίες μεταξύ δώδεκα και δεκαοκτώ ετών. Οι έφηβοι/-ες κολυμβητές/-ήτριες, που αγωνίζονται σε αυτές τις κατηγορίες, συμμετέχουν ταυτόχρονα στα πρωταθλήματα ανδρών-γυναικών, σε εθνικές και σε διεθνείς διοργανώσεις, με συνέπεια η επιβάρυνση και οι διατροφικές τους ανάγκες να είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Επιπροσθέτως, η ραγδαία βιολογική ανάπτυξη των προεφήβων και εφήβων απαιτεί περισσότερη ενέργεια και αυξημένες ποσότητες ανόργανων συστατικών. Η ανεπαρκής πρόσληψη ενέργειας και ανόργανων συστατικών μπορεί να καθυστερήσει τη σωματική ανάπτυξη και να επηρεάσει τη γνωστική απόδοσή τους (Rankinen, Fogelholm, Kujala, Rauramaa, and Uusitupa, 1995). Για αυτούς τους λόγους η αγωνιστική κολύμβηση αποτελεί ένα ιδανικό περιβάλλον μελέτης του πώς ο συνδυασμός εντατικής αθλητικής ενασχόλησης και βιολογικής ανάπτυξης επηρεάζει την κατάσταση του οργανισμού.

Ο σίδηρος είναι ένα από τα βασικότερα ιχνοστοιχεία του ανθρώπινου οργανισμού. Συμμετέχει σε πλήθος διεργασιών που έχουν σχέση τόσο με τη σωματική απόδοση όσο και με την πνευματική ευεξία. Η ποικιλία των ρόλων του απαιτεί την εκτίμηση κάποιων παραμέτρων που προσφέρουν διαφορετικές πληροφορίες και καλούνται «κατάσταση σιδήρου». Οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατάσταση σιδήρου είναι η κληρονομικότητα, η ηλικία, η προπονητική επιβάρυνση και η διατροφή. Στην εφηβική ηλικία, ο σίδηρος χρειάζεται σε ποσότητες τέτοιες, ώστε να καλύπτει τη ραγδαία σωματική ανάπτυξη και των δύο φύλων και τις απώλειες από την έμμηνο ρύση των

κοριτσιών. Ενώ μερικοί ερευνητές έχουν βρει μικρές διαφορές μεταξύ των αθλητών και του γενικού πληθυσμού στην κατάσταση σιδήρου (Balaban, Cox, Snell, Vaughan, and Frenkel, 1989· Balaban, 1992· Weight, Klein, Noakes, and Jacobs, 1992), η πλειονότητα των ερευνών έχουν υποστηρίξει ότι η σιδηροπενία που παρατηρείται σε αθλητές είναι πλασματική (Fogelholm, 1995· Newhouse and Clement, 1988· Nielsen and Nachtigall, 1998· Smith, 1995). Οι Nielsen και συν. (1998) κάνουν την υπόθεση ότι, αν και η συνάφεια αυτών των παρατηρήσεων με την αθλητική απόδοση δεν είναι ακόμη ξεκάθαρη, η έντονη φυσική δραστηριότητα είναι παράγοντας κινδύνου για σιδηροπενία.

Από στοιχεία αναλύσεων της κατάστασης σιδήρου εφήβων κολυμβητών/-τριών, που μας διέθεσαν η Κολυμβητική Ομοσπονδία Ελλάδας και σύλλογοι κολύμβησης, φαίνεται ότι οι περισσότερες τιμές βρίσκονται μέσα στις φυσιολογικές περιοχές σε μη προπονητική περίοδο. Κατά τη διάρκεια όμως της προπονητικής περιόδου έχει παρατηρηθεί συχνά πτώση των τιμών των παραμέτρων της κατάστασης σιδήρου, που συμπίπτει με αδυναμία επίτευξης των στόχων του προπονητικού προγράμματος και χαμηλές επιδόσεις στους αγώνες. Προπονητές, γονείς και αθλητές συνδέουν τις δύο αυτές καταστάσεις. Από τη μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας δεν είναι σαφές αν κάτι τέτοιο δικαιολογείται, αφού υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα σε ό,τι αφορά τόσο την αλληλεπίδραση της κολυμβητικής προπόνησης και της κατάστασης σιδήρου, όσο και την επίδραση της κατάστασης σιδήρου στην απόδοση. Αυτό οδηγεί σε ένα μεγάλο εύρος συστάσεων στηριζόμενων σε ανεπαρκή επιστημονικά ευρήματα. Οι Telford, Catchpole, Deakin, Hahn και Plank (1992) αναφέρουν ότι οι αθλητές που συμμετέχουν σε έντονη προπόνηση και σε αγωνιστικά προγράμματα μπορεί να έχουν δυσκολία να διατηρήσουν σε ικανοποιητικά επίπεδα στοιχεία όπως οι βιταμίνες και τα μέταλλα μέσα στους ιστούς, ακόμη και αν προσλαμβάνουν τις συνιστώμενες ημερήσιες δόσεις. Κάποιες μελέτες δείχνουν ότι οι αθλητές και ιδιαίτερα οι αθλήτριες είναι εκτεθειμένοι/-ες στον κίνδυνο της ανεπαρκούς πρόσληψης σιδήρου (Berning et al., 1991). Άλλες έρευνες δεν απέδειξαν τέτοιο πρόβλημα. Αν και οι περισσότεροι ερευνητές έχουν βρει ότι τα συμπληρώματα βιταμινών και/ή μετάλλων δεν επιδρούν στην αθλητική απόδοση (Brotherhood, 1984· Grandjean, 1983· Grandjean, 1986· Telford et al., 1992), η γνώση σε αυτό το πεδίο είναι περιορισμένη. Οι έρευνες παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους και οι κυριότεροι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη είναι η διάρκεια της πρόσληψης των συμπληρωμάτων, η

εξειδίκευση των δοκιμασιών απόδοσης στα αθλήματα των συμμετεχόντων, το φύλο, η ηλικία και οι προπονητικές περιόδους (Telford et al., 1992).

Παρ' όλη την πλούσια διεθνή βιβλιογραφία πάνω στις αιματολογικές και βιοχημικές παραμέτρους της κατάστασης σιδήρου, οι μελέτες που αναφέρονται σε έφηβους κολυμβητές σε σχέση με τις προπονητικές περιόδους είναι περιορισμένες. Επιπλέον, δεν είναι ξεκάθαρο, αν η βελτίωση της κατάστασης σιδήρου μέσω διατροφικών χειρισμών έχει επίδραση στην απόδοση των εφήβων κολυμβητών. Επιπλέον, αν και υπάρχει πληθώρα ερευνών σχετικά με την επίδραση της παροχής συμπληρωμάτων σιδήρου στην απόδοση, δεν εντοπίσαμε κάποια αναφορά σε έφηβους κολυμβητές σε διαφορετικές φάσεις της αγωνιστικής περιόδου. Επίσης, δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τη σύγκριση πρόσληψης σιδήρου μέσω συμπληρωμάτων και πρόσληψης μέσω διατροφής πλούσιας σε σίδηρο σε έφηβους.

Ο ρόλος του σιδήρου στον άνθρωπο

Το ανθρώπινο σώμα περιέχει 3 – 5 g σιδήρου, το μεγαλύτερο μέρος του οποίου βρίσκεται στην αίμη, την προσθετική ομάδα των μεταφορικών πρωτεϊνών οξυγόνου, δηλαδή της αιμοσφαιρίνης (60 – 70 %) και της μυοσφαιρίνης (10 %). Ένα μικρότερο ποσοστό (2 %) περιέχεται στο σύστημα της μεταφοράς ηλεκτρονίων στα μιτοχόνδρια, και στα αντιοξειδωτικά ένζυμα. Επειδή τα 2/3 του σιδήρου βρίσκονται στην αιμοσφαιρίνη, η επάρκεια ή η ανεπάρκειά του επιδρά σημαντικά στη μεταφορά του οξυγόνου στο αίμα (Haymes, 1998). Οι συνηθισμένες απώλειες σιδήρου του οργανισμού (1-2 mg/ημέρα) εξισορροπούνται από την εντερική απορρόφηση, κυρίως στο λεπτό έντερο, με το δωδεκαδάκτυλο να έχει κυρίαρχη θέση (Nielsen and Nachtigall, 1998).

Η παρακολούθηση της επάρκειας του σιδήρου στον οργανισμό επικεντρώνεται σε ορισμένες παραμέτρους, οι οποίες χαρακτηρίζονται με το γενικό όρο «κατάσταση σιδήρου». Χωρίζονται δε στις αιματολογικές παραμέτρους, που περιλαμβάνουν τον αριθμό των ερυθροκυττάρων, την αιμοσφαιρίνη και τον αιματοκρίτη, και στις βιοχημικές, από τις οποίες επιλέχθηκαν προς εξέταση στην παρούσα μελέτη ο σίδηρος ορού, η φεριτίνη, η ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα (TIBC) και ο κορεσμός τρανσφερίνης. Όταν τα επίπεδα μιας ή περισσοτέρων από τις παραπάνω παραμέτρους μετακινηθούν έξω από τις φυσιολογικές τιμές, τότε διαταράσσεται η κατάσταση σιδήρου με ανεπιθύμητα αποτελέσματα για την υγεία του ανθρώπου. Οι

σημαντικότερες ανεπιθύμητες καταστάσεις είναι η σιδηροπενία και η αναιμία. Μακροχρόνια ελλιπής πρόσληψη ή απορρόφηση σιδήρου σε σχέση με τις απαιτήσεις του οργανισμού θα προκαλέσει ανάπτυξη σιδηροπενίας με τη μείωση των αποθηκών σιδήρου και τελικό αποτέλεσμα τη σιδηροπενική αναιμία.

Διατροφική κατάσταση σιδήρου

Στις τροφές ο σίδηρος υπάρχει σε δύο μορφές, τον αιμικό (ενσωματωμένο στην αίμη) και το μη αιμικό (ενσωματωμένο σε άλλα συστατικά). Περίπου 40 % του σιδήρου του κρέατος, των ψαριών και των πουλερικών είναι αιμικός σίδηρος. Ο αιμικός σίδηρος απορροφάται περισσότερο (περίπου κατά 23 %) και η απορρόφησή του δεν επηρεάζεται από την παρουσία άλλων συστατικών της τροφής. Ο υπόλοιπος σίδηρος του κρέατος, των ψαριών και των πουλερικών και όλος ο σίδηρος των άλλων τροφίμων είναι μη αιμικός. Η απορρόφησή του κυμαίνεται από 3 ως 8 % και εξαρτάται από την παρουσία υποβοηθητικών ή ανασταλτικών παραγόντων στο γεύμα, καθώς και από την ποσότητα του αποθηκευμένου σιδήρου στο σώμα (Haymes, 1998). Η παρουσία ζωικών τροφών και ασκορβικού οξέος (βιταμίνη C) στο γεύμα αυξάνει την απορρόφηση του μη αιμικού σιδήρου, ενώ αντίθετα η τανίνη στο τσάι, το φυτικό οξύ στα δημητριακά και οι φυτικές ίνες είναι ανασταλτικοί παράγοντες για την απορρόφησή του. Κάποιοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι μεγάλες ποσότητες ασβεστίου, φωσφόρου και ψευδαργύρου σε συμπληρώματα διατροφής μπορεί να αναστείλουν την απορρόφηση του μη αιμικού σιδήρου (Haymes, 1998), ενώ άλλοι αναφέρουν ότι υψηλές ποσότητες προσλαμβανόμενου ασβεστίου δεν εξασθενίζουν τις αποθήκες σιδήρου (Kalkwarf and Harrast, 1998· Minihane and Fairweather-Tait, 1998).

Υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις και προτάσεις για τις συνιστώμενες ημερήσιες προσλήψεις σιδήρου λόγω της αναπόφευκτης ανακρίβειας του χρησιμοποιούμενου μοντέλου βιοδιαθεσιμότητας, το οποίο είναι βασισμένο κυρίως σε δεδομένα μελετών ενός μόνο γεύματος. Η τυπική δυτικού τύπου διαίτα περιέχει περίπου 6 mg σιδήρου ανά 1000 kcal. Μπορεί να υποτεθεί ότι η βιοδιαθεσιμότητα του σιδήρου από μια τέτοια διατροφή είναι μεταξύ 14 και 17 % (Nielsen and Nachtigall, 1998). Οι έφηβοι απαιτούν περισσότερο σίδηρο κατά την διάρκεια της ραγδαίας βιολογικής τους ανάπτυξης (ηλικίες 11-18 ετών) για να υποστηρίξουν τη μυϊκή ανάπτυξή τους και την αύξηση του όγκου του αίματος και επιπροσθέτως να αναπληρώσουν τις απώλειες. Μόλις συμβεί η εμμηναρχή, τα κορίτσια χρειάζονται ακόμη περισσότερο σίδηρο για να αναπληρώσουν

και τις απώλειες της εμμηνορροής. Η Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη (ΣΗΠ) από τις Εθνικές Ακαδημίες Επιστημών των ΗΠΑ για τα αγόρια είναι 7,9 mg για τις ηλικίες 9-13 ετών και 10,8 mg για τις ηλικίες 14-18 ετών. Αντίστοιχα η ΣΗΠ για τα κορίτσια είναι 8,3 mg για τις ηλικίες 9-13 ετών και 14,8 mg για τις ηλικίες 14-18 ετών (Standing Committee, 2000c).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η αγωνιστική κολύμβηση απαιτεί υψηλή δραστηριότητα του αναπνευστικού συστήματος, του κυκλοφορικού συστήματος και των ενεργειακών συστημάτων. Οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται με τις προσαρμογές που επιφέρει η προπόνηση και με την αυξημένη πρόσληψη ενέργειας και, πιθανόν, μικροθρεπτικών συστατικών. Φαίνεται, λοιπόν, ότι η διατροφική και η αιματολογική κατάσταση των κολυμβητών είναι σημαντικοί παράγοντες επιτυχίας στην προπόνηση και στους αγώνες. Ανάμεσα στα θρεπτικά συστατικά, ξεχωριστό ενδιαφέρον στην κολύμβηση προσελκύει ο σίδηρος.

Επίδραση της άσκησης στις παραμέτρους της κατάστασης σιδήρου αθλητών

Αρκετές έρευνες έχουν εξετάσει τις αλλαγές της κατάστασης σιδήρου κατά την διάρκεια προπονητικών περιόδων σε διάφορα αθλήματα. Στην πλειονότητά τους έχουν βρει ότι οι τιμές των παραμέτρων της κατάστασης σιδήρου, όπως της αιμοσφαιρίνης, του αιματοκρίτη και του αριθμού ερυθροκυττάρων, μειώνονται κατά την διάρκεια περιόδου έντονης προπόνησης των αθλητών (Clement, Asmundson, and Medhurst, 1977· Clement et al., 1987· Dressendorfer, Wade, Claybaugh, Cucinell, and Timmis, 1991· Pizza, Flynn, Boone, Rodriguez-Zayas, and Andres, 1997· Wishnitzer, Vorst, and Berrebi, 1983). Αρκετές μελέτες με άνδρες αθλητές δείχνουν ότι η έντονη φυσική δραστηριότητα μεταβάλλει το ισοζύγιο του σιδήρου προς τη σιδηροπενία. Αυτές οι μελέτες βρήκαν στοιχεία ότι η έντονη φυσική δραστηριότητα οδηγεί σε μείωση των επιπέδων φεριτίνης (Escanero et al., 1997· Diehl, Lohman, Smith, and Kertzner, 1986· Fogelholm, 1995· Newhouse and Clement, 1988· Smith, 1995). Ακόμη, μια γενικότερα χαμηλή κατάσταση σιδήρου βρέθηκε και σε αγύμναστα άτομα που υποβλήθηκαν σε συστηματική αερόβια άσκηση (Diehl et al., 1986· Frederickson, Puhl, and Runyan, 1983· Hasibeder, Schobersberger, and Mairbaur, 1987· Lyle et al., 1992· Magazanik et al., 1988· Miller, 1990· Radomski, Sabiston, and Isoard, 1980). Οι Beard και Tobin (2000) σε ανασκόπησή τους αναφέρουν ότι έχει καταγραφεί πολλές φορές η κατάσταση σιδήρου να επηρεάζεται αρνητικά σε διάφορους πληθυσμούς ατόμων που ασκούνται συστηματικά. Ακόμη αναφέρουν ότι οι αθλήτριες, οι δρομείς αποστάσεων και οι φυτοφάγοι αθλητές έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να αναπτύξουν χαμηλή κατάσταση σιδήρου.

Πολλές αιτίες μπορούν να εξηγήσουν τη μείωση των αποθηκών σιδήρου στους αθλητές: γαστρεντερική απώλεια αίματος, αυξημένη απώλεια σιδήρου από τον ιδρώτα, αυξημένη απώλεια από τα ούρα, εντερική δυσαπορρόφηση σιδήρου, ανεπαρκής διατροφική πρόσληψη. Ως πιθανότερη εξήγηση για την ελάττωση των αποθηκών σιδήρου (χαμηλά επίπεδα φεριτίνης) προτείνεται η καταστροφή των ερυθροκυττάρων στα αιμοφόρα αγγεία των ποδιών κατά την κρούση των πελμάτων των δρομέων στο έδαφος (Casoni, Borsetto, Cavicchi, Martinelli, and Conconi, 1985· Dufaux, Hoederath, Streitberger, Hollmann, and Assmann, 1981· Magnusson, Hallberg, Rossander, Swolin, 1984a). Ακόμη οι Nachtigall, Nielsen, Fischer, Engelhardt και Gabbe (1996) ανακάλυψαν χαμηλές ηπατικές αποθήκες σιδήρου σε δρομείς. Ως κύρια αιτία αυτής της έλλειψης εντοπίστηκε η αυξημένη γαστρεντερική αιμορραγία 4,9 – 6,6 mL αίματος ή περίπου 3 – 4 mg σιδήρου την ημέρα που συνέβαινε κατά τη διάρκεια της έντονης προπόνησης ή των αγώνων (Nachtigall et al., 1996). Οι απώλειες από τον ιδρώτα ή τα ούρα αυξάνονται επίσης από την άσκηση, αλλά, σε σύγκριση με τη συνολική απώλεια σιδήρου, είναι αμελητέες (Nachtigall et al., 1996). Πρέπει να σημειωθεί ότι το έντονο τρέξιμο περιλαμβάνεται σαν μέρος της προπόνησης και άλλων αθλημάτων, όπως το τρίαθλο και τα ομαδικά αθλήματα (Nielsen and Nachtigall, 1998).

Αντίθετα, υπάρχουν μελέτες που υποδεικνύουν ότι η συστηματική σωματική άσκηση αυξάνει τον αιματοκρίτη (Hong and Lien, 1984), τον αριθμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων και τη συνολική ποσότητα της αιμοσφαιρίνης (Oscai, Williams and Hertig, 1968· Sawka, Convertino, Eichner, Schnieder, and Young, 2000). Οι αυξήσεις αυτές έχουν επισημανθεί κυρίως σε αερόβιες αθλητικές δραστηριότητες.

Υπάρχουν όμως και μελέτες στις οποίες δεν βρέθηκε σημαντική επίδραση της άσκησης σε διάφορες παραμέτρους της κατάστασης σιδήρου. Οι Brotherhood, Brozovic και Pugh (1975) αναφέρουν παρόμοια κατάσταση σιδήρου μεταξύ δρομέων και ομάδας αγύμναστων ατόμων. Γυναίκες που συμμετείχαν σε μαραθώνιο (Lampe, Slavin, and Apple, 1986) και ασκούμενες με μέτρια ένταση (Bourque, Pate, and Branch, 1997) δεν παρουσίασαν μείωση των επιπέδων φεριτίνης. Οι Dufaux, Hoederath και Hollmann (1988) παρατήρησαν υψηλότερες τιμές φεριτίνης σε κολυμβήτριες, κωπηλάτριες και δρομείς μικρών και μεσαίων αποστάσεων από ό,τι σε ομάδα αγύμναστων γυναικών. Οι Malczewska, Raczynski και Stupnicki (2000) βρήκαν ότι αθλούμενες γυναίκες είχαν υψηλότερες τιμές φεριτίνης από αυτές της ομάδας ελέγχου και υποστηρίζουν ότι η άσκηση δεν έχει αρνητική επίδραση στην κατάσταση σιδήρου, τουλάχιστον στα άτομα με κανονικές αποθήκες σιδήρου. Άλλη έρευνα δεν βρήκε διαφορές στο σίδηρο ορού,

στην TIBC, στον κορεσμό τρανσφερίνης και στη φεριτίνη μεταξύ ποδοσφαιριστών και αγύμναστων ατόμων (Resina et al., 1991). Οι Vergouwen, Collee και Marx (1999) παρακολούθησαν για 43 μήνες τον αιματοκρίτη αθλητών υψηλού επιπέδου και καθιστικών ατόμων και δεν εντόπισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι Schumacher, Schmid, Grathwohl, Bültermann και Berg (2002) δεν βρήκαν διαφορές μεταξύ αθλητών και μη αθλητών στις τιμές της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη παρά μόνο μεταξύ ομάδων αθλητών. Αυτές εντοπίστηκαν στους αθλητές αντοχής που παρουσίαζαν τις χαμηλότερες τιμές στις παραπάνω παραμέτρους. Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι το είδος αθλήματος παίζει σημαντικό ρόλο στην κατάσταση σιδήρου.

Ωστόσο οι προπονούμενοι αθλητές συχνά έχουν εμπειρία χαμηλών τιμών αιμοσφαιρίνης, χαμηλού αιματοκρίτη και χαμηλών επιπέδων φεριτίνης, που μπορεί όμως να οφείλονται στην αύξηση του όγκου του πλάσματος που συμβαίνει μέσα σε μερικές ώρες με ημέρες μετά την άσκηση. Η κατάσταση αυτή ορίζεται ως «αθλητική αναιμία» ή «ψευδοαναιμία» (Bartsch, Mairbaurl, and Friedmann, 1998).

Αρκετοί είναι οι πιθανοί λόγοι των αντικρουόμενων αυτών αποτελεσμάτων. Αρκετοί συγγραφείς συμφωνούν ότι η άσκηση μπορεί να δημιουργήσει ενδοαγγειακή αιμόλυση (Dufaux et al., 1981· Eichner, 1985· Selby and Eichner, 1986). Ο λόγος της αιμόλυσης μπορεί να είναι η κρούση των πελμάτων των δρομέων στο έδαφος (Magnusson, Hallberg, Rossander, Swolin, 1984b· Miller, 1990). Μερικές έρευνες αναφέρουν στοιχεία ενδοαγγειακής αιμόλυσης σε δρομείς (Dufaux et al., 1981) και κολυμβητές (Selby and Eichner, 1986), ενώ αντίθετα άλλες δεν βρήκαν σε δρομείς στοιχεία αιμόλυσης (Brotherhood et al., 1975).

Επίδραση της άσκησης στις παραμέτρους της κατάστασης σιδήρου κολυμβητών

Αντικρουόμενα είναι και τα αποτελέσματα των ερευνών που εξετάζουν την κατάσταση σιδήρου κολυμβητών/-τριών. Μετά από πέντε εβδομάδες αγωνιστικής κολυμβητικής προπόνησης παρατηρήθηκε επιδείνωση στην κατάσταση σιδήρου κολυμβητριών (Brigham, Beard, Krimmel, and Kenney, 1993). Η συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης μειώθηκε μετά από εννέα εβδομάδες μιας κολυμβητικής περιόδου χωρίς άλλες μεταβολές της κατάστασης σιδήρου σε άνδρες κολυμβητές (Pizza et al., 1997).

Από την άλλη πλευρά οι Mujika, Padilla, Geysand και Chatard (1998) αναφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης μετά από δώδεκα εβδομάδες έντονης προπόνησης και τέσσερις εβδομάδες φορμάρισμα σε πολύ καλά προπονημένους κολυμβητές. Οι Lukaski, Hoverson, Gallagher και Bolonchuk (1990) αναφέρουν αύξηση της φεριτίνης σε άνδρες κολυμβητές. Οι Pellicia και DiNucci (1987) παρατήρησαν υψηλότερες τιμές στον αριθμό ερυθροκυττάρων, στην αιμοσφαιρίνη, στην TIBC, στο σίδηρο ορού και στη φεριτίνη ανδρών κολυμβητών από ό,τι στην ομάδα αθλουμένων σε μη αερόβια σπορ αναψυχής. Επίσης, στην ίδια μελέτη, οι κολυμβήτριες είχαν υψηλότερες τιμές αιμοσφαιρίνης, αιματοκρίτη και φεριτίνης από γυναίκες που συμμετείχαν σε σπορ αναψυχής. Οι Dickson, Wilkinson και Noakes (1982) σημειώνουν ότι οι κολυμβητές έχουν υψηλότερα επίπεδα φεριτίνης από τους μαραθωνοδρόμους, χωρίς να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δρομέων και του γενικού πληθυσμού.

Υπάρχουν όμως και μελέτες στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στην κατάσταση σιδήρου κολυμβητών/-τριών. Οι Dufaux και συν. (1988) δεν βρήκαν διαφορές στις τιμές φεριτίνης κολυμβητριών σε σύγκριση με καθιστικές γυναίκες. Μετά από δεκαέξι εβδομάδες προπόνησης δεν μεταβλήθηκαν οι τιμές του αριθμού ερυθροκυττάρων, του αιματοκρίτη και της φεριτίνης σε κολυμβήτριες (VanHeest and Ratliff, 1998). Μετά από τέσσερις εβδομάδες έντονης προπόνησης δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στη φεριτίνη και στις αιματολογικές παραμέτρους σε κολυμβητές/-ήτριες (Mackinnon, Hooper, Jones, Gordon, and Bachmann, 1997). Σε έφηβες κολυμβήτριες δεν παρατηρήθηκαν αιματολογικές μεταβολές μετά από πέντε εβδομάδες προπόνησης (Willan, Bagnall, and Kelleher, 1981). Οι αιματολογικές παράμετροι και η κατάσταση σιδήρου έμειναν ανεπηρέαστες μετά από δέκα εβδομάδες προπόνησης σε έφηβους κολυμβητές υποδηλώνοντας ότι η κολύμβηση αυτή καθαυτή δεν οδηγεί σε σιδηροπενία (Rowland and Kelleher, 1989). Μετά από μια αγωνιστική περίοδο ο αιματοκρίτης και η αιμοσφαιρίνη παρέμειναν αμετάβλητα σε κολυμβητές/-ήτριες (Lukaski et al., 1990). Το ποσοστό των εφήβων κολυμβητριών με χαμηλές τιμές φεριτίνης ήταν ίδιο με αυτό μη αθλητριών και η προπόνηση στην κολύμβηση δεν φάνηκε να επηρεάζει αυτή την κατάσταση (Rowland, Stagg, and Kelleher, 1991).

Οι μελέτες της επίδρασης της άσκησης στην κατάσταση σιδήρου σε παιδιά αθλητές είναι ακόμη λιγότερες. Οι Boyadjien και Taralov (2000) βρήκαν ότι παιδιά που συμμετείχαν σε χρόνια άσκηση και υπομέγιστης έντασης αθλήματα (τοποθετώντας και την κολύμβηση σε αυτά) είχαν χαμηλότερες τιμές αριθμού ερυθροκυττάρων,

αιματοκρίτη και συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης σε σύγκριση με παιδιά που δεν ασκούσαν. Σε συμφωνία με τα παραπάνω έρχονται και τα αποτελέσματα της έρευνας του Spodaryk (2002), που διαπίστωσε κίνδυνο ανάπτυξης σιδηροπενικής αναιμίας σε κολυμβητές 10 – 12 ετών.

Διατροφική κατάσταση αθλητών και συμπληρώματα σιδήρου

Μελέτες της διατροφικής κατάστασης αθλητών διαφόρων αθλημάτων έχουν δείξει ότι οι άνδρες κάλυπταν τη ΣΗΠ σιδήρου (Nachtigall et al., 1996· Nielsen and Nachtigall, 1998· Robertson, Maughan, Milne, and Davidson, 1992). Αυτό δεν φάνηκε να συμβαίνει με τις αθλήτριες (Hawley, Dennis, Lindsay, and Noakes, 1995· Nuviala, and Lapieza, 1997). Οι Nuviala, Castillo, Lapieza και Escanero (1996) βρήκαν ότι σε αθλήτριες της πετοσφαίρισης, της καλαθοσφαίρισης και των δρόμων επικρατούσε η ανεπαρκής πρόσληψη σιδήρου. Παρόμοια κατάσταση εμφάνισαν και μη αθλήτριες δείχνοντας ότι η ανεπάρκεια αυτή ήταν ένα γενικότερο πρόβλημα. Οι Alencar και συν. (2000) ανέφεραν ανεπάρκεια πρόσληψης σιδήρου σε έφηβους/-ες. Ο Beard (2000) υποστηρίζει ότι οι έφηβες δεν έχουν ικανοποιητικές αποθήκες σιδήρου, γιατί αδυνατούν να προσλάβουν ικανές ποσότητες σιδήρου μέσω των τροφίμων.

Η κατάσταση σιδήρου επηρεάζει την απόδοση των αθλητών. Ακόμη και ελαφρά σιδηροπενική αναιμία μειώνει την φυσική ικανότητα εργασίας και την αντοχή (Eichner, 1992· Haymes, 1998). Αντίθετα η άποψη ότι σιδηροπενία χωρίς αναιμία μειώνει την απόδοση είναι αμφισβητήσιμη (Eichner, 1992· Haymes, 1998). Για να διορθωθεί η κατάσταση σιδήρου προτείνεται η λήψη συμπληρώματος σιδήρου.

Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει την επίδραση των συμπληρωμάτων σιδήρου στις αποθήκες σιδήρου και στις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν αλλαγές στην αερόβια ικανότητα ή στη φυσική κατάσταση γενικότερα (Dressendorfer, Keen, Wade, Claybaugh, and Timmis, 1991· Karamizrak et al., 1996· Klingshirn, Pate, Bourque, Davis, and Sargent, 1992· LaManca and Haymes 1993· Magazanik et al., 1991· Nielsen and Nachtigall, 1998· Powell and Tucker, 1991). Μέτριες δόσεις θεικού σιδήρου, που αντιστοιχούσαν σε 39 mg στοιχειακού σιδήρου την ημέρα, πρόλαβαν τη μείωση των αποθηκών σιδήρου σε έντονα ασκούμενες κολυμβήτριες (Brigham et al., 1993). Αντίθετα άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι χρειάζονται υψηλότερες δόσεις για να αποφευχθεί η ασκησιογενής μείωση των αποθηκών σιδήρου (Newhouse, Clement, and Lai, 1993).

Στα άτομα με σιδηροπενική αναιμία δεν υπάρχει αμφιβολία για τα θετικά αποτελέσματα των σκευασμάτων που περιέχουν σίδηρο (Bartsch et al., 1998· Nielsen and Nachtigall, 1998). Αντίθετα το όφελος από την πρόσληψη συμπληρωμάτων σιδήρου από μη αναιμικά άτομα είναι αμφίβολο. Συμπληρώματα σιδήρου (50 mg/ημέρα ή περισσότερο) αύξησαν τα επίπεδα της φεριτίνης σιδηροπενικών αθλητών, αλλά πρέπει να χρησιμοποιούνται προσεκτικά και αφού έχει επαληθευθεί η σιδηροπενία (Haymes, 1998· Friedmann, Weller, Mairbaur, and Bartsch, 2001). Σε μια μελέτη παρατηρήθηκε μικρή αύξηση των επιπέδων φεριτίνης μετά από χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου σε σιδηροπενικές μη αναιμικές δρομείς αντοχής (Klingshirn et al., 1992). Κάποιοι ερευνητές ακόμη αναγνώρισαν αντικειμενικά σημάδια βελτίωσης της φυσικής κατάστασης, όπως αύξηση της $VO_2\max$ (LaManca and Haymes, 1993· Magazanik et al., 1991· Nielsen and Nachtigall, 1998· Friedmann et al., 2001), μεγαλύτερο χρόνο μέχρι την εξάντληση (LaManca and Haymes, 1993· Nielsen and Nachtigall, 1998), μειωμένα επίπεδα γαλακτικού οξέος (LaManca and Haymes, 1993· Nielsen and Nachtigall, 1998) και υποκειμενικές παραμέτρους, π.χ. αυξημένη παρακίνηση για προπόνηση (Nachtigall et al., 1996· Nielsen and Nachtigall, 1998). Ωστόσο η πλειονότητα των μελετών σε σιδηροπενικούς μη αναιμικούς αθλητές δεν έδειξε ότι τα συμπληρώματα σιδήρου μπορούν να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στην φυσική ικανότητα (Bartsch et al., 1998· Blee, Goodman, Dawson, and Stapff, 1999· Klingshirn et al., 1992). Συνοπτικά σε αυτές τις μελέτες υπάρχει συμφωνία κατά της συχνής χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου στους αθλητές.

Η αναπλήρωση των εξαντλημένων αποθηκών σιδήρου είναι χρονοβόρος, χρειάζεται πάνω από τρεις μήνες ακόμη και σε άτομα χωρίς παθολογικές απώλειες σιδήρου (Heinrich, 1970). Εκτός από τη λήψη φαρμακευτικού σιδήρου προτείνεται και η βελτίωση της διατροφής ως μέσο διατήρησης ή και διόρθωσης της κατάστασης σιδήρου σε σιδηροπενικά άτομα. Οι Lyle και συν. (1992) βρήκαν ότι διατροφή πλούσια σε κρέας ήταν περίπου το ίδιο αποτελεσματική με 50 mg/ημέρα συμπληρώματος σιδήρου στην προστασία των επιπέδων φεριτίνης σε αγύμναστες νεαρές γυναίκες οι οποίες πήραν μέρος σε ένα πρόγραμμα δώδεκα εβδομάδων μέτριας αερόβιας εξάσκησης. Οι Heath, Skeaff, O'Brien, Williams και Gibson (2001) βελτίωσαν την κατάσταση σιδήρου σε σιδηροπενικές γυναίκες οι οποίες ακολούθησαν δίαιτα με συνδυασμούς τροφίμων που ενισχύουν την απορρόφηση του σιδήρου.

Η λήψη συμπληρωμάτων σιδήρου μπορεί να επιφέρει ανεπιθύμητες καταστάσεις. Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι η υπεραπορρόφηση του σιδήρου γίνεται αιτία

υπεραπορρόφησης και τοξικών μετάλλων, όπως ο μόλυβδος και το κάδμιο. Μερικές μελέτες υποθέτουν ότι τα αυξημένα επίπεδα φεριτίνης είναι παράγοντας για οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου (Salonen et al., 1992) ή ανάπτυξη καρκίνου (Stevens, Jones, Micozzi, and Taylor, 1988) και τα τοποθετούν στα αρνητικά αποτελέσματα της χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου. Αυτό όμως δεν έχει αποδειχθεί από ελεγχόμενες μελέτες με μεγάλο αριθμό ασθενών (Baer, Tekawa, and Hurley, 1994) ή σε άτομα με αρκετά υψηλά επίπεδα σιδήρου (Niederbau et al., 1985). Ένα πραγματικό πρόβλημα, καθώς η χρήση συμπληρωμάτων φαρμακευτικού σιδήρου είναι εκτεταμένη, είναι η αναγνωρισμένη υψηλή συχνότητα εμφάνισης του γονιδίου της αιμοχρωμάτωσης (ομοζυγωτό 1:400, ετεροζυγωτό 1:10) στο γενικό πληθυσμό. Υπάρχουν γενετικά τεστ που αναγνωρίζουν τη C282Y μεταλλαγή του γονιδίου της αιμοχρωμάτωσης (HFE) στο χρωμόσωμα 6 (Feder et al., 1996). Οι νέοι αθλητές με ομοζυγωτό τύπο αυτής της γενετικής ανωμαλίας για υπεραπορρόφηση σιδήρου διατρέχουν κίνδυνο υπερβολικής αποθήκευσης σιδήρου. Η χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου σε αυτά τα άτομα είναι επικίνδυνη. Μάλιστα συνιστάται ακόμη και στα άτομα που έχουν ετεροζυγωτό τύπο να μην παίρνουν συμπληρώματα σιδήρου.

Παρόλα αυτά τα συμπληρώματα σιδήρου είναι δημοφιλή και μια συνηθισμένη πρακτική για τους αθλητές. Υποστηρίζεται ότι είναι αποτελεσματικά και ότι είναι προτιμότερο να προλαμβάνεται η σιδηροπενία, τουλάχιστον σε αθλητές αντοχής, οι οποίοι προτιμούν διατροφή πλούσια σε υδατάνθρακες. Οι Krumbach, Ellis και Driskell (1999) αναφέρουν ότι οι μισοί από τους αθλητές πανεπιστημίου που εξέτασαν λάμβαναν διάφορα διατροφικά συμπληρώματα, με αυτά του σιδήρου να είναι από τα συχνότερα προσλαμβανόμενα, ιδιαίτερα από τις γυναίκες. Οι Kim και Keen (1999) αναφέρουν ότι συνολικά οι προσλαμβανόμενες ποσότητες σιδήρου από την τροφή και τα συμπληρώματα σιδήρου ξεπερνούσαν τα ανώτατα επίπεδα ασφαλείας πρόσληψης για έφηβους/-ες. Οι Resina και συν. (1991) αναφέρουν ότι ποδοσφαιριστές κατανάλωναν συμπληρώματα σιδήρου, παρότι κάλυπταν τη ΣΗΠ σιδήρου, για να είναι σίγουροι ότι θα έχουν καλή φυσική απόδοση.

Γιατροί, προπονητές, ακόμη και γονείς προβαίνουν στη σύσταση λήψης συμπληρώματος σιδήρου πιστεύοντας ότι θα βοηθήσει στη βελτίωση της απόδοσης και της επίδοσης, ακόμη και όταν ο οργανισμός του αθλητή δεν δείχνει σημάδια σιδηροπενίας. Οι κολυμβητές δεν αποτελούν εξαίρεση και οι έφηβοι γίνονται ακόμη περισσότερο δέκτες της σύστασης για λήψη συμπληρωμάτων σιδήρου.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η αντιφατικότητα των ευρημάτων της επίδρασης συμπληρωμάτων σιδήρου στην κατάσταση σιδήρου και στην απόδοση σιδηροπενικών μη αναιμικών ατόμων, καθώς και η έλλειψη μελετών σε υγιείς έφηβους κολυμβητές/-ήτριες, δημιουργεί την ανάγκη έρευνας ώστε να διασαφηνιστεί η επίδραση της χορήγησης επιπλέον ποσότητας σιδήρου στις παραπάνω παραμέτρους.

Σκοπός επομένως της έρευνας ήταν να απαντήσει στα παρακάτω ερωτήματα:

1. Είναι ικανοποιητική η πρόσληψη σιδήρου από τη συνήθη διατροφή των εφήβων κολυμβητών/-τριών;
2. Υπάρχει διακύμανση στην κατάσταση σιδήρου κατά τη διάρκεια ενός προπονητικού μακρόκυκλου;
3. Σχετίζεται η απόδοση στους διάφορους προπονητικούς κύκλους με την κατάσταση σιδήρου;
4. Μεταβάλλεται η κατάσταση σιδήρου ή η απόδοση αν η συνήθης διατροφή:
 - α. αντικατασταθεί από διαιτολόγιο πλούσιο σε σίδηρο ή
 - β. συμπληρωθεί με συμπληρώματα σιδήρου;

ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα αποτελέσματα της έρευνας θα μπορέσουν να μας δώσουν στοιχεία για τον καταλληλότερο τρόπο διατροφής των εφήβων κολυμβητών/-τριών, για την προστασία της υγείας και τη μεγιστοποίηση της απόδοσής τους. Επίσης θα μπορέσουν να μας δείξουν αν κάποιες φάσεις του προπονητικού προγράμματος επιβαρύνουν ιδιαίτερα την κατάσταση σιδήρου. Από αυτό θα προκύψουν συμπεράσματα για πιθανή τροποποίηση του προπονητικού προγράμματος ή για ιδιαίτερες διατροφικές συστάσεις στις επιβαρυντικές φάσεις του μακρόκυκλου. Έτσι η έρευνα θα συμβάλει στο να διατηρούνται οι κολυμβητές περισσότερο χρόνο σε επαφή με το άθλημα προς όφελος των ίδιων και του αθλητισμού.

Τέλος είναι πιθανό η συσχέτιση των τιμών της κατάστασης σιδήρου με την απόδοση να οδηγήσει στην πρόταση ενός μοντέλου για τις ικανότητες των κολυμβητών από αυτήν τη σκοπιά.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Κατάσταση σιδήρου: Ένα σύνολο ερυθροκυτταρικών παραμέτρων (όπως αριθμός ερυθροκυττάρων, αιματοκρίτης και αιμοσφαιρίνη) και βιοχημικών παραμέτρων (όπως σίδηρος ορού, ολική σιδηροδεσμευτική ικανότητα, κορεσμός τρανσφερίνης και φεριτίνη) που απεικονίζουν τα επίπεδα σιδήρου στον ανθρώπινο οργανισμό.

Διαιτητικός χειρισμός: Πρόσληψη προσχεδιασμένης ποσότητας και είδους τροφής.

Ομοιοστατικός μηχανισμός: Ένας μηχανισμός διατήρησης μιας βιολογικής παραμέτρου (όπως η συγκέντρωση μιας ουσίας στο αίμα) σε σχετικά σταθερά επίπεδα μέσα στον οργανισμό.

ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα αυτή εντοπίζεται στη μελέτη της επίδρασης διαφορετικών προσλήψεων σιδήρου (μέχρι και πενταπλάσιων της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης) στην κατάσταση σιδήρου υγιών κολυμβητών/-τριών εφηβικής ηλικίας. Η παρακολούθηση της κατάστασης σιδήρου διήρκεσε έξι μήνες και επιλέχθηκαν τρεις διαφορετικές προπονητικές φάσεις: προπόνηση αντοχής διάρκειας τριών μηνών, προπόνηση ισχύος διάρκειας δύο μηνών και φορμάρισμα διάρκειας ενός μήνα.

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ερευνητικές υποθέσεις

Οι ερευνητικές υποθέσεις της μελέτης ήταν:

α) Η κατάσταση σιδήρου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια ενός προπονητικού μακρόκυκλου.

β) Συμπλήρωμα σιδήρου ή διατροφή πλούσια σε σίδηρο μεταβάλλει την κατάσταση σιδήρου υγιών εφήβων κολυμβητών/-τριών.

γ) Συμπλήρωμα σιδήρου ή διατροφή πλούσια σε σίδηρο βελτιώνει την απόδοση υγιών εφήβων κολυμβητών/-τριών.

Στατιστικές υποθέσεις

Οι μηδενικές υποθέσεις της μελέτης ήταν:

α) Η κατάσταση σιδήρου υγιών κολυμβητών/-τριών δεν μεταβάλλεται στη διάρκεια ενός προπονητικού μακρόκυκλου.

β) Συμπλήρωμα σιδήρου ή διατροφή πλούσια σε σίδηρο δεν επιφέρουν αλλαγές στην κατάσταση σιδήρου υγιών εφήβων κολυμβητών/-τριών.

γ) Η αθλητική απόδοση υγιών εφήβων κολυμβητών/-τριών δεν επηρεάζεται από την πρόσληψη συμπληρώματος σιδήρου ή διατροφής πλούσιας σε σίδηρο.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες

Στη μελέτη έλαβαν μέρος 21 κολυμβητές και 21 κολυμβήτριες του ίδιου συλλόγου, ηλικίας 12 – 17 ετών (μέση τιμή 14,6), χωρίς πρόβλημα υγείας. Ήταν προπονητικής ηλικίας τουλάχιστον τεσσάρων ετών και με ανελλιπή συμμετοχή στην προπόνηση και στις αγωνιστικές εκδηλώσεις του συλλόγου. Τόσο οι κολυμβητές/-ήτριες όσο και οι γονείς τους ενημερώθηκαν για το σχεδιασμό και τους πιθανούς κινδύνους της έρευνας και συγκατατέθηκαν να συμμετάσχουν. Η μελέτη σχεδιάστηκε και διεξήχθη σύμφωνα με τον Κώδικα Δεοντολογίας Ερευνών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Σχεδιασμός

Η διάρκεια της μελέτης ήταν 6 μήνες, από την αρχή της προπονητικής περιόδου (μέσα Σεπτεμβρίου) ως το καθιερωμένο χειμερινό πρωτάθλημα της ΚΟΕ (μέσα Μαρτίου). Οι συμμετέχοντες έδωσαν αρχικά δείγμα αίματος για τον προσδιορισμό του αριθμού των ερυθροκυττάρων, του αιματοκρίτη, της αιμοσφαιρίνης, του σιδήρου ορού, TIBC, του κορεσμού τρανσφερίνης και της φερίτινης (όπως περιγράφεται παρακάτω). Στη βάση των αποτελεσμάτων και των επιδόσεων των κολυμβητών, σχηματίστηκαν τρεις ισάριθμες ομάδες, Α, Β και Γ, από 7 αγόρια και 7 κορίτσια η καθεμιά, με παρόμοια ηλικία (προσέχοντας να αντιπροσωπεύονται όλες οι ηλικίες σε κάθε ομάδα), επίπεδο απόδοσης και κατάσταση σιδήρου. Οι κολυμβητές κωδικοποιήθηκαν με αριθμούς για μεν τα αγόρια από το 1 ως το 21, για δε τα κορίτσια από το 31 ως το 51. Οι ομάδες ορίστηκαν ως ακολούθως: ομάδα Α από 1 ως 7 και από 31 ως 37, ομάδα Β από 8 ως 14 και από 38 ως 44 και ομάδα Γ από 15 ως 21 και από 45 ως 51. Στη συνέχεια κάθε ομάδα ακολούθησε έναν από τους παρακάτω διατροφικούς χειρισμούς για ολόκληρη την περίοδο μελέτης:

Α (ομάδα συμπληρώματος). Στους συμμετέχοντες δόθηκαν από εκατόν ογδόντα κάψουλες φαρμακευτικού σιδήρου σε γυάλινο σκούρο δοχείο. Οι συμμετέχοντες ακολουθούσαν τη συνήθη διατροφή τους και λάμβαναν καθημερινά μία κάψουλα που περιείχε 47 mg σιδήρου με τη μορφή θειικού δισθενούς σιδήρου, σε άδειο στομάχι (Nielsen et al., 1998). Στο τέλος της μελέτης επέστρεψαν τα δοχεία και

καταμετρήθηκαν οι κάψουλες που είχαν απομείνει. Η συγκεκριμένη δοσολογία επιλέχθηκε γιατί είναι αρκετά υψηλή (τρεις ως πέντε φορές πάνω από τη ΣΗΠ) και επαρκής, αφού συμπληρώματα σιδήρου 50 mg/ημέρα ή περισσότερο αυξάνουν τα επίπεδα της φεριτίνης σιδηροπενικών μη αναιμικών αθλητών (Nielsen et al., 1998· Haymes, 1998).

Β (ομάδα διαιτολογίου). Οι συμμετέχοντες ακολουθούσαν δοσμένο εβδομαδιαίο διαιτολόγιο πλούσιο σε σίδηρο. Το διαιτολόγιο κάλυπτε τις ενεργειακές τους απαιτήσεις, οι οποίες υπολογίστηκαν στη βάση των σωματομετρικών στοιχείων και της σωματικής δραστηριότητάς τους.

Γ (ομάδα ελέγχου). Οι συμμετέχοντες ακολουθούσαν τη συνήθη διατροφή τους.

Σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκε οδηγία να μην καταναλώσουν οποιοδήποτε σκεύασμα συμπληρωμάτων βιταμινών ή ιχνοστοιχείων (εκτός φυσικά του συμπληρώματος σιδήρου της ομάδας Α) κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Στην αρχή της μελέτης και στο τέλος κάθε προπονητικής φάσης μετρήθηκε το σωματικό βάρος, το ανάστημα, ο δείκτης σωματικής μάζας (BMI) και το ποσοστό λίπους των συμμετεχόντων με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής αντίστασης (Bodystat 1500, Douglas, Ηνωμένο Βασίλειο). Επίσης, στο μέσο της μελέτης, εκτιμήθηκε η σκελετική ηλικία από ακτινογραφία του αριστερού άκρου χεριού χρησιμοποιώντας τη μέθοδο RUS (Tanner et al., 1983).

Εμμηνορροϊκή κατάσταση κολυμβητριών

Για την εκτίμηση της εμμηνορροϊκής κατάστασης των κοριτσιών καταγράφηκε η συχνότητα εμφάνισης έμμηνου ρύσης. Επίσης ζητήθηκε από αυτές να καταγράψουν τον αριθμό των σερβιετών που χρησιμοποίησαν κατά τη διάρκεια της μελέτης για μια αδρή ποσοτική εκτίμηση της απώλειας αίματος κατά την έμμηνο ρύση.

Οι αιμοληψίες πραγματοποιήθηκαν πέντε τουλάχιστον ημέρες μετά την έναρξη της προηγούμενης έμμηνου ρύσης εκτός δύο περιπτώσεων, όπου έγιναν δύο και τρεις ημέρες μετά την έναρξή της.

Αιματολογικοί και βιοχημικοί προσδιορισμοί

Στην αρχή της μελέτης και μετά το τέλος κάθε προπονητικής φάσης (Σχήμα 1), οι συμμετέχοντες έδωσαν 5 mL φλεβικού αίματος μετά από διήμερη αποχή από άσκηση, πρωινή ώρα, σε καθιστή θέση και νηστικοί. Σε ένα μέρος του δείγματος, αναμειγμένο με αντιπηκτικό (EDTA), προσδιορίστηκαν ο αριθμός ερυθροκυττάρων, ο αιματοκρίτης και η συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης από αυτόματο αιματολογικό αναλυτή Sysmex K-1000 (Κόμπε, Ιαπωνία). Από το υπόλοιπο αίμα, μετά την πήξη, παρασκευάστηκε ορός με φυγοκέντρηση στα $1500 \times g$ επί 10 min για τον προσδιορισμό σιδήρου, TIBC, κορεσμού τρανσφερίνης και φερίτινης.

Προσδιορισμός σιδήρου

Χρησιμοποιήθηκε φωτομετρική μέθοδος που στηρίζεται στο διαχωρισμό του τρισθενούς σιδήρου από την τρανσφερίνη με ένα ελαφρά όξινο διάλυμα απορρυπαντικού και στην αναγωγή του σε δισθενή σίδηρο με τη βοήθεια ασκορβικού οξέος. Ο δισθενής σίδηρος αντιδρά με μια χρωμογόνο ουσία (φεροζίνη) παράγοντας μια έγχρωμη ένωση, της οποίας η απορρόφηση (και κατ' επέκταση η συγκέντρωση) μετριέται στα 562 nm.

Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο αντιδραστηρίων της εταιρείας Boehringer (Mannheim, Γερμανία). Το κουτί περιείχε δύο πλαστικές φιάλες 1 με ρυθμιστικό διάλυμα οξικού νατρίου και απορρυπαντικό, δύο φιαλίδια 1a με ασκορβικό οξύ σε κόκκους, ένα φιαλίδιο 2 με 4,2 mL χρωμογόνου ουσίας κι ένα δοσιμετρικό κουταλάκι.

Το πρωτόκολλο εργασίας ήταν: α) Διαλύσαμε το περιεχόμενο ενός φιαλιδίου 1a σε μία φιάλη διαλύματος 1. Το διάλυμα (A) που προέκυψε ήταν το αντιδραστήριο για το τυφλό. β) Αναμείξαμε τα 2/3 του διαλύματος A με διάλυμα 2 σε αναλογία 50:1 (v/v), για να παραχθεί το χρωμογόνο αντιδραστήριο B, το οποίο ήταν έτοιμο για χρήση μετά από 10 min. γ) Για κάθε δείγμα ετοιμάσαμε τρεις πλαστικούς δοκιμαστικούς σωλήνες μιας χρήσης: δύο για το δείγμα αυτό καθαυτό και ένα για το τυφλό του. Για κάθε σειρά προσδιορισμών, ετοιμάσαμε επιπλέον δύο δοκιμαστικούς σωλήνες για το τυφλό αντιδραστηρίου. δ) Για τα βήματα δ-στ ακολουθήσαμε το παρακάτω διάγραμμα. Στον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα του τυφλού αντιδραστηρίου προσθέσαμε 1,2 mL από το αντιδραστήριο A και 0,24 mL H₂O. Στο δεύτερο προσθέσαμε 1,2 mL από το αντιδραστήριο B και 0,24 mL H₂O.

1,2 mL B +		0,24 mL ορού	0,24 mL ορού	...
1,2 mL B +	0,24 mL H ₂ O	0,24 mL ορού	0,24 mL ορού	...
1,2 mL A +	0,24 mL H ₂ O	0,24 mL ορού	0,24 mL ορού	...

ε) Στους δοκιμαστικούς σωλήνες των τυφλών των δειγμάτων προσθέσαμε 1,2 mL από το αντιδραστήριο A και 0,24 mL από το αντίστοιχο δείγμα. στ) Στους δοκιμαστικούς σωλήνες των δειγμάτων προσθέσαμε 1,2 mL από το αντιδραστήριο B και 0,24 mL από το αντίστοιχο δείγμα. ζ) Πωματίσαμε όλους τους δοκιμαστικούς σωλήνες κι ανακατέψαμε καλά το περιεχόμενό τους με επανειλημμένη αναστροφή. η) Επώασαμε για 10 min στους 20 – 25 °C. θ) Στο φασματοφωτόμετρο (Hitachi U-1100, Τόκιο, Ιαπωνία) πληκτρολογήσαμε ως μήκος κύματος τα 562 nm. Χρησιμοποιήσαμε γυάλινες κυψελίδες. Διαβάσαμε την απορρόφηση του κάθε διαλύματος σε σχέση με το τυφλό του και υπολογίσαμε τη διαφορά της απορρόφησης κάθε δείγματος ορού από την απορρόφηση του τυφλού αντιδραστηρίου (αντιδραστήριο B + H₂O). ι) Πολλαπλασιάσαμε τη διαφορά με το 1220, για να βρούμε τη συγκέντρωση σιδήρου, σε μg/dL. Η τελική τιμή σιδήρου για το κάθε δείγμα ήταν ο μέσος όρος των δύο προσδιορισμών του δείγματος.

Προσδιορισμός TIBC

Ο προσδιορισμός της TIBC έγινε κατ' αρχήν ως εξής: Προσθέσαμε στον ορό περίσσεια ιόντων Fe⁺⁺⁺ με σκοπό να κορεσθεί η τρανσφερίνη. Στη συνέχεια καταβυθίσαμε όσο σίδηρο δεν είχε συνδεθεί με την τρανσφερίνη με βασικό ανθρακικό μαγνήσιο. Φυγοκεντρήσαμε και προσδιορίσαμε το σίδηρο στο υπερκείμενο υγρό.

Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο αντιδραστηρίων της εταιρίας Boehringer. Το κουτί περιείχε τρία φιαλίδια 5 με διάλυμα σιδήρου συγκέντρωσης 500 mg/dL, μια πλαστική φιάλη 6 με βασικό ανθρακικό μαγνήσιο σε σκόνη κι ένα δοσιμετρικό κουταλάκι.

Το πρωτόκολλο εργασίας ήταν: α) Ετοιμάσαμε έναν πλαστικό δοκιμαστικό σωλήνα μιας χρήσης για κάθε δείγμα. β) Σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα προσθέσαμε 0,4 mL δείγματος και 0,8 mL διαλύματος 5. Αναδέψαμε και το αφήσαμε για 5 min στους 20 – 25 °C. γ) Με τη βοήθεια ενός χωνιού προσθέσαμε στον κάθε δοκιμαστικό σωλήνα μια κουταλιά άλατος από τη φιάλη 6. Αναδεύσαμε και το αφήσαμε στους 20 – 25 °C

για 30 min ανακατεύοντας κάθε 6 min περίπου. δ) Φυγοκεντρήσαμε για 10 min στα $1500 \times g$. ε) Χρησιμοποιήσαμε το υπερκείμενο για τον προσδιορισμό σιδήρου, όπως πριν, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιήσαμε ως συντελεστή το 3660 αντί του 1220.

Κορεσμός τρανσφερίνης

Ο κορεσμός τρανσφερίνης υπολογίστηκε ως ο λόγος της συγκέντρωσης σιδήρου προς την TIBC επί 100.

Προσδιορισμός φεριτίνης

Η φεριτίνη προσδιορίστηκε με ενζυμικό ανοσοπροσδιορισμό στερεής φάσης στη βάση της εξής αρχής: Στα καθηλωμένα σε πλαστικά βοθρία αντισώματα κατά της φεριτίνης (Ab_1) συνδέονται τα μόρια φεριτίνης του δείγματος. Με τα τελευταία συνδέονται δεύτερα αντισώματα κατά της φεριτίνης, τα οποία είναι επιπλέον συνδεδεμένα με το ένζυμο υπεροξειδάση (Ab_2-E). Όταν ολοκληρωθεί η σύνδεση της φεριτίνης με τα δύο αντισώματα, τα βοθρία ξεπλένονται και η ποσότητα της φεριτίνης υπολογίζεται προσθέτοντας ένα διάλυμα χρωμογόνου (TMB) – υποστρώματος (H_2O_2). Με τη βοήθεια της υπεροξειδάσης, το χρωμογόνο οξειδώνεται και γίνεται μπλε. Μετά από επώαση 30 λεπτών, σταματάμε την ενζυμική αντίδραση με οξύ, το οποίο μεταβάλλει το χρώμα της ένωσης σε κίτρινο. Η απορρόφηση του διαλύματος στα 450 nm σχετίζεται θετικά με τη συγκέντρωση της φεριτίνης. Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας του δείγματος σε φεριτίνη γίνεται με τη βοήθεια καμπύλης αναφοράς.

Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο αντιδραστηρίων της DRG (Marburg, Γερμανία) που περιείχε: α) Δώδεκα λωρίδες των οκτώ βοθρίων επιστρωμένων με Ab_1 . β) Έξι φιαλίδια πρότυπου διαλύματος φεριτίνης συγκέντρωσης 10, 100, 250, 500 και 1000 ng/mL σε ανθρώπινο ορό. γ) Διάλυμα Ab_2-E (12 mL). δ) Διάλυμα H_2O_2 (φιαλίδιο A, 12 mL). ε) Διάλυμα TMB (φιαλίδιο B, 12 mL). στ) Πρότυπο 0 (5 mL). ζ) Πλαίσιο για σταθερό κράτημα των βοθρίων.

Το πρωτόκολλο εργασίας ήταν το παρακάτω: α) Ξεχωρίσαμε τον ακριβή αριθμό λωρίδων βοθρίων, ώστε να εξασφαλίζονται δύο θέσεις για κάθε πρότυπο διάλυμα και για κάθε δείγμα. Χρησιμοποιήσαμε τα πρότυπα συγκέντρωσης 0, 10, 100 και 250 ng/mL. Προσθέσαμε 25μL προτύπου ή ορού στα αντίστοιχα βοθρία. β) Προσθέσαμε 100 μL του συζεύγματος $Ab_2 - E$ σε κάθε βοθρίο. Επώασαμε τα βοθρία για 30 min σε θερμοκρασία δωματίου. Αδειάσαμε τα βοθρία και τα ξεπλύναμε πολύ καλά με νερό της βρύσης. γ) Προσθέσαμε 100 μL του φιαλιδίου A και 100 μL του φιαλιδίου B σε κάθε

βοθρίο. Επώασαμε για 10 min σε θερμοκρασία δωματίου. δ) Σταματήσαμε την αντίδραση προσθέτοντας 50 μL 2 N HCl στα βοθρία, με την ίδια χρονική διαφορά όπως παραπάνω. ε) Τοποθετήσαμε την πλάκα με τα βοθρία στο φωτόμετρο Anthos 2001 (Salzburg, Αυστρία) και μετρήσαμε την απορρόφηση στα 450 nm και στα 620 nm (απορρόφηση αναφοράς). Το όργανο κατασκεύασε μια καμπύλη αναφοράς με βάση τα πρότυπα και στη βάση αυτής υπολόγισε τις συγκεντρώσεις των δειγμάτων.

Κολυμβητικές δοκιμασίες

Οι συμμετέχοντες εκτελούσαν δύο ίδιες κολυμβητικές δοκιμασίες, μία στην αρχή και μία στο τέλος κάθε προπονητικής φάσης, για την εκτίμηση της βελτίωσης στην απόδοση (Σχήμα 1). Στην πρώτη φάση χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία των 2000 m ελεύθερης κολύμβησης, στην δεύτερη των 800 m ελεύθερης κολύμβησης και στην τρίτη των 200 m κολύμβησης στο στιλ τους. Οι αποστάσεις αυτές επιλέχθηκαν έτσι ώστε να εκτιμάται η εκπλήρωση των στόχων της αντίστοιχης προπονητικής φάσης. Ακόμη, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τέσσερις δοκιμασίες των 25 m (μία στην αρχή της μελέτης και μία στο τέλος κάθε φάσης) για την εκτίμηση της μέγιστης κολυμβητικής ταχύτητας στο στιλ τους. Τέλος, στην αρχή κάθε προπονητικής φάσης οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν μια δοκιμασία κολύμβησης δύο ταχυτήτων (μιας μέτριας και μιας υπομέγιστης έντασης με 20 min ξεκούραση ενδιάμεσα) στα 200 m του στιλ τους για τον προσδιορισμό της ταχύτητας στην οποία αντιστοιχεί συγκέντρωση γαλακτικού οξέος 4 mmol/L αίματος (V4) σύμφωνα με το λεγόμενο two-speed test (Weltman 1995). Το γαλακτικό οξύ προσδιορίστηκε φωτομετρικά σε δείγματα ολικού τριχοειδικού αίματος που πάρθηκαν από τη ράγα δακτύλου 1 min μετά την πρώτη προσπάθεια και 1 και 3 min μετά τη δεύτερη προσπάθεια. Από τις δύο μετρήσεις μετά τη δεύτερη προσπάθεια χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή του γαλακτικού οξέος. Η V4 υπολογίστηκε γραφικά από διάγραμμα στο οποίο τοποθετήθηκαν οι δύο ταχύτητες και οι αντίστοιχες τιμές γαλακτικού οξέος.

Προσδιορισμός γαλακτικού οξέος

Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο αντιδραστηρίων της εταιρίας Boehringer. Το κουτί περιείχε: α) Δεκαεννέα φιαλίδια 1 με NAD^+ σε στερεή μορφή. β) Μία φιάλη 1a με 103 mL ρυθμιστικού διαλύματος pH 10,0 που περιέχει 0,5 mol/L μίγματος NaHCO_3 και Na_2CO_3 (τα άλατα που ρυθμίζουν το pH) και 63 mmol/L γλουταμικού οξέος. Με

προσθήκη 5 ml διαλύματος 1a σε ένα φιαλίδιο 1 προκύπτει συγκέντρωση 4,6 mmol/L NAD^+ . Το διάλυμα αυτό έχει τα υποστρώματα που χρειάζονται οι δύο αντιδράσεις, αρκεί να προσθέσουμε το δείγμα με το γαλακτικό οξύ. γ) 1,2 mL εναιωρήματος ενζύμων 2 που περιέχει (το λιγότερο) 1632 U/mL γαλακτικής αφυδρογονάσης και 102 U/ml αμινοτρανσφεράσης της αλανίνης. Το εναιώρημα περιέχει επίσης υψηλή συγκέντρωση (3,2 mol/L) ενός άλατος, του θειικού αμμωνίου $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, για να παραμένουν τα ένζυμα σε σταθερή μορφή.

Το πρωτόκολλο εργασίας ήταν το παρακάτω: 14 μL τριχοειδικού αίματος συλλέγονταν από τη ράγα δακτύλου του συμμετέχοντα σε πλαστικό μικροφιαλίδιο (erppendorf), όπου υπήρχαν 140 μL 0,6 mol/L υπερχλωρικού οξέος (HClO_4) και καταψύχονταν. Στο εργαστήριο: α) Βγάλαμε τα δείγματα από την κατάψυξη, τα αφήσαμε να λειώσουν και τα φυγοκεντρήσαμε για 5 min στα $1500 \times g$, ώστε να χρησιμοποιήσουμε το υπερκείμενο. β) Τοποθετήσαμε σε στατώ ένα δοκιμαστικό σωλήνα για το τυφλό και δύο για κάθε δείγμα. γ) Αδειάσαμε το περιεχόμενο των απαιτούμενων φιαλιδίων 1 σε μια κωνική φιάλη, προσθέσαμε αντίστοιχη ποσότητα διαλύματος 1a και ανακινήσαμε καλά. δ) Σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετήσαμε 1,4 mL από το παραπάνω διάλυμα. ε) Στο δοκιμαστικό σωλήνα για το τυφλό προσθέσαμε 70 μL HClO_4 , ενώ στους υπόλοιπους 70 μL υπερκείμενου. Ανακατέψαμε το περιεχόμενο σε κυκλομεϊκτή. στ) Σε κάθε σωλήνα προσθέσαμε 20 μL εναιωρήματος 2 και ανακατέψαμε όπως παραπάνω. Με την προσθήκη των ενζύμων άρχισαν οι αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις χρειάστηκαν περίπου 15 min σε θερμοκρασία 20-25 °C για να ολοκληρωθούν. ζ) Στο φασματοφωτόμετρο με λυχνία ορατού φωτός ορίσαμε ως μήκος κύματος τα 340 nm και σε γυάλινες κυψελίδες μετρήσαμε απ' ευθείας τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος σε mmol/L ορίζοντας ως συντελεστή το 36,65 και μηδενίζοντας συνεχώς ως προς το τυφλό.

Προπονητικό πρωτόκολλο

Όλοι οι κολυμβητές-/ήτριες ακολουθούσαν το ίδιο προπονητικό πρόγραμμα το οποίο καταρτίστηκε και επιβλέφθηκε από το συγγραφέα της παρούσας έρευνας. Η προπονητική περίοδος χωρίστηκε σε τρεις φάσεις: Μέτριας έντασης προπόνηση (αντοχής) διάρκειας τριών μηνών, έντονη προπόνηση (ισχύος) διάρκειας δύο μηνών και φορμάρισμα ενός μηνός. Η μέση καθημερινή απόσταση κολύμβησης κατά την πρώτη φάση ήταν 6 km, ενώ κατά τη δεύτερη φάση ήταν 5 km, από τα οποία περίπου 15 %

ήταν αναερόβια προπόνηση. Κατά τη διάρκεια του φορμαρίσματος, η συνολική απόσταση μειωνόταν σταδιακά, με μέσο όρο τα 3 km καθημερινά. Αναλυτικότερα, κατά την πρώτη φάση οι κολυμβητές-/ήτριες κάλυπταν καθημερινά τις αποστάσεις των προπονητικών μονάδων με ταχύτητες χαμηλότερες ως και ίσες της V4, η οποία καθορίστηκε από την αντίστοιχη δοκιμασία. Επιπροσθέτως, κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, οι κολυμβητές-/ήτριες εκτελούσαν ασκήσεις υπομέγιστης έντασης (π.χ. κυκλική προπόνηση 8 σταθμών σε 3 κύκλους και με 8 – 12 επαναλήψεις σε κάθε άσκηση με βάρη στο 70 – 80 % της μέγιστης δύναμης που καθορίστηκε από αντίστοιχη δοκιμασία 1RM) και ευκαμψίας στην ξηρά, τρεις φορές την εβδομάδα επί 45 min. Στη δεύτερη φάση του προγράμματος, κάθε δεύτερη μέρα υπήρχε μια προπονητική μονάδα κατά την οποία οι κολυμβητές-/ήτριες κάλυπταν κατά μέσο όρο 1,5 km με ταχύτητα μεγαλύτερη της V4 ως μέγιστη σε ρυθμό αγώνα. Το υπόλοιπο μέρος της προπόνησης όπως και η επόμενη μέρα αποτελούνταν από κολυμβητικές ασκήσεις χαμηλής έντασης. Τέλος, κατά το φορμάρισμα οι κολυμβητές-/ήτριες εκτελούσαν κάθε τρίτη μέρα μια προπονητική μονάδα στην απόσταση του αγωνίσματός τους σε ρυθμό αγώνα. Οι υπόλοιπες ημέρες αφιερώονταν στην τελειοποίηση τεχνικών κολύμβησης και σε προπόνηση αποκατάστασης.

	V4	√*	√	√	√
25 m	√		√		√
200 m				√	√
800 m			√		√
2000 m	√		√		
Αιμοληψία	√		√		√
Χρόνος (μήνες)	0		3		5
					6

Σχήμα 1. Σχεδιασμός αιμοληψιών και δοκιμασιών απόδοσης.

*Εγιναν σε διαφορετικές ημέρες του ίδιου μήνα.

Καταγραφή διατροφής

Οι συμμετέχοντες στις ομάδες Α και Γ κατέγραφαν τη διατροφή τους καθημερινά κατά τη διάρκεια της μελέτης σε δελτία καταγραφής που τους δόθηκαν (Παράρτημα Α). Οι συμμετέχοντες στην ομάδα Β έλαβαν φυλλάδια όπου ήταν γραμμένο το διαιτολόγιό τους για έξι ημέρες της εβδομάδας (την έβδομη είχαν ελεύθερη διατροφή), με την εντολή να καταγράφουν τυχόν αλλαγές που έκαναν στο διαιτολόγιο κατά την διάρκεια της μελέτης και τη διατροφή της έβδομης ημέρας (Παράρτημα Β). Τα δεδομένα αναλύθηκαν ως προς την πρόσληψη ενέργειας, υδατανθράκων, λιπών, πρωτεϊνών, σιδήρου, ασβεστίου, φυλλικού οξέος, βιταμίνης C και φυτικών ινών στο πρόγραμμα Microsoft® Access με τη χρήση βάσης δεδομένων κατασκευασμένης στο εργαστήριό μας από στοιχεία της βιβλιογραφίας (Holland et al., 1991· Τριχοπούλου, 1992).

Στατιστική επεξεργασία

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση. Για τη σύγκριση μεταξύ χρονολογικής και σκελετικής ηλικίας των συμμετεχόντων χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία t του Student για ζευγαρωτές παρατηρήσεις. Η σύγκριση των ομάδων ως προς την ηλικία, τις διατροφικές προσλήψεις και τον αριθμό σερβιετών που χρησιμοποιήθηκαν από τις κολυμβήτριες έγινε με απλή ανάλυση διακύμανσης (ANOVA). Όπου βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ακολούθησε δοκιμασία του Scheffé για τον εντοπισμό τους. Η σύγκριση ως προς τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά, τις αιματολογικές παραμέτρους, τις βιοχημικές παραμέτρους και την απόδοση πραγματοποιήθηκε αρχικά με ANOVA τριών παραγόντων (φύλο \times διαιτητικός χειρισμός \times χρόνος) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ως προς το χρόνο. Επειδή δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τριών παραγόντων, τα δεδομένα των δύο φύλων για κάθε χειρισμό ομαδοποιήθηκαν, ώστε να αυξηθεί η στατιστική ισχύς της ανάλυσης, και πραγματοποιήθηκε ANOVA δύο παραγόντων (διαιτητικός χειρισμός \times χρόνος). Ζευγαρωτές συγκρίσεις έγιναν με την ανάλυση των απλών κύριων επιδράσεων. Η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών εξετάστηκε με ανάλυση συσχέτισης κατά Pearson. Η σημαντικότητα ορίστηκε σε επίπεδο $\alpha = 0,05$. Η ανάλυση έγινε στο SPSS 10.0 (SPSS, Chicago, IL).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η χρονολογική και σκελετική ηλικία των συμμετεχόντων, στο μέσο της μελέτης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαιτητικών χειρισμών. Η σκελετική ηλικία ήταν σημαντικά υψηλότερη από την χρονολογική ηλικία (κατά 0,6 έτη, $p < 0,001$).

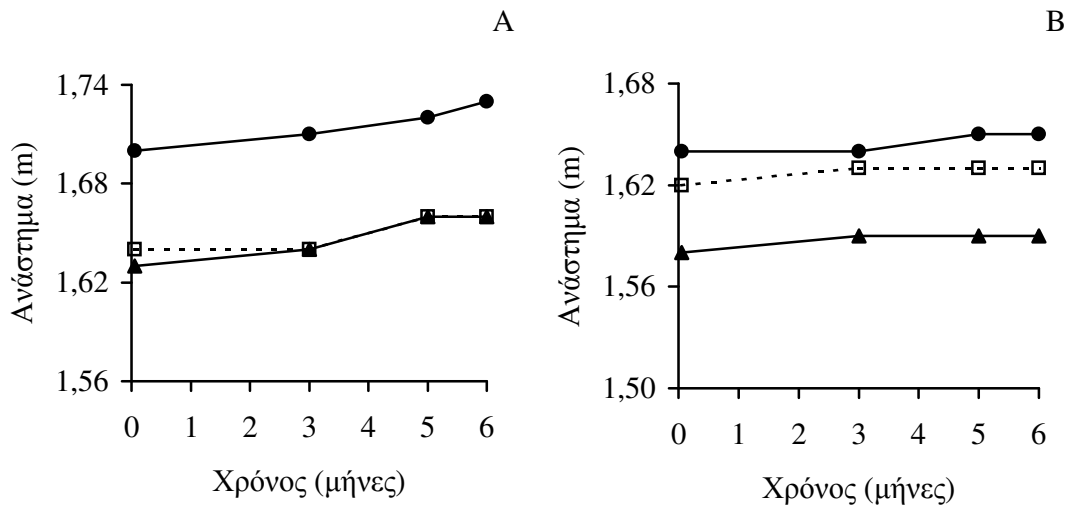
Πίνακας 1. Χρονολογική και σκελετική ηλικία των συμμετεχόντων στο μέσο της μελέτης (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση).

Διαιτητικός χειρισμός	Αγόρια			Κορίτσια		
	A	B	Γ	A	B	Γ
Χρονολογική ηλικία (έτη)	14,0 $\pm 1,3$	14,2 $\pm 1,4$	14,3 $\pm 1,6$	15,2 $\pm 1,2$	14,7 $\pm 1,2$	15,1 $\pm 1,2$
Σκελετική ηλικία (έτη)*	14,8 $\pm 1,2$	14,7 $\pm 1,7$	15,1 $\pm 1,5$	15,8 $\pm 0,7$	15,1 $\pm 1,2$	15,6 $\pm 1,1$

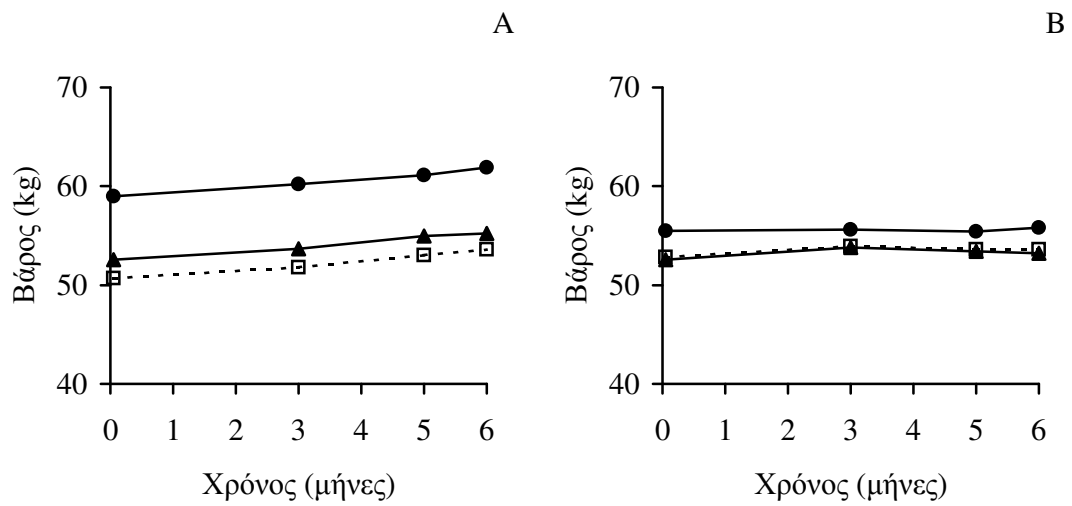
A: ομάδα συμπληρώματος σιδήρου, **B:** ομάδα διαιτολογίου, **Γ:** ομάδα ελέγχου.

*Σημαντικά διαφορετική από τη χρονολογική ηλικία.

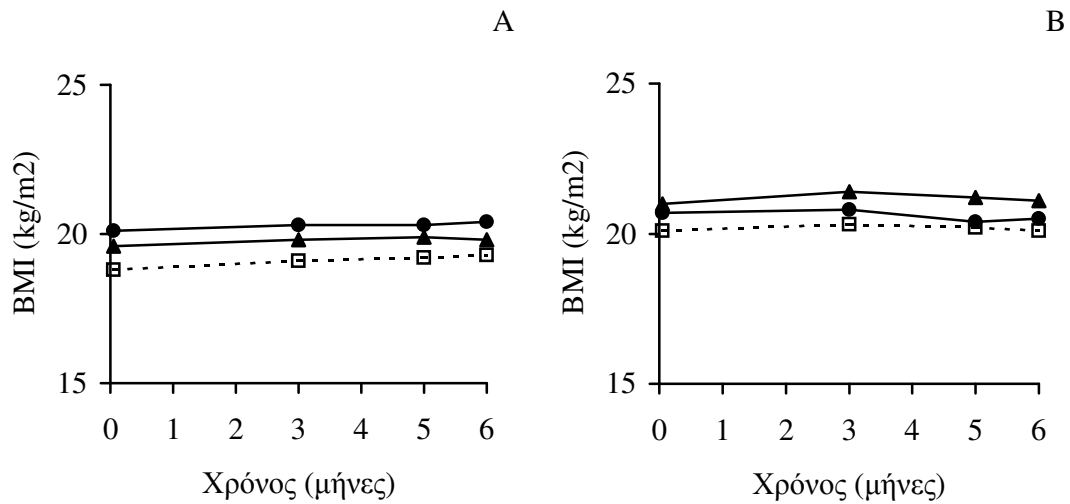
Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στα σχήματα 2 – 5 και στο Παράρτημα Γ. Για λόγους καθαρότητας έχουν παραλειφθεί οι τυπικές αποκλίσεις από όλα τα σχήματα που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών διαιτητικών χειρισμών στο ανάστημα, στη σωματική μάζα, στο BMI και στο ποσοστό σωματικού λίπους. Η σωματική μάζα και το ανάστημα αυξήθηκαν σημαντικά ($p < 0,001$) κατά τη διάρκεια της μελέτης, αλλά δεν βρέθηκαν σημαντικές μεταβολές στο BMI και στο σωματικό λίπος.



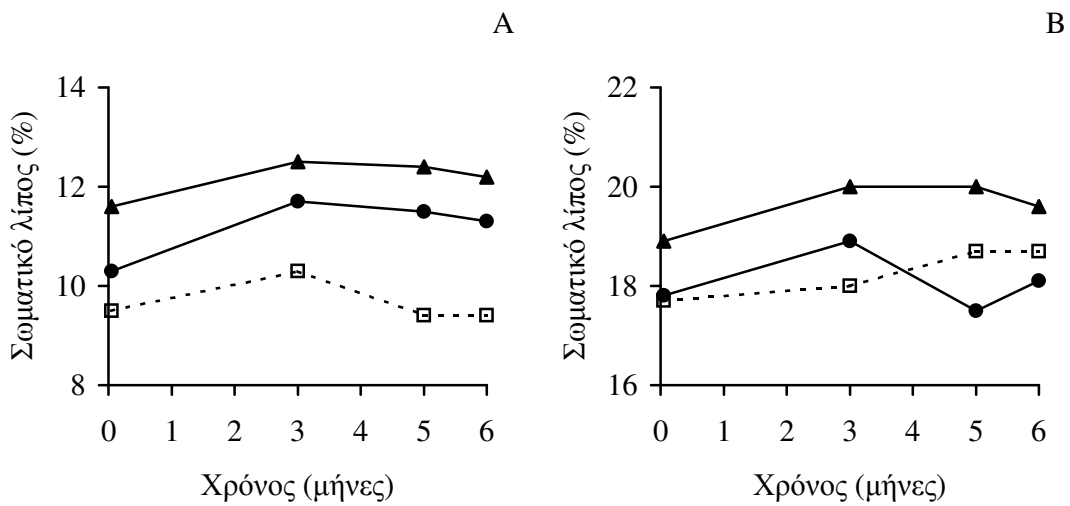
Σχήμα 2. Μέσο ανάστημα των αγοριών (A) και των κοριτσιών (B) κατά τη διάρκεια της μελέτης. ●: ομάδα συμπληρώματος, ▼: ομάδα διαιτολογίου, □: ομάδα ελέγχου.



Σχήμα 3. Μέσο βάρος των αγοριών (A) και των κοριτσιών (B) κατά τη διάρκεια της μελέτης. ●: ομάδα συμπληρώματος, ▼: ομάδα διαιτολογίου, □: ομάδα ελέγχου.



Σχήμα 4. Μέση τιμή BMI των αγοριών (A) και των κοριτσιών (B) κατά τη διάρκεια της μελέτης. ▲: ομάδα συμπληρώματος, ▼: ομάδα διαιτολογίου, □: ομάδα ελέγχου.



Σχήμα 5. Μέσο σωματικό λίπος των αγοριών (A) και των κοριτσιών (B) κατά τη διάρκεια της μελέτης. ▲: ομάδα συμπληρώματος, ▼: ομάδα διαιτολογίου, □: ομάδα ελέγχου.

Η εμμηνορροϊκή κατάσταση των κοριτσιών ήταν παρόμοια μεταξύ των τριών διαιτητικών χειρισμών (πίνακας 2). Κανένα κορίτσι δεν είχε μνηορραγία. Ένα μόνο κορίτσι (στην Α ομάδα) κατέγραψε 192 σερβιέτες κατά την μελέτη, αλλά η κατάσταση σιδήρου της ήταν φυσιολογική.

Πίνακας 2. Εμμηνορροϊκή κατάσταση κολυμβητριών.

Διαιτητικός χειρισμός	A	B	Γ
Αριθμός σερβιετών	411	250	253
Εμμηνορροϊκές κολυμβήτριες*	6	3	5
Ολιγομμηνορροϊκές κολυμβήτριες	1	2	1
Αμμηνορροϊκές κολυμβήτριες		2	1

* Εμμηνορροϊκός κύκλος 21 – 35 ημέρες

Η ημερήσια πρόσληψη διατροφικών στοιχείων, από τους συμμετέχοντες στη μελέτη, παρουσιάζεται στους πίνακες 3 (για τα αγόρια), 4 (για τα κορίτσια) και 5 (συνολικά). Η ANOVA έδειξε σημαντικές διαφορές στην ημερήσια πρόσληψη ενέργειας, υδατανθράκων, λιπών, πρωτεϊνών, σιδήρου, φυλλικού οξέος, βιταμίνης C και φυτικών ινών μεταξύ των ομάδων ($p < 0,001$). Οι διαφορές αυτές επικεντρώθηκαν στην ομάδα B, η οποία υπερτερούσε των δύο άλλων ομάδων (A και Γ) στην πρόσληψη όλων των διατροφικών στοιχείων εκτός του σιδήρου, όπου υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ και των τριών ομάδων λόγω του σχεδιασμού της μελέτης. Η ημερήσια πρόσληψη σιδήρου ήταν 60 ± 3 mg για τα αγόρια και 57 ± 3 mg για τα κορίτσια της ομάδας A, 26 ± 1 mg για τα αγόρια και 25 ± 1 mg για τα κορίτσια της ομάδας B, καθώς και 14 ± 3 mg για τα αγόρια και 9 ± 3 mg για τα κορίτσια της ομάδας Γ. Οι περισσότεροι κολυμβητές/-ήτριες της ομάδας A έλαβαν όλες τις κάψουλες κανονικά, αλλά κάποιοι παρέλειψαν να λάβουν μερικές. Από την καταμέτρηση των κάψουλων που επιστράφηκαν προέκυψε ότι η συμμόρφωσή τους με τη λήψη του συμπληρώματος ήταν 96 ± 3 %. Επίσης δεν αναφέρθηκε καμία ανεπιθύμητη κατάσταση ή παρενέργεια από τους συμμετέχοντες.

Πίνακας 3. Ημερήσια πρόσληψη διατροφικών στοιχείων από τα αγόρια (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση).

Διαιτητικός χειρισμός	A	B	Γ
Ενέργεια (kcal)	2268 ± 464	3393 ± 461*	2619 ± 412
Ενέργεια (kcal/kg)	42 ± 8	58 ± 10*	50 ± 7
Υδατάνθρακες (g)	245 ± 58	389 ± 50*	281 ± 85
Υδατάνθρακες (% ενέργειας)	43,1 ± 2,4	45,9 ± 1,3	42,8 ± 2,8
Λίπη (g)	102 ± 20	141 ± 22*	120 ± 16
Λίπη (% ενέργειας)	40,6 ± 1,8	37,3 ± 1,2	41,5 ± 2,4
Πρωτεΐνες (g)	92 ± 19	140 ± 18*	102 ± 17
Πρωτεΐνες (% ενέργειας)	16,3 ± 1,5	16,5 ± 0,5	15,6 ± 1,1
Σίδηρος (mg)	60 ± 3 [§]	26 ± 1 [§]	14 ± 3 [§]
Ασβέστιο (mg)	1267 ± 204	2160 ± 231*	1421 ± 223
Φυλλικό οξύ (μg)	193 ± 86	864 ± 84*	255 ± 73
Βιταμίνη C (mg)	99 ± 59	444 ± 38*	142 ± 64
Φυτικές ίνες (g)	19 ± 7	41 ± 6*	23 ± 5

* Σημαντικά υψηλότερη από τις ομάδες A ή Γ (p < 0,05).

[§] Σημαντικά διαφορετική από τις άλλες ομάδες (p < 0,001).

Πίνακας 4. Ημερήσια πρόσληψη διατροφικών στοιχείων από τα κορίτσια (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση).

Διαιτητικός χειρισμός	A	B	Γ
Ενέργεια (kcal)	1906 ± 622	3054 ± 76*	1723 ± 633
Ενέργεια (kcal/kg)	36 ± 11	55 ± 5*	33 ± 12
Υδατάνθρακες (g)	228 ± 80	378 ± 11*	186 ± 69
Υδατάνθρακες (% ενέργειας)	47,6 ± 6,1	49,4 ± 0,3	43,0 ± 4,6
Λίπη (g)	77 ± 29	118 ± 2*	76 ± 34
Λίπη (% ενέργειας)	36,6 ± 6,0	34,9 ± 0,3	38,9 ± 6,0
Πρωτεΐνες (g)	74 ± 22	117 ± 4*	74 ± 24
Πρωτεΐνες (% ενέργειας)	15,8 ± 2,5	15,3 ± 0,2	17,8 ± 3,4
Σίδηρος (mg)	57 ± 3 [¶]	25 ± 1 [¶]	9 ± 3 [¶]
Ασβέστιο (mg)	1158 ± 366	1808 ± 98	1051 ± 257
Φυλλικό οξύ (μg)	192 ± 75	849 ± 30*	214 ± 84
Βιταμίνη C (mg)	141 ± 86	462 ± 30*	130 ± 42
Φυτικές ίνες (g)	17 ± 6	44 ± 1*	14 ± 6

* Σημαντικά υψηλότερη από τις ομάδες A ή Γ (p < 0,05).

[¶] Σημαντικά διαφορετική από τις άλλες ομάδες (p < 0,001).

Πίνακας 5. Ημερήσια πρόσληψη διατροφικών στοιχείων από αγόρια και κορίτσια μαζί (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση).

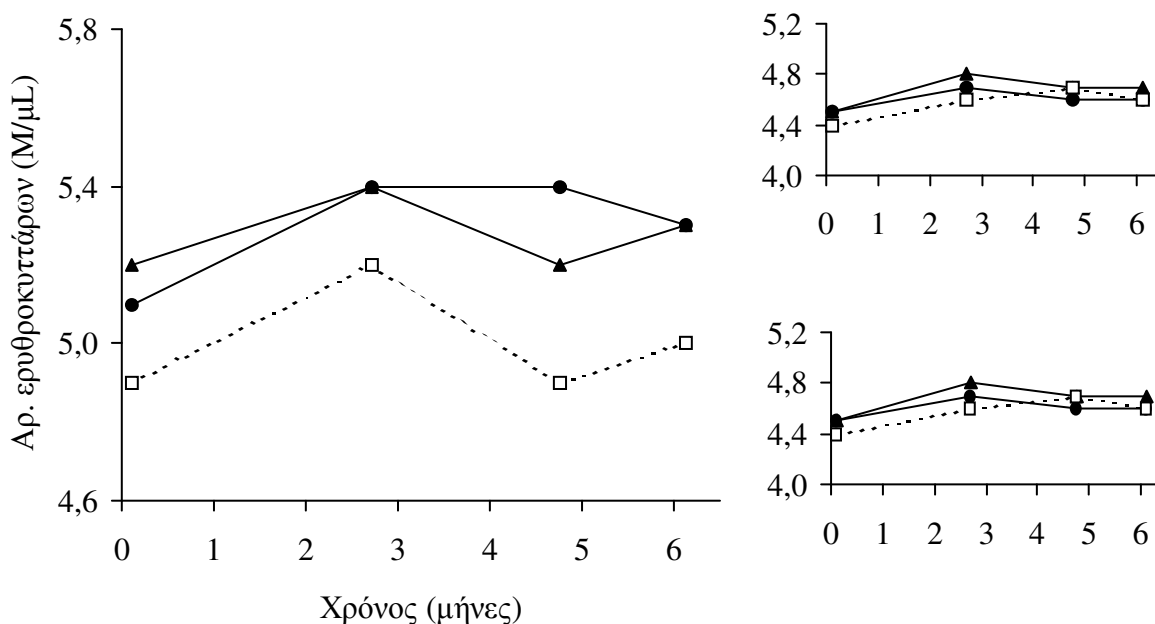
Διαιτητικός χειρισμός	A	B	Γ
Ενέργεια (kcal)	2087 ± 560	3223 ± 363*	2171 ± 692
Ενέργεια (kcal/kg)	39 ± 10	57 ± 8*	42 ± 13
Υδατάνθρακες (g)	236 ± 68	383 ± 35*	233 ± 78
Υδατάνθρακες (% ενέργειας)	45 ± 5	48 ± 2	43 ± 4
Λίπη (g)	90 ± 27	130 ± 19*	98 ± 34
Λίπη (% ενέργειας)	39 ± 5	36 ± 1	40 ± 5
Πρωτεΐνες (g)	83 ± 22	128 ± 17*	88 ± 25
Πρωτεΐνες (% ενέργειας)	16 ± 2	16 ± 1	17 ± 3
Σίδηρος (mg)	58 ± 3 [¶]	26 ± 1 [¶]	12 ± 4 [¶]
Ασβέστιο (mg)	1213 ± 290	1984 ± 250*	1236 ± 300
Φυλλικό οξύ (μg)	192 ± 77	856 ± 61*	235 ± 79
Βιταμίνη C (mg)	120 ± 74	453 ± 34*	136 ± 52
Φυτικές ίνες (g)	18 ± 6	42 ± 4*	18 ± 7

* Σημαντικά υψηλότερη από τις ομάδες A ή Γ (p < 0,05).

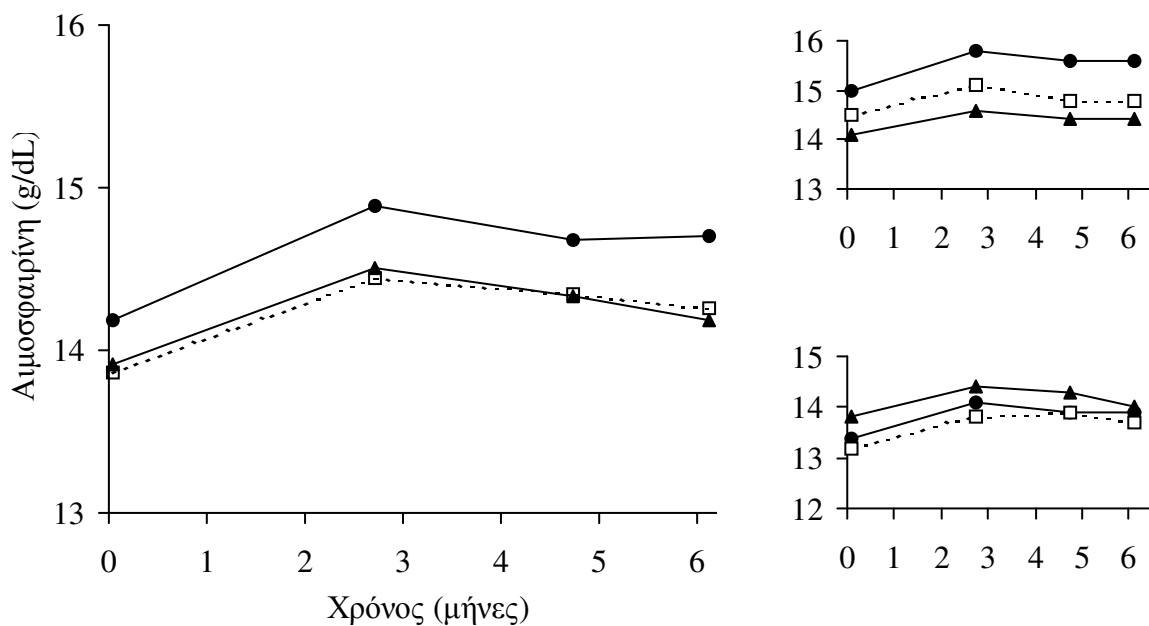
[¶] Σημαντικά διαφορετική από τις άλλες ομάδες (p < 0,001).

Ούτε η αλληλεπίδραση μεταξύ διατροφικού χειρισμού και χρόνου ούτε η κύρια επίδραση του διατροφικού χειρισμού βρέθηκε να είναι σημαντική σε σχέση με τις αιματολογικές παραμέτρους, τις βιοχημικές παραμέτρους και τις παραμέτρους απόδοσης (παρουσιάζονται στα σχήματα 6 – 17). Γι' αυτό το λόγο και χάριν απλότητας, η περιγραφική στατιστική παρουσιάζεται παρακάτω συνολικά και για τα τρεις ομάδες ($n = 42$), παρ' ότι στα σχήματα η κάθε ομάδα εμφανίζεται ξεχωριστά.

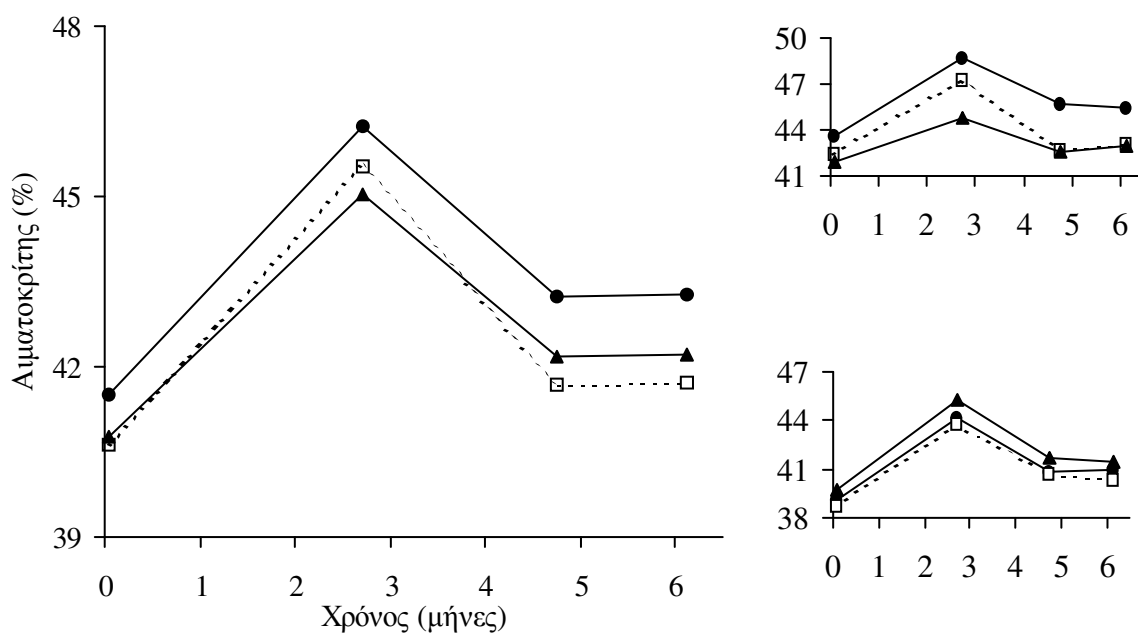
Οι αιματολογικές παράμετροι παρουσιάζονται στα σχήματα 6 ως 8. Σημαντική ήταν η κύρια επίδραση του χρόνου και στις τρεις παραμέτρους. Κατά την πρώτη φάση της μελέτης (μέτριας έντασης προπόνηση αερόβιας ικανότητας), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στον αριθμό ερυθροκυττάρων (από $4,8 \pm 0,4$ σε $5,0 \pm 0,5$ M/ μ L), στη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης (από $14,0 \pm 0,9$ σε $14,6 \pm 0,9$ g/dL) και στον αιματοκρίτη (από $41,0 \pm 2,6$ σε $45,6 \pm 2,5$ %, $p < 0,001$ και για τις τρεις παραμέτρους). Οι τιμές αυτές μειώθηκαν σημαντικά σε $4,9 \pm 0,5$ M/ μ L, $14,4 \pm 0,9$ g/dL και $42,4 \pm 2,9$ %, ($p \leq 0,05$), κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης (έντονης προπόνησης) και δεν μεταβλήθηκαν κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης (φορμάρισμα). Οι τιμές στο τέλος της μελέτης ($4,9 \pm 0,4$ M/ μ L, $14,4 \pm 1,0$ g/dL και $42,4 \pm 2,8$ %,) ήταν σημαντικά υψηλότερες συγκρινόμενες με τις αρχικές ($p < 0,001$).



Σχήμα 6. Αριθμός ερυθροκυττάρων των ομάδων Α (●), Β (▼) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

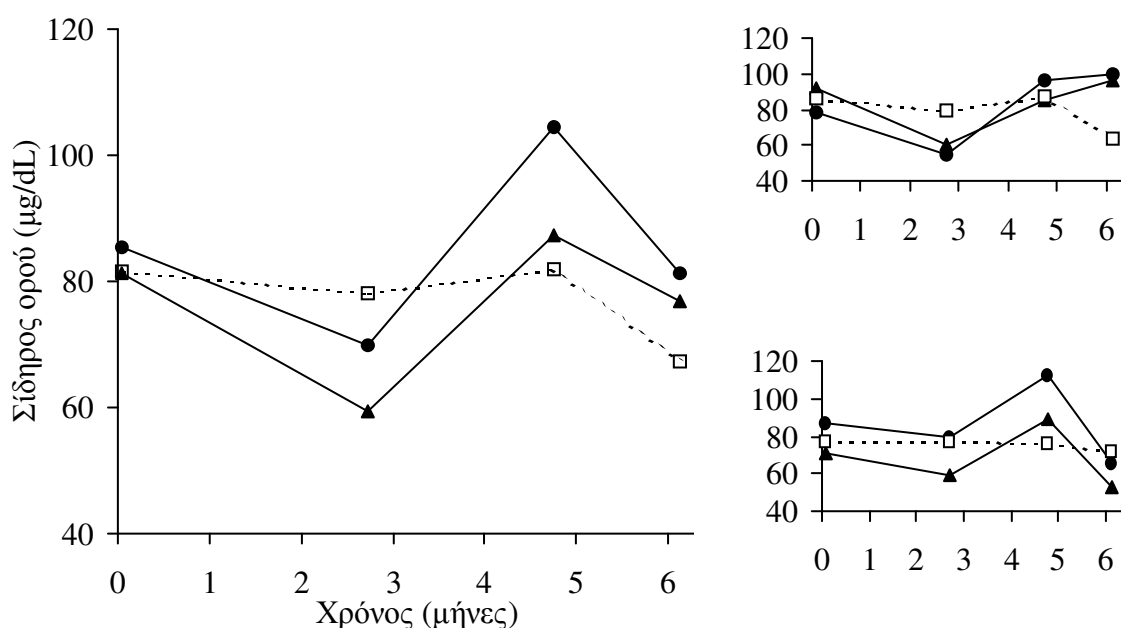


Σχήμα 7. Αιμοσφαιρίνη των ομάδων A (●), B (▲) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).



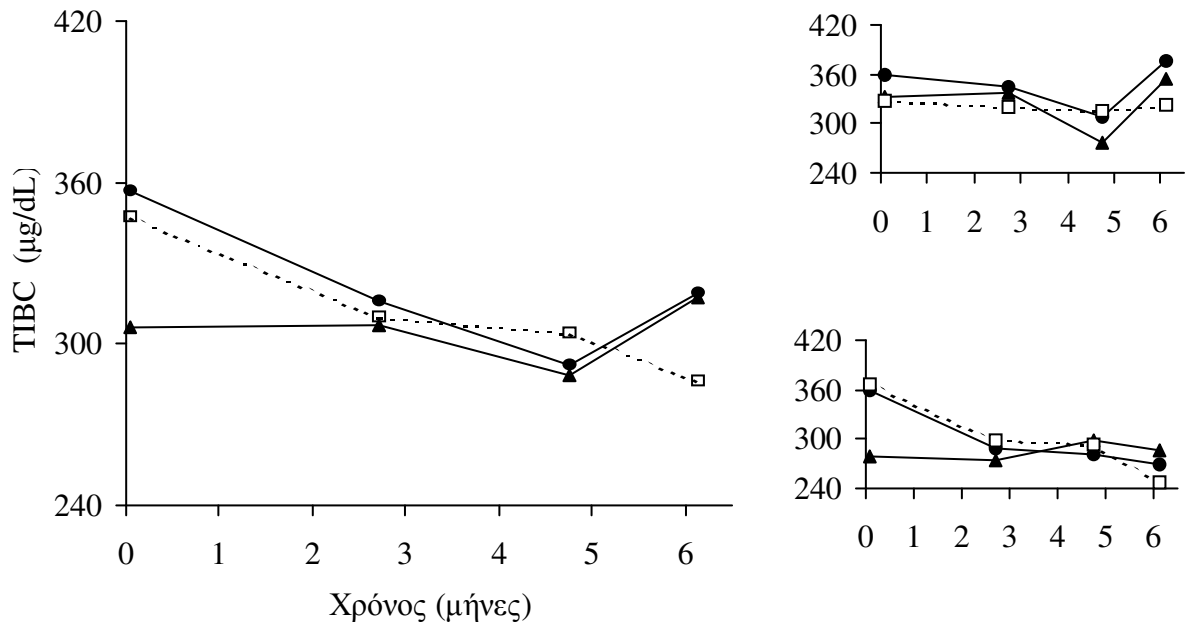
Σχήμα 8. Αιματοκρίτης των ομάδων A (●), B (▲) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

Σε ό,τι αφορά τις βιοχημικές παραμέτρους (σχήματα 9 ως 12), βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του χρόνου στη συγκέντρωση του σιδήρου, στην TIBC και στον κορεσμό τρανσφερίνης ($p < 0,01$). Ο σίδηρος παρουσίασε σημαντική μείωση κατά την πρώτη φάση (από 83 ± 30 σε 69 ± 30 $\mu\text{g/dL}$, $p < 0,05$), ακολουθούμενη από σημαντική αύξηση σε 91 ± 27 $\mu\text{g/dL}$ ($p = 0,001$) κατά τη δεύτερη φάση και πάλι σημαντική μείωση σε 75 ± 33 $\mu\text{g/dL}$ ($p < 0,01$) κατά την τρίτη φάση. Οι τελικές τιμές δεν διέφεραν σημαντικά από τις αρχικές (σχήμα 9).

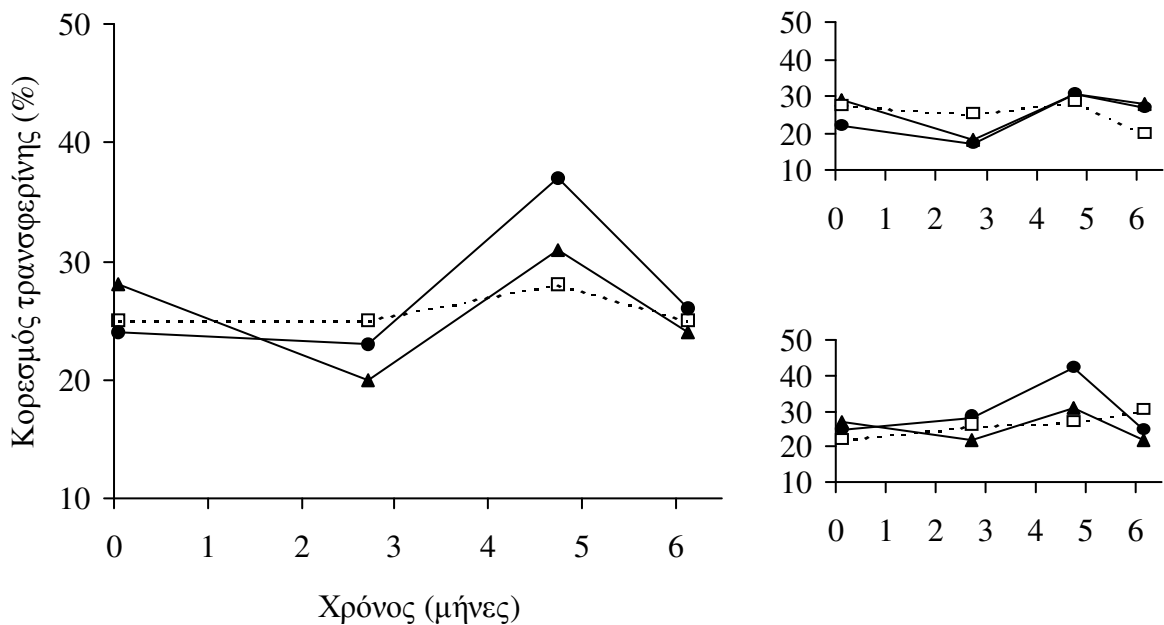


Σχήμα 9. Σίδηρος ορού των ομάδων A (●), B (▲) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

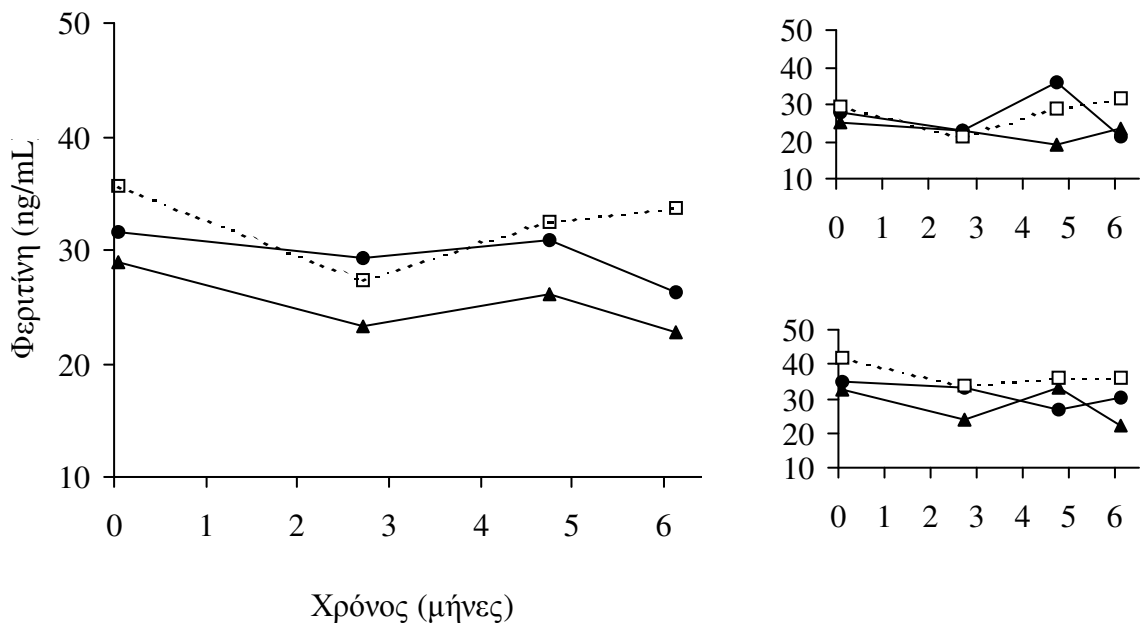
Η TIBC ελαττώθηκε κατά τη διάρκεια της μελέτης και ήταν σημαντικά χαμηλότερη από την αρχική τιμή (337 ± 58 $\mu\text{g/dL}$) σε όλα τα επόμενα χρονικά σημεία (κατά σειρά, 311 ± 56 , 295 ± 44 και 307 ± 64 $\mu\text{g/dL}$ $p \leq 0,01$, σχήμα 10). Ο κορεσμός τρανσφερίνης έδειξε παρόμοια διακύμανση με τη συγκέντρωση σιδήρου (με υψηλότερη τιμή $31,8 \pm 11,1$ % μετά τη δεύτερη φάση), με τη διαφορά ότι η μεταβολή κατά την πρώτη φάση δεν ήταν σημαντική (σχήμα 11). Τέλος, η συγκέντρωση φεριτίνης δεν μεταβλήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της μελέτης, αν και συνολικά μειώθηκε από $32,1 \pm 18,9$ σε $27,6 \pm 17,4$ ng/mL (σχήμα 12).



Σχήμα 10. TIBC των ομάδων Α (●), Β (▲) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

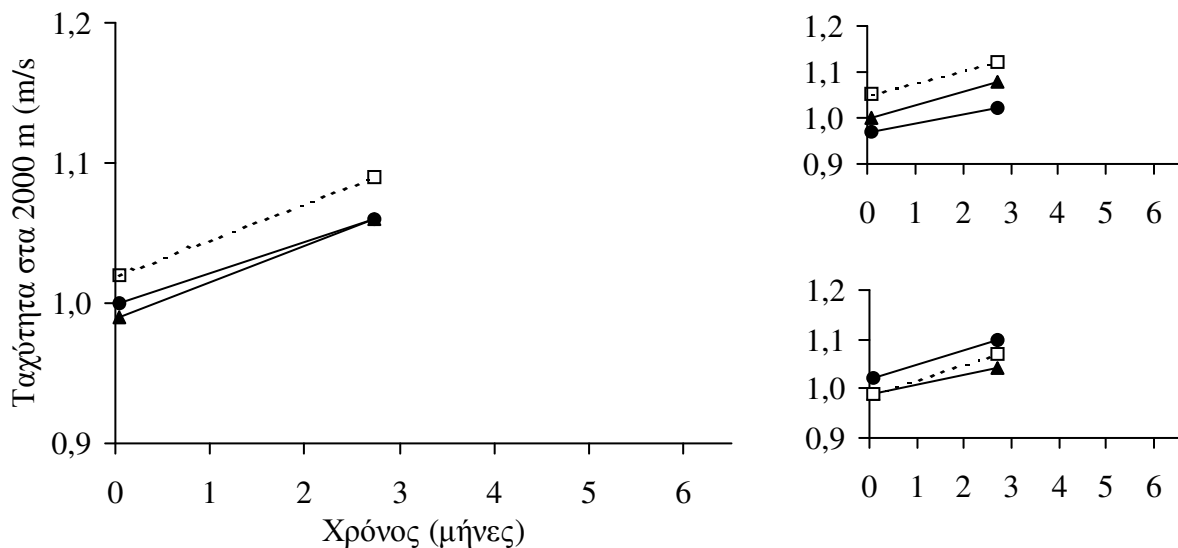


Σχήμα 11. Κορεσμός τρανσφερίνης των ομάδων Α (●), Β (▲) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

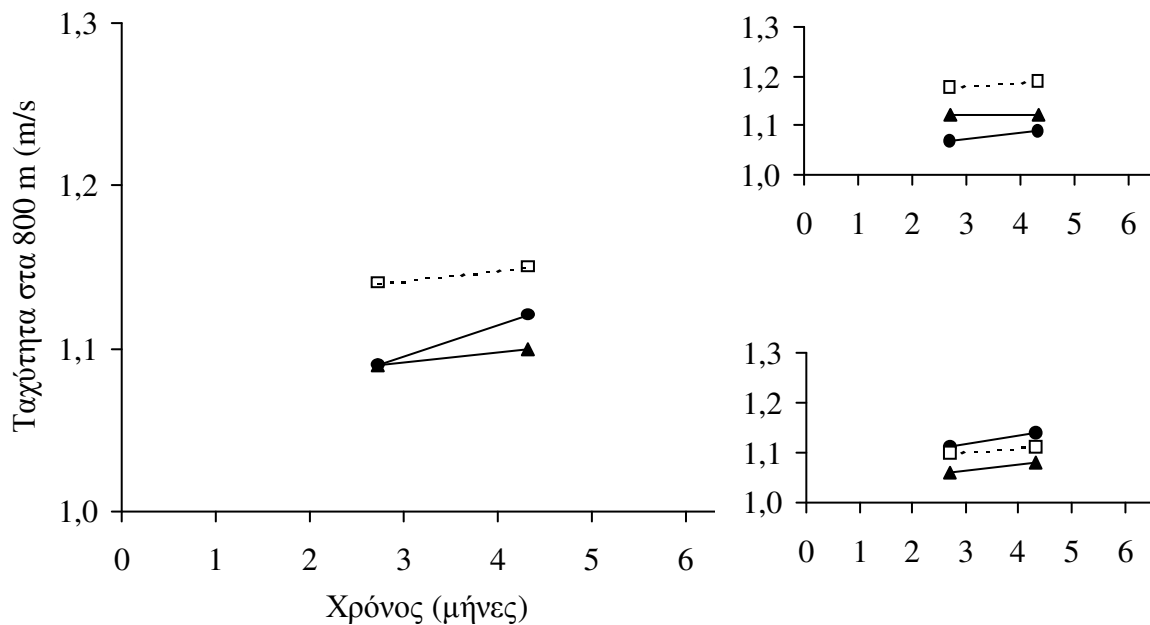


Σχήμα 12. Φερίτινη των ομάδων Α (●), Β (▲) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

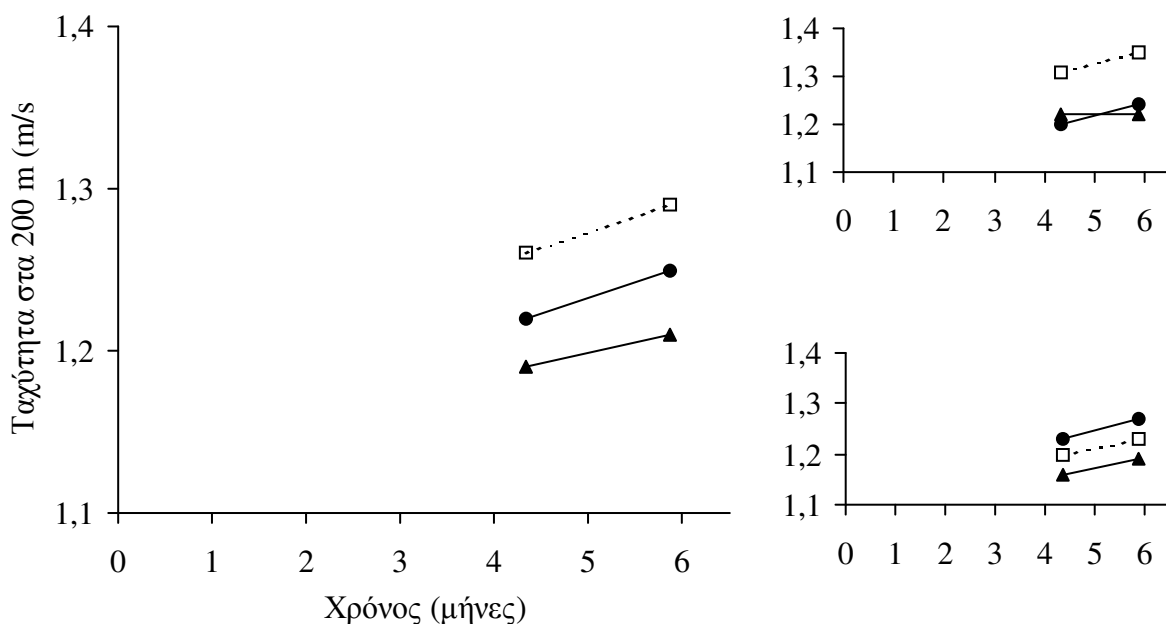
Τα αποτελέσματα των κολυμβητικών δοκιμασιών παρουσιάζονται στα σχήματα 13 ως 17. Η απόδοση στα 2000, 800 και 200 m αυξήθηκε σημαντικά με την πάροδο του χρόνου δίχως οι ομάδες να παρουσιάσουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ($p < 0,01$, σχήματα 13 – 15).



Σχήμα 13. Ταχύτητα στα 2000 m κολύμβησης των ομάδων Α (●), Β (▲) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

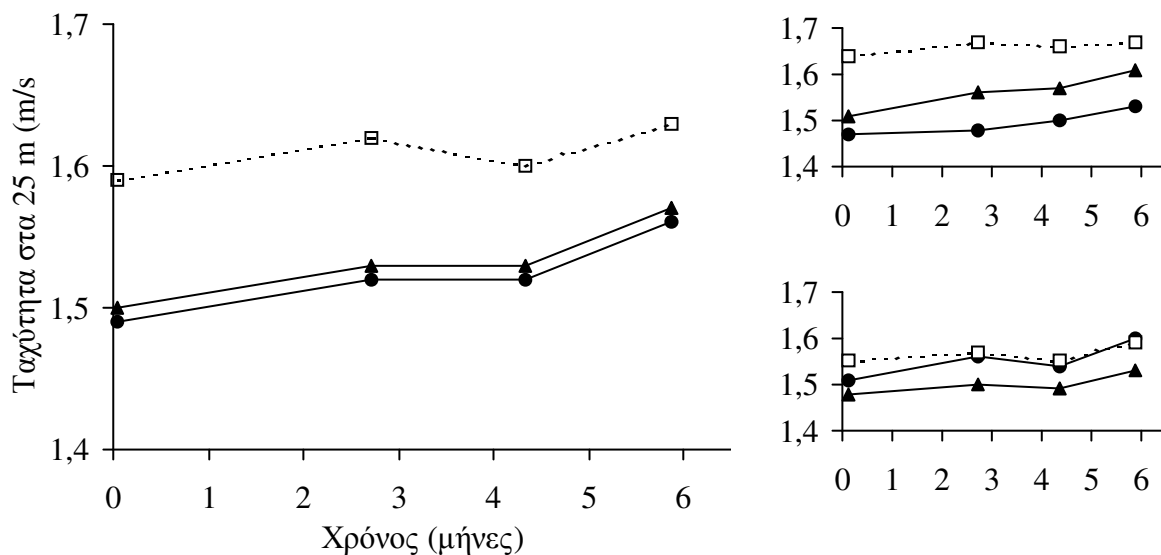


Σχήμα 14. Ταχύτητα στα 800 m κολύμβησης των ομάδων Α (♣), Β (♣) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

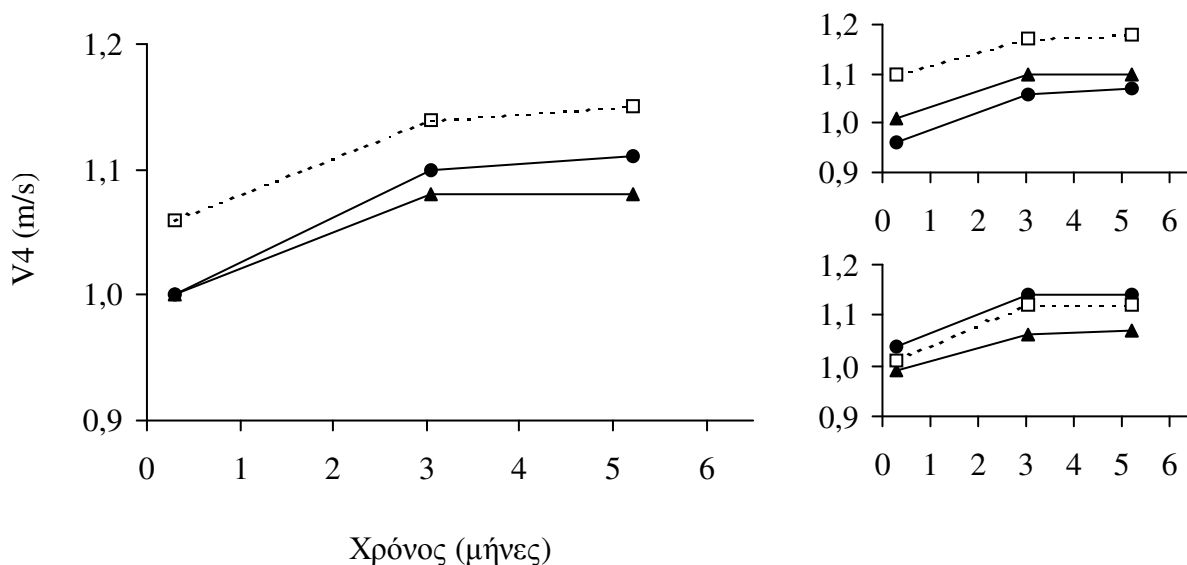


Σχήμα 15. Ταχύτητα στα 200 m κολύμβησης των ομάδων Α (♣), Β (♣) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

Η απόδοση στα 25 m αυξήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της πρώτης και της τρίτης φάσης, καθώς και συνολικά ($p < 0,01$, σχήμα 16). Τέλος, η V4 αυξήθηκε σημαντικά από την αρχική στη δεύτερη και τρίτη μέτρηση ($p < 0,001$, σχήμα 17).



Σχήμα 16. Ταχύτητα στα 25 m κολύμβησης των ομάδων Α (♣), Β (♣) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).



Σχήμα 17. Ταχύτητα κολύμβησης που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού οξέος 4 mmol/L αίματος των ομάδων Α (♣), Β (♣) και Γ (□) κατά τη διάρκεια της μελέτης για το σύνολο των συμμετεχόντων (αριστερά), τα αγόρια (πάνω δεξιά) και τα κορίτσια (κάτω δεξιά).

Καμία σημαντική συσχέτιση δεν βρέθηκε μεταξύ της πρόσληψης σιδήρου και κάποιας αιματολογικής παραμέτρου, βιοχημικής παραμέτρου ή παραμέτρου απόδοσης για το σύνολο των συμμετεχόντων. Από τα άλλα θρεπτικά συστατικά, των οποίων η πρόσληψη θα μπορούσε να επηρεάσει την κατάσταση σιδήρου (δηλ. ασβέστιο, φυλλικό οξύ, βιταμίνη C και φυτικές ίνες), μόνο η πρόσληψη βιταμίνης C σχετίστηκε θετικά με το σίδηρο ορού στην τρίτη μέτρηση ($r = 0,33$, $p = 0,038$). Ακόμη, παρατηρήθηκαν κάποιες σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ βιοχημικών παραμέτρων στη δεύτερη μέτρηση και συγκεκριμένα του σιδήρου με τη φεριτίνη ($r = 0,36$, $p = 0,021$), του κορεσμού τρανσφερίνης με τη φεριτίνη ($r = 0,51$, $p = 0,001$) και της TIBC με τη φεριτίνη ($r = -0,38$, $p = 0,014$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη παρακολούθησαμε τη διατροφή, την κατάσταση σιδήρου και την απόδοση 42 έφηβων κολυμβητών/-τριών κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής περιόδου έξι μηνών, η οποία περιλάμβανε προπόνηση αντοχής, μικτή προπόνηση αερόβιας-αναερόβιας κατεύθυνσης και φορμάρισμα κάτω από τρεις διαφορετικούς διαιτητικούς χειρισμούς: χορήγηση συμπληρώματος σιδήρου, διαιτολόγιο πλούσιο σε σίδηρο και μη ελεγχόμενη (ελεύθερη) διατροφή. Μετά από έρευνα της βιβλιογραφίας διαπιστώσαμε ότι είναι η πρώτη μελέτη που καταγράφει την επίδραση διαφορετικών προπονητικών προγραμμάτων και προσλήψεων σιδήρου στην κατάσταση σιδήρου εφήβων αθλητών για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα. Το ενδιαφέρον της μελέτης ήταν το τι συμβαίνει στους υγιείς έφηβους αθλητές, αφού υπάρχει πλήθος ερευνών χορήγησης συμπληρωμάτων σιδήρου σε σιδηροπενικούς ή και αναιμικούς αθλητές (Brigham et al., 1993· Fogelholm, Jaakkola, Lampisjarvi, 1992· Friedmann et al., 2001· Hinton, Giordano, Brownlie, and Haas, 2000). Η επιλογή αυτή στηρίχτηκε στην παρατήρηση ότι είναι συχνή η χορήγηση συμπληρωμάτων σιδήρου σε εφήβους/-ες, κολυμβητές/-ήτριες χωρίς συμπτώματα σιδηροπενίας.

Η ανάλυση διατροφής των συμμετεχόντων έδειξε σημαντικά υψηλότερη πρόσληψη ενέργειας και μακροθρεπτικών συστατικών από την ομάδα Β (με το δοσμένο διαιτολόγιο) σε σύγκριση με τις ομάδες Α και Γ (πίνακες 3 – 5). Το εύρημα αυτό δεν συμβιβάζεται με το ότι οι τρεις ομάδες είχαν παρόμοιες μεταβολές στο σωματικό βάρος και ύψος κατά τη διάρκεια της μελέτης, καθώς και την ίδια σωματική δραστηριότητα. Υποθέτουμε ότι οι παρατηρηθείσες διαφορές οφείλονται στην ελλιπή καταγραφή (underreporting) της πρόσληψης τροφής από τους αθλητές των ομάδων Α και Γ ως αποτέλεσμα παραλείψεων και υποτίμησης των ποσοτήτων της τροφής. Αντίθετα οι κολυμβητές της ομάδας Β χρειαζόταν απλά να ακολουθούν ένα καταγεγραμμένο διαιτολόγιο, που ετοιμαζόταν από τους γονείς οι οποίοι είχαν επιφορτιστεί και με την παρακολούθηση της σωστής εφαρμογής του. Η ελλιπής καταγραφή υποστηρίζεται ακόμη από το γεγονός ότι η ημερήσια πρόσληψη ενέργειας (σε kcal/kg σωματικού βάρους) που αναφέρθηκε από τους κολυμβητές των ομάδων Α και Γ (πίνακες 3 – 5) ήταν ίση ή χαμηλότερη ακόμη και από τη απαιτούμενη ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη συνομήλικων μη αθλητών (49 kcal/kg για τα αγόρια και 41 kcal/kg για τα κορίτσια, European Commission, 1994). Βάσει της σύγκρισης της ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης (σε kcal/kg) μεταξύ των ομάδων Α και Γ από τη μία πλευρά και Β από την

άλλη, προκύπτει μια μέση υποτίμηση κατά 29 %, που είναι μέσα στα όρια τα οποία αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία, ιδιαίτερα για έφηβους (Hill and Davies, 2001· Schoeller, 1995). Μάλιστα, έχουν αναφερθεί ακόμη υψηλότερες εκτιμήσεις ελλειπών καταγραφής της τροφής (43 %) από νεαρές κολυμβήτριες κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου υψηλού όγκου προπόνησης (Trappe, Gastaldelli, Jozsi, Troup, and Wolfe, 1997)

Η ημερήσια πρόσληψη σιδήρου μέσω της συνήθους διατροφής ήταν παρόμοια μεταξύ των ομάδων Α (εξαιρώντας το συμπλήρωμα σιδήρου) και Γ, με μέσο όρο 13 mg για τα αγόρια και 10 mg για τα κορίτσια. Αν αυτές οι τιμές διορθωθούν σύμφωνα με την προκύψασα ελλιπή καταγραφή, θα ανέλθουν σε 19 και 14 mg, αντίστοιχα, τιμές ίδιες με αυτές που έχουν αναφερθεί για Σουηδούς εφήβους (Samuelsen, Bratteby, Berggren, Elverby, and Kempe, 1996). Η τιμή των αγοριών είναι αρκετά πάνω από τις πρόσφατα προταθείσες ΣΗΠ σιδήρου (Standing Committee, 2000c), δηλ. 7,9 mg για τις ηλικίες 9-13 και 10,8 mg για τις ηλικίες 14-18 (μάλιστα, η τιμή των αγοριών ήταν πάνω από τη ΣΗΠ ακόμη και πριν τη διόρθωση). Η τιμή των κοριτσιών είναι πάνω ή κοντά στη ΣΗΠ (Standing Committee, 2000c), δηλ. 8,3 mg για τις ηλικίες 9-13 και 14,8 mg για τις ηλικίες 14-18 ετών. Δεδομένου, άλλωστε, ότι όλοι οι συμμετέχοντες είχαν φυσιολογική κατάσταση σιδήρου, φαίνεται ότι η πρόσληψη σιδήρου μέσω της συνήθους διατροφής ήταν επαρκής. Ενδιαφέρον επίσης είναι ότι η πρόσληψη σιδήρου μέσω της συνήθους διατροφής ήταν 5,4 mg για κάθε 1000 kcal, τιμή που είναι κοντά σ' αυτήν που αναφέρεται στην βιβλιογραφία (6 mg/1000 kcal) ως η περιεκτικότητα σε σίδηρο της τυπικής δυτικού τύπου διατροφής (Nielsen et al., 1998), ενώ η πρόσληψη σιδήρου από το δοσμένο διαιτολόγιο της ομάδας Β ήταν 1,5 φορά υψηλότερη (8,0 mg/1000 kcal). Οι συμμετέχοντες στην ομάδα Β ελάμβαναν, κατά μέσο όρο, 2,4 φορές τη ΣΗΠ για σίδηρο, ενώ εκείνοι της ομάδας Α ελάμβαναν 4,0 φορές τη ΣΗΠ ως συμπλήρωμα (επιπλέον του σιδήρου της τροφής).

Η ημερήσια πρόσληψη φυλλικού οξέος (σημαντικού για την ερυθροποίηση) ξεπερνούσε την πρόσφατα προταθείσα ΣΗΠ των 400 μg (Standing Committee, 2000b) μόνο στην ομάδα Β. Η πρόσληψη βιταμίνης C (η οποία διευκολύνει την απορρόφηση του μη αιμικού σιδήρου) ήταν πάνω από την πρόσφατα προταθείσα ΣΗΠ (45-75 mg, Standing Committee, 2000a), ενώ η πρόσληψη του ασβεστίου, το οποίο συσχετίζεται αρνητικά με την κατάσταση σιδήρου (Hallberg, 1998· van de Vijver et al., 1999), ήταν περίπου 1700 mg/ημέρα για τις ομάδες Α και Γ μετά τη διόρθωση της ελλειπών καταγραφής και 2000 mg/ημέρα για την ομάδα Β. Αυτές οι τιμές είναι πάνω από τις

πρόσφατα προταθείσες επαρκείς προσλήψεις των 1300 mg για εφήβους (Standing Committee, 1999). Τέλος, η πρόσληψη φυτικών ινών (οι οποίες μειώνουν την πρόσληψη σιδήρου) μέσω της συνήθους διατροφής (περίπου 25 g/ημέρα για τις ομάδες Α και Γ μετά τη διόρθωση της ελλειπούς καταγραφής) ήταν μέσα στα συνιστώμενα όρια πρόσληψης των 20-35 g/ημέρα (Committee on Diet and Health, 1989), ενώ η πρόσληψή τους μέσω του δοσμένου διαιτολογίου (42 g/ημέρα) ξεπερνούσε τις συστάσεις. Συνδυάζοντας αυτά τα δεδομένα με την έλλειψη σημαντικών συσχετίσεων μεταξύ των προσλήψεων των παραπάνω θρεπτικών συστατικών και της κατάστασης σιδήρου στην παρούσα μελέτη, συμπεραίνουμε ότι αυτές οι προσλήψεις ήταν μέσα σε όρια που δεν επηρεάζουν την κατάσταση σιδήρου.

Υπάρχει έλλειψη μελετών σε εφήβους κολυμβητές με καταγραφή της κατάστασης σιδήρου κατά τη διάρκεια μιας μακράς προπονητικής περιόδου, όπως έγινε στην παρούσα μελέτη. Οι σχετικές μελέτες έχουν διάρκεια παρατήρησης 5 – 26 εβδομάδες και οι περισσότερες δεν έχουν δείξει σημαντική επίδραση της προπόνησης σε αιματολογικές και βιοχημικές παραμέτρους, όπως ο αιματοκρίτης, η αιμοσφαιρίνη, ο σίδηρος ορού και η φεριτίνη (Lukaski et al., 1990· Pizza et al., 1997· Rowland et al., 1989· Willan et al., 1981). Μια μελέτη ανέφερε μείωση της αιμοσφαιρίνης και της φεριτίνης σε σιδηροπενικές κολυμβήτριες κατά τη διάρκεια αγωνιστικής περιόδου (Brigham et al., 1993), ενώ μια άλλη βρήκε ελάττωση της αιμοσφαιρίνης (όχι όμως και άλλων αιματολογικών παραμέτρων) σε κολυμβητές μετά από 8 – 9 εβδομάδες προπόνησης (Pizza et al., 1997). Από την άλλη πλευρά, η αιμοσφαιρίνη (Mujika et al., 1998) και η φεριτίνη (Lukaski et al., 1990) αυξήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Με χρόνο παρατήρησης ανάλογο της παρούσας έρευνας βρέθηκε μόνο μια μελέτη, η οποία έγινε σε κολυμβητές 10 – 12 ετών και βρήκε εξασθένηση των αποθηκών σιδήρου (Spodaryk, 2002). Οι παραπάνω αντιφάσεις της βιβλιογραφίας οφείλονται μάλλον σε διαφορές στο φύλο, στην ηλικία, στο αγωνιστικό επίπεδο, στην κατάσταση σιδήρου, στο σχεδιασμό της προπόνησης, στην περίοδο παρατήρησης και στη διατροφή.

Η βελτίωση της απόδοσης σε όλες τις δοκιμασίες κολύμβησης δείχνει ότι το προπονητικό πρόγραμμα που εφαρμόστηκε ήταν ικανό να επιφέρει θετικές φυσιολογικές προσαρμογές. Στη μελέτη μας, οι αιματολογικές παράμετροι (αριθμός ερυθροκυττάρων, αιματοκρίτης και αιμοσφαιρίνη) μεταβλήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια των διαφορετικών φάσεων της προπονητικής περιόδου (σχήματα 6 – 8). Και οι τρεις παράμετροι αυξήθηκαν σημαντικά στους τρεις πρώτους μήνες προπόνησης

μάλλον λόγω προσαρμογών στο μέτριας έντασης αερόβιο πρόγραμμα. Οι ίδιες παράμετροι μειώθηκαν σημαντικά στους δύο επόμενους μήνες της εντονότερης προπόνησης. Οι σημαντικά υψηλότερες τιμές των τριών αιματολογικών παραμέτρων στο τέλος της μελέτης σε σύγκριση με τις αρχικές, είναι μάλλον αποτέλεσμα προσαρμογών στο προπονητικό πρόγραμμα, εποχιακών διακυμάνσεων και/ή βιολογικής ωρίμανσης (Willows, Grimston, Smith, and Hanley, 1995· Yip, Johnson, and Dallman, 1984). Οποσδήποτε, αυτές οι αυξήσεις ήταν σχετικά μικρές (από 2,0 έως 4,3 %) και αμφισβητήσιμης φυσιολογικής σημασίας. Όσον αφορά τις σημαντικές διακυμάνσεις του σιδήρου, TIBC, και του κορεσμού τρανσφερίνης, αυτές είναι πιθανώς προσαρμογές στις διαφορετικές απαιτήσεις κάθε φάσης προπόνησης, δεδομένου ότι, γενικά, κινήθηκαν κατά τρόπο παρόμοιο στη διάρκεια της παρέμβασης και σε στις τρεις ομάδες.

Η φερίτινη δεν έδειξε σημαντικές μεταβολές κατά τη διάρκεια της μελέτης, ενώ έτεινε να μειωθεί συνολικά. Επιπροσθέτως, δεν συσχετίστηκε με την πρόσληψη του σιδήρου, κάτι που είναι σύμφωνο με τη σχετική βιβλιογραφία (Samuelson et al., 1996· Telford, Cunningham, Deakin, and Kerr, 1993). Η αποτυχία της υψηλής πρόσληψης σιδήρου, είτε μέσω συμπληρώματος (ομάδα Α) είτε μέσω πλούσιου σε σίδηρο διαιτολογίου (ομάδα Β), να επηρεάσει την κατάσταση σιδήρου μπορεί να αποδοθεί σε ομοιοστατικούς μηχανισμούς, οι οποίοι διατηρούν την αιμοσφαιρίνη και τις αποθήκες σιδήρου μέσα σε φυσιολογικά όρια. Αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν κυρίως τη ρύθμιση της απορρόφησης του σιδήρου (Haymes, 1998). Σε συμφωνία με την παρούσα μελέτη είναι και τα ευρήματα των Roughead και Hunt (2000), οι οποίοι αναφέρουν μείωση της απορρόφησης του μη αιμικού σιδήρου εξαιτίας της χορήγησης συμπληρώματος σιδήρου παρόμοιου με το δικό μας (50 mg/ημέρα με τη μορφή θεικού δισθενούς σιδήρου).

Όπως ήταν αναμενόμενο από την έλλειψη σημαντικής επίδρασης των διατροφικών χειρισμών στην κατάσταση σιδήρου και από την έλλειψη σημαντικών συσχετίσεων μεταξύ της πρόσληψης σιδήρου και της κατάστασης σιδήρου, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ομάδων στις παραμέτρους της απόδοσης ή σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της πρόσληψης σιδήρου και της απόδοσης (Deuster et al., 1991). Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με την πλειονότητα των σχετικών μελετών σε υγιείς ενήλικους αθλητές (συνοψίζονται από τους Nielsen και Nachtigall, 1998), που δείχνουν ότι τα συμπληρώματα σιδήρου δεν βελτιώνουν την απόδοση.

Συμπερασματικά, οι κύριες αιματολογικές παράμετροι υγιών εφήβων κολυμβητών και κολυμβητριών μεταβλήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής περιόδου έξι μηνών ανάλογα με το είδος της προπονητικής επιβάρυνσης, με πιο αξιοσημείωτη αλλαγή την αύξησή τους κατά το αρχικό τρίμηνο της προπόνησης αντοχής. Ωστόσο, ούτε η κατάσταση σιδήρου ούτε η κολυμβητική απόδοση επηρεάστηκε από την πρόσθετη πρόσληψη σιδήρου είτε με τη μορφή συμπληρώματος (47 mg/ημέρα) είτε με τη μορφή πλούσιας σε σίδηρο διατροφής (η οποία παρείχε, κατά μέσο όρο, 26 mg/ημέρα). Τα ευρήματά μας υποδεικνύουν ότι η συνήθης διατροφή των περισσότερων εφήβων κολυμβητών καλύπτει τις απαιτήσεις σε σίδηρο και ότι οι γονείς ή οι προπονητές που ανησυχούν για μειωμένη απόδοση δεν δικαιολογούνται να τη συσχετίζουν με τη χαμηλή (όμως, μέσα στα φυσιολογικά όρια) κατάσταση σιδήρου και να προσπαθούν να τη διορθώσουν με συμπληρώματα σιδήρου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alencar, L.E., Martinez, A., Fernandez, C., Garaulet, M., Perez-Llamas, F., and Zamora, S. (2000). Dietary intake in adolescents from south-east Spain and its relationship with physical activity. *Nutricion Hospitalaria* 15: 51-57.
- Baer, D.M., Tekawa, I.S., and Hurley, L.B. (1994). Iron stores are not associated with acute myocardial infarction. *Circulation* 89: 2915-2918.
- Balaban, E.P. (1992). Sports anemia. *Clinical Sports Medicine* 11: 313-325.
- Balaban, E.P., Cox, J.V., Snell, P., Vaughan, R.H., and Frenkel, E.P. (1989). The frequency of anemia and iron deficiency in the runner. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21: 643-648.
- Bartsch, P., Mairbaur, H., and Friedmann, B. (1998). [Pseudo-anemia caused by sports]. *Therapeutische Umschau* 55: 251-255.
- Baynes, R.D. (1994). American Society of Hematology meeting. *Lancet* 344: 1762-1763.
- Beard, J., and Tobin, B. (2000). Iron status and exercise. *American Journal of Clinical Nutrition* 72: 594S-597S.
- Beard, L.J. (2000). Iron requirements in adolescent females. *Journal of Nutrition* 130: 440S-442S.
- Berning, R.J., Troup, P.J., VanHandel, J.P., Daniels J., and Daniels N. (1991). The nutritional habits of young adolescent swimmers. *International Journal of Sport Nutrition* 1: 240-248.
- Blee, T., Goodman, C., Dawson, B., and Stapff, A. (1999). The effect of intramuscular iron injections on serum ferritin levels and physical performance in elite netballers. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2: 311-321.
- Bourque, S.P., Pate, R.R., and Branch, J.D. (1997). Twelve weeks of endurance exercise training does not affect iron status measures in women. *Journal of the American Dietetic Association* 97: 1116-1121.
- Boydjiev, N., and Taralov, Z. (2000). Red blood cell variables in highly trained pubescent athletes: a comparative analysis. *British Journal of Sports Medicine* 34: 200-204.
- Brigham, D.E., Beard, J.L., Krimmel, R.S., and Kenney, W.L. (1993). Changes in iron status during competitive season in female collegiate swimmers. *Nutrition* 9: 418-422.

- Brotherhood, J., Brozovic, B., and Pugh, L.G. (1975). Haematological status of middle- and long-distance runners. *Clinical Science and Molecular Medicine* 48: 139-145.
- Brotherhood, J.R. (1984). Nutrition and sports performance. *Sports Medicine* 1: 350-389.
- Burke, L.M., and Read, R.S. (1993). Dietary supplements in sport. *Sports Medicine* 15: 43-65.
- Casoni, I., Borsetto, C., Cavicchi, A., Martinelli, S., and Conconi, F. (1985). Reduced hemoglobin concentration and red cell hemoglobinization in Italian marathon and ultramarathon runners. *International Journal of Sports Medicine* 6:176-179.
- Clement, D.B., Asmundson, R.C., and Medhurst, C.W. (1977). Hemoglobin values: comparative survey of the 1976 Canadian Olympic team. *Canadian Medical Association Journal* 117: 614-616.
- Clement, D.B., Lloyd-Smith, D.R., Macintyre, J.G., Matheson, G.O., Brock, R., and Dupont M. (1987). Iron status in winter Olympic sports. *Journal of Sports Science* 5: 261-271.
- Committee on Diet and Health, National Research Council (1989). *Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk*. Washington, DC: National Academy Press.
- Deuster, P.A., Kyle, S.B., Singh, A., Moser, P.B., Bernier, L.L., Yu-Yahiro, J.A., and Schoemaker, E.B. (1991). Exercise-induced changes in blood minerals, associated proteins and hormones in women athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 31: 552-560.
- Dickson, D.N., Wilkinson, R.L., and Noakes, T.D. (1982). Effects of ultra-marathon training and racing on hematologic parameters and serum ferritin levels in well-trained athletes. *International Journal of Sports Medicine* 3: 111-117.
- Diehl, D.M., Lohman, T.G., Smith, S.C., and Kertzer, R. (1986). Effects of physical training and competition on the iron status of female field hockey players. *International Journal of Sports Medicine* 7: 264-270.
- Dressendorfer, H.R., Wade, E.C., Claybaugh, J., Cucinell, A.S. and Timmis, C.G. (1991). Effects of 7 successive days of unaccustomed prolonged exercise on aerobic performance and tissue damage in fitness joggers. *International Journal of Sports Medicine* 12: 55-61.

- Dressendorfer, R.H., Keen, C.L., Wade, C.E., Claybaugh, J.R., and Timmis, C.G. (1991). Development of runner's anemia during a 20-day road race: Effect of iron supplements. *International Journal of Sports Medicine* 12: 332-336.
- Dufaux, B., Hoederath, A., Streitberger, I., Hollmann, W., and Assmann, G. (1981). Serum ferritin, transferrin, haptoglobin, and iron in middle- and long-distance runners, elite rowers, and professional racing cyclists. *International Journal of Sports Medicine* 2: 43-46.
- Dufaux, B., Hoederath, W., and Hollmann, W. (1988). Serum ferritin in female rowers, swimmers and short, middle, and long-distance runners. *Deutsche Zeitschrift fuer Sportmedizin* 39: 260-264.
- Eichner, E.R. (1986). The anemias of athletes. *Physician and Sportsmedicine* 14: 122-125, 129-130.
- Eichner, E.R. (1992). Sports anemia, iron supplements, and blood doping. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24: S315-S318.
- Escanero, F.J., Villanueva, J., Rojo, A., Herrera, A., Diego, C., Guerra, M. (1997). Iron stores in professional athletes throughout the sports season. *Physiology and Behavior* 62: 811-814.
- European Commission (1994). *Reports of the Scientific Committee on Human Nutrition*. Luxemburg: European Communities.
- Feder, J.N., Gnirke, A., Thomas, W., Tsuchihashi, Z., Ruddy, D.A., Basava, A., Dormishian, F., Domingo, R. Jr, Ellis, M.C., Fullan, A., Hinton, L.M., Jones, N.L., Kimmel, B.E., Kronmal, G.S., Lauer, P., Lee, V.K., Loeb, D.B., Mapa, F.A., McClelland, E., Meyer, N.C., Mintier, G.A., Moeller, N., Moore, T., Morikang, E., Wolff, R.K., et al. (1996). A novel MHC class I-like gene is mutated in patients with hereditary haemochromatosis. *Nature Genetics* 13: 399-408.
- Fogelholm, M. (1995). Inadequate iron status in athletes: an exaggerated problem? In Kies, C.V., and Driskell, J.A. (Eds.), *Sports Nutrition: Minerals and Electrolytes* (pp. 81-95). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Fogelholm, M., Jaakkola, L., and Lampisjarvi, T. (1992). Effects of iron supplementation in female athletes with low serum ferritin concentration. *International Journal of Sports Medicine* 13: 158-162.

- Frederickson, L.A., Puhl, J.L., and Runyan W.S. (1983). Effects of training on indices of iron status of young female cross-country runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 15: 271-276.
- Friedmann, B., Weller, E., Mairbaur, H., and Bartsch, P. (2001). Effects of iron repletion on blood volume and performance capacity in young athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33: 741-746.
- Grandjean, A.C. (1983). Vitamins, diet, and the athlete. *Clinical Sports Medicine* 2: 105-114.
- Grandjean, A.C. (1986). Nutrition for swimmers. *Clinical Sports Medicine* 5: 65-76.
- Hallberg, L. (1998). Does calcium interfere with iron absorption? *American Journal of Clinical Nutrition* 68: 3-4.
- Hasibeder, W., Schobersberger, W., and Mairbaur, H. (1987). Red cell oxygen transport before and after short-term maximal swimming in dependence on training status. *International Journal of Sports Medicine* 8: 105-108.
- Hawley, J.A., Dennis, S.C., Lindsay, F.H., and Noakes, T.D. (1995). Nutritional practices of athletes: are they sub-optimal? *Journal of Sports Science* 13: S75-S81.
- Haymes, E.M. (1998). Trace minerals and exercise. In Wolinski, I. (Ed.), *Nutrition in Exercise and Sport* (pp. 197-218). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Heath, A.L.M., Skeaff, M.C., O'Brien, M.S., Williams, M.S., and Gibson, S.R. (2001). Can dietary treatment of non-anemic iron deficiency improve iron status? *Journal of the American College of Nutrition* 20: 477-484.
- Heinrich, H.C. (1970). Intestinal iron absorption in man: methods of measurements, dose relationship, diagnostic and therapeutic applications. In: Halberg, L., Harwerth, H.G., Vannotti, A. (Eds.), *Iron deficiency* (pp. 213-294). London/New York: Academic Press.
- Hill, R.J., and Davies, P.S.W. (2001). The validity of self-reported energy intake as determined using the doubly labelled water technique. *British Journal of Nutrition* 85: 415-430.
- Hinton, P.S., Giordano, C., Brownlie, T., and Haas, J.D. (2000). Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women. *Journal of Applied Physiology* 88: 1103-1111.

- Holland, B., Welch, A.A., Unwin, I.D., Buss, D.H., Paul, A.A., and Southgate, D.A.T. (1991). *McCance and Widdowson's the Composition of Foods*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Hong, C.Z., and Lien, I.N. (1984). Metabolic effects of exhaustive training of athletes. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 65: 362-365.
- Kalkwarf, J.H., and Harrast, D.S. (1998). Effects of calcium supplementation and lactation on iron status. *American Journal of Clinical Nutrition* 67: 1244-1249.
- Karamizrak, S.O., Islegen, C.V., Varol, S.R., Taskiran, Y., Yaman, C., Mutaf, I., and Akgun, N. (1996). Evaluation of iron metabolism indices and their relation with physical work capacity in athletes. *British Journal of Sports Medicine* 30: 15-19.
- Kim, S.H., and Keen, C.L. (1999). Patterns of vitamin/mineral supplement usage by adolescents attending athletic high schools in Korea. *International Journal of Sport Nutrition* 9: 391-405.
- Klingshirn, A.L., Pate, R.R, Bourque, P.S., Davis, J.M., and Sargent, G.R. (1992). Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24: 819-824.
- Krumbach, C., Ellis, D., and Driskell, J. (1999). A report of vitamin and mineral supplement use among university athletes in a division I institution. *International Journal of Sport Nutrition* 9: 416-425.
- LaManca, J.J, and Haymes, E.M. (1993). Effects of iron repletion on VO₂max, endurance, and blood lactate in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25:1386-1392.
- Lampe, J.W., Slavin, J.L., and Apple, F.S. (1986). Poor iron status of women runners training for a marathon. *International Journal of Sports Medicine* 7: 111-114.
- Lukaski, H.C., Hoverson, B.S., Gallagher, S.K., and Bolonchuk, W.W. (1990). Physical training and copper, iron, and zinc status of swimmers. *American Journal of Clinical Nutrition* 51: 1093-1099.
- Lyle, M.R., Weaver, M.C., Sedlock, A.D., Rajaram, S., Martin, B., and Melby, L.C. (1992). Iron status in exercising women: the effect of oral iron therapy vs increased consumption of muscle foods. *American Journal of Clinical Nutrition* 56: 1049-1055.
- Mackinnon, L.T., Hooper, S.L., Jones, S., Gordon, R.D., and Bachmann, A.W. (1997). Hormonal, immunological, and hematological responses to intensified training in elite swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29: 1637-1645.

- Magazanik, A., Weinstein, Y., Dlin, R.A., Derin, M., Schwartzman, S., and Allalouf D. (1988). Iron deficiency caused by 7 weeks of intensive physical exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 57: 198-202.
- Magazanik, A., Weinstein, Y., Abarbanel, J., Lewinski, U., Shapiro, Y., Inbar, O., and Epstein, S. (1991). Effect of an iron supplement on body iron status and aerobic capacity of young training women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 62: 317-323.
- Magnusson, B., Hallberg, L., Rossander, L., Swolin, B. (1984a). Iron metabolism and "sports anemia". I. A study of several iron parameters in elite runners with differences in iron status. *Acta Medica Scandinavica* 216: 149-155.
- Magnusson, B., Hallberg, L., Rossander, L., Swolin, B. (1984b). Iron metabolism and "sports anemia". II. A hematological comparison of elite runners and control subjects. *Acta Medica Scandinavica* 216: 157-164.
- Malczewska, J., Raczynski, G., and Stupnicki, R. (2000). Iron status in female endurance athletes and in non-athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 10: 260-276.
- Miller, J.B. (1990). Haematological effects of running. *Sports Medicine* 9: 1-6.
- Minihane, A.M., and Fairweather-Tait, J.S. (1998). Effect of calcium supplementation on daily nonheme-iron absorption and long-term iron status. *American Journal of Clinical Nutrition* 68: 96-102.
- Mujika, I., Padilla, S., Geysant, A., and Chatard, J.C. (1998). Hematological responses to training and taper in competitive swimmers: relationships with performance. *Archives of Physiology and Biochemistry* 105: 379-385.
- Nachtigall, D., Nielsen, P., Fischer, R., Engelhardt, R., and Gabbe, E.E. (1996). Iron deficiency in distance runners. A reinvestigation using Fe-labelling and non-invasive liver iron quantification. *International Journal of Sports Medicine* 17: 473-479.
- Newhouse, I.J., and Clement, D.B. (1988). Iron status in athletes. An update. *Sports Medicine* 5: 337-352.
- Newhouse, I.J., Clement, D.B., Taunton, J.E., and McKenzie, D.C. (1989). The effects of prelatent/latent iron deficiency on physical work capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21: 263-268.

- Newhouse, J.I., Clement, B.D., and Lai, C. (1993). Effects of iron supplementation and discontinuation on serum copper, zinc, calcium, and magnesium levels in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25: 562-571.
- Niederau, C., Fischer, R., Sonnenberg, A., Stremmel, W., Trampisch, H.J., and Strohmeyer, G. (1985). Survival and causes of death in cirrhotic and in noncirrhotic patients with primary hemochromatosis. *The New England Journal of Medicine* 313: 1256-1262.
- Nielsen, P., and Nachtigall, D. (1998). Iron supplementation in athletes. Current recommendations. *Sports Medicine* 26: 207-216.
- Nuviala, J.R., and Lapieza, G.M. (1997). Disparity between diet and serum ferritin in elite sportswomen. *Nutrition Research* 17: 451-461.
- Nuviala, J.R., Castillo, C.M., Lapieza, G.M., and Escanero, F.J. (1996). Iron nutritional status in female karatekas, handball and basketball players, and runners. *Physiology and Behavior* 59: 449-453.
- Oscari, B.L., Williams, T.B., and Hertig, A.B. (1968). Effect of exercise on blood volume. *Journal of Applied Physiology* 24: 622-624.
- Pelliccia, A., and DiNucci, G.B. (1987). Anemia in swimmers: Fact or fiction? Study of hematologic and iron status in male and female top-level swimmers. *International Journal of Sports Medicine* 8: 227-230.
- Pizza, F.X., Flynn, M.G., Boone, J.B., Rodriguez-Zayas, J.R., and Andres, F.F. (1997). Serum haptoglobin and ferritin during a competitive running and swimming season. *International Journal of Sports Medicine* 18: 233-237.
- Powell, P.D., and Tucker, A. (1991). Iron supplementation and running performance in female cross-country runners. *International Journal of Sports Medicine* 12: 462-467.
- Radomski, M.W., Sabiston, B.H., and Isoard P. (1980). Development of "sports anemia" in physically fit men after daily sustained submaximal exercise. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 51: 41-45.
- Rankinen, T., Fogelholm, M., Kujala, U., Rauramaa, R., and Uusitupa, M. (1995). Dietary intake and nutritional status of athletic and nonathletic children in early puberty. *International Journal of Sport Nutrition* 5: 136-150.
- Resina, A., Gatteschi, L., Giamberardino, M.A., Imreh, F., Rubenni, M.G., and Vecchiet, L. (1991). Hematological comparison of iron status in trained top-

- level soccer players and control subjects. *International Journal of Sports Medicine* 12: 453-456.
- Robertson, J.D., Maughan, R.J., Milne, A.C., and Davidson, R.J. (1992). Hematological status of male runners in relation to the extent of physical training. *International Journal of Sport Nutrition* 2: 366-375.
- Roughead, Z.K., and Hunt, J.R. (2000). Adaptation in iron absorption: iron supplementation reduces nonheme-iron but not heme-iron absorption from food. *American Journal of Clinical Nutrition* 72: 982-989.
- Rowland, T.W., and Kelleher, J.F. (1989). Iron deficiency in athletes: insights from high school swimmers. *American Journal of Diseases of Children* 143: 197-200.
- Rowland, T.W., Stagg, L., and Kelleher, J.F. (1991). Iron deficiency in adolescent girls. Are athletes at increased risk? *The Journal of Adolescent Health* 12: 22-25.
- Salonen, J.T., Nyyssonen, K., Korpela, H., Tuomilehto, J., Seppanen, R., and Salonen, R. (1992). High stored iron levels are associated with excess risk of myocardial infarction in eastern Finnish men. *Circulation* 86: 803-811.
- Samuelsen, G., Bratteby, L.E., Berggren, K., Elverby, J.E., and Kempe, B. (1996). Dietary iron intake and iron status in adolescents. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics* 85: 1033-1038.
- Sawka, N.M., Convertino, A.V., Eichner, E.R., Schnieder, M.S., and Young, J.A. (2000). Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32: 332-348.
- Schoeller, D.A. (1995). Limitations in the assessment of dietary energy intake by self-report. *Metabolism* 44: 18-22.
- Schumacher, Y.O., Schmid, A., Grathwohl, D., Bültermann, D., and Berg, A. (2002). Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34: 869-875.
- Selby, G.B., and Eichner E.R. (1986). Endurance swimming, intravascular hemolysis, anemia, and iron depletion. New perspective on athlete's anemia. *American Journal of Medicine* 81: 791-794.
- Shaskey, D.J., and Green, G.A. (2000). Sports haematology. *Sports Medicine* 29: 27-38.
- Smith, J.A. (1995). Exercise, training and red blood cell turnover. *Sports Medicine* 19: 9-31.

- Spodaryk, K. (2002). Iron metabolism in boys involved in intensive physical training. *Physiology and Behavior* 201-206.
- Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes and its Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds and Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and Interpretation and Uses of DRIs, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (2000a). *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. Washington, DC: National Academy Press.
- Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes and its Panel on Folate, Other B Vitamins, and Choline and Subcommittee on Upper Reference Levels of Nutrients, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (2000b). *Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B₆, Folate, Vitamin B₁₂, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline*. Washington, DC: National Academy Press.
- Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes and its Panel on Micronutrients and Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and on Interpretation and Use of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (2000c). *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Washington, DC: National Academy Press.
- Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (1999). *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride*. Washington, DC: National Academy Press.
- Stevens, R.G., Jones, D.Y., Micozzi, M.S., and Taylor, P.R. (1988). Body iron stores and the risk of cancer. *The New England Journal of Medicine* 319: 1047-1052.
- Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Cameron, N., Marshall, W.A., Healy, M.J.R., and Goldstein, H. (1983). The rating system. In Jovanovich, H.B. (Ed.), *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height*. (pp. 50-103). London: Academic Press.
- Telford, R.D., Catchpole, A.E., Deakin, V., Hahn, G.A., and Plank, W.A. (1992). The effect of 7 to 8 months of vitamin/mineral supplementation on athletic performance. *International Journal of Sport Nutrition* 2: 135-153.

- Telford, R.D., Cunningham, R.B., Deakin, V., and Kerr, D.A. (1993). Iron status and diet in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25: 796-800.
- Trappe, T.A., Gastaldelli, A., Jozsi, A.C., Troup, J.P., and Wolfe, R.R. (1997). Energy expenditure of swimmers during high volume training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29: 950-954.
- Troup, J.P. (1990). *Studies by the International Center for Aquatic Research* (pp. 139-143). Colorado Springs Co: United States Swimming Press.
- van de Vijver, L.P.L., Kardinaal, A.F.M., Charzewska, J., Rotily, M., Charles, P., Maggiolini, M., Ando, S., Väänänen, K., Wajszczyk, B., Heikkinen, J., Deloraine, A., and Schaafsma, G. (1999). Calcium intake is weakly but consistently negatively associated with iron status in girls and women in six European countries. *Journal of Nutrition* 129: 963-968.
- VanHeest, J.L., and Ratliff, K. (1998). Hematological and hormonal changes in elite female swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30: S986.
- Vergouwen, P.C., Collee, T., and Marx, J.J. (1999). Haematocrit in elite athletes. *International Journal of Sports Medicine* 20: 538-541.
- Weight, L.M., Klein, M., Noakes, T.D., and Jacobs, P. (1992). 'Sports anemia' - A real or apparent phenomenon in endurance-trained athletes? *International Journal of Sports Medicine* 13: 344-347.
- Willan, P.L.T., Bagnall, K.M., and Kellett, D.W. (1981). Some haematological characteristics of competitive swimmers. *British Journal of Sports Medicine* 15: 238-241.
- Willows, N.D., Grimston, S.K., Smith, D.J., and Hanley, D.A. (1995). Iron and hematological status among adolescent athletes tracked through puberty. *Pediatric Exercise Science* 7: 253-262.
- Wishnitzer, R., Vorst, E., and Berrebi, A. (1983). Bone marrow iron depression in competitive distance runners. *International Journal of Sports Medicine* 4: 27-30.
- Yip, R., Johnson, C., and Dallman, P.R. (1984). Age-related changes in laboratory values used in the diagnosis of anemia and iron deficiency. *American Journal of Clinical Nutrition* 39: 427-436.
- Τριχοπούλου, Α. (1992). *Πίνακες Συνθέσεως Τροφίμων και Ελληνικών Φαγητών*. Αθήνα: έκδοση της συγγραφέα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Δελτίο καταγραφής διατροφής

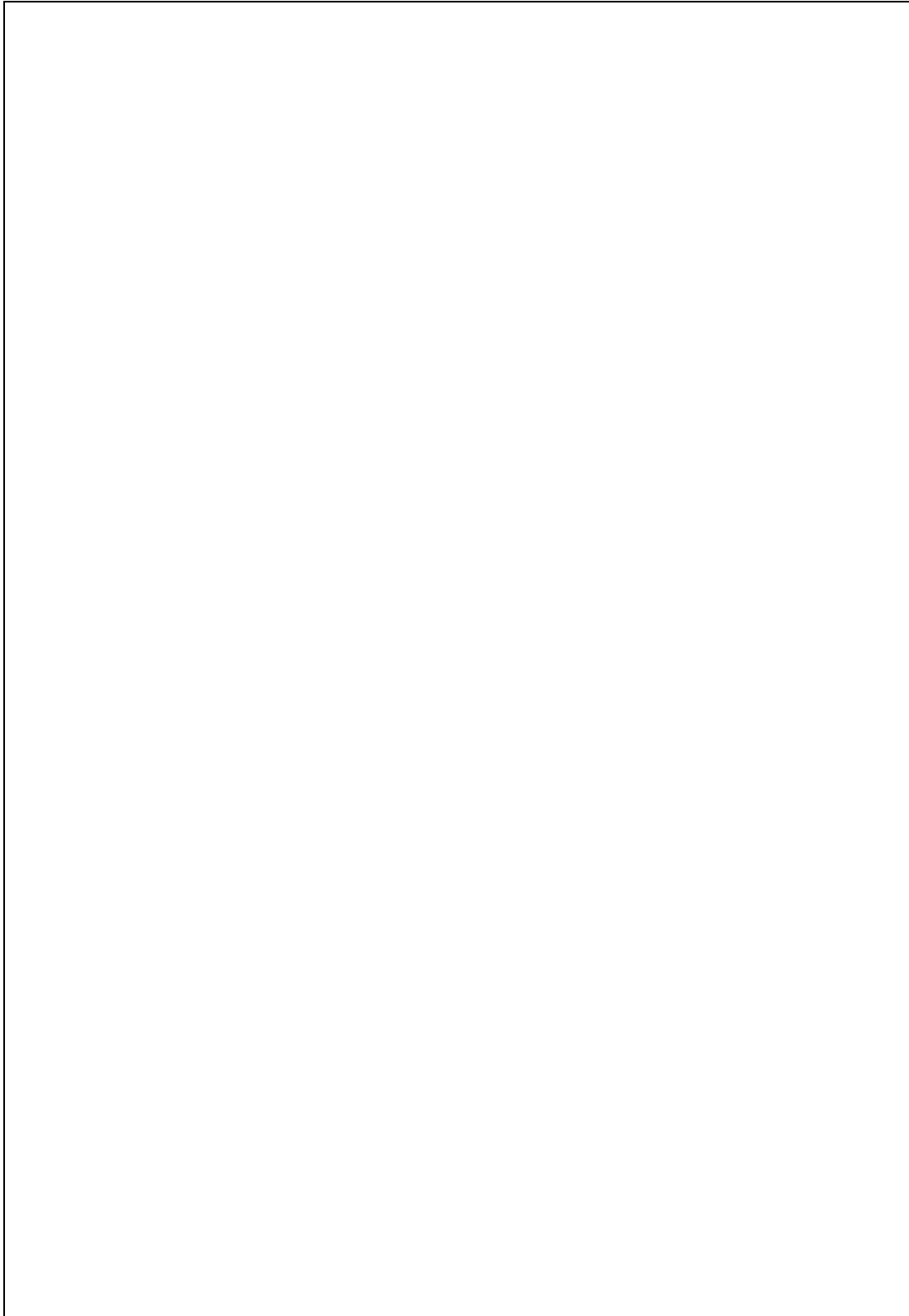
**Τμήμα Επιστήμης
Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού**

Εργαστήριο Υγιεινής και Διατροφής Αθλουμένων

Ημερήσιο δελτίο καταγραφής διατροφής

Όνοματεπώνυμο.....

Ηλικία.....



Γενικές οδηγίες

Παρακαλώ να σημειώνετε τη διατροφή σας το συντομότερο δυνατόν από τη στιγμή που τρώτε.

Να περιγράφετε με τη μεγαλύτερη ακρίβεια την τροφή

ΗΜ/ΝΙΑ	ΤΡΟΦΙΜΟ / ΠΟΤΟ	g
ΠΡΩΙ		
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ		
ΜΕΣΗΜΕΡΙ		
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ		
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ		
ΒΡΑΔΥ		
ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΝΟ		
Υδατάνθρακες Λίπη Πρωτεΐνες	Fe Ca Βιτ. C Φυλ. οξύ Φυτ. ίνες Καφεΐνη	E

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Τυπικό διαιτολόγιο για την ομάδα Β

ΗΜ/ΝΙΑ	ΤΡΟΦΙΜΟ / ΠΟΤΟ	g
Δευτέρα		
ΠΡΩΙ	2 κουταλιές Ovaltine σε 250ml γάλα με 1,5% λίπος 2 φέτες από 30g ψωμί ολικής άλεσης 2 κουταλάκια μερέντα 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	500ml γάλα με 1,5% λίπος 2 σάντουιτς: 60g ψωμί, 30g τυρί φέτα 45g κρέας (μοσχάρι), ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό	
ΜΕΣΗΜΕΡΙ	1 ρηχό πιάτο σπανάκι με 2 αυγά (1 φλιτζάνι 300g) 60g ψωμί 1 1/2 φλιτζάνι αγγουροντομάτα με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 πορτοκάλια	
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ	1 λίτρο ISOSTAR	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	Σάντουιτς: 60g ψωμί, 30g τυρί φέτα 30g κρέας (μοσχάρι), ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι (αμέσως μετά την προπόνηση)	
ΒΡΑΔΥ	1 ρηχό πιάτο σπανάκι με 90g κρέας ψητό 30g ψωμί 1 1/2 φλιτζάνι αγγουροντομάτα με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 αχλάδια	
ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΝΟ	1 ποτήρι γάλα 1,5% λίπος 3 κουταλιές μέλι και 10 αμύγδαλα	
Υδατάνθρακες Λίπη Πρωτεΐνες	Fe Ca Βιτ. C Φυλ. οξύ Φυτ. ίνες Καφεΐνη	E

ΗΜ/ΝΙΑ	ΤΡΟΦΙΜΟ / ΠΟΤΟ	Σ
Τρίτη		
ΠΡΩΙ	2 κουταλιές Ovaltine σε 250ml γάλα με 1,5% λίπος 2 φέτες από 30g ψωμί ολικής άλεσης 2 κουταλάκια μερέντα 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	500ml γάλα με 1,5% λίπος Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g τυρί φέτα 60g κρέας (μοσχάρι), ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό	
ΜΕΣΗΜΕΡΙ	1 πιάτο φασολάδα (2 κουτάλες της σούπας), 1 καρότο 6 σαρδέλες σε ντομάτα κονσέρβα, 30g ψωμί 1 1/2 φλιτζάνι σαλάτα (λάχανο, καρότο, μαϊντανό, μαρούλι) με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 πορτοκάλια	
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ	1 λίτρο ISOSTAR	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g τυρί φέτα 60g κρέας (μοσχάρι), ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι, (αμέσως μετά την προπόνηση)	
ΒΡΑΔΥ	1 πιάτο φασολάδα (2 κουτάλες της σούπας), 1 καρότο 6 σαρδέλες σε ντομάτα κονσέρβα 2 φλιτζάνια σαλάτα (λάχανο, καρότο, μαϊντανό, μαρούλι) με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 αχλάδια	
ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΝΟ	1 ποτήρι γάλα 1,5% λίπος με Ovaltine 3 κουταλιές μέλι και 6 καρύδια	
Υδατάνθρακες Λίπη Πρωτεΐνες	Fe Ca Βιτ. C Φυλ. οξύ Φυτ. ίνες Καφεΐνη	E

ΗΜ/ΝΙΑ	ΤΡΟΦΙΜΟ / ΠΟΤΟ	g
Τετάρτη		
ΠΡΩΙ	2 κουταλιές Ovaltine σε 250ml γάλα με 1,5% λίπος 2 φέτες από 30g ψωμί ολικής άλεσης 2 κουταλάκια μερέντα 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	500ml γάλα με 1,5% λίπος	
ΜΕΣΗΜΕΡΙ	120g κρέας κοκκινιστό (χωρίς λίπος), 2 πατάτες 60g ψωμί 1 1/2 φλιτζάνι σαλάτα σπανάκι με 1 κουταλιά ελαιόλαδο και χυμό 1 λεμονιού 1 αχλάδι, 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ	1 λίτρο ISOSTAR	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g τυρί φέτα 60g κρέας (μοσχάρι), ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι (αμέσως μετά την προπόνηση)	
ΒΡΑΔΥ	120g κρέας κοκκινιστό (χωρίς λίπος) 2 πατάτες 2 φλιτζάνια ανάμικτα βρασμένα λαχανικά (αρακά, καρότο, καλαμπόκι...) 60g ψωμί 1 1/2 φλιτζάνι σαλάτα σπανάκι με 1 κουταλιά ελαιόλαδο και χυμό 1 λεμονιού, 1 πορτοκάλι	
ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΝΟ	1 ποτήρι γάλα 1,5% λίπος με Ovaltine 3 κουταλιές μέλι και 10 φουντούκια	
Υδατάνθρακες Λίπη Πρωτεΐνες	Fe Ca Βιτ. C Φυλ. οξύ Φυτ. ίνες Καφεΐνη	E

ΗΜ/ΝΙΑ	ΤΡΟΦΙΜΟ / ΠΟΤΟ	Σ
Πέμπτη		
ΠΡΩΙ	2 κουταλιές Ovaltine σε 250ml γάλα με 1,5% λίπος 2 φέτες από 30g ψωμί ολικής άλεσης 2 κουταλάκια μερέντα 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	500ml γάλα με 1,5% λίπος 2 σάντουιτς: 60g ψωμί 60g κρέας (μοσχάρι)	
ΜΕΣΗΜΕΡΙ	90g συκώτι ψητό 1 φλιτζάνι μπρόκολα (200g στον ατμό), χυμός ½ λεμονιού 150g πουρέ πατάτας 1 1/2 φλιτζάνι αγγουροντομάτα με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ	1 λίτρο ISOSTAR	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g κρέας (μοσχάρι) ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι (αμέσως μετά την προπόνηση)	
ΒΡΑΔΥ	120g συκώτι ψητό 1 φλιτζάνι μπρόκολα (200g στον ατμό), χυμός ½ λεμονιού 150g πουρέ πατάτας 1 1/2 φλιτζάνι αγγουροντομάτα με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 μήλα	
ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΝΟ	1 ποτήρι γάλα 1,5% λίπος με Ovaltine 3 κουταλιές μέλι και ½ φλιτζάνι φιστίκια Αιγίνης	
Υδατάνθρακες Λίπη Πρωτεΐνες	Fe Ca Βιτ. C Φυλ. οξύ Φυτ. ίνες Καφεΐνη	E

ΗΜ/ΝΙΑ	ΤΡΟΦΙΜΟ / ΠΟΤΟ	g
Παρασκευή		
ΠΡΩΙ	2 κουταλιές Ovaltine σε 250ml γάλα με 1,5% λίπος 2 φέτες από 30g ψωμί ολικής άλεσης 2 κουταλάκια μερέντα 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	500ml γάλα με 1,5% λίπος Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g τυρί φέτα 60g κρέας (μοσχάρι), ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό	
ΜΕΣΗΜΕΡΙ	1 πιάτο φακές (2 κουτάλες της σούπας), 1 καρότο 60g τυρί φέτα, 30g ψωμί 2 φλιτζάνια σαλάτα (λάχανο, καρότο, μαϊντανό, μαρούλι) με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 πορτοκάλια	
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ	1 λίτρο ISOSTAR	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g τυρί φέτα 60g κρέας (μοσχάρι), ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι (αμέσως μετά την προπόνηση)	
ΒΡΑΔΥ	1 πιάτο φακές (2 κουτάλες της σούπας), 1 καρότο 60g τυρί φέτα, 30g ψωμί 2 φλιτζάνια σαλάτα (λάχανο, καρότο, μαϊντανό, μαρούλι) με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 αχλάδια	
ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΝΟ	1 ποτήρι γάλα 1,5% λίπος με Ovaltine 3 κουταλιές μέλι και 10 αμύγδαλα	
Υδατάνθρακες Λίπη Πρωτεΐνες	Fe Ca Βιτ. C Φυλ. οξύ Φυτ. ίνες Καφεΐνη	E

ΗΜ/ΝΙΑ	ΤΡΟΦΙΜΟ / ΠΟΤΟ	g
Σάββατο		
ΠΡΩΙ	2 κουταλιές Ovaltine σε 250ml γάλα με 1,5% λίπος 2 φέτες από 30g ψωμί ολικής άλεσης 2 κουταλάκια μερέντα 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι	
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	500ml γάλα με 1,5% λίπος Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g κρέας (μοσχάρι) ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό	
ΜΕΣΗΜΕΡΙ	120g τόνο και 100g μαϊντανό 150g ρύζι μαγειρεμένο με ½ φλιτζάνι ανάμικτα βρασμένα λαχανικά (αρακά, καρότο, καλαμπόκι), 30g ψωμί 2 φλιτζάνια σαλάτα (λάχανο, καρότο, μαϊντανό, μαρούλι) με 1 κουταλιά ελαιόλαδο, 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι, 1 λίτρο ISOSTAR	
ΠΡΟΠΙΟΝΗΣΗ		
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	Σάντουιτς: 60g ψωμί, 60g κρέας (μοσχάρι) ντομάτα με μαρούλι και μαϊντανό 1 ποτήρι χυμό πορτοκάλι (αμέσως μετά την προπόνηση)	
ΒΡΑΔΥ	120g τόνο και 100g μαϊντανό 150g ρύζι μαγειρεμένο με ½ φλιτζάνι ανάμικτα βρασμένα λαχανικά (αρακά, καρότο, καλαμπόκι) 2 φλιτζάνια σαλάτα (λάχανο, καρότο, μαϊντανό, μαρούλι) με 1 κουταλιά ελαιόλαδο 2 αχλάδια	
ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΝΟ	1 ποτήρι γάλα 1,5% λίπος 3 κουταλιές μέλι και 6 καρύδια	
Υδατάνθρακες Λίπη Πρωτεΐνες	Fe Ca Βιτ. C Φυλ. οξύ Φυτ. ίνες Καφεΐνη	E

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων
κατά τη διάρκεια της μελέτης

Αγόρια	Ανάστημα (m)				Βάρος (kg)				BMI (kg/m ²)				Λίπος (%)				
	Μήνες	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6
A/A																	
1	1,81	1,82	1,82	1,83	69,4	72,6	72,8	73,1	21,2	21,9	22,0	21,8	7,5	8,8	8,8	9,2	
2	1,58	1,58	1,60	1,62	53	53	56	58	21,2	21,2	21,9	22,1	11,8	11,8	11,9	11,9	
3	1,71	1,73	1,76	1,76	61,8	63	64,7	63,5	21,1	21,0	20,9	20,5	1,9	3	3,9	4,7	
4	1,64	1,64	1,68	1,68	50	50,7	51,7	51,7	18,6	18,9	18,3	18,3	8	9,9	8,1	8,1	
5	1,51	1,52	1,54	1,55	39,2	39,9	41,6	42,3	17,2	17,3	17,5	17,6	22,7	22,8	20,9	18,6	
6	1,62	1,62	1,63	1,63	46,5	45,7	47,3	46,8	17,7	17,4	17,8	17,6	14,4	16,2	15,9	15,9	
7	1,55	1,56	1,57	1,58	48	51,3	51,2	51,2	20,0	21,1	20,8	20,5	14,8	15,2	17,2	17,2	
8	1,85	1,85	1,85	1,85	86	86,3	85,2	86,3	25,1	25,2	24,9	25,2	8,3	11,7	10,4	10,4	
9	1,78	1,80	1,80	1,80	68,4	70,8	71,2	72,3	21,6	21,9	22,0	22,3	14,6	14,3	14,6	13,9	
10	1,82	1,83	1,83	1,83	68,4	71,5	73,5	73,5	20,6	21,4	21,9	21,9	3,5	4,6	7,1	7,1	
11	1,60	1,61	1,64	1,65	42,7	44,2	45,5	44,8	16,7	17,1	16,9	16,5	14,3	14,7	13,8	12,9	
12	1,65	1,66	1,69	1,70	53,9	55,5	58	60	19,8	20,1	20,3	20,8	8,3	8,8	11,7	11,9	
13	1,60	1,60	1,62	1,64	44,2	44	43,5	45,1	17,3	17,2	16,6	16,8	12,9	16,1	13,6	12,9	
14	1,60	1,60	1,63	1,64	49,6	49,3	50,9	51,1	19,4	19,3	19,2	19,0	9,9	11,8	9,6	10,2	
15	1,71	1,71	1,71	1,72	57,4	59,9	61,4	61,4	19,6	20,5	21,0	20,8	5,4	3,7	4,2	4,8	
16	1,60	1,60	1,60	1,62	50	50,2	52	53	19,5	19,6	20,3	20,2	7,6	10,8	11,9	11,7	
17	1,63	1,64	1,65	1,65	43,8	45	47	48	16,5	16,7	17,3	17,6	13,2	12	12,8	12,7	
18	1,66	1,67	1,70	1,70	52,8	53,5	53,5	53	19,2	19,2	18,5	18,3	9,5	11	6,7	6,6	
19	1,50	1,50	1,52	1,53	39,2	39,2	40,1	40,5	17,4	17,4	17,4	17,3	18,4	19,6	18,5	17,6	
20	1,60	1,60	1,63	1,64	50,6	51,5	53,1	54,2	19,8	20,1	20,0	20,2	6,1	7,4	4,5	5,3	
21	1,78	1,78	1,78	1,79	61,1	63,6	64,1	65,3	19,3	20,1	20,2	20,4	6,5	7,4	7,4	7,1	

Κορίτσια	Ανάστημα (m)				Βάρος (kg)				BMI(kg/m ²)				Λίπος (%)				
	Μήνες	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6
A/A																	
31	1,53	1,53	1,53	1,53	52,7	52,6	51,9	51,9	22,5	22,5	22,2	22,2	20,7	23,6	24,1	22,8	
32	1,57	1,57	1,58	1,58	47,7	47,3	48,2	47,9	19,4	19,2	19,3	19,2	16,4	15,2	16,6	16,1	
33	1,60	1,60	1,60	1,60	58,6	60,8	60	59,7	22,9	23,8	23,4	23,3	17,9	18,1	18,5	17,8	
34	1,51	1,51	1,51	1,51	47,8	51,9	52,4	52,1	21,0	22,8	23,0	22,8	19	23,3	25	24,8	
35	1,68	1,68	1,68	1,68	57,2	59,9	58,8	58,6	20,3	21,2	20,8	20,8	19,1	20,2	16,8	16,4	
36	1,59	1,60	1,60	1,60	49,3	50	49,3	49,2	19,5	19,5	19,3	19,2	20,7	21	20,9	20,7	
37	1,61	1,62	1,62	1,62	55	54,3	53	53,2	21,2	20,7	20,2	20,3	18,7	18,8	18,3	18,4	
38	1,65	1,65	1,66	1,66	54,3	54,6	54,7	53,2	19,9	20,1	19,9	19,3	18,6	18,7	18	18,2	
39	1,64	1,64	1,68	1,68	51	50,2	52,7	53,5	19,0	18,7	18,7	19,0	12,4	15,1	13,7	14,7	
40	1,70	1,70	1,71	1,71	58,1	58,3	58,7	58,3	20,1	20,2	20,1	19,9	16	14,5	10,1	12,1	
41	1,63	1,63	1,64	1,64	60,2	62,2	59,2	61,8	22,7	23,4	22,0	23,0	23,6	26,4	24,7	24,9	
42	1,66	1,66	1,66	1,66	52,9	53,2	52,2	54,1	19,2	19,3	18,9	19,6	14,7	17,3	18,6	19,2	
43	1,60	1,60	1,61	1,61	63,2	61,9	62,4	62,4	24,7	24,2	24,1	24,1	24,2	23,6	20,7	20,7	
44	1,58	1,58	1,58	1,59	48,5	48,7	47,7	47,6	19,4	19,5	19,1	18,8	14,8	17	16,7	16,9	
45	1,54	1,55	1,56	1,56	45,5	45,9	46,3	45,9	19,2	19,1	19,0	18,9	18	20,3	18,1	17,9	
46	1,63	1,64	1,64	1,64	55,7	56,5	56,6	56,4	21,0	21,0	21,0	21,0	20,5	20	21,2	21,1	
47	1,71	1,71	1,71	1,71	56,5	58,8	58,1	57,7	19,3	20,1	19,9	19,7	15,8	14,8	17,2	17,2	
48	1,65	1,65	1,66	1,67	50,6	50,7	49	49	18,6	18,6	17,8	17,6	14,6	15,8	13,9	13,8	
49	1,59	1,59	1,59	1,59	58,5	58,5	61,3	62,1	23,1	23,1	24,2	24,6	21	21	22,8	23,1	
50	1,58	1,59	1,59	1,59	49,6	51,1	51,4	50,8	19,9	20,2	20,3	20,1	18,3	19,6	19,6	19,4	
51	1,66	1,67	1,67	1,68	53,4	56,1	52,3	53,2	19,4	20,1	18,8	18,8	15,7	14,8	18,4	18,2	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Αιματολογικές παράμετροι, βιοχημικές παράμετροι
και ταχύτητες των συμμετεχόντων στις κολυμβητικές δοκιμασίες

Αιματολογικές παράμετροι αγοριών	Αριθμός ερυθροκυττάρων (Μ/μL)				Αιμοσφαιρίνη (g/dL)				Αιματοκρίτης (%)				
	Μήνες	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6
A/A													
1	6,01	6,44	6,20	6,06	12,8	14,1	13,6	13,2	39,8	43,7	41,6	40,4	
2	5,07	5,05	5,19	5,29	14,7	14,3	14,9	15,2	43,9	44,4	44,6	45,3	
3	5,11	5,54	5,44	5,62	14,0	15,0	14,6	15,3	42,0	46,1	44,1	45,9	
4	5,34	5,49	5,27	5,42	15,3	15,4	15,0	15,6	44,3	46,8	44,4	45,1	
5	4,86	5,11	5,02	4,79	14,2	14,7	14,7	13,7	41,9	44,5	43,3	41,1	
6	4,59	4,85	4,59	4,65	13,0	13,8	13,5	13,0	39,3	42,4	38,8	39,2	
7	5,09	5,38	5,01	5,18	14,5	15,1	14,4	14,6	41,9	45,8	41,5	43,3	
8	5,63	6,06	6,51	5,95	16,6	17,2	17,7	17,0	47,1	52,1	52,9	49,7	
9	4,98	4,80	5,03	5,00	14,6	15,2	14,4	15,3	45,8	45,5	45,8	46,2	
10	5,23	5,68	5,27	5,62	15,9	17,0	16,4	16,9	46,1	52,4	48,6	50,8	
11	5,38	5,58	5,44	5,51	15,3	15,7	15,2	15,4	44,4	48,1	44,9	45,1	
12	5,05	5,42	5,43	5,07	14,7	15,7	16,2	15,3	43,2	48,7	46,5	43,5	
13	4,45	4,80	4,30	4,65	13,7	15,0	13,6	14,7	40,1	47,0	39,3	42,7	
14	4,98	5,06	5,19	4,99	13,8	14,1	14,7	14,0	40,7	44,1	41,7	40,6	
15	5,20	5,45	5,04	5,34	15,6	16,2	15,7	16,0	45,0	51,2	44,6	46,7	
16	4,72	5,04	4,61	4,62	14,6	15,4	14,4	14,4	43,4	48,5	42,2	42,2	
17	4,70	4,87	4,40	4,81	13,5	14,1	13,7	14,0	40,7	42,5	40,9	41,1	
18	5,08	5,27	5,16	5,13	14,0	14,6	13,9	14,6	41,1	45,5	41,4	41,3	
19	4,80	5,08	4,97	4,83	14,0	14,8	15,0	14,1	42,6	48,2	43,3	42,5	
20	4,87	5,13	5,06	5,09	14,5	14,9	15,2	15,2	41,0	46,3	42,7	43,1	
21	4,97	5,21	4,92	5,06	15,2	16,0	15,7	15,3	43,5	48,4	43,6	44,6	

Αιματολογικές παράμετροι κοριτσιών	Αριθμός ερυθροκυττάρων (Μ/μL)				Αιμοσφαιρίνη (g/dL)				Αιματοκρίτης (%)				
	Μήνες	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6
A/A													
31	4,29	4,49	4,88	4,49	13,1	14,0	14,9	13,8	38,7	44,6	45,5	42,1	
32	4,77	4,99	4,65	4,70	14,5	14,9	13,9	13,7	39,9	45,7	38,3	40,1	
33	4,93	5,09	4,99	5,01	14,0	14,5	14,6	14,1	40,9	46,5	42,7	42,5	
34	4,54	4,58	4,69	4,64	14,1	13,9	14,1	14,1	42,0	45,4	43,1	42,5	
35	4,11	4,47	4,34	4,47	13,1	14,0	13,8	14,1	37,3	44,6	39,0	40,8	
36	4,56	4,90	4,77	4,85	14,2	15,2	14,8	15,1	39,9	44,5	42,3	43,7	
37	4,44	4,85	4,70	4,48	13,3	14,3	13,8	13,0	38,9	45,6	41,2	39,1	
38	4,40	4,49	4,38	4,19	13,4	13,7	13,3	12,7	39,0	43,6	39,2	38,1	
39	4,65	4,98	4,77	4,86	13,0	14,1	13,4	13,5	37,6	44,3	40,2	40,6	
40	4,33	4,55	4,63	4,65	13,4	14,2	14,2	14,5	38,1	43,4	41,3	41,7	
41	4,48	4,58	4,51	4,40	13,8	14,3	14,2	14,1	40,6	44,5	42,0	40,5	
42	5,09	4,98	4,99	4,87	13,8	13,4	13,6	13,5	41,9	45,1	42,0	41,9	
43	4,30	4,58	4,35	4,79	13,5	14,5	14,5	15,1	38,5	44,1	40,0	44,2	
44	4,23	4,58	4,41	4,36	13,0	14,3	14,1	13,8	38,2	44,5	41,0	40,3	
45	4,68	4,97	4,83	4,97	13,7	14,5	14,2	14,9	40,3	46,8	41,8	43,8	
46	4,31	4,45	4,40	4,34	12,7	13,2	13,3	12,9	38,1	43,3	39,7	38,6	
47	4,21	4,34	4,54	4,26	13,6	13,9	14,4	13,5	39,9	44,7	43,0	40,6	
48	4,30	4,56	4,61	4,48	13,4	13,9	14,5	14,3	38,3	43,4	41,7	40,9	
49	4,07	4,24	4,13	4,22	12,4	12,9	12,5	12,7	37,4	41,7	36,8	38,2	
50	4,48	4,84	4,76	4,61	13,2	14,2	13,6	13,5	37,2	43,4	39,2	38,4	
51	5,04	5,11	5,31	5,25	13,6	13,7	14,6	14,3	40,4	43,5	42,7	42,2	

Βιοχημικές παράμετροι αγοριών	Σίδηρος ορού (μg/dL)				Φερίτινη (ng/mL)				TIBC (μg/dL)				Κορεσμός τρανσφερίνης (%)				
	Μήνες	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6
A/A																	
1	147	143	39	95	46,2	27,9	16,7	36,3	262	304	225	293	56,1	47,0	17,3	32,4	
2	118	39	112	56	25,7	18,8	26,4	23,0	414	412	261	427	28,5	9,5	42,9	13,1	
3	130	30	85	72	24,8	20,1	13,5	16,9	273	280	288	362	47,6	10,7	29,6	19,9	
4	52	28	66	83	14,9	31,9	15,6	13,1	362	328	270	329	14,4	8,5	24,5	25,2	
5	57	82	111	132	11,8	20,6	10,6	24,5	320	364	346	377	17,7	22,5	32,1	35,0	
6	75	48	64	87	25,0	16,3	17,6	22,0	355	348	284	341	21,2	13,8	22,5	25,5	
7	61	49	121	149	29,7	24,5	32,3	28,0	339	333	267	352	18,1	14,7	45,3	42,3	
8	60	10	137	145	54,3	51,8	48,9	30,6	324	223	361	376	18,6	4,5	37,9	38,6	
9	117	88	95	83	31,0	37,4	31,0	29,6	325	339	261	320	36,0	26,0	36,4	25,9	
10	85	28	87	90	42,1	26,0	26,8	31,3	324	540	317	392	26,3	5,2	27,5	23,0	
11	81	66	148	116	5,7	6,1	5,5	10,9	445	381	337	407	18,2	17,3	43,9	28,5	
12	63	72	69	110	41,3	38,5	101,0	34,2	296	318	258	341	21,5	22,6	26,7	32,3	
13	90	78	84	91	17,5	11,1	22,8	15,1	382	275	263	328	23,4	28,4	31,9	27,7	
14	90	77	54	45	5,6	5,6	10,4	6,3	384	333	318	417	23,4	23,1	17,0	10,8	
15	97	64	84	66	11,9	6,9	6,9	15,9	357	364	309	371	27,1	17,6	27,2	17,8	
16	116	110	113	59	33,1	19,1	18,8	50,3	393	348	260	346	29,5	31,6	43,5	17,1	
17	84	71	99	78	17,9	9,5	29,7	17,2	428	377	319	347	19,6	18,8	31,0	22,5	
18	58	52	71	18	20,8	11,5	20,3	13,8	329	275	302	300	17,8	18,9	23,5	6,0	
19	56	84	73	41	44,8	34,5	49,6	59,1	238	275	349	288	23,3	30,5	20,9	14,2	
20	111	86	120	137	66,9	54,7	66,7	52,6	221	269	347	295	50,2	32,0	34,5	46,4	
21	79	88	53	43	12,0	11,6	9,0	13,3	329	339	313	318	24,1	26,0	16,9	13,5	

Βιοχημικές παράμετροι κοριτσιών	Σίδηρος ορού (μg/dL)				Φερίτινη (ng/mL)				TIBC (μg/dL)				Κορεσμός τρανσφερίνης (%)				
	Μήνες	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6	0	3	5	6
A/A																	
31	64	68	82	69	65,6	28,9	35,6	37,0	273	256	379	257	23,3	26,6	21,7	26,8	
32	45	86	107	45	23,7	29,4	78,8	33,3	350	288	248	277	12,9	29,9	43,2	16,2	
33	93	64	115	61	28,4	18,2	15,1	19,6	265	263	266	318	35,2	24,3	43,2	19,2	
34	94	50	66	100	28,6	17,8	28,0	15,1	254	265	330	267	37,1	18,9	20,0	37,5	
35	43	60	75	40	17,3	18,4	32,6	19,6	225	258	223	245	19,2	23,3	33,7	16,3	
36	104	52	101	57	56,8	47,0	23,0	23,8	238	228	315	351	43,7	22,8	32,1	16,2	
37	55	34	77	28	7,6	6,5	18,6	7,0	350	365	331	242	15,6	9,3	23,2	11,6	
38	105	45	121	61	24,2	10,1	23,9	14,7	344	291	263	249	30,5	15,5	46,0	24,5	
39	49	48	135	68	24,4	10,2	15,7	25,5	335	271	210	254	14,6	17,7	64,2	26,8	
40	159	74	130	42	11,4	11,7	11,5	9,5	353	322	277	166	45,0	23,0	46,9	25,3	
41	28	92	98	68	51,7	31,8	32,9	41,1	366	291	295	259	7,6	31,6	33,2	26,3	
42	67	35	84	77	42,7	36,0	24,4	21,4	417	279	395	362	15,9	12,5	21,2	21,3	
43	88	99	102	84	16,8	19,1	9,9	8,1	331	308	290	323	26,6	32,1	35,2	26,0	
44	112	166	116	59	73,9	114,5	68,1	90,7	370	256	241	265	30,3	64,8	48,2	22,3	
45	15	71	75	30	25,6	17,4	36,2	29,1	397	315	294	272	3,9	22,5	25,5	11,0	
46	88	57	85	89	68,8	58,2	62,8	56,0	313	276	274	152	28,1	20,7	31,0	58,6	
47	87	84	104	71	49,8	28,9	27,3	28,6	311	271	252	201	27,8	31,0	41,3	35,3	
48	113	68	84	57	66,3	58,4	59,2	65,4	329	259	241	259	34,3	26,3	34,9	22,0	
49	84	105	97	138	35,6	35,2	18,4	28,6	425	322	317	293	19,7	32,6	30,6	47,1	
50	96	80	46	91	23,9	23,2	19,6	19,1	397	326	336	354	24,2	24,5	13,7	25,7	
51	59	74	42	25	21,1	15,0	30,3	24,0	397	321	347	204	14,9	23,1	12,1	12,3	

Ταχύτητες κολύμβησης αγοριών	2000 m		800 m		200 m		25 m				V4		
	(m/s)		(m/s)		(m/s)		(m/s)				(m/s)		
Μήνες	0	3	3	5	5	6	0	3	5	6	0	3	5
A/A													
1	0,90	0,93	1,02	1,01	1,12	1,14	1,53	1,44	1,40	1,44	0,89	0,89	0,87
2	1,08	1,14	1,23	1,23	1,32	1,29	1,67	1,76	1,75	1,85	1,10	1,16	1,20
3	1,22	1,32	1,34	1,33	1,43	1,47	1,84	1,87	1,88	1,93	1,24	1,36	1,34
4	1,02	1,09	1,08	1,12	1,24	1,27	1,49	1,47	1,57	1,58	0,93	1,14	1,12
5	0,95	1,09	1,09	1,07	1,16	1,12	1,46	1,58	1,59	1,59	1,03	1,12	1,13
6	0,90	0,94	0,99	0,96	1,03	1,00	1,16	1,30	1,23	1,23	0,85	0,91	0,93
7	0,95	1,07	1,08	1,11	1,23	1,25	1,43	1,52	1,54	1,66	1,01	1,10	1,11
8	1,14	1,12	1,18	1,17	1,30	1,41	1,76	1,76	1,70	1,72	1,04	1,17	1,16
9	0,80	0,87	1,02	1,02	1,24	1,25	1,47	1,33	1,34	1,36	0,92	0,98	1,01
10	1,01	1,07	1,05	1,09	1,20	1,23	1,45	1,49	1,51	1,56	0,88	1,08	1,07
11	1,09	1,14	1,13	1,18	1,32	1,28	1,55	1,59	1,69	1,71	1,08	1,17	1,18
12	1,05	1,12	1,15	1,17	1,22	1,28	1,54	1,54	1,56	1,57	1,01	1,12	1,16
13	0,93	1,01	1,09	1,10	1,20	1,27	1,47	1,54	1,53	1,55	0,95	1,02	1,09
14	0,76	0,82	0,90	0,89	0,89	0,93	1,09	1,14	1,13	1,24	0,81	0,85	0,85
15	1,16	1,15	1,31	1,28	1,42	1,47	1,80	1,90	1,84	1,91	1,25	1,36	1,36
16	0,86	0,90	0,95	0,94	0,97	1,00	1,30	1,28	1,28	1,19	0,88	0,89	0,91
17	1,12	1,14	1,20	1,21	1,32	1,35	1,55	1,62	1,61	1,61	1,07	1,13	1,15
18	1,14	1,22	1,25	1,27	1,40	1,39	1,68	1,71	1,76	1,77	1,13	1,19	1,22
19	0,98	1,08	1,11	1,16	1,30	1,32	1,75	1,62	1,61	1,62	1,04	1,10	1,11
20	1,02	1,20	1,24	1,28	1,37	1,42	1,42	1,62	1,58	1,66	1,10	1,19	1,24
21	1,09	1,11	1,21	1,21	1,42	1,48	1,96	1,93	1,94	1,95	1,25	1,31	1,26

Ταχύτητες κολύμβησης κοριτσιών	2000 m		800 m		200 m		25 m				V4		
	(m/s)		(m/s)		(m/s)		(m/s)				(m/s)		
Μήνες	0	3	3	5	5	6	0	3	5	6	0	3	5
A/A													
31	1,07	1,12	1,13	1,15	1,25	1,29	1,55	1,55	1,51	1,58	1,02	1,06	1,09
32	0,95	1,03	1,02	1,06	1,20	1,27	1,55	1,63	1,58	1,63	1,00	1,05	1,08
33	0,85	0,90	0,94	0,95	1,03	1,03	1,26	1,27	1,37	1,37	0,83	0,93	0,91
34	1,00	0,98	1,02	1,02	1,03	1,08	1,53	1,59	1,57	1,60	1,01	1,04	1,03
35	1,19	1,17	1,25	1,25	1,38	1,42	1,74	1,71	1,66	1,74	1,09	1,26	1,24
36	0,89	0,98	0,98	1,03	1,06	1,08	1,21	1,23	1,30	1,32	0,97	0,99	1,02
37	0,95	1,08	1,10	1,07	1,16	1,18	1,51	1,49	1,45	1,47	1,02	1,06	1,10
38	1,24	1,32	1,26	1,33	1,45	1,49	1,74	1,74	1,76	1,80	1,22	1,36	1,37
39	0,90	0,99	1,00	1,03	1,11	1,14	1,29	1,40	1,41	1,42	0,91	1,04	1,04
40	0,91	0,93	0,99	0,99	1,08	1,06	1,33	1,37	1,37	1,39	0,98	1,00	1,02
41	1,15	1,22	1,26	1,27	1,34	1,39	1,63	1,71	1,65	1,76	1,16	1,26	1,19
42	1,19	1,22	1,24	1,26	1,33	1,35	1,64	1,71	1,66	1,72	1,18	1,29	1,24
43	0,85	0,96	0,97	1,03	1,10	1,15	1,37	1,36	1,34	1,44	0,91	0,97	1,05
44	0,91	1,04	1,03	1,10	1,23	1,30	1,57	1,62	1,57	1,64	0,92	1,05	1,09
45	0,94	1,02	1,03	1,02	1,12	1,12	1,28	1,33	1,30	1,32	0,92	1,03	1,03
46	0,91	0,98	0,97	1,02	1,13	1,18	1,59	1,61	1,60	1,65	0,97	1,01	1,04
47	1,07	1,14	1,15	1,16	1,20	1,23	1,53	1,60	1,56	1,56	1,08	1,13	1,15
48	1,21	1,26	1,32	1,32	1,53	1,57	1,88	1,85	1,82	1,91	1,26	1,37	1,36
49	0,90	0,98	0,99	0,95	1,09	1,09	1,57	1,61	1,57	1,63	0,92	0,97	0,97
50	0,74	0,88	1,02	1,00	1,00	0,99	1,31	1,32	1,31	1,33	0,79	0,95	1,00
51	1,15	1,24	1,26	1,27	1,35	1,41	1,68	1,64	1,67	1,74	1,16	1,34	1,31