

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ
ΜΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ
ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

της
Αλεξάνδρας Αυλωνίτη

Διδακτορική διατριβή που υποβάλλεται
στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης
του διδακτορικού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος
«Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και
Αθλητισμού του Δημοκριτείου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας.

Κομοτηνή

2006

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων: Δούδα Ελένη, Επικ. Καθηγήτρια

2^{ος} Επιβλέπων: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

3^{ος} Επιβλέπων: Κορτσάρης Αλέξανδρος, Αναπλ. Καθηγητής



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5403/1
Ημερ. Εισ.: 21-06-2007
Δωρεά: _____
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
796.07
ΜΑΓ



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ
ΜΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ
ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

της
Αλεξάνδρας Αυλωνίτη

Η παρούσα Διδακτορική διατριβή υποστηρίχθηκε από το Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης
(ΕΠΕΑΕΚ) στα πλαίσια χρηματοδότησης πράξεων

**«ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ: ΥΠΟΤΡΟΦΙΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
ΜΕ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΒΑΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ »**

ΜΕΤΡΟ 2.2

«Αναμόρφωση Προγραμμάτων Σπουδών – Διεύρυνση Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης»

Ενέργεια 2.2.3

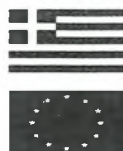
«Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών - Έρευνα - Υποτροφίες»

Κατηγορία Πράξεων 2.2.3.β.

«Υποτροφίες Έρευνας με προτεραιότητα στη Βασική Έρευνα»



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων: Δούδα Ελένη, Επίκουρος Καθηγήτρια

Μέλη: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

Κορτσάρης Αλέξανδρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δούδα Ελένη, Επίκουρος Καθηγήτρια

Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

Κορτσάρης Αλέξανδρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Κιουμουρτζόγλου Ευθύμης, Καθηγητής

Μαυρομάτης Γεώργιος, Καθηγητής

Ταξιλδάρης Κυριάκος, Καθηγητής

Πυλιανίδης Θεόφιλος, Επίκουρος Καθηγητής

© 2006
Αλεξάνδρα Αυλωνίτη
ALL RIGHTS RESERVED

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αλεξάνδρα Αυλωνίτη: Αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης και της προπόνησης σε σχέση με παράγοντες του ανοσοποιητικού συστήματος σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου (Υπό την επίβλεψη της Επικ. Καθηγήτριας κ. Δούδα Ελένης)

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογήσει τις μεταβολές σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος υψηλού επιπέδου αθλητριών καλαθοσφαίρισης, ποδοσφαίρου και ρυθμικής γυμναστικής μετά από μία τυπική προπονητική μονάδα. Δεκαπέντε αθλήτριες της Εθνικής ομάδας καλαθοσφαίρισης γυναικών (ηλικίας 27.53 ± 0.88 έτη, ύψους 178.14 ± 1.82 cm, βάρους 70.42 ± 1.8 kg), δέκα αθλήτριες της Εθνικής ομάδας ποδοσφαίρου γυναικών (ηλικίας 23.8 ± 1.11 έτη, ύψους 166.2 ± 2.12 cm, βάρους 59.9 ± 2.28 kg), δώδεκα αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής (ηλικίας 10.85 ± 0.57 έτη, ύψους 139.93 ± 3.33 cm, βάρους 29.36 ± 1.37 kg), οκτώ μη αθλήτριες-ενήλικες γυναίκες (ηλικίας 25.33 ± 1.07 έτη, ύψους 170.21 ± 1.89 cm, βάρους 59.18 ± 2.04 kg) και δώδεκα μη αθλήτριες –αναπτυξιακής ηλικίας (ηλικίας 10.79 ± 0.37 έτη, ύψους 142.54 ± 2.92 cm, βάρους 34.13 ± 1.75 kg) αποτέλεσαν το δείγμα της μελέτης. Η διάρκεια της προπόνησης ποδοσφαίρου και καλαθοσφαίρισης ήταν δύο ώρες, της ρυθμικής γυμναστικής πέντε ώρες και η ένταση κυμάνθηκε στο 75%, 70% και 75% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας αντίστοιχα. Πραγματοποιήθηκαν τρεις αιμοληψίες: πριν την προπόνηση (pre), αμέσως μετά το τέλος (post) και τέσσερις ώρες μετά (4h) για τις ομάδες ποδοσφαίρου, καλαθοσφαίρισης και τις μη αθλήτριες ενήλικες γυναίκες ενώ για τις ομάδες ρυθμικής γυμναστικής και μη αθλήτριες αναπτυξιακής ηλικίας είκοσι τέσσερις ώρες μετά (24h) με σκοπό να προσδιοριστεί ο αριθμός των λευκοκυττάρων και των υποπληθυσμών των ουδετερόφιλων, των λεμφοκυττάρων, των μονοκυττάρων, των ηωσινόφιλων και των βασεόφιλων, η συγκέντρωση της κορτιζόλης, της IL-6 και της IL-2. Επιπλέον, για τις αθλήτριες ρυθμικής και της μη αθλήτριες-αναπτυξιακής ηλικίας προσδιορίστηκε η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης (GH) και του ινσουλινοειδούς παράγοντα ανάπτυξης I (IGF-I). Από την ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε στις αθλήτριες ποδοσφαίρου, αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης, σημαντική αύξηση των λευκοκυττάρων ($p < .001$), των ουδετερόφιλων ($p < .001$) και της IL-6 ($p < .001$), ενώ στα λεμφοκύτταρα και στην IL-2

δεν σημειώθηκαν αξιόλογες μεταβολές ($p>.05$). Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης παρατηρήθηκε μετά το τέλος της προπόνησης αύξηση των ουδετερόφιλων ($p<.01$) και της IL-6 ($p<.001$), ενώ τα λεμφοκύτταρα και η IL-2 δεν παρουσίασαν αξιόλογες μεταβολές ($p>.05$). Στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής μετά την προπόνηση παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στα λευκοκύτταρα ($p<.001$), στα ουδετερόφιλα ($p<.001$) και στην IL-6 ($p<.001$), ενώ στα λεμφοκύτταρα ($p<.001$) και στην IL-2 παρουσιάστηκε σημαντική πτώση ($p<.001$). Είκοσι τέσσερις ώρες μετά παρατηρήθηκε στις αθλήτριες σημαντική μείωση στον IGF-I ($p<.001$) συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας τους. Την ίδια χρονική στιγμή οι αθλήτριες διέφεραν σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες ($p<.001$). Από τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι οι προπονήσεις ποδοσφαίρου και καλαθοσφαίρισης προκάλεσαν μεταβολές στους μη ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς χωρίς να επηρεάσουν τη συγκέντρωση των λεμφοκυττάρων και την ανοσοποιητική λειτουργία των αθλητριών. Η προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής φάνηκε να επιδρά τόσο στους μη ειδικούς όσο και στους ειδικούς μηχανισμούς άμυνας, αυξάνοντας την πιθανότητα επιρρέπειας σε ενδεχόμενες λοιμώξεις.

Λέξεις κλειδιά: ανοσοποιητική λειτουργία, υψηλού επιπέδου αθλήτριες, ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση, ρυθμική γυμναστική

ABSTRACT

Alexandra Avloniti: Evaluation of conditioning and training in relation to immune components in elite female athletes

(Under the supervision of Assistant Professor Douda Helen)

The aim of the present study was to investigate the acute changes in immune components after a single bout of basketball, soccer and rhythmic gymnastics training. Fifteen elite female basketball players (age: 27.53 ± 0.88 yr., height: 178.14 ± 1.82 cm, weight: 70.42 ± 1.8 kg), ten elite female soccer players members of the national team (age: 27.53 ± 0.88 yr., height: 178.14 ± 1.82 cm, weight: 70.42 ± 1.8 kg), twelve elite rhythmic gymnasts (age: 10.85 ± 0.57 yr., height: 139.93 ± 3.33 cm, weight: 29.36 ± 1.37 kg), eight non-athletes adults (age: 25.33 ± 1.07 yr., height: 170.21 ± 1.89 cm, weight: 59.18 ± 2.04 kg) and twelve non-athletes children (age: 10.79 ± 0.37 yr., height: 142.54 ± 2.92 cm, weight: 34.13 ± 1.75 kg) participated in the study. The duration of soccer and basketball training was two hours, while the duration of rhythmic gymnastics training was five hours and was performed at an intensity of 75%, 70% and 75% of maximal heart rate respectively. Blood samples were taken before (pre), immediately after (post), 4h after (4h) a soccer and basketball training and 24h after (24h) a rhythmic gymnastics training session in order to determine total white blood cells, the subsets of neutrophils, lymphocytes, monocytes, eosinophils, basophils, cortisol and cytokines (IL-2 and IL-6). Furthermore, growth hormone (GH) and insulin-like growth factor I (IGF-I) were determined in rhythmic sports gymnasts and non-athletes (children). At the same time, blood samples were obtained from non-athletes (adults and children) who refrained from exercise. The analysis of data indicated significant increase in total white blood cells ($p < .001$), neutrophils ($p < .001$) and IL-6 ($p < .001$) and no significant differences in lymphocytes and IL-2 ($p > .05$) for soccer players after the exercise. Basketball players presented significant increase in total white blood cells ($p < .001$) at 4h, increase in neutrophils ($p < .001$) and IL-6 ($p < .001$) and no significant differences in lymphocytes and IL-2 ($p > .05$) after the exercise. For rhythmic gymnasts total white blood cells ($p < .001$), neutrophils ($p < .001$) and IL-6 ($p < .001$) increased after the exercise, while lymphocytes ($p < .001$) and IL-2 ($p < .001$) were significantly decreased.

Twenty four hours after the exercise IGF-I was significantly lower ($p<.001$) relatively to pre-exercise levels for rhythmic gymnasts and there was a statistically significant difference between athletes and non-athletes ($p<.001$). These findings revealed that the single bout of soccer and basketball training induced a leukocytosis, without affecting the lymphocyte count and the immune system of the athletes. Rhythmic gymnastics training seems to affect innate and adaptive immune components, probably increasing the susceptibility to infection.

Key words: *immune function, elite female athletes, soccer, basketball, rhythmic gymnastics*

“Στον Θανάση...”

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να αναφέρω τα ονόματα ορισμένων ανθρώπων που έπαιζαν καθοριστικό ρόλο καθ' όλη τη διάρκεια του παρόντος έργου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Επίκουρο Καθηγήτρια κ. Ελένη Δούδα για την ουσιαστική προσφορά της, την επιστημονική της στήριξη και την αμέριστη συμπαράσταση της σε όλες τις δυσκολίες που συνάντησα μέχρι την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής. Η συνεργασία μου μαζί της ήταν πηγή δύναμης και αισιοδοξίας σε αυτή την πλούσια πορεία των σπουδών μου που πολλές φορές έκρυβε αρκετά δύσβατα μονοπάτια. Τον Καθηγητή κ. Σάββα Τοκμακίδη, που με παρότρυνε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα και για την αδιάλειπτη βοήθεια και την ουσιαστική καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησης της διατριβής.

Τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αλέξανδρο Κορτσάρη, για την άριστη συνεργασία του και τη βοήθειά του στα θέματα των βιοχημικών αναλύσεων. Επιπλέον, την κ. Ευρώπη Παπαδοπούλου για την πολύτιμη βοήθειά της στη διεξαγωγή των βιοχημικών αναλύσεων.

Τους προπονητές των ομάδων τον κ. Γιώργο Τσίτσκαρη, την κ. Ξανθή Κωνσταντινίδου και την κ. Καλλιόπη Κουτσούκου για τη συνεργασία τους και τη διευκόλυνση που μου παρείχαν στη διαδικασία των μετρήσεων. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Δώρα Μαυραγάνη και τον κ. Νίκο Αναστασιάδη καθώς και τους φίλους και συνεργάτες του εργαστηρίου Αργύρη Τουμπέκη και Κώστα Βόλακλη.

Την οικογένειά μου, τους γονείς μου, τις αδερφές μου και τον Θανάση για την καθημερινή τους συμπαράσταση, την ουσιαστική τους βοήθεια σε όλες τις δύσκολες στιγμές και την κατανόηση που επιδεικνύουν.

Το υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και την ειδική υπηρεσία διαχείρισης ΕΠΕΑΕΚ για τη χορήγηση της υποτροφίας «Ηράκλειτος: Υποτροφίες Έρευνας με προτεραιότητα στη Βασική Έρευνα».

Τέλος αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλες τις αθλήτριες και μη αθλήτριες και κυρίως της μικρότερης ηλικίας καθώς και στους γονείς αυτών που δέχθηκαν να λάβουν μέρος στο στάδιο των μετρήσεων για την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης.

A.A.

Κομοτηνή, 15-11-2006

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ABSTRACT	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xix
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Προσδιορισμός του προβλήματος	1
Σκοπός της εργασίας	5
Σημασία της έρευνας	5
Ερευνητικές υποθέσεις	6
Μηδενικές υποθέσεις	7
Περιορισμοί της έρευνας	10
Οριοθετήσεις της έρευνας	10
Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί	11
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	16
Εισαγωγή στα στοιχεία του ανοσολογικού συστήματος	16
Τα κύτταρα του ανοσολογικού συστήματος	18
Κυτταροκίνες	24
Άσκηση και ανοσολογικό σύστημα	27
Η επίδραση της φυσικής κατάστασης στο ανοσολογικό σύστημα	30
Οξεία επίδραση της άσκησης στα λευκοκύτταρα	31
Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και λευκοκύτταρα	34
Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και λευκοκύτταρα	36
Οξεία επίδραση της άσκησης στα ουδετερόφιλα	41
Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και ουδετερόφιλα	44

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και ουδετερόφιλα	45
Οξεία επίδραση της άσκησης στα λεμφοκύτταρα	50
Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και λεμφοκύτταρα	53
Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και λεμφοκύτταρα	54
Οξεία επίδραση της άσκησης στα μονοκύτταρα	58
Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και μονοκύτταρα	60
Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και μονοκύτταρα	61
Οξεία επίδραση της άσκησης στα ηωσινόφιλα	65
Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και ηωσινόφιλα	65
Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και ηωσινόφιλα	66
Οξεία επίδραση της άσκησης στα βασεόφιλα	66
Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και βασεόφιλα	67
Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και βασεόφιλα	67
Σχέσεις μεταξύ ενδοκρινικού, νευρικού και ανοσολογικού συστήματος	68
Οξεία επίδραση της άσκησης στην κορτιζόλη	68
Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και κορτιζόλη	71
Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και κορτιζόλη	72
Οξεία επίδραση της άσκησης στην ιντερλευκίνη 6 (IL-6)	74
Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και ιντερλευκίνη 6 (IL-6)	76
Οξεία επίδραση της άσκησης στην ιντερλευκίνη 2 (IL-2)	79
Αυξητική ορμόνη (GH) και Ινσουλινοειδής παράγοντας ανάπτυξης I (IGF-I)	80
Οξεία επίδραση της άσκησης κατά την αναπτυξιακή ηλικία στην αυξητική ορμόνη (GH) και στον ινσουλινοειδή παράγοντα ανάπτυξης I (IGF-I)	82
Συμπεράσματα από την ανασκόπηση βιβλιογραφίας	84
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	92
Δείγμα	92
Σχεδιασμός της έρευνας	94

Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών	95
Αξιολόγηση βιολογικής ωρίμανσης	95
Αξιολόγηση μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO ₂ max)	96
Πρωτόκολλα άσκησης	97
Αιμοληψία	98
Αιματολογικές αναλύσεις	98
Βιοχημικές αναλύσεις	99
Στατιστική ανάλυση	102
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	103
Προπόνηση ποδοσφαίρου	103
Λευκοκύτταρα	105
Ουδετερόφιλα	106
Λεμφοκύτταρα	107
T βοηθητικά κύτταρα (CD4 ⁺)	108
T κυτταροτοξικά κύτταρα (CD8 ⁺)	109
Λόγος CD4 ⁺ /CD8 ⁺	110
Κύτταρα φυσικοί φονείς (NK).....	111
Μονοκύτταρα	112
Ηωσινόφιλα	113
Βασεόφιλα	114
Κορτιζόλη	115
Ιντερλευκίνη 6 (IL-6)	116
Ιντερλευκίνη 2 (IL-2)	117
Σχέση μεταξύ μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO ₂ max) και αριθμού λευκοκυττάρων.....	118
Προπόνηση καλαθοσφαίρισης	119
Λευκοκύτταρα	121
Ουδετερόφιλα	122
Λεμφοκύτταρα	123
Μονοκύτταρα	124

Ηωσινόφιλα	125
Βασεόφιλα	126
Κορτιζόλη	127
Ιντερλευκίνη 6 (IL-6)	128
Ιντερλευκίνη 2 (IL-2)	129
Προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής	130
Λευκοκύτταρα	132
Ουδετερόφιλα	133
Λεμφοκύτταρα	134
Μονοκύτταρα	135
Ηωσινόφιλα	136
Βασεόφιλα	137
Κορτιζόλη	138
Ιντερλευκίνη 6 (IL-6)	139
Ιντερλευκίνη 2 (IL-2)	140
Αυξητική ορμόνη (GH)	141
Ινσουλινοειδής παράγοντας ανάπτυξης I (IGF-I)	142
Σχέση μεταξύ μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max) και αριθμού λευκοκυττάρων.....	143
 V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	 144
Οξεία επίδραση της προπόνησης ποδοσφαίρου και καλαθοσφαίρισης σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος	 144
Λευκοκύτταρα.....	144
Ουδετερόφιλα	146
Λεμφοκύτταρα	147
Μονοκύτταρα	149
Ηωσινόφιλα και βασεόφιλα	150
Κορτιζόλη	151
Ιντερλευκίνη 6 (IL-6) και ιντερλευκίνη 2 (IL-2)	152

Οξεία επίδραση της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος	155
Λευκοκύτταρα	155
Ουδετερόφιλα	157
Λεμφοκύτταρα	160
Μονοκύτταρα	162
Ηωσινόφιλα και βασεόφιλα	163
Κορτιζόλη	164
Ιντερλευκίνη 6 (IL-6) και ιντερλευκίνη 2 (IL-2)	166
Οξεία επίδραση της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής στην αυξητική ορμόνη (GH) και στον ινσουλινοειδή παράγοντα ανάπτυξης I (IGF-I)	170
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	172
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	175
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	177
VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	195
A. Οργάνωση ερευνητικού έργου	196
Ιστορικό αθλήτριας	197
Έντυπο συγκατάθεσης συμμετοχής	205
B. Καταγραφή δεδομένων	207
Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών	208
Αξιολόγηση βιολογικής ωρίμανσης	210
Πρωτόκολλο μέτρησης για το παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής	211
Γ. Παρουσίαση ερευνητικών δεδομένων	212
Γραφήματα καρδιακής συχνότητας αθλητριών ποδοσφαίρου κατά τη διάρκεια της προπόνησης	213
Γραφήματα καρδιακής συχνότητας αθλητριών καλαθοσφαίρισης κατά τη διάρκεια της προπόνησης	214
Γραφήματα καρδιακής συχνότητας αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής κατά τη διάρκεια της προπόνησης	215
Δ. Φωτογραφικό υλικό μετρήσεων	216

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1.	Τα Κύτταρα που διαμεσολαβούν στους ανοσολογικούς αμυντικούς μηχανισμούς.....	23
Πίνακας 2.2.	Συνοπτικός πίνακας μελετών αξιολόγησης παραμέτρων κυτταρικής και χυμικής ανοσίας.....	85
Πίνακας 3.1.	Χαρακτηριστικά (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου, καλαθοσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου.....	93
Πίνακας 3.2.	Χαρακτηριστικά (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής και της ομάδας ελέγχου.....	93
Πίνακας 4.1.	Αποτελέσματα (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των υπό εξέταση μεταβλητών της ομάδας ποδοσφαίρου (n=10) και της ομάδας ελέγχου (n=8) στις χρονικές στιγμές μέτρησης (Pre: 8.00 π.μ., Post: 12.30 μ.μ., 4h: 16.30μ.μ.).....	104
Πίνακας 4.2.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$).....	105
Πίνακας 4.3.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$).....	106
Πίνακας 4.4.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$).....	107
Πίνακας 4.5.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$).....	112
Πίνακας 4.6.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$).....	113
Πίνακας 4.7.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα βασεόφιλα ($\times 10^9/L$).....	114
Πίνακας 4.8.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην κορτιζόλη (nmol/l).....	115
Πίνακας 4.9.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-6 (pg/ml).....	116
Πίνακας 4.10.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-2 (pg/ml).....	117
Πίνακας 4.11.	Αποτελέσματα (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των υπό εξέταση μεταβλητών της ομάδας καλαθοσφαίρισης (n=15) και της ομάδας	

	ελέγχου (n=8) στις χρονικές στιγμές μέτρησης (Pre: 8.00 π.μ., Post: 12.30 μ.μ., 4h: 16.30μ.μ.).....	120
Πίνακας 4.12.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$).....	121
Πίνακας 4.13.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$).....	122
Πίνακας 4.14.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$)....	123
Πίνακας 4.15.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$).....	124
Πίνακας 4.16.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$).....	125
Πίνακας 4.17.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα βασεόφιλα ($\times 10^9/L$).....	126
Πίνακας 4.18.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην κορτιζόλη (nmol/l).....	127
Πίνακας 4.19.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-6 (pg/ml).....	128
Πίνακας 4.20.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-2 (pg/ml).....	129
Πίνακας 4.21.	Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα) των υπό εξέταση μεταβλητών της ομάδας ρυθμικής γυμναστικής (n=12) και της ομάδας ελέγχου (n=12) στις χρονικές στιγμές μέτρησης (Pre: 8.00 π.μ., Post: 15.00 μ.μ., 24h: 8.00 π.μ.).....	131
Πίνακας 4.22.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$).....	132
Πίνακας 4.23.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$).....	133
Πίνακας 4.24.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$)....	134
Πίνακας 4.25.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$).....	135

Πίνακας 4.26.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$).....	136
Πίνακας 4.27.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα βασεόφιλα ($\times 10^9/L$).....	137
Πίνακας 4.28.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην κορτιζόλη (nmol/l).....	138
Πίνακας 4.29.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-6 (pg/ml).....	139
Πίνακας 4.30.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-2 (pg/ml).....	140
Πίνακας 4.31.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην αυξητική ορμόνη (ng/ml).....	141
Πίνακας 4.32.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στον IGF-I (nmol/l).....	142

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1.	Το μοντέλο του σχήματος “J” περιγράφει τη σχέση μεταξύ πιθανότητας λοίμωξης του ανώτερου αναπνευστικού (URTI) και όγκου-έντασης της άσκησης (Nieman, 1994).....	29
Σχήμα 2.2.	Η Θεωρία του “Ανοικτού Παραθύρου” (Nieman & Pedersen, 1999).....	30
Σχήμα 2.3.	Σχηματική παρουσίαση της ποσοστιαίας μεταβολής που προκαλείται μετά από έντονη άσκηση στη συγκέντρωση κυτταροκινών στο πλάσμα (Pedersen & Toft, 2000).....	76
Σχήμα 4.1.	Αριθμός λευκοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p < .001$	105
Σχήμα 4.2.	Αριθμός ουδετερόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p < .001$	106
Σχήμα 4.3.	Αριθμός λεμφοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).....	107
Σχήμα 4.4.	Αριθμός T βοηθητικών κυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου.....	108
Σχήμα 4.5.	Αριθμός T κυτταροτοξικών κυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου.....	109
Σχήμα 4.6.	Λόγος των CD4 ⁺ /CD8 ⁺ κυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου.....	110
Σχήμα 4.7.	Αριθμός NK κυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου.....	111
Σχήμα 4.8.	Αριθμός μονοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με ** $p < .01$	112
Σχήμα 4.9.	Αριθμός ηωσινόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).....	113

Σχήμα 4.10.	Αριθμός βασεόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).....	114
Σχήμα 4.11.	Συγκέντρωση κορτιζόλης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$	115
Σχήμα 4.12.	Συγκέντρωση IL-6 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$	116
Σχήμα 4.13.	Συγκέντρωση IL-2 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).....	117
Σχήμα 4.14.	Σχέση μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max) και του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση των αθλητριών ποδοσφαίρου	118
Σχήμα 4.15.	Αριθμός λευκοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$	121
Σχήμα 4.16.	Αριθμός ουδετερόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$	122
Σχήμα 4.17.	Αριθμός λεμφοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).....	123
Σχήμα 4.18.	Αριθμός μονοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με * $p<.05$	124
Σχήμα 4.19.	Αριθμός ηωσινόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$, ** $p<.01$	125

Σχήμα 4.20.	Αριθμός βασεόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$	126
Σχήμα 4.21.	Συγκέντρωση κορτιζόλης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$, $**p<.01$, $***p<.001$	127
Σχήμα 4.22.	Συγκέντρωση IL-6 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$, $***p<.001$	128
Σχήμα 4.23.	Συγκέντρωση IL-2 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).....	129
Σχήμα 4.24.	Αριθμός λευκοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$	132
Σχήμα 4.25.	Αριθμός ουδετερόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$	133
Σχήμα 4.26.	Αριθμός λεμφοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$	134
Σχήμα 4.27.	Αριθμός μονοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$, $**p<.01$	135
Σχήμα 4.28.	Αριθμός ηωσινόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$	136

Σχήμα 4.29.	Αριθμός βασεόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$	137
Σχήμα 4.30.	Συγκέντρωση κορτιζόλης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$	138
Σχήμα 4.31.	Συγκέντρωση IL-6 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$	139
Σχήμα 4.32.	Συγκέντρωση IL-2 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $**p<.01$, $***p<.001$	140
Σχήμα 4.33.	Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$	141
Σχήμα 4.34.	Συγκέντρωση του IGF-I (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$, $**p<.01$, $***p<.001$	142
Σχήμα 4.35.	Σχέση μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max) γυμναστικής και του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση των αθλητριών ρυθμικής.....	143

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο προσδιορισμός του προβλήματος που στοιχειοθετεί τον σκοπό διεξαγωγής της παρούσας διατριβής. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στη σημασία της έρευνας στον αθλητισμό, διατυπώνονται οι ερευνητικές και μηδενικές υποθέσεις καθώς και τα όρια και οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την καταγραφή της σημαντικότερης ορολογίας που χρησιμοποιείται συστηματικά στο παρόν κείμενο.

Προσδιορισμός του προβλήματος

Η επίδραση της άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα απασχολεί την ιατρική, αθλητική και ερευνητική κοινότητα έντονα τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Nieman, 1997; Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000; Timmons, 2005). Είναι σύνηθες το φαινόμενο υψηλού επιπέδου αθλητές να παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα ασθενειών και λοιμώξεων, κατά τη διάρκεια έντονων ή παρατεταμένων περιόδων προπόνησης. Αντιθέτως, άτομα που ασκούνται συστηματικά, με μέτριας έντασης φυσικές δραστηριότητες εμφανίζουν μικρότερη συχνότητα ιώσεων και ασθενειών και διακρίνονται για την καλή κατάσταση του ανοσοποιητικού τους συστήματος (Nieman & Pedersen, 1999; Pyne, Gray, & McDonald, 1995; Shephard & Shek, 1994). Το ενδιαφέρον των αθλητών, προπονητών και των αθλητικών επιστημόνων στρέφεται στον τρόπο αντιμετώπισης της αυξημένης επιρρέπειας σε λοιμώξεις, κατά τη διάρκεια περιόδων έντονων προπονητικών επιβαρύνσεων. Οι Nieman & Pedersen (1999) ερευνώντας το πρόβλημα διατύπωσαν τη θεωρία του «ανοικτού παραθύρου». Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, μετά από επίπονη άσκηση, παρατηρείται ένα χρονικό διάστημα από 3 έως 72 ώρες κατά το οποίο το ανοσοποιητικό σύστημα βρίσκεται σε καταστολή. Αυξάνεται λοιπόν, ο κίνδυνος για λοίμωξη, διότι ιοί και βακτήρια μπορούν να προσβάλουν ευκολότερα τον οργανισμό στο χρονικό αυτό διάστημα.

Τα κύτταρα που φέρουν σε πέρας τους αμυντικούς μηχανισμούς και εμπλέκονται είτε άμεσα επιτελώντας τις κυτταρικές τους λειτουργίες, είτε έμμεσα απελευθερώνοντας διαλυτούς παράγοντες (ορμόνες, κατεχολαμίνες, κυτταροκίνες) είναι οι διάφοροι τύποι των λευκοκυττάρων του αίματος: ουδετερόφιλα, βασεόφιλα, ηωσινόφιλα, μονοκύτταρα και λεμφοκύτταρα (Mackinnon, 1999). Τα ουδετερόφιλα είναι τα πιο πολυάριθμα και σημαντικότερα κύτταρα της φυσικής ανοσίας (Janeway, Travers, Walport, & Shlomchik, 2001). Μαζί με τα μονοκύτταρα/μακροφάγα αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας των ανοσολογικών μηχανισμών του ξενιστή στα πρώτα στάδια της λοίμωξης. Τα λεμφοκύτταρα αποτελούν τη δεύτερη μεγαλύτερη υποκατηγορία των λευκοκυττάρων και κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στους ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς άμυνας (επίκτητη ανοσία). Κύριος ρόλος των λεμφοκυττάρων είναι να λειτουργούν ως «αναγνωριστικά κύτταρα» σε ειδικές ανοσολογικές αποκρίσεις εξαιτίας της ικανότητάς τους να εκκρίνουν τα διαφορετικά αντιγόνα (Janeway et al., 2001). Τα ηωσινόφιλα αποτελούν ένα μικρό ποσοστό των λευκοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία και κύρια λειτουργία τους είναι η φαγοκυττάρωση μικροοργανισμών ενώ πιστεύεται ότι συμμετέχουν και στους μηχανισμούς άμυνας έναντι των παρασιτικών λοιμώξεων (Janeway et al., 2001). Τα βασεόφιλα αποτελούν τη μικρότερη υποκατηγορία των λευκοκυττάρων και εμπλέκονται κυρίως σε φλεγμονώδεις και αλλεργικές αντιδράσεις (Paul, 2003).

Επιπρόσθετα, υπάρχουν βάσιμες αποδείξεις ότι διάφορα είδη φυσιολογικών στρεσογόνων παραγόντων επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στο ανοσολογικό σύστημα (Pedersen, Kappel, Klokke, Nielsen, & Secher, 1994). Η παρουσία υποδοχέων στις ορμόνες του ενδοκρινικού συστήματος και η ανατομική σύνδεση μεταξύ λεμφικού και νευρικού συστήματος αποκαλύπτουν την ύπαρξη διόδου επικοινωνίας μεταξύ ανοσολογικού, νευρικού και ενδοκρινικού συστήματος (Madden & Felten, 1995; Rabin et al., 1996). Στη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν αναφερθεί εκτενέστατα οι φυσιολογικές βάσεις των νευρικών, ανοσολογικών και ορμονικών αλληλεπιδράσεων (Blalock, 1994; Madden & Felten, 1995; Ottaway & Husband, 1994). Η άσκηση είναι μια μορφή στρες για τον οργανισμό αλλά αναπαράγεται με επιστημονικό τρόπο και μέθοδο που την καθιστούν ως ένα μοναδικό και πρωτότυπο είδος στρες (Hoffman-Goetz & Pedersen, 1994). Η οξεία και έντονη μυϊκή άσκηση αυξάνει τη συγκέντρωση αρκετών στρεσογόνων ορμονών στο αίμα, όπως είναι για παράδειγμα η κορτιζόλη (Galbo, 1983; Kjaer & Dela, 1996; Volek,

Kraemer, Bush, Incledon, & Boetes, 1997). Η άσκηση λοιπόν, προκαλεί μεταβολές στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ νευρικού και ανοσοποιητικού συστήματος εκκρίνοντας στρεσογόνες ορμόνες, αλλά και φλεγμονώδεις μεσολαβητές, όπως είναι οι κυτταροκίνες που δύνανται να προκαλέσουν μεταβολές στην ανοσοποιητική λειτουργία.

Σε γενικές γραμμές, οι περισσότερες μελέτες συγκλίνουν στην άποψη ότι κατά τη διάρκεια της άσκησης και αμέσως μετά, ο αριθμός των λευκοκυττάρων στην κυκλοφορία αυξάνεται και η αύξηση αυτή είναι ανάλογη της έντασης και της διάρκειας (Mackinnon, 1999; McCarthy & Dale, 1988; Miles, 2005). Ειδικότερα, μετά το τέλος της άσκησης και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης παρατηρείται μια αξιοσημείωτη πτώση του αριθμού των λεμφοκυττάρων στην κυκλοφορία συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας (Gabriel, Urhausen, & Kindermann, 1992a; Nieman et al., 1991). Αντιθέτως, ο αριθμός των ουδετερόφιλων συνεχίζει να αυξάνεται και κορυφώνεται αρκετές ώρες μετά το τέλος της άσκησης (Fry, Morton, Crawford, & Keast, 1992a; McCarthy & Dale, 1988). Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό στη διεθνή βιβλιογραφία ως διφασικό φαινόμενο. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι σε έντονη και μεγάλης διάρκειας άσκηση, η πτώση των λεμφοκυττάρων είναι αισθητή ήδη πριν την ολοκλήρωσή της (Shephard & Shek, 1999). Σε σύντομη ή μέτριας έντασης δραστηριότητα, πιθανόν να προκαλείται μόνο διατάραξη του αριθμού των κυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία, για μία ώρα περίπου μετά το τέλος της άσκησης, ωστόσο, η ομοιόσταση μπορεί να μην έχει αποκατασταθεί για αρκετές ώρες μετά (Gabriel & Kindermann, 1997; Gabriel, Schwarz, Born, & Kindermann, 1992b; Hansen Wilsgard, & Osterud, 1991).

Πληθώρα μελετών παρουσιάζουν φαινόμενα ανοσοκαταστολής σε αθλητές αντοχής, ωστόσο στα ομαδικά αθλήματα δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στο ανοσοποιητικό σύστημα. Στη διεθνή βιβλιογραφία, τα δεδομένα που υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων στο ανοσοποιητικό σύστημα αφορούν κυρίως στην αξιολόγησή τους, στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου (Benoni et al., 1995a; Bury, Marechal, Mahieu, & Pimay, 1998). Μόνο δύο μελέτες υπάρχουν στη βιβλιογραφία, οι οποίες εξετάζουν την οξεία επίδραση προπόνησης ποδοσφαίρου στην ανοσοποιητική λειτουργία (Bishop, Blannin, Robson, Walsh, & Gleeson, 1999; Malm, Ekblom, & Ekblom, 2004), ενώ για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης, δεν υπάρχουν μελέτες σχετικά με την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος μετά από μια προπονητική μονάδα.

Χαρακτηριστική είναι και η έλλειψη που παρουσιάζεται σχετικά με την επίδραση της άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα κατά την αναπτυξιακή ηλικία (Timmons, Tarnopolsky, Snider, & Bar-Or., 2006a) αν και η λειτουργία του ανοσολογικού συστήματος διαφέρει μεταξύ παιδιών και ενηλίκων (Erkeller-Yuksel et al., 1992; Timmons, 2005; Wilson, 1986). Ειδικότερα, ενώ αρκετοί από τους ανοσολογικούς μηχανισμούς υφίστανται τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικες, κάποιοι δεν είναι πλήρως λειτουργικοί κατά τη γέννηση και αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας (Bartlett, Goldklang, Schleifer, & Keller, 2001; Perez, Nemet, Mills, Scheet, Ziegler, & Cooper, 2001). Επιπλέον, η επίκτητη ανοσία αναπτύσσεται με την έκθεση στα αντιγόνα και είναι σχετικά περιορισμένη κατά τη γέννηση (Bishop, 2006; Wilson, 1986). Μελέτες αναφέρουν υψηλότερες τιμές ηρεμίας λευκοκυττάρων και λεμφοκυττάρων στα παιδιά (Heldrup, Kalm, & Prellner, 1992; Shahabuddin, Ayed, Gad El-Rab & Qureshi, 1998; Shearer et al., 2003) καθώς και αύξηση του λόγου $CD4^+/CD8^+$ (Shinkai et al., 1995; Utsuyama, Kasai, & Kurashima, 1992), ο οποίος θεωρείται μείζονος σημασίας για την καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και ανάπτυξη του θύμου αδένα (Utsuyama et al., 1992) που παρατηρούνται στην περίοδο της εφηβείας. Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην ανοσοποιητική λειτουργία των παιδιών αν και η συμμετοχή τους σε αθλητικές δραστηριότητες ενισχύεται έντονα στις δυτικές κοινωνίες (Bishop, 2006; Micheli, 1996). Στις περισσότερες μελέτες στις οποίες εξετάζεται η επίδραση της άσκησης στο ανοσολογικό σύστημα έχουν συμμετάσχει νεαροί άνδρες και σε πολύ λίγες ηλικιωμένοι. Σύμφωνα με τον Malm (2004), η επίδραση της άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα παιδιών και εφήβων θα πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης με σκοπό να εδραιωθούν οι υπεύθυνοι μηχανισμοί που θα συμβάλλουν στην μακροπρόθεσμη ανάπτυξη της υγείας και της φυσικής κατάστασης. Μάλιστα, σε περίπτωση συμμετοχής του νεαρού ατόμου σε καθημερινή, πολύωρη, έντονη και ιδιαίτερα απαιτητική προπόνηση, όπως είναι της ρυθμικής γυμναστικής, η αναγκαιότητα για σαφή γνώση και προσδιορισμό των λειτουργικών ιδιαιτεροτήτων του ανήλικου οργανισμού προκύπτει εντονότερη.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, εξετάζονται οι προπονητικές μέθοδοι, η ανάπτυξη στοιχείων της γενικής φυσικής κατάστασης αλλά και η τεχνική προετοιμασία των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (Atanosova & Shishkova, 1991; Bott, 1981; Cassagne, 1990; Guidetti, Baldari, Capranica, Persichini, & Figura, 2000; Lissizkaja, 1982; Schmid,

1976). Επιπλέον, μελέτες εξετάζουν την ανάπτυξη των αθλητριών υψηλού επιπέδου και αναφέρουν ειδικές επιδράσεις και προσαρμογές του οργανισμού των αθλητριών που είναι αποτέλεσμα της συστηματικής προπόνησης (Douda, Lapidis, & Tokmakidis, 2002a; Douda, Tokmakidis, & Tsigilis, 2002b; Haywood, Clark, & Mayhew, 1986). Δεν υπάρχουν μελέτες ωστόσο που να εξετάζουν την επίδραση της προπόνησης στην ανοσοποιητική λειτουργία των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής.

Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην αξιολόγηση κυτταρικών και χυμικών παραμέτρων του ανοσοποιητικού συστήματος σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου μετά από μία τυπική προπονητική μονάδα του αθλήματος στο οποίο συμμετέχουν.

Ειδικότερα, η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό:

- Να αξιολογήσει την οξεία επίδραση της προπόνησης ποδοσφαίρου σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου μέχρι την επόμενη προπονητική μονάδα (τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπονητικής μονάδας).
- Να αξιολογήσει την οξεία επίδραση της προπόνησης καλαθοσφαίρισης σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου μέχρι την επόμενη προπονητική μονάδα (τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπονητικής μονάδας).
- Να αξιολογήσει την οξεία επίδραση της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου μέχρι την επόμενη προπονητική μονάδα (είκοσι τέσσερις ώρες μετά).

Σημασία της έρευνας

Η προπόνηση υψηλών επιδόσεων καταπονεί τον οργανισμό και μειώνει σε αρκετές περιπτώσεις την ανοσοποιητική λειτουργία. Είναι σύνηθες το φαινόμενο υψηλού επιπέδου αθλητές να παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε ασθένειες και λοιμώξεις, κατά τη διάρκεια έντονων ή παρατεταμένων περιόδων προπόνησης αλλά και μετά από μια προπονητική μονάδα. Ωστόσο, για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης και του ποδοσφαίρου δεν υπάρχουν δεδομένα σχετικά με την επίδραση του προπονητικού ερεθίσματος στην ανοσοποιητική λειτουργία υψηλού επιπέδου αθλητριών. Αν και η γνώση στο συγκεκριμένο τομέα, θα μπορούσε να συμβάλει στον προγραμματισμό της προπόνησης,

διότι οι αγωνιστικές δραστηριότητες στα ομαδικά αθλήματα είναι αρκετά αυξημένες. Επιπλέον, επιβαρυντικός παράγοντας αποδεικνύεται αρκετές φορές η δεύτερη προπονητική μονάδα την ίδια μέρα καθώς δεν παρέχει το απαιτούμενο χρονικό διάστημα ανάληψης για τον οργανισμό και πιο συγκεκριμένα για το ανοσοποιητικό σύστημα (Malm et al., 2004). Περαιτέρω έρευνα, λοιπόν, στα ομαδικά αθλήματα σε παραμέτρους της κυτταρικής και χυμικής ανοσίας των αθλητριών μπορούν να συμβάλλουν στην έγκαιρη διάγνωση και αποφυγή ανοσοκατασταλτικών φαινομένων.

Επιπρόσθετα οι υψηλές απαιτήσεις και οι έντονες ιδιαιτερότητες του αθλήματος της ρυθμικής γυμναστικής καθιστούν αρκετά δύσκολη την προπονητική διαδικασία. Στόχος της έρευνας σχετικά με την επίδραση της προπόνησης πρωταθλητισμού κατά τη διάρκεια της αναπτυξιακής ηλικίας θα πρέπει να αποτελεί η εντύπωση στους λειτουργικούς μηχανισμούς του οργανισμού, ώστε να προάγει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη βελτίωση της απόδοσής τους χαράζοντας μια ελπιδοφόρα αγωνιστική μελλοντική εξέλιξη. Η πορεία αυτή είναι σημαντικό να διαγράφεται όχι μόνο από πρόσκαιρες αθλητικές επιτυχίες, αλλά να προσβλέπει σε μια διαχρονική επάξια παρουσία στα αθλητικά δρώμενα που θα προέλθει μόνο αν υπέρτατος σκοπός είναι η διασφάλιση και η ομαλή ανάπτυξη του οργανισμού των νεαρών αθλητριών.

Ερευνητικές υποθέσεις

Ομάδα ποδοσφαίρου

1. Ο αριθμός των λευκοκυττάρων, των ουδετερόφιλων, των λεμφοκυττάρων, των μονοκυττάρων, των ηωσινόφιλων, των βασεόφιλων καθώς και η συγκέντρωση της κορτιζόλης, της ιντερλευκίνης 6 και της ιντερλευκίνης 2 μεταβάλλονται στη 2^η (αμέσως μετά το τέλος άσκησης) και 3^η μέτρηση (τέσσερις ώρες μετά το τέλος της άσκησης) συγκριτικά με την 1^η μέτρηση (τιμές ηρεμίας) για την ομάδα του ποδοσφαίρου ενώ στην ομάδα ελέγχου δεν μεταβάλλονται κατά την 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση.
2. Ο αριθμός των NK κυττάρων, των CD4⁺ κυττάρων, των CD8⁺ κυττάρων και ο λόγος των CD4⁺/CD8⁺ κυττάρων μεταβάλλεται στη 2^η συγκριτικά με την 1^η μέτρηση και επανέρχεται στις αρχικές τιμές ηρεμίας στην 3^η μέτρηση για την ομάδα του ποδοσφαίρου.

3. Η μεταβολή που παρατηρείται μετά την άσκηση στον αριθμό των λευκοκυττάρων συσχετίζεται με τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max) των αθλητριών ποδοσφαίρου.

Ομάδα καλαθοσφαίρισης

4. Ο αριθμός των λευκοκυττάρων, των ουδετερόφιλων, των λεμφοκυττάρων, των μονοκυττάρων, των ηωσινόφιλων, των βασεόφιλων καθώς και η συγκέντρωση της κορτιζόλης, της ιντερλευκίνης 6 και της ιντερλευκίνης 2 μεταβάλλονται στη 2^η (αμέσως μετά το τέλος άσκησης) και 3^η μέτρηση (τέσσερις ώρες μετά το τέλος της άσκησης) συγκριτικά με την 1^η μέτρηση (τιμές ηρεμίας) για την ομάδα της καλαθοσφαίρισης ενώ στην ομάδα ελέγχου δεν μεταβάλλονται κατά την 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση.

Ομάδα ρυθμικής γυμναστικής

5. Ο αριθμός των λευκοκυττάρων, των ουδετερόφιλων, των λεμφοκυττάρων, των μονοκυττάρων, των ηωσινόφιλων, των βασεόφιλων καθώς και η συγκέντρωση της κορτιζόλης, της ιντερλευκίνης 6, της ιντερλευκίνης 2, της αυξητικής ορμόνης και του ινσουλινοειδούς παράγοντα ανάπτυξης I μεταβάλλονται στη 2^η (αμέσως μετά το τέλος άσκησης) και 3^η μέτρηση (είκοσι τέσσερις ώρες μετά το τέλος της άσκησης) συγκριτικά με την 1^η μέτρηση (τιμές ηρεμίας) για την ομάδα της ρυθμικής γυμναστικής ενώ στην ομάδα ελέγχου δεν μεταβάλλονται κατά την 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση.
6. Η μεταβολή που παρατηρείται μετά την άσκηση στον αριθμό των λευκοκυττάρων συσχετίζεται με τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής.

Μηδενικές υποθέσεις

Ομάδα ποδοσφαίρου

1. Η εξέλιξη των μέσων όρων: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ε), των βασεόφιλων (στ), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η) και της ιντερλευκίνης 2 (θ) της ομάδας ποδοσφαίρου κατά την 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση είναι

- ίδια με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου στις αντίστοιχες μετρήσεις (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης).
2. Ο μέσος όρος: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ϵ), των βασεόφιλων ($\sigma\tau$), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η) και της ιντερλευκίνης 2 (θ) είναι ίδιος στην 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης).
 3. Ο μέσος όρος: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ϵ), των βασεόφιλων ($\sigma\tau$), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η) και της ιντερλευκίνης 2 (θ) είναι ίδιος στην ομάδα ποδοσφαίρου και στην ομάδα ελέγχου σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του μη επαναλαμβανόμενου παράγοντα ομάδα).
 4. Ο μέσος όρος: του αριθμού των $CD4^+$ κυττάρων (α), του αριθμού των $CD8^+$ κυττάρων (β), του λόγου των $CD4^+/CD8^+$ κυττάρων (γ) και του αριθμού των NK κυττάρων (δ) της ομάδας ποδοσφαίρου είναι ίδιος στην 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση (δεν υπάρχει σημαντική επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης).
 5. Δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση και της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max) των αθλητριών ποδοσφαίρου.

Ομάδα καλαθοσφαίρισης

6. Η εξέλιξη των μέσων όρων: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ϵ), των βασεόφιλων ($\sigma\tau$), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η) και της ιντερλευκίνης 2 (θ) της ομάδας καλαθοσφαίρισης κατά την 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση είναι ίδια με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου στις αντίστοιχες μετρήσεις (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης).
7. Ο μέσος όρος: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ϵ), των βασεόφιλων

(στ), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η) και της ιντερλευκίνης 2 (θ) είναι ίδιος στην 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης).

8. Ο μέσος όρος: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ε), των βασεόφιλων (στ), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η) και της ιντερλευκίνης 2 (θ) είναι ίδιος στην ομάδα καλαθοσφαίρισης και στην ομάδα ελέγχου σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του μη επαναλαμβανόμενου παράγοντα ομάδα).

Ομάδα ρυθμικής γυμναστικής

9. Η εξέλιξη των μέσων όρων: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ε), των βασεόφιλων (στ), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η), της ιντερλευκίνης 2 (θ), της αυξητικής ορμόνης (ι) και του ινσουλινοειδούς παράγοντα ανάπτυξης I (ια) της ομάδας ρυθμικής γυμναστικής κατά την 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση είναι ίδια με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου στις αντίστοιχες μετρήσεις (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης).
10. Ο μέσος όρος: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ε), των βασεόφιλων (στ), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η), της ιντερλευκίνης 2 (θ), της αυξητικής ορμόνης (ι) και του ινσουλινοειδούς παράγοντα ανάπτυξης I (ια) είναι ίδιος στην 1^η, 2^η και 3^η μέτρηση (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης).
11. Ο μέσος όρος: του αριθμού των λευκοκυττάρων (α), των ουδετερόφιλων (β), των λεμφοκυττάρων (γ), των μονοκυττάρων (δ), των ηωσινόφιλων (ε), των βασεόφιλων (στ), της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (ζ), της ιντερλευκίνης 6 (η), της ιντερλευκίνης 2 (θ), της αυξητικής ορμόνης (ι) και του ινσουλινοειδούς παράγοντα ανάπτυξης I (ια) είναι ίδιος στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής και στην ομάδα ελέγχου σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του μη επαναλαμβανόμενου παράγοντα ομάδα).

12. Δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση και της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($VO_2\max$) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής.

Περιορισμοί της έρευνας

Οι περιορισμοί της παρούσας διατριβής ήταν οι εξής:

- Ο ερευνητής έπρεπε να βασιστεί στην ειλικρίνεια, και στις καλοπροαίρετες προθέσεις των ατόμων των ομάδων ελέγχου ότι δεν θα συμμετάσχουν δύο μέρες νωρίτερα σε κάποια αθλητική δραστηριότητα.
- Τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν σε άλλα αθλήματα και ειδικότερα για το άθλημα της ρυθμικής γυμναστικής σε άλλες ηλικιακές κατηγορίες.
- Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης δεν αξιολογήθηκε η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και η μέγιστη καρδιακή συχνότητα ($HR\max$) των αθλητριών προσδιορίστηκε με βάση τον τύπο $HR\max=220 - \text{ηλικία}$.

Οριοθετήσεις της έρευνας

Οι οριοθετήσεις της παρούσας μελέτης σχετικά με την επιλογή του δείγματος και τη διαδικασία των μετρήσεων ήταν οι εξής:

- Από τα υπό εξέταση αθλήματα της παρούσας μελέτης (ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση) επιλέχθηκαν μόνο γυναίκες αθλήτριες.
- Οι αθλήτριες και των τριών αθλημάτων (ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση, ρυθμική γυμναστική) ήταν υψηλού επιπέδου. Στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος η Εθνική ομάδα ποδοσφαίρου γυναικών, η Εθνική ομάδα καλαθοσφαίρισης γυναικών και για τη ρυθμική γυμναστική μέλη αθλητικού σωματείου (με νίκες σε Πανελλήνιους και Διασυλλογικούς αγώνες) που ταυτόχρονα ανήκαν στο κλιμάκιο της Εθνικής ομάδας.
- Επιλέχθηκαν αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής ηλικίας από 9 μέχρι 13 ετών.
- Τα άτομα της ομάδας ελέγχου αναπτυξιακής ηλικίας επιλέχθηκαν ώστε να είναι της ίδιας ηλικίας με τις αθλήτριες.
- Τα άτομα της ομάδας ελέγχου αναπτυξιακής ηλικίας επιλέχθηκαν ώστε να έχουν παρόμοια ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (ύψος, βάρος, ποσοστό σωματικού λίπους) και την ίδια βιολογική ωρίμανση, σύμφωνα με την κλίμακα Tanner, με τις αθλήτριες.

- Τα άτομα της ομάδας ελέγχου ενηλίκων ήταν φοιτήτριες του Τμήματος Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, δεν συμμετείχαν συστηματικά σε κάποια αθλητική δραστηριότητα, παρά μόνο παρακολουθούσαν και συμμετείχαν στις απαιτούμενες αθλητικές δραστηριότητες των μαθημάτων τους.
- Τα άτομα της ομάδας ελέγχου ενηλίκων και της ομάδας ελέγχου αναπτυξιακής ηλικίας δεν έπρεπε να συμμετέχουν σαράντα οχτώ ώρες πριν τη διαδικασία της αιμοληψίας και κατά τη διάρκεια της ίδιας ημέρας σε αθλητική ή άλλη δραστηριότητα που επιφέρει σωματική κόπωση.
- Όλες οι συμμετέχουσες στην έρευνα δεν παρουσίαζαν προβλήματα τραυματισμών, ούτε συμπτώματα ίωσης και δεν λάμβαναν καμία φαρμακευτική αγωγή κατά τη διάρκεια του τελευταίου μήνα. Αποκλείστηκαν άτομα που παρουσίαζαν κάποιο από τα παραπάνω συμπτώματα.

Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί

Αερόβια ικανότητα: Ο όρος αυτός είναι συνώνυμος με τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($VO_2\max$) και εκφράζεται σε απόλυτες ($l \cdot \min^{-1}$) ή σχετικές τιμές ($ml \cdot kg^{-1} \cdot \min^{-1}$).

Αναερόβια ικανότητα: Ικανότητα παραγωγής ενέργειας χωρίς την παρουσία οξυγόνου σε έντονη μυϊκή προσπάθεια μικρής διάρκειας.

Ανοσία: Η ικανότητα αντίστασης σε λοιμώξεις.

Άνοση απόκριση: είναι η απόκριση του ξενιστή προκειμένου να αμυνθεί σε ένα παθογόνο.

Ανοσολογία: Η μελέτη όλων των στοιχείων της άμυνας του ξενιστή σε λοιμώξεις και των δυσμενών συνεπειών των ανοσολογικών αποκρίσεων.

Ανοσολογική μνήμη: όταν ένα αντιγόνο συναντάται πάνω από μία φορά, η ειδική άνοση απόκριση είναι ταχύτερη και αποτελεσματικότερη σε κάθε επακόλουθη συνάντηση. Η ανοσολογική μνήμη αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της προστατευτικής ανοσίας.

Ανοσολογικό σύστημα: ονομασία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τους ιστούς, τα κύτταρα και τα μόρια τα οποία εμπλέκονται στην επίκτητη ανοσία, ή ενίοτε στο σύνολο των μηχανισμών άμυνας του ξενιστή.

Ανοσοσφαιρίνες (immunoglobulins, Ig): όλα τα μόρια αντισωμάτων ανήκουν σε μια οικογένεια πρωτεϊνών πλάσματος που ονομάζονται ανοσοσφαιρίνες. Η ανοσοσφαιρίνη επιφανείας χρησιμεύει ως υποδοχέας ειδικού αντιγόνου των Β λεμφοκυττάρων.

Αντιγόνο: οποιοδήποτε ξένο μόριο διεγείρει μια ειδική ανοσολογική αντίδραση.

Αντίσωμα: είναι πρωτεΐνες πλάσματος που συνδέονται ειδικά με συγκεκριμένα μόρια γνωστά ως αντιγόνα. Τα αντισώματα παράγονται ως απόκριση στην ανοσοποίηση με αντιγόνα. Είναι τα ειδικά μόρια της χυμικής άνοσης απόκρισης που συνδέονται στα παθογόνα και τα αδρανοποιούν ή τα προετοιμάζουν για πρόσληψη και καταστροφή από τα φαγοκύτταρα. Έκαστο μόριο αντισώματος έχει μια μοναδική δομή που του επιτρέπει να δεσμεύει το ειδικό του αντιγόνο, αλλά όλα τα αντισώματα έχουν την ίδια γενική δομή και είναι συλλογικά γνωστά ως ανοσοσφαιρίνες.

Αυξητική ορμόνη (growth hormone, GH): πεπτιδική ορμόνη που εκκρίνεται από την πρόσθια υπόφυση. Διεγείρει την απελευθέρωση του ινσουλινοειδούς παράγοντα ανάπτυξης I και επιτείνει την αύξηση του σώματος μέσω διέγερσης της πρωτεϊνοσύνθεσης.

Β λεμφοκύτταρα: είναι μία από τις δύο κυριότερες τάξεις λεμφοκυττάρων. Ο αντιγονικός υποδοχέας των Β λεμφοκυττάρων, ονομαζόμενος ενίοτε Β κυτταρικός υποδοχέας, είναι ένα μόριο ανοσοσφαιρίνης επιφανείας. Με την ενεργοποίηση μέσω αντιγόνου, τα Β κύτταρα διαφοροποιούνται σε κύτταρα που παράγουν αντισώματα της ίδιας ειδικότητας με εκείνη του αρχικού υποδοχέα τους.

Βασεόφιλα: είναι λευκά αιμοσφαίρια τα οποία περιέχουν κοκκία που χρωματίζονται με βασικές χρωστικές και τα οποία θεωρούνται ότι έχουν λειτουργία όμοια με αυτή των σιτευτικών κυττάρων.

Βοηθητικά κύτταρα T (CD4⁺): λεμφοκύτταρο T, το οποίο μέσω εκκρινόμενων κυτταροκινών εντείνει την ενεργοποίηση των B κυττάρων και των T κυτταροτοξικών κυττάρων.

Ενζυμοσύνδετη ανοσοπροσροφητική μέθοδος (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA): είναι μια ορολογική ανάλυση στην οποία το συνδεδεμένο αντιγόνο ή αντίσωμα ανιχνεύεται μέσω ενός συνδεδεμένου ενζύμου που μετατρέπει ένα άχρωμο υπόστρωμα σε έγχρωμο προϊόν. Η αναλυτική μέθοδος ELISA χρησιμοποιείται ευρέως στη βιολογία και την ιατρική όπως και στην ανοσολογία.

Ηωσινόφιλα: είναι λευκά αιμοσφαίρια που θεωρούνται σημαντικά κυρίως στην άμυνα κατά των παρασιτικών λοιμώξεων και ενεργοποιούνται μέσω των λεμφοκυττάρων της ειδικής άνοσης απόκρισης.

Θύμος: το σημείο εξέλιξης των T κυττάρων, είναι ένα λεμφοεπιθηλιακό όργανο στο πρόσθιο ανώτερο μεσοθωράκιο ή άνω μέρος του μέσου του στήθους, ακριβώς πίσω από το στέρνο.

Ινσουλινοειδής παράγοντα ανάπτυξης I (insulin-like growth factor I, IGF-I): αυξητικός παράγοντας ανάλογος ινσουλίνης που μεσολαβεί τη διεγερόμενη από την αυξητική ορμόνη μίτωση στα οστά και άλλους ιστούς και έχει ανατροφοδοτική στάση στην υπόφυση.

Ιντερλευκίνη 2 (Interleukin-2, IL-2): κυτταροκίνη που εκκρίνεται από τα ενεργοποιημένα βοηθητικά κύτταρα T και προκαλεί τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων NK, των βοηθητικών κυττάρων T και των κυτταροτοξικών κυττάρων T. Προκαλεί επίσης και την ενεργοποίηση των μακροφάγων.

Ιντερλευκίνη 6 (Interleukin-6, IL-6): κυτταροκίνη που εκκρίνεται από τα μακροφάγα και άλλα κύτταρα και ασκεί πολλαπλή δράση στα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, στη φλεγμονή και στην αντίδραση οξείας φάσης.

Κορτιζόλη: κύρια γλυκοκορτικοειδής στεροειδής ορμόνη που εκκρίνεται από τον φλοιό των επινεφριδίων.

Κύτταρα φυσικοί φονείς ή φυσικά φονικά κύτταρα (natural killer cells, NK): είναι μη T και B λεμφοκύτταρα που έχουν συνήθως κοκκιώδη μορφολογία και θανατώνουν ορισμένα κύτταρα όγκων. Τα NK κύτταρα είναι σημαντικά για την έμφυτη ανοσία σε ιούς και άλλα ενδοκυττάρια παθογόνα όπως και στη μέσω αντισώματος κυτταρικά επαγόμενη κυτταροτοξικότητα (antibody-dependent cell-mediated cytotoxicity-ADCC).

Κυτταροκίνες: είναι πρωτεΐνες παραγόμενες από κύτταρα που επηρεάζουν τη συμπεριφορά άλλων κυττάρων. Οι κυτταροκίνες που παράγονται από λεμφοκύτταρα ονομάζονται συχνά λεμφοκίνες ή ιντερλευκίνες (interleukins, IL).

Κυτταροτοξικά κύτταρα T ($CD8^+$): λεμφοκύτταρο T το οποίο μετά την ενεργοποίησή του από ειδικό αντιγόνο, επιτίθεται άμεσα σε κύτταρο που φέρει το συγκεκριμένο αντιγόνο και το καταστρέφει. Αποτελεί κύριο εξοντωτικό κύτταρο των μολυσμένων από ιούς κυττάρων και των καρκινικών κυττάρων.

Λευκοκύτταρο: είναι ο γενικός όρος για το λευκό αιμοσφαίριο. Τα λευκοκύτταρα περιλαμβάνουν τα πολυμορφοπύρρηνα κοκκιοκύτταρα, τα λεμφοκύτταρα και τα μονοκύτταρα.

Λεμφοκύτταρο: τύπος λευκού αιμοσφαιρίου που ευθύνεται για τις εξειδικευμένες ανοσολογικές αποκρίσεις. Περιλαμβάνει τα B κύτταρα, τα T κύτταρα και τα NK κύτταρα.

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}): Η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου κατά την άσκηση στη μονάδα του χρόνου.

Μιτογόνο: μία ουσία που επάγει τη μίτωση και τον κυτταρικό μετασχηματισμό ιδιαίτερα των λεμφοκυττάρων.

Μονοκύτταρα: είναι λευκά αιμοσφαίρια με πυρήνα σχήματος φασολιού τα οποία είναι πρόδρομοι των μακροφάγων.

Μυελός των οστών: είναι το σημείο αιμοποίησης, δηλαδή της γένεσης των κυτταρικών στοιχείων του αίματος, συμπεριλαμβανομένων των ερυθρών αιμοσφαιρίων των μονοκυττάρων, των πολυμορφοπύρηνων λευκοκυττάρων και των αιμοπεταλίων. Ο μυελός των οστών είναι επίσης το σημείο ανάπτυξης των Β κυττάρων και η πηγή των μητρικών κυττάρων που παράγουν τα Τ κύτταρα κατά τη μετακίνηση στο θύμο.

Ουδετερόφιλα: είναι επίσης γνωστά ως ουδετερόφιλα πολυμορφοπύρηννα λευκοκύτταρα, είναι η κύρια τάξη λευκών αιμοσφαιρίων στο περιφερειακό αίμα του ανθρώπου. Έχουν πολυλοβωτό πυρήνα και ουδετερόφιλα κοκκία. Τα ουδετερόφιλα είναι φαγοκύτταρα και παίζουν σπουδαίο ρόλο στην εγκόλπωση και θανάτωση των εξωκυττάρων παθογόνων.

Συμπλέγματα διαφοροποίησης (clusters of differentiation, CD): είναι ομάδες μονοκλωνικών αντισωμάτων που αναγνωρίζουν το ίδιο μόριο της επιφάνειας του κυττάρου. Το μόριο της επιφάνειας του κυττάρου συμβολίζεται ως CD ακολουθούμενο από έναν αριθμό.

Τ λεμφοκύτταρα: είναι ένας υποπληθυσμός λεμφοκυττάρων που καθορίζονται από τη εξέλιξή τους στο θύμο και από ετεροδιμερείς υποδοχείς συνδεδεμένους με τις πρωτεΐνες του συμπλέγματος CD3.

Χυμική ανοσία: η προστατευτική ανοσία μπορεί να διαιρεθεί στην κυτταρική ανοσία και στη χυμική ανοσία, η οποία είναι η ειδική ανοσία που παρέχεται από τα αντισώματα που παράγονται σε μια χυμική άνοση απόκριση. Η χυμική ανοσία μπορεί να μεταδοθεί σε μη ευαισθητοποιημένους δέκτες με άνοσο ορό που περιέχει ειδικά αντισώματα, ενώ η κυτταρική ανοσία μπορεί να μεταδοθεί μόνο με άνοσα κύτταρα ειδικά για ένα αντιγόνο.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται μια σύντομη εισαγωγή στο ανοσολογικό σύστημα εστιάζοντας περισσότερο στα στοιχεία που αποτελούν αντικείμενο εξέτασης της παρούσας διατριβής. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σχετικές θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί και περιγράφουν τη σχέση της άσκησης με το ανοσολογικό σύστημα. Τέλος γίνεται εκτενής αναφορά στις υπάρχουσες μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την οξεία επίδραση της προπόνησης σε παραμέτρους της κυτταρικής και χυμικής ανοσίας, τόσο στα ομαδικά αθλήματα όσο και κατά την περίοδο της αναπτυξιακής ηλικίας ενώ ταυτόχρονα εντοπίζονται ορισμένα κενά στη βιβλιογραφία που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

Εισαγωγή στα στοιχεία του ανοσολογικού συστήματος

Η ανοσολογία αναφέρεται στη μελέτη των φυσιολογικών αμυντικών μηχανισμών μέσω των οποίων ο οργανισμός («ο ξενιστής») καταστρέφει ή εξουδετερώνει τα ξένα σώματα που εισβάλλουν στο σώμα (Vander et al., 2001). Η απάντηση των αμυντικών μηχανισμών σε οποιαδήποτε εισβολή απαιτεί μια πολυμερή επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ διαφορετικών κυττάρων, ιστών και μηνυματοφόρων μορίων σε ολόκληρο το σώμα (Mackinnon, 1999). Σύμφωνα με τους Vander et al. (2001), οι αμυντικοί μηχανισμοί διακρίνοντας το «ίδιον» από το «μη ίδιον» επιτελούν τις εξής βασικές λειτουργίες:

- προστατεύουν από μικροοργανισμούς, δηλαδή μικρόβια (ιούς, βακτήρια, μύκητες και παράσιτα)
- απομονώνουν ή απομακρύνουν μη μικροβιακής φύσης ξένα σώματα
- καταστρέφουν καρκινικά κύτταρα που γεννώνται στο σώμα, λειτουργία η οποία είναι γνωστή και ως ανοσολογική επιτήρηση

Οι ανοσολογικοί αμυντικοί μηχανισμοί διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τους μη ειδικούς (που ονομάζονται επίσης και φυσική ή έμφυτη ανοσία) και τους ειδικούς (ή επίκτητη ανοσία) μηχανισμούς άμυνας, οι οποίοι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Οι μη

ειδικοί ανοσολογικοί μηχανισμοί προστατεύουν απέναντι στις ξένες ουσίες ή κύτταρα που εισβάλλουν στον οργανισμό χωρίς να αναγνωρίζουν την ειδική τους ταυτότητα. Επομένως, οι μηχανισμοί προστασίας που χρησιμοποιούνται από αυτή την κατηγορία δεν είναι μοναδικοί για μια συγκεκριμένη ξένη ουσία ή κύτταρο. Οι μη ειδικοί ανοσολογικοί μηχανισμοί, λοιπόν, αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας απέναντι στις ξένες ουσίες ή κύτταρα που εισβάλλουν στον οργανισμό. Τα κύτταρα που περιλαμβάνονται στη φυσική ανοσία αμύνονται στους «ξένους εισβολείς» χωρίς προηγούμενη έκθεση και δε βελτιώνονται μετά από επαναλαμβανόμενη έκθεση στον ίδιο λοιμώδη παράγοντα (Mackinnon, 1999).

Αντιθέτως, οι ειδικοί ανοσολογικοί μηχανισμοί εξαρτώνται από την ειδική αναγνώριση (από τα λεμφοκύτταρα) της ουσίας ή του κυττάρου εναντίον του οποίου θα οργανωθεί η επίθεση του ανοσοποιητικού συστήματος. Επιπλέον, η επίθεση εναντίον του εισβολέα είναι μοναδική και απευθύνεται στη συγκεκριμένη ουσία ή κύτταρο αλλά η εξειδίκευση αυτή απαιτεί μια μικρή χρονική καθυστέρηση για να ενεργοποιηθεί επαρκώς (Mackinnon, 1999). Ωστόσο, μερικά αντιγονοειδικά κύτταρα που αναπτύσσονται από την κλωνική επέκταση των λεμφοκυττάρων παραμένουν και μετά την απομάκρυνση του αντιγόνου. Αυτά αποτελούν τη βάση της ανοσολογικής μνήμης, η οποία εξασφαλίζει μια πιο ταχεία και αποτελεσματική απόκριση σε μια δεύτερη συνάντηση με το παθογόνο και συνεπώς προμηθεύει εμμένουσα ανοσία. Η ανοσολογική μνήμη είναι πιθανώς η πιο σημαντική βιολογική συνέπεια της αναπτύξεως ειδικής ανοσίας (Janeway et al., 2001).

Χαρακτηριστικό στοιχείο της λειτουργίας των ειδικών και μη ειδικών ανοσολογικών μηχανισμών είναι η μεταξύ τους συνεργασία καθώς τα στοιχεία της μη ειδικής ανοσίας παρέχουν κατευθύνσεις τις οποίες χρησιμοποιούν οι ειδικοί μηχανισμοί προκειμένου να επιλέξουν τους κατάλληλους στόχους προς επίθεση και τις στρατηγικές που θα χρησιμοποιηθούν για την εξολόθρευση των εισβολέων (Vander et al., 2001). Για παράδειγμα, τα κύτταρα των μη ειδικών ανοσολογικών μηχανισμών (φαγοκύτταρα) διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην έναρξη της εξειδικευμένης ανταπόκρισης των αμυντικών μηχανισμών παρουσιάζοντας διάφορες πρωτεΐνες (αντιγόνα) και εκκρίνοντας παράγοντες (κυτταροκίνες) που υποκινούν τα κύτταρα της ειδικής ανοσίας (Mackinnon, 1999).

Επομένως, κρίνεται αναγκαία η επιλεκτική παρουσίαση των συγκεκριμένων κυτταρικών (κύτταρα του ανοσολογικού συστήματος) αλλά και των διαλυτών

(κυτταροκίνες) παραγόντων που συμμετέχουν τόσο στους ειδικούς όσο και στους μη ειδικούς ανοσολογικούς αμυντικούς μηχανισμούς και αποτελούν αντικείμενο μελέτης και έρευνας της παρούσας διατριβής.

Τα κύτταρα του ανοσολογικού συστήματος

Τα κύτταρα που φέρουν σε πέρας τους ανοσολογικούς μηχανισμούς οριοθετούν συνολικά το ανοσολογικό σύστημα, το οποίο ωστόσο, δεν αποτελεί σύστημα με την έννοια των ανατομικώς συνδεόμενων οργάνων αλλά μια ποικίλλουσα συλλογή κυττάρων που βρίσκονται τόσο στο αίμα όσο και στους ιστούς σε ολόκληρο το σώμα (Vander et al., 2001). Τα πολυάριθμα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος είναι οι διάφοροι τύποι των λευκών αιμοσφαιρίων του αίματος (λευκοκύτταρα): ουδετερόφιλα, βασεόφιλα, ηωσινόφιλα, μονοκύτταρα και λεμφοκύτταρα. Οι τρεις πρώτοι τύποι κυττάρων ονομάζονται και κοκκιοκύτταρα γιατί στο πρωτόπλασμά τους βρίσκονται ειδικά κοκκία τα οποία προσλαμβάνουν έντονα χρωστικές. Επιπλέον, αναφέρονται σε αρκετές περιπτώσεις και ως πολυμορφοπύρρηνα εξαιτίας των περιέργων σχημάτων των πυρήνων τους. Οι φυσιολογικές τιμές των λευκών αιμοσφαιρίων για τους ενήλικες κυμαίνονται από 4.5-11 ($\times 10^9/L$) ενώ για τα παιδιά από 8-12 ($\times 10^9/L$) (Πρωτόπαπας, 1995).

Τα λευκά αιμοσφαίρια προέρχονται από τα αιμοποιητικά αρχέγονα ή μητρικά κύτταρα στο μυελό των οστών, τα οποία παράγουν όλα τα κύτταρα του αιμοποιητικού συστήματος και συχνά αναφέρονται και ως πολυδύναμα αιμοποιητικά αρχέγονα κύτταρα. Το πρώτο στάδιο της ωρίμανσης των κυττάρων του αίματος είναι η διαίρεση των πολυδύναμων κυττάρων σε δύο κύριες κυτταρικές σειρές: τη λεμφοειδή και τη μυελοειδή σειρά (Janeway et al., 2001). Από το κοινό προγονικό κύτταρο της μυελοειδούς σειράς προέρχονται τα κοκκιοκύτταρα και τα μακροφάγα κύτταρα του ανοσολογικού συστήματος. Τα μακροφάγα αποτελούν ένα από τα δύο είδη φαγοκυττάρων του ανοσολογικού συστήματος και βρίσκονται σε πολλούς από τους ιστούς του σώματος συμμετέχοντας στους μηχανισμούς της φυσικής ανοσίας. Αποτελούν τις ώριμες μορφές των μονοκυττάρων τα οποία βρίσκονται στην κυκλοφορία και μετατρέπονται συνεχώς σε μακροφάγα όταν μεταναστεύουν στους ιστούς (Janeway et al., 2001).

Τα μονοκύτταρα εμπλέκονται στα πρώτα στάδια των μη ειδικών ανοσολογικών μηχανισμών κυρίως μέσω της φαγοκυττάρωσης των μικροοργανισμών και ειδικότερα των βακτηρίων που έχουν εισχωρήσει στον οργανισμό. Επιπλέον, τα μονοκύτταρα/μακροφάγα

διαμεσολαβούν στους μετέπειτα ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς εκκρίνοντας κυτταροκίνες. Τα μονοκύτταρα κυκλοφορούν στο αίμα και συνεχώς εισέρχονται στους ιστούς όπου μετατρέπονται σε μακροφάγα. Τα μονοκύτταρα/μακροφάγα εξουδετερώνουν εγκολπώνοντας τους μικροοργανισμούς και παράγουν κυτταροκίνες, όπως η IL-1, IL-6, TNF- α οι οποίες ενεργοποιούν τα λεμφοκύτταρα και υποκινούν φλεγμονώδεις διεργασίες. Μια άλλη σημαντική λειτουργία των συγκεκριμένων κυττάρων είναι η εξουδετέρωση και καταστολή της ανάπτυξης και του πολλαπλασιασμού όγκων και κυττάρων μολυσμένων από ιούς (Mackinnon, 1999). Οι φυσιολογικές τιμές των μονοκυττάρων για τους ενήλικες κυμαίνονται από 0.2-1.0 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 4% (2-10%) των λευκών αιμοσφαιρίων ενώ για τα παιδιά το 4.5% (0-7%) (Πρωτόπαπας, 1995).

Τα ουδετερόφιλα τα οποία περιλαμβάνονται στα φαγοκύτταρα του ανοσολογικού συστήματος είναι τα πιο πολυάριθμα και σημαντικότερα κύτταρα της φυσικής ανοσίας (Janeway et al., 2001). Η διάρκεια ζωής των ουδετερόφιλων είναι σύντομη με μέσο όρο από 24 έως 48 ώρες (Paul, 2003). Τα κύτταρα αυτά εγκολπώνουν και εξουδετερώνουν βακτήρια, μύκητες και ιούς απελευθερώνοντας από τα κοκκία τους τοξικά μόρια, όπως είναι οι ρίζες οξυγόνου. Επιπλέον, πολύ γρήγορα έλκονται στα σημεία των λοιμώξεων από χημειοτακτικούς παράγοντες που εκκρίνονται από άλλα κύτταρα του ανοσολογικού συστήματος, κυρίως από τα μονοκύτταρα/μακροφάγα. Ειδικότερα τα ουδετερόφιλα μαζί με τα μονοκύτταρα/μακροφάγα παρέχουν την πρώτη γραμμή άμυνας των ανοσολογικών μηχανισμών του ξενιστή στα πρώτα στάδια της λοίμωξης. Επιπρόσθετα, τα ουδετερόφιλα είναι τα πρώτα κύτταρα που κατευθύνονται προς τα σημεία τραυματισμού και φλεγμονής εντός των ιστών, όπου εκεί διαδραματίζουν σημαίνοντα ρόλο στη φαγοκυττάρωση και την αποικοδόμηση του κατεστραμμένου ιστού, ιδιαίτερα του σκελετικού μυός κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης (Mackinnon, 1999). Οι φυσιολογικές τιμές των ουδετερόφιλων για τους ενήλικες κυμαίνονται από 2.0-7.7 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 60% (40-75%) των λευκών αιμοσφαιρίων ενώ για τα παιδιά και τους εφήβους κυμαίνονται από 1.5-7.5 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 48% (25-70%) των λευκών αιμοσφαιρίων (Πρωτόπαπας, 1995).

Τα ηωσινόφιλα αποτελούν ένα μικρό ποσοστό των λευκοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία και προέρχονται από το κοινό προγονικό κύτταρο της μυελοειδούς σειράς. Κύρια λειτουργία τους είναι η φαγοκυττάρωση μικροοργανισμών και πιστεύεται ότι συμμετέχουν και στους μηχανισμούς άμυνας έναντι των παρασιτικών λοιμώξεων

(Janeway et al., 2001). Ειδικότερα, τα ηωσινόφιλα συγκεντρώνουν μια σειρά από πρωτεΐνες στα κοκκία τους τις οποίες απελευθερώνουν και καταστρέφουν τα παράσιτα. Επομένως, θεωρούνται σημαντικά τα κύτταρα αυτά στους αμυντικούς μηχανισμούς έναντι των παρασιτικών λοιμώξεων και στην καταστροφή του ιστού σε φλεγμονώδεις αλλεργικές αντιδράσεις που παρατηρούνται σε παθολογικές καταστάσεις όπως το άσθμα. Τα ηωσινόφιλα δύνανται επίσης να παράγουν μια σειρά από κυτταροκίνες (Paul, 2003). Οι φυσιολογικές τιμές των ηωσινόφιλων για τους ενήλικες κυμαίνονται από 0.04-0.4 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 2.7% (1-6%) των λευκών αιμοσφαιρίων ενώ για τα παιδιά κυμαίνονται από 0-0.6 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 2.6% (0-8%) των λευκών αιμοσφαιρίων (Πρωτόπαπας, 1995).

Τα βασεόφιλα προέρχονται από το κοινό προγονικό κύτταρο της μυελοειδούς σειράς και αποτελούν τη μικρότερη υποκατηγορία των κοκκιοκυττάρων. Τα κύτταρα αυτά εμπλέκονται κυρίως σε φλεγμονώδεις και αλλεργικές αντιδράσεις. Τα κοκκία τους περιέχουν ηπαρίνη και ισταμίνη τις οποίες απελευθερώνουν στις αλλεργικές καταστάσεις. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να παράγουν μια σειρά από κυτταροκίνες όπως IL-3, IL-4, IL-13, IL-5, IL-6 και TNF- α , οι οποίες επιδρούν σημαντικά στις καθυστερημένες αλλεργικές και φλεγμονώδεις αντιδράσεις (Paul, 2003). Οι φυσιολογικές τιμές των βασεόφιλων κυμαίνονται από 0.01-0.1 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 0.5% (0.3-1%) των λευκών αιμοσφαιρίων (Πρωτόπαπας, 1995).

Τα λεμφοκύτταρα κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στους ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς άμυνας (επίκτητη ανοσία). Αποτελούν τη δεύτερη μεγαλύτερη υποκατηγορία των λευκών αιμοσφαιρίων μετά τα ουδετερόφιλα. Οι φυσιολογικές τιμές των λεμφοκυττάρων για τους ενήλικες κυμαίνονται από 1.5-4.0 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 30% (20-40%) των λευκών αιμοσφαιρίων. Σε έφηβους μέχρι 19 ετών οι φυσιολογικές τιμές κυμαίνονται από 1.5-5.0 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 35% (25-45%) ενώ για τα παιδιά μέχρι 14 ετών από 1.5-6.5 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 48% (20-70%) των λευκών αιμοσφαιρίων (Πρωτόπαπας, 1995). Τα λεμφοκύτταρα προέρχονται από το κοινό προγονικό κύτταρο της λεμφικής σειράς και διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: τα Β λεμφοκύτταρα, τα οποία όταν διεγερθούν μετατρέπονται σε πλασματοκύτταρα από τα οποία παράγονται τα αντισώματα, και τα Τ κύτταρα. Τα Τ κύτταρα διαφοροποιούνται σε δύο υποομάδες: στην πρώτη περιλαμβάνονται τα Τ κυτταροτοξικά κύτταρα (CD8⁺), τα οποία εξολοθρεύουν τα κύτταρα που έχουν μολυνθεί από ιούς και στη δεύτερη

περιλαμβάνονται τα Τ βοηθητικά ($CD4^+$) και τα Τ κύτταρα φλεγμονής που ενεργοποιούν άλλα κύτταρα, όπως τα Β κύτταρα και τα μακροφάγα. Η αναλογία των Τ βοηθητικών προς τα Τ κυτταροτοξικά ($CD4^+/CD8^+$) θεωρείται μείζονος σημασίας για την καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος, ενώ ενδεχόμενη μείωση του λόγου μπορεί να οδηγήσει σε ανοσοκαταστολή, αδυναμία του ξενιστή να εξουδετερώσει το αντιγόνο που επιτίθεται και τελικά ασθένεια (Bloom et al., 1992; Via & Shearer, 1988; Shek et al., 1995).

Τα Β και Τ λεμφοκύτταρα παράγονται στο μυελό των οστών, όμως μόνο τα Β λεμφοκύτταρα ωριμάζουν εκεί. Τα Τ λεμφοκύτταρα εγκαταλείπουν το μυελό των οστών όταν είναι ακόμη ανώριμα και μεταναστεύουν στο θύμο αδένα όπου και ωριμάζουν. Οπότε, τα Β λεμφοκύτταρα ονομάζονται έτσι γιατί προέρχονται από το μυελό των οστών (Bone Marrow), τα δε Τ λεμφοκύτταρα γιατί προέρχονται από το θύμο αδένα (Thymus). Καθώς τα θυμοκύτταρα πολλαπλασιάζονται και ωριμάζουν σε Τ κύτταρα, περνούν από μια σειρά διαφορετικών φάσεων που χαρακτηρίζονται από αλλαγές στην κατάσταση των γονιδίων του Τ-κυτταρικού υποδοχέα, τους συνυποδοχείς $CD4^+$ και $CD8^+$ και άλλα μόρια κυτταρικής επιφάνειας, που αντανακλούν την κατάσταση της λειτουργικής ωριμάνσεως του κυττάρου. Συγκεκριμένοι συνδυασμοί των μορίων κυτταρικής επιφάνειας μπορούν συνεπώς να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες των Τ κυττάρων σε διαφορετικές φάσεις διαφοροποίησεως. Αφού ολοκληρωθεί η ωρίμανση των κυττάρων, εισέρχονται στην κυκλοφορία και μεταναστεύουν στα περιφερικά λεμφοειδή όργανα (λεμφαδένες, σπλήνας, αμυγδαλές, συσσωρεύσεις λεμφοκυττάρων στους βλεννογόνους του εντερικού, του αναπνευστικού, του γεννητικού και του ουροποιητικού σωλήνα).

Κύριος ρόλος των Β και Τ κυττάρων είναι να λειτουργούν ως «αναγνωριστικά κύτταρα» σε ειδικές ανοσολογικές αποκρίσεις εξαιτίας της ικανότητάς τους να εκκρίνουν τα διαφορετικά αντιγόνα. Η σημαντική αυτή λειτουργία επιτελείται από μια μεγάλη ποικιλία υποδοχέων, που φέρουν στην επιφάνειά τους τα Τ και Β λεμφοκύτταρα, κάθε ένας από τους οποίους έχει ειδικότητα για κάποιο συγκεκριμένο αντιγόνο. Υπάρχουν, ωστόσο, διαφορές στις ανοσολογικές αποκρίσεις που διαμεσολαβούνται από τα Β συγκριτικά με τα Τ κύτταρα. Τα Β κύτταρα και τα πλασματοκύτταρα που προέρχονται από αυτά παραμένουν στη θέση που πραγματοποιήθηκε η αναγνώριση του αντιγόνου και η ενεργοποίησή τους. Ταυτόχρονα τα πλασματοκύτταρα στέλνουν με το αίμα τα αντισώματα που παράγουν για να ανακαλύψουν αντιγόνα όμοια με αυτά που πυροδότησαν τη συγκεκριμένη απόκρισή τους. Αντιθέτως, στις ανοσολογικές αποκρίσεις που

διεπεραιώνονται από τα κυτταροτοξικά T κύτταρα, τα ίδια τα κύτταρα εισέρχονται στην κυκλοφορία και αναζητούν τους στόχους τους (Janeway et al., 2001).

Εκτός των B και των T κυττάρων υπάρχει και ένας άλλος ξεχωριστός πληθυσμός λεμφοκυττάρων, τα φυσικά φονικά κύτταρα (Natural Killer cells-NK cells). Τα NK κύτταρα προέρχονται από το μυελό των οστών αλλά οι πρόγονοί τους και η ιστορία τους δεν είναι ακόμη σαφής (Vander et al., 2001). Τα φυσικά φονικά κύτταρα είναι μεγάλα λεμφοκύτταρα με χαρακτηριστικά κυτταρικά κοκκία που απαρτίζουν ένα μικρό αριθμό από περιφερειακά λεμφοκύτταρα. Σε αντίθεση με τα B και T κύτταρα, τα NK δεν έχουν ειδικότητα στην αναγνώριση των αντιγόνων διότι δε φέρουν γνωστούς υποδοχείς ειδικούς για αντιγόνα. Ωστόσο, μπορούν να κινητοποιηθούν πολύ γρήγορα και να τεθούν σε δράση μη ειδικώς, χωρίς να είναι απαραίτητη μια περίοδος έκθεσης και ενεργοποίησης όπως αυτή απαιτείται από τα B και T κυτταροτοξικά κύτταρα. Επιπλέον, η συμμετοχή τους σε μια ανοσολογική απόκριση ενισχύεται σημαντικά από ορισμένα αντισώματα ή και από κυτταροκίνες που εκκρίνονται από τα T βοηθητικά λεμφοκύτταρα που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια ανοσολογικών αποκρίσεων (Vander et al., 2001).

Τα NK κύτταρα αναγνωρίζουν και να φονεύουν ένα περιορισμένο αριθμό μη φυσιολογικών κυττάρων. Τα κύτταρα αυτά ανακαλύφθηκαν αρχικά εξαιτίας της ικανότητάς τους να φονεύουν μερικά κύτταρα όγκων αλλά είναι πλέον αποδεκτό ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην έμφυτη (φυσική) ανοσία (Janeway et al., 2001). Η καταστροφή από φυσικά φονικά κύτταρα, των κυττάρων στόχων που επικαλύπτονται από αντισώματα, ονομάζεται εξαρτημένη από αντίσωμα, κυτταρικά επαγόμενη κυτταροτοξικότητα (antibody dependent cell-mediated cytotoxicity-ADCC) και δημιουργείται όταν το αντίσωμα που δεσμεύεται στην επιφάνεια ενός κυττάρου αλληλεπιδρά με Fc υποδοχείς στο φυσικό φονικό κύτταρο. Τα NK κύτταρα εκφράζουν τον FcγRIII (CD16). Ο FcγRIII αναγνωρίζει τις υποκατηγορίες των IgG1 και IgG3 και προκαλεί κυτταροτοξική προσβολή από το NK κύτταρο στο επικαλυπτόμενο από αντίσωμα κύτταρο-στόχο από μηχανισμούς ανάλογους με αυτούς των κυτταροτοξικών T κυττάρων, συμπεριλαμβανομένης της απελευθέρωσης των κυτταροπλασματικών κοκκίων που περιλαμβάνουν την περφορίνη και της θρυμματίνης. Η σημαντικότητα της ADCC στην άμυνα ενάντια στη λοίμωξη από βακτήρια ή ιούς δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως. Ωστόσο, η ADCC αντιπροσωπεύει και έναν άλλο μηχανισμό με τον οποίο τα αντισώματα μπορούν να κατευθύνουν μια αντιγόνο-ειδική προσβολή από ένα δραστικό

κύτταρο που στερείται ειδικότητας για το αντιγόνο, μέσω δεσμεύσεως του Fc υποδοχέα του (Janeway et al., 2001).

Τα κύτταρα του ανοσολογικού συστήματος και οι κυριότερες λειτουργίες που επιτελούν παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1. Τα Κύτταρα που διαμεσολαβούν στους ανοσολογικούς αμυντικούς μηχανισμούς

Όνομα	Σημείο παραγωγής	Λειτουργίες
Λευκοκύτταρα		
Ουδετερόφιλα	Μυελός των οστών	1. Φαγοκυττάρωση 2. Απελευθέρωση χημικών ουσιών που εμπλέκονται στη φλεγμονή
Ηωσινόφιλα	Μυελός των οστών	1. Καταστρέφουν πολυκυττάρια παράσιτα 2. Συμμετέχουν στις άμεσες αντιδράσεις υπερευαισθησίας
Βασεόφιλα	Μυελός των οστών	Απελευθερώνουν ισταμίνη και τα χημικές ουσίες που εμπλέκονται στη φλεγμονή
Μονοκύτταρα	Μυελός των οστών	1. Εισέρχονται τα ιστούς και μετατρέπονται σε μακροφάγα 2. Λειτουργίες όμοιες με των μακροφάγων
Λεμφοκύτταρα		Λειτουργούν ως «αναγνωριστικά κύτταρα» σε ειδικές ανοσολογικές αποκρίσεις
B-λεμφοκύτταρα	Ώριμα στον μυελό των οστών ενεργοποιημένα στα περιφερειακά λεμφοειδή όργανα	1. Φαγοκυττάρωση 2. Απελευθέρωση χημικών ουσιών που εμπλέκονται στη φλεγμονή
Κυτταροτοξικά T (CD8 ⁺)	Ώριμα στον Θύμο ενεργοποιημένα στα περιφερειακά λεμφοειδή όργανα	Συνδέονται με αντιγόνα στην κυτταροπλασματική μεμβράνη των κυττάρων στόχων και άμεσα τα καταστρέφουν
Βοηθητικά T (CD4 ⁺)	Ώριμα στον Θύμο ενεργοποιημένα στα περιφερειακά λεμφοειδή όργανα	Εκκρίνουν κυτταροκίνες που βοηθούν στην ενεργοποίηση των B, των T κυτταροτοξικών, των NK και των μακροφάγων

(συνεχίζεται)

(Πίνακας συνέχεια)

Όνομα	Σημείο παραγωγής	Λειτουργίες
NK κύτταρα	Ωριμα στον μυελό των οστών ενεργοποιημένα στα περιφερειακά λεμφοειδή όργανα	1. Συνδέονται άμεσα και μη ειδικώς με κύτταρα που έχουν προσβληθεί από ιούς και με καρκινικά κύτταρα και τα εξοντώνουν 2. Λειτουργούν ως φονικά κύτταρα στην κυτταροτοξικότητα που εξαρτάται από αντισώματα (ADCC)
Πλασματοκύτταρα	Περιφερειακά λεμφοειδή όργανα, διαφοροποιούνται από τα B λεμφοκύτταρα κατά τη διάρκεια ανοσολογικών αποκρίσεων	Εκκρίνουν αντισώματα
Μακροφάγα	Σχεδόν όλοι οι ιστοί και όργανα, διαφοροποιούνται από τα μονοκύτταρα	1. Φαγοκυττάρωση 2. Εξωκυττάρια εξολόθρευση μέσω της έκκρισης ειδικών χημικών ουσιών 3. Επεξεργάζονται και παρουσιάζουν αντιγόνα στα T βοηθητικά λεμφοκύτταρα 4. Εκκρίνουν κυτταροκίνες που εμπλέκονται στη φλεγμονή (αντίδραση οξείας φάσης)
Μαστοκύτταρα	Σχεδόν όλοι οι ιστοί και όργανα διαφοροποιούνται από τα κύτταρα του μυελού των οστών	Απελευθερώνουν ισταμίνη και άλλες χημικές ουσίες που εμπλέκονται στη φλεγμονή

Κυτταροκίνες

Οι κυτταροκίνες είναι μικρές διαλυτές πρωτεΐνες (έχουν αναγνωριστεί περισσότερες από 100 έως σήμερα) που παράγονται από ένα κύτταρο το οποίο τροποποιεί τη συμπεριφορά και τις ιδιότητες κάποιου άλλου κυττάρου (Paul, 2003; Janeway et al., 2001). Ο όρος κυτταροκίνες αναφέρεται στη γενική κατηγορία των ρυθμιστικών παραγόντων, οι οποίοι περιλαμβάνουν τις λεμφοκίνες που προέρχονται από τα λεμφοκύτταρα και τις μονοκίνες που προέρχονται από τα μονοκύτταρα. Ωστόσο, ο πιο γενικός όρος κυτταροκίνες χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διαδικασία κατά την οποία διαφορετικοί τύποι κυττάρων (και όχι μόνο κυττάρων του ανοσολογικού

συστήματος) δύνανται να παράγουν αυτές τις ουσίες (Mackinnon, 1999). Οι κυτταροκίνες πρωτίστως αποτελούν αυξητικούς παράγοντες αλλά έχουν και άλλες λειτουργίες όπως για παράδειγμα να διαμεσολαβούν στις φλεγμονώδεις αντιδράσεις. Επιπλέον, μια συγκεκριμένη κυτταροκίνη μπορεί να επιδρά σε πολλά διαφορετικά κύτταρα στόχους και η κυτταρική απάντηση εξαρτάται από το συγκεκριμένο κύτταρο στόχο (Mackinnon, 1999).

Ειδικότερα στο ανοσολογικό σύστημα, οι κυτταροκίνες ρυθμίζουν την κυτταρική ανάπτυξη του ξενιστή και λειτουργούν τόσο στους ειδικούς όσο και στους μη ειδικούς αμυντικούς μηχανισμούς. Δεν παράγονται από εξειδικευμένους αδένες αλλά από μια ποικιλία μεμονωμένων κυττάρων. Η πλειονότητα των δράσεων τους λαμβάνει χώρα στο σημείο έκκρισής τους. Δρουν δηλαδή είτε με αυτοκρινή τρόπο, επιδρώντας στη συμπεριφορά του κυττάρου που εκκρίνει την κυτταροκίνη, είτε με παρακρινή τρόπο επιδρώντας στη συμπεριφορά των παρακείμενων κυττάρων (Janeway et al., 2001). Σε ορισμένες περιπτώσεις ωστόσο, η κυτταροκίνη εισέρχεται στην κυκλοφορία για να ασκήσει ορμονικές δράσεις σε απομακρυσμένα όργανα και ιστούς που έχουν ρόλο στους αμυντικούς μηχανισμούς του ξενιστή (Vander et al., 2001).

Η φυσιολογία των κυτταροκινών κρίνεται αρκετά περίπλοκη, σύμφωνα με τους Vander et al. (2001), για τους εξής λόγους:

- Αρκετές μπορούν να εκκριθούν από περισσότερους από έναν τύπο κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος αλλά και από κύτταρα που δεν ανήκουν στο ανοσοποιητικό σύστημα (π.χ. ενδοθηλιακά κύτταρα και ινοβλάστες).
- Συχνά υπάρχουν καταρράκτες έκκρισης κυτταροκινών, κατά τους οποίους η μια κυτταροκίνη διεγείρει την έκκριση μιας άλλης.
- Μια δεδομένη κυτταροκίνη μπορεί να ασκεί τις δράσεις της σε ένα ευρύ φάσμα κυττάρων στόχων. Για παράδειγμα, η IL-2 επηρεάζει τη λειτουργία πρακτικώς όλων των κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος.
- Υπάρχει μεγάλος λειτουργικός πλεονασμός στις δράσεις των κυτταροκινών, δηλαδή διαφορετικές κυτταροκίνες μπορούν να έχουν τις ίδιες λειτουργίες.
- Οι κυτταροκίνες εμπλέκονται και σε πολλές μη ανοσολογικές διαδικασίες, όπως για παράδειγμα ο σχηματισμός των οστών.

Ειδικότερα, ο όρος ιντερλευκίνες (IL) αντιπροσωπεύει μια γενική κατηγορία από διαφορετικές κυτταροκίνες, οι οποίες παράγονται από τα λευκοκύτταρα, κυρίως από τα T λεμφοκύτταρα, τα μονοκύτταρα/μακροφάγα και τα NK κύτταρα (Mackinnon, 1999). Το

όνομα ιντερλευκίνη (IL) ακολουθούμενο από έναν αριθμό (π.χ. IL-1, IL-2, IL-6 κ.ο.κ) δημιουργήθηκε σε μια προσπάθεια να αναπτυχθεί μια τυποποιημένη ονοματολογία για τα μόρια που εκκρίνονται από τα λευκοκύτταρα και επιδρούν σε αυτά (Janeway et al., 2001). Οι ιντερλευκίνες παρουσιάζουν κάποιες κοινές ιδιότητες (π.χ. διέγερση της λειτουργίας των κυττάρων του ανοσολογικού συστήματος), αλλά γενικά δε σχετίζονται όλες ως προς τη δομή τους. Υπάρχουν, ωστόσο, βασικές οικογένειες κυτταροκινών οι οποίες διαχωρίζονται με βάση τα δομικά χαρακτηριστικά τους: είναι οι τύπου I κυτταροκίνες ή αιματοποιητίνες οι οποίες περιλαμβάνουν πολλές από τις ιντερλευκίνες όπως την IL-2, IL-3, IL-4, IL-5, IL-6, IL-7, IL-9, IL-11, IL-12, IL-13, IL-15, IL-21 και IL-23 και αρκετούς αιμοποιητικούς αυξητικούς παράγοντες. Οι τύπου II κυτταροκίνες οι οποίες περιλαμβάνουν τις ιντερφερόνες (IFN) και την IL-10. Επιπλέον, υπάρχει η οικογένεια των TNF (Tumor Necrosis Factor) μορίων, η υπεροικογένεια των ανοσοσφαιρινών (Ig) που περιλαμβάνει την IL-1 και την IL-18 και η οικογένεια των χημειοκινών που περιλαμβάνει μόρια τα οποία κατέχουν σημαντικό ρόλο σε μια μεγάλη ποικιλία από ανοσολογικές και φλεγμονώδεις λειτουργίες (Paul, 2003). Η ενδεδειγμένη παρουσίαση της IL-2 και της IL-6 κρίνεται απαραίτητη καθώς αποτελούν αντικείμενο εξέτασης της παρούσας μελέτης.

Η ιντερλευκίνη 2 (IL-2) εκκρίνεται από τα ενεργοποιημένα φλεγμονώδη CD4⁺ T κύτταρα και υποκινεί πολλές κυτταρικές λειτουργίες του ανοσολογικού συστήματος συμπεριλαμβανομένου και της έκφρασης ισχυρής συγγένειας των υποδοχέων της στα B και T κύτταρα (Anderson, 1992). Επιπλέον, διεγείρει τον πολλαπλασιασμό των T και B κυττάρων, τη διαφοροποίησή τους σε T φλεγμονώδη κύτταρα και την παραγωγή αντισωμάτων από τα πλασματοκύτταρα αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, η IL-2 διεγείρει την έκκριση της IFN- γ , της TNF- α και την κυτταροτοξική δραστηριότητα των NK κυττάρων (Mackinnon, 1999).

Η έκφραση, της ισχυρής συγγένειας του υποδοχέα αποτελεί το ουσιαστικό πρώτο βήμα στην έναρξη της απάντησης των ανοσολογικών μηχανισμών. Μη ενεργοποιημένα λεμφοκύτταρα συνήθως εκφράζουν χαμηλής συγγένειας υποδοχέα για την IL-2. Η αρχική συνάντηση με το ειδικό αντιγόνο όταν συνυπάρχει το απαιτούμενο συνδιεγερτικό σήμα προκαλεί την είσοδο του T κυττάρου στη G1 φάση του κυτταρικού κύκλου και ταυτόχρονα διεγείρει τη σύνθεση της IL-2 μαζί με την α αλυσίδα του υποδοχέα της IL-2. Τα μη ενεργοποιημένα T κύτταρα εκφράζουν έναν υποδοχέα χαμηλής συγγένειας για την IL-2, ο οποίος αποτελείται από β και γ αλυσίδες. Η σύνδεση αυτών με την α αλυσίδα

δημιουργεί έναν υποδοχέα με πολύ ισχυρότερη συγγένεια για την IL-2. Η δέσμευση της IL-2 στον ισχυρή συγγένειας υποδοχέα πυροδοτεί την εξέλιξη μέσω του υπόλοιπου κυτταρικού κύκλου. Τα T κύτταρα που ενεργοποιήθηκαν με αυτό τον τρόπο μπορούν να διαιρεθούν δύο με τρεις φορές την ημέρα για πολλές μέρες, επιτρέποντας σε κάθε κύτταρο να δημιουργήσει χιλιάδες απογόνους, που όλοι θα φέρουν έναν ταυτόσημο υποδοχέα για το αντιγόνο. Η IL-2 επίσης, παράγει τη διαφοροποίηση αυτών των κυττάρων σε άμεσα δραστικά T κύτταρα (Janeway et al., 2001).

Η ιντερλευκίνη 6 (IL-6) ανήκει στις τύπου I κυτταροκίνες ή αιμοτοποιητίνες, οι οποίες επιτελούν μια μεγάλη ποικιλία από διαφορετικές δράσεις εκτός από το αιμοποιητικό και ανοσολογικό σύστημα, στο κεντρικό νευρικό και καρδιαγγειακό σύστημα γεγονός που τις καθιστά πολυπαραγοντικές (Paul, 2003). Ειδικότερα, η IL-6 εκκρίνεται από τα βοηθητικά T κύτταρα, τα ενδοθηλιακά κύτταρα και τα μακροφάγα με κύρια λειτουργία της, την αύξηση και διαφοροποίηση των B κυττάρων σε πλασματοκύτταρα ικανά να παράγουν αντισώματα. Ωστόσο, η IL-6 επιδρά και στην αύξηση και διαφοροποίηση των T κυττάρων, επάγει τον παράγοντα σχηματισμού αποικιών στα αιμοποιητικά κύτταρα και επιδρά στην παραγωγή και απελευθέρωση πρωτεϊνών οξείας φάσης (Janeway et al., 2001).

Οφείλουμε να επισημάνουμε ότι η σωματική άσκηση και η προπόνηση υψηλών επιδόσεων αποτελούν ένα στρες για τον οργανισμό και επηρεάζουν τα στοιχεία του ανοσοποιητικού συστήματος. Οι μεταβολές που παρατηρούνται στα στοιχεία του ανοσοποιητικού συστήματος θα μας απασχολήσουν στα κεφάλια που ακολουθούν.

Άσκηση και ανοσολογικό σύστημα

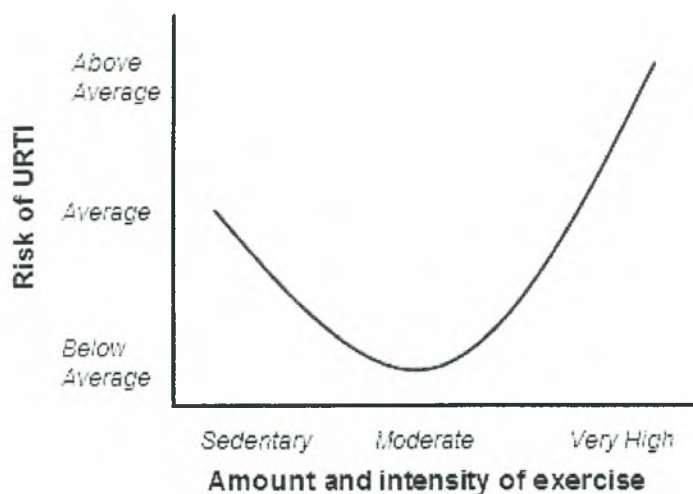
Ήδη από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα η αθλητική και ερευνητική κοινότητα διερευνά την επίδραση της άσκησης στο ανοσολογικό σύστημα (Larrabee, 1902). Είναι συχνό το φαινόμενο υψηλού επιπέδου αθλητές να παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε ασθένειες και μολύνσεις, κατά τη διάρκεια έντονων ή παρατεταμένων περιόδων προπόνησης. Αντιθέτως, άτομα που ασκούνται συστηματικά, με μέτριας έντασης φυσικές δραστηριότητες εμφανίζουν αποχή από ιώσεις και ασθένειες και διακρίνονται για την καλή κατάσταση του ανοσοποιητικού τους συστήματος (Pyne et al., 1995). Σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις, που επιβεβαιώνονται από πλήθος ερευνών των δύο τελευταίων δεκαετιών, διατυπώθηκε η θεωρία του σχήματος “J”

(Nieman, 1994), η οποία περιγράφει τη σχέση μεταξύ της άσκησης και της επιρρέπειας σε λοιμώξεις του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος (URTI). Η θεωρία αυτή υποθέτει ότι στην αρχή του σχήματος J είναι τα άτομα με καθιστικό τρόπο ζωής, παρουσιάζοντας μια μέτρια πιθανότητα λοιμώξεων. Ενώ, στην κορυφή του σχήματος είναι αθλητές με υπέρμετρο όγκο προπόνησης υψηλής έντασης, κατέχοντας τις μεγαλύτερες πιθανότητες προσβολής. Τέλος, τις χαμηλότερες πιθανότητες προσβολής έχουν τα άτομα που ασκούνται συστηματικά με μέτρια ένταση (Σχήμα 2.1.).

Τα συμπεράσματα που εξάγονται με βάση την παραπάνω θεωρία είναι σημαντικά τόσο για την αποφυγή και πρόληψη ανοσοκατασταλτικών φαινομένων σε υψηλού επιπέδου αθλητές και τη μεγιστοποίηση της απόδοσής τους, όσο και για την προαγωγή της υγείας του γενικότερου πληθυσμού. Οι κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες που προκύπτουν από τα επεισόδια λοιμώξεων ή απλών ιώσεων ετησίως είναι αξιοσημείωτες. Μεταφράζονται σε ημέρες αποχής από την παραγωγική διαδικασία αλλά και σε κόστος νοσηλείας και φαρμάκων. Συνεπώς, η συνειδητοποίηση της σχέσης μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και αποφυγής λοιμώξεων αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την προάσπιση της υγείας του γενικότερου πληθυσμού (Bishop, 2006).

Αναφορικά με την προπόνηση υψηλών επιδόσεων, το ενδιαφέρον των αθλητών, προπονητών και των αθλητικών επιστημόνων στρέφεται στον τρόπο αντιμετώπισης της αυξημένης επιρρέπειας σε λοιμώξεις, κατά τη διάρκεια περιόδων έντονων προπονητικών επιβαρύνσεων. Οι Nieman & Pedersen (1999) ερευνώντας το πρόβλημα διατύπωσαν τη θεωρία του “ανοικτού παραθύρου” (Σχήμα 2.2.). Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, μετά από επίπονη άσκηση, παρατηρείται ένα χρονικό διάστημα από 3 έως 72 ώρες κατά το οποίο το ανοσοποιητικό σύστημα βρίσκεται σε καταστολή. Αυξάνεται λοιπόν, ο κίνδυνος για ενδεχόμενη λοίμωξη, διότι ιοί και βακτήρια μπορούν να προσβάλουν ευκολότερα τον οργανισμό στο χρονικό αυτό διάστημα. Μπορεί οι αλλαγές που παρατηρούνται στο ανοσολογικό σύστημα να είναι παροδικές, ωστόσο, ενδέχεται να έχουν κλινική σημασία και η σοβαρότητά τους εντείνεται σε περίπτωση που παρατηρούνται επαναλαμβανόμενοι κύκλοι έντονων προπονητικών επιβαρύνσεων (Nieman & Pedersen, 1999).

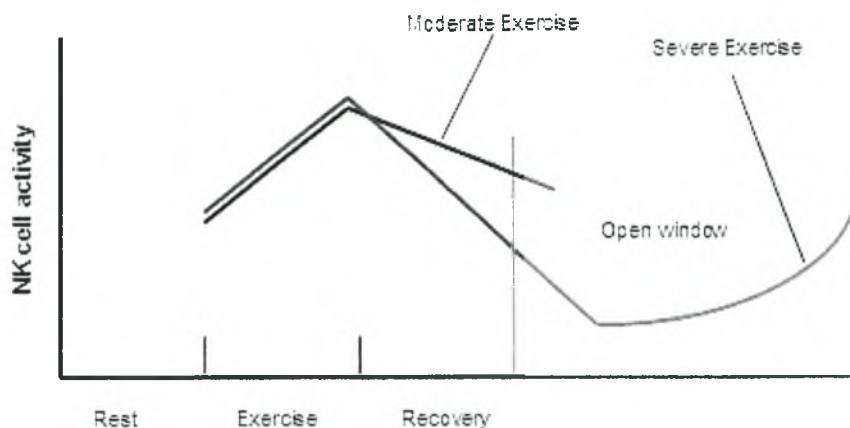
Ειδικότερα, κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας πληθώρα ερευνών στη διεθνή βιβλιογραφία υποστηρίζουν τη σχέση μεταξύ έντονης δραστηριότητας και ανοσολογικού συστήματος και παραθέτουν τα στοιχεία εκείνα που υφίστανται τις



Σχήμα 2.1. Το μοντέλο του σχήματος “J” περιγράφει τη σχέση μεταξύ πιθανότητας λοίμωξης του ανώτερου αναπνευστικού (URTI) και όγκου-έντασης της άσκησης (Nieman, 1994).

σημαντικότερες αλλαγές στο ανοσολογικό σύστημα (Gabriel & Kindermann, 1997; Nieman, 1997; Ostrowski et al., 1999; Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000; Shephard & Shek, 1999). Ο Nieman (2000) αναφέρει ότι οι οξείες μεταβολές που παρατηρούνται στο ανοσολογικό σύστημα μετά από έντονη προπονητική επιβάρυνση είναι οι εξής:

- Ουδετεροφιλία (αύξηση του αριθμού των ουδετερόφιλων στο αίμα)
- Λεμφοπενία (μείωση του αριθμού των λεμφοκυττάρων)
- Αύξηση της φαγοκυττάρωσης των κοκκιοκυττάρων και των μονοκυττάρων, αλλά μείωση της ρινικής φαγοκυττάρωσης των ουδετερόφιλων
- Μείωση της οξειδωτικής δραστηριότητας των κοκκιοκυττάρων
- Μείωση της δραστηριότητας του ρινικού βλεννογόνου
- Μείωση της κυτταροτοξικής δραστηριότητας των κυττάρων φυσικών φονέων (NK)
- Μείωση της καθυστερημένης ανοσολογικής απάντησης
- Μείωση της έκφρασης του μείζονος συμπλέγματος ιστοσυμβατότητας (MHC) II στα μακροφάγα
- Μείωση της συγκέντρωσης της ανοσοσφαιρίνης A στη ρινική κοιλότητα
- Αύξηση της συγκέντρωσης των αντιφλεγμονοδών κυτταροκινών TNF- α , IL-1 β , IL-6, IL-10
- Μείωση της παραγωγής IL-2 εξαιτίας των μιτογόνων και της ενδοτοξίνης



Σχήμα 2.2. Η Θεωρία του “Ανοικτού Παραθύρου” (Nieman & Pedersen, 1999).

Επιπρόσθετα, η πιθανότητα προσβολής από λοιμώδεις παράγοντες αυξάνεται σε περίπτωση που παρατηρείται έλλειψη ύπνου, έντονο πνευματικό στρες, υποσιτισμός ή απώλεια βάρους (Nieman, 2000).

Η επίδραση της φυσικής κατάστασης στο ανοσολογικό σύστημα

Αρκετές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία, όπως ήδη αναφέρθηκε, εξετάζοντας την ανοσοποιητική λειτουργία αθλητών συμπεραίνουν ότι εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο για λοιμώξεις του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος κατά τη διάρκεια περιόδων έντονων προπονητικών επιβαρύνσεων και κατά τη διάρκεια αυξημένων αγωνιστικών υποχρεώσεων (Nieman, 1994; Pedersen & Bruunsgaard, 1995; Peters-Futre, 1997). Από την άλλη πλευρά οι αθλητές σε επιδημιολογικές μελέτες συνήθως αναφέρουν μικρότερη συχνότητα ιώσεων και ασθενειών συγκριτικά με τον γενικό πληθυσμό κατά τη διάρκεια περιόδων προπόνησης με μέτρια ένταση (Shephard, Kavanagh, Mertens, Qureshi, & Clark, 1995). Ωστόσο κάθε προσπάθεια σύγκρισης της ανοσοποιητικής λειτουργίας στην ηρεμία, μεταξύ αθλητών με αυξημένα επίπεδα φυσικής κατάστασης και μη αθλητών απέτυχε να προβάλλει ισχυρά αποτελέσματα και αποδείξεις ότι οι πρώτοι υπερτερούν των δεύτερων (Nieman & Pedersen, 1999). Μάλιστα, οι περισσότερες μελέτες καταλήγουν στην άποψη ότι σε κατάσταση ηρεμίας η ανοσοποιητική λειτουργία αθλητών και μη αθλητών εμφανίζει περισσότερα κοινά παρά διαφορετικά στοιχεία (Malm, 2004; Nieman, 1995a; Nieman & Pedersen, 1999).

Αναφορικά με την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος μετά από άσκηση σε αθλητές και μη αθλητές τα αποτελέσματα των μελετών είναι αντιφατικά και το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στα διαφορετικά πρωτόκολλα που έχουν εφαρμοστεί και στις μεθοδολογικές αδυναμίες των διαφορετικών ερευνών (Mackinnon, 1999). Σε μελέτη που εφαρμόστηκε σε αγύμναστα άτομα, σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων και σε τριαθλητές παρατηρήθηκε παρόμοια αύξηση του αριθμού των ουδετερόφιλων από 30% έως 40% αμέσως μετά από μέγιστο τεστ μέχρι εξάντλησης σε εργοδιάδρομο. Ενώ 30 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης οι τιμές των ουδετερόφιλων είχαν επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας και στις τρεις διαφορετικές ομάδες (Hack, Strobel, Rau, & Weicker, 1992). Επιπλέον, μετά από προοδευτικά αυξανόμενης έντασης άσκηση μέχρι εξάντλησης σε εργοποδήλατο παρατηρήθηκε παρόμοια αύξηση των ουδετερόφιλων κατά 50-60% τόσο σε ποδηλάτες όσο και σε μη αθλητές (Lewicki et al., 1987).

Αντιθέτως, μετά από δύο ώρες άσκηση στο εργοποδήλατο με ένταση 60% της $\dot{V}O_2\max$ παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση των ουδετερόφιλων σε αγύμναστα άτομα συγκριτικά με γυμνασμένους (Oshida, Yamanouchi, Hayamizu, & Sato, 1988). Παρομοίως μετά από 15 λεπτά άσκησης στο εργοποδήλατο σε άτομα που ασκούσαν συστηματικά (4-5 ώρες εβδομαδιαίως) και σε άτομα με καθιστικό τρόπο ζωής, τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν κατά 50% και 20% αντίστοιχα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Οι ερευνητές απέδωσαν το γεγονός αυτό, στη μεγαλύτερη προσπάθεια που κατέβαλαν τα γυμνασμένα άτομα αλλά και στη διαφορά του συνολικού έργου που τελικά παρήγαγαν (Benoni et al., 1995b). Η προσπάθεια λοιπόν, διεξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση της φυσικής κατάστασης στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος κατά τη διάρκεια της άσκησης και στην περίοδο της αποκατάστασης σκιάζεται από την ποικιλία των διαφορετικών ερευνητικών σχεδιασμών που κατά καιρούς έχουν εφαρμοστεί και τα διαφορετικά αποτελέσματα στα οποία καταλήγουν.

Οξεία επίδραση της άσκησης στα λευκοκύτταρα

Η αύξηση του αριθμού των λευκοκυττάρων αποτελεί ένα από τα πιο αξιοσημείωτα και συνηθέστερα γεγονότα που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της άσκησης και μετά τη λήξη της (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000). Ερευνητικά δεδομένα πιστοποιούν ότι η λευκοκυττάρωση πολλές φορές διαρκεί περισσότερο συγκριτικά με τη διάρκεια της

άσκησης που εφαρμόστηκε (Lancaster et al., 2005; Nieman et al., 1995a; Shek et al., 1995). Γενικότερα, η διάρκεια της λευκοκυττάρωσης αλλά και το μέγεθός της εξαρτώνται από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης. Όσο μεγαλύτερης διάρκειας και υψηλότερης έντασης είναι η άσκηση που εφαρμόζεται τόσο περισσότερο αυξάνεται ο αριθμός των λευκοκυττάρων στο αίμα και επιβραδύνεται η επαναφορά στις αρχικές τιμές ηρεμίας (Mackinnon, 1999). Αρκετές μελέτες μάλιστα υποστηρίζουν ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει το μέγεθος της λευκοκυττάρωσης είναι η διάρκεια της άσκησης (McCarthy & Dale, 1988; Shek et al. 1995; Tvede et al., 1993).

Σε μελέτη που εφαρμόστηκε μικρής διάρκειας αλλά υψηλής έντασης άσκηση, μετά από 60 sec μέγιστης προσπάθειας (100% VO_2max) σε εργοποδήλατο παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του αριθμού των λευκοκυττάρων κατά 50% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας (Gabriel et al., 1992a). Ο αριθμός των λευκοκυττάρων στη συγκεκριμένη μελέτη επανήλθε στις αρχικές τιμές ηρεμίας μεταξύ των 30 και 60 πρώτων λεπτών της αποκατάστασης. Η αύξηση αυτή του συνολικού αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά την άσκηση είναι αποτέλεσμα της αύξησης τόσο των ουδετερόφιλων όσο και των μονοκυττάρων και των λεμφοκυττάρων. Ενώ, η δεύτερη αύξηση που παρατηρήθηκε στα λευκοκύτταρα από 2 έως 4 ώρες μετά το τέλος της άσκησης οφείλεται αποκλειστικά στην αύξηση των ουδετερόφιλων.

Μικρότερα ποσοστά αύξησης των λευκοκυττάρων (κατά 24% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας) παρατηρήθηκαν μετά από περπάτημα διάρκειας 30 λεπτών με ένταση 60% της VO_2max (Nieman et al., 2005). Στη συγκεκριμένη μελέτη η ένταση της άσκησης ήταν μέτρια αλλά και η διάρκεια της δραστηριότητας ήταν σύντομη και παρατηρήθηκαν μικρές μεταβολές στο συνολικό αριθμό των λευκοκυττάρων. Αντιθέτως, σε μελέτη κατά την οποία οι δοκιμαζόμενοι ασκήθηκαν για 60 λεπτά με ένταση 60% της VO_2max σε εργοποδήλατο παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων κατά 60% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας (Shinkai et al., 1992).

Το μέγεθος της λευκοκυττάρωσης που προκύπτει μετά από παρατεταμένης διάρκειας αερόβια δραστηριότητα είναι μεγαλύτερο συγκριτικά με μικρής διάρκειας και υψηλής έντασης δραστηριότητες (Robson et al., 1999; Suzuki et al., 2003). Σε μελέτη των Robson et al. (1999) στην οποία εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικοί συνδυασμοί έντασης και διάρκειας στους ίδιους δοκιμαζόμενους τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ειδικότερα, εξετάστηκε σε 18 υγιείς άνδρες η επίδραση της

άσκησης σε εργοποδήλατο με ένταση στο 55% της VO_{2max} για περίπου 3 ώρες και σε διαφορετική συνεδρία εφαρμόστηκε πρωτόκολλο άσκησης στο 85% της VO_{2max} μία περίπου ώρα. Η αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων στο πρωτόκολλο παρατεταμένης διάρκειας και μέτριας έντασης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από την αύξηση που παρατηρήθηκε στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης και σύντομης διάρκειας αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Ωστόσο, ο αριθμός των λευκοκυττάρων άρχισε να μειώνεται σταθερά και επανήλθε στις τιμές ηρεμίας 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης στο πρωτόκολλο της μέτριας έντασης και παρατεταμένης διάρκειας. Αντίθετα, στο πρωτόκολλο της υψηλής έντασης και σύντομης διάρκειας παρατηρήθηκε πτώση του αριθμού των λευκοκυττάρων μία ώρα μετά την άσκηση συγκριτικά με τις τιμές αμέσως μετά την άσκηση αλλά σημειώθηκε και μια δεύτερη αύξηση 2.5 ώρες μετά το τέλος της προπόνησης. Ο αριθμός των λευκοκυττάρων και σε αυτό το πρωτόκολλο επανήλθε στις αρχικές τιμές ηρεμίας 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Το στοιχείο εκείνο που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην παραπάνω μελέτη αλλά και σε παρόμοιες μελέτες όπου έχει εφαρμοστεί πρωτόκολλο υψηλής έντασης είναι η δεύτερη λευκοκυττάρωση που παρατηρείται 2 με 4 ώρες μετά το τέλος της άσκησης.

Σε μελέτη των Nieman et al. (1994) εξετάστηκε η επίδραση της έντασης της άσκησης στο βαθμό της λευκοκυττάρωσης εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης της ίδιας διάρκειας (45 min) στους ίδιους δοκιμαζόμενους. Το πρώτο ήταν υψηλής έντασης (80% VO_{2max}) και το δεύτερο μέτριας έντασης (50% VO_{2max}). Ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων ήταν σημαντικά υψηλότερος συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας μετά το τέλος της άσκησης [9.11 ± 0.62 έναντι 5.98 ± 0.48 ($\times 10^9/L$)] για το πρωτόκολλο υψηλής έντασης. Αντίθετα, στη μέτρια ένταση τα λευκοκύτταρα δε μεταβλήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας αμέσως μετά την άσκηση [6.94 ± 0.62 έναντι 6.03 ± 0.56 ($\times 10^9/L$)]. Τόσο στην υψηλή όσο και στη μέτρια ένταση τα λευκοκύτταρα μειώθηκαν μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης αλλά στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης σημείωσαν και δεύτερη αύξηση δύο ώρες μετά το τέλος της άσκησης και παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα μέχρι και 3.5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Το γεγονός αυτό δεν παρατηρήθηκε στο πρωτόκολλο της μέτριας έντασης.

Ωστόσο, σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση (>3 ώρες) παρατηρείται έντονο το φαινόμενο της λευκοκυττάρωσης. Σε μελέτη που εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης διάρκειας 3 ωρών στον εργοδιάδρομο με ρυθμό μαραθωνίου, σε δέκα δρομείς μεγάλων

αποστάσεων, τα λευκοκύτταρα αυξήθηκαν κατά 250% σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (Nieman, 1989). Επιπλέον, παρέμειναν υψηλότερα από τις τιμές ηρεμίας κατά 300% και 200% στη 1.5 και στις 6 στις ώρες αντίστοιχα μετά το τέλος της άσκησης. Σε ακόμα μεγαλύτερης διάρκειας άσκηση (8 ώρες) σε υπερμαραθώνιο (100 km) παρατηρήθηκε αύξηση των λευκοκυττάρων κατά 300% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας και παρέμειναν σε αυτά τα επίπεδα μέχρι και 3 ώρες μετά το τέλος της άσκησης (Gabriel et al., 1994).

Συμπερασματικά, ο συνολικός αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αυξάνεται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Το μέγεθος της αύξησης αυτής εξαρτάται άμεσα από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης. Μετά το τέλος της προπόνησης, ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων μπορεί να παραμένει αυξημένος για αρκετές ώρες. Ο ρυθμός αποκατάστασης φαίνεται να εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τα χαρακτηριστικά της άσκησης. Σε παρατεταμένης διάρκειας και υψηλής έντασης άσκηση απαιτούνται αρκετές ώρες για να επανέλθουν τα λευκοκύτταρα στις αρχικές τιμές ηρεμίας ενώ σε μέτριας έντασης και διάρκειας δραστηριότητες το φαινόμενο της λευκοκυττάρωσης δεν είναι τόσο έντονο και ο χρόνος αποκατάστασης που απαιτείται είναι μικρότερος.

Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και λευκοκύτταρα

Οι περισσότερες μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην ανοσοποιητική λειτουργία αναφέρονται κυρίως σε αθλήματα αντοχής ή εξετάζουν συγκεκριμένα εργαστηριακά πρωτόκολλα με ποικίλους συνδυασμούς έντασης, διάρκειας και είδους άσκησης. Στη διεθνή βιβλιογραφία, ωστόσο, είναι λίγα τα δεδομένα που υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων στην ανοσοποιητική λειτουργία και ειδικότερα στα επίπεδα των λευκών αιμοσφαιρίων (Benoni et al., 1995a; Bishop et al., 1999; Bury et al., 1998; Malm et al., 2004; Rebelo et al., 1998). Οι περισσότερες αφορούν κυρίως στην αξιολόγηση τους, στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου ενώ μόνο δύο εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης ποδοσφαίρου σε υποπληθυσμούς των λευκοκυττάρων (Bishop et al., 1999; Malm et al., 2004).

Ειδικότερα, οι Bishop et al. (1999) εξέτασαν την επίδραση ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου προπόνησης ποδοσφαίρου, σε 8 υγιείς άνδρες, μέλη πανεπιστημιακής ποδοσφαιρικής ομάδας. Η προπόνηση αποτελούνταν από δύο περιόδους των 45 λεπτών με διάλειμμα 15 λεπτά, ενώ η καρδιακή συχνότητα κυμάνθηκε από 163 ± 5 b/min έως 170 ± 4

b/min στη διάρκεια των 90 λεπτών. Ο συνολικός αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας [8.2 ± 0.6 έναντι 4.3 ± 0.2 ($\times 10^9/L$)]. Επιπλέον, μία ώρα μετά το τέλος της προπόνησης τα λευκά αιμοσφαίρια παρέμειναν σημαντικά υψηλότερα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας [6.6 ± 0.5 έναντι 4.3 ± 0.2 ($\times 10^9/L$)] παρουσιάζοντας ωστόσο, πτώση σε σχέση με τις τιμές μετά το τέλος της προπόνησης.

Οι Malm et al. (2004) εξέτασαν την επίδραση δύο συνεχόμενων αγώνων ποδοσφαίρου σε 10 υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές ηλικίας από 16-19 ετών. Οι δύο αγώνες είχαν 20 ώρες διαφορά μεταξύ τους. Αξιολογήθηκαν τα επίπεδα των λευκών αιμοσφαιρίων πριν τον πρώτο αγώνα, αμέσως μετά το δεύτερο, 6, 24, 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα. Ο συνολικός αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αυξήθηκε σημαντικά μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας [6.8 έναντι 8.2 ($\times 10^9/L$)]. Ωστόσο, 24 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα τα επίπεδα των λευκών αιμοσφαιρίων μειώθηκαν σημαντικά [5.3 ($\times 10^9/L$)] τόσο σε σχέση με τις τιμές που παρουσίαζαν μετά το δεύτερο αγώνα όσο και σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Στις 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων επανήλθε στις αρχικές τιμές ηρεμίας [7.0 και 6.9 ($\times 10^9/L$) αντίστοιχα].

Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στα λευκά αιμοσφαίρια αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος αν και η αναγκαιότητα της έρευνας στο συγκεκριμένο τομέα έχει τονιστεί σε προηγούμενες μελέτες (Anderson et al., 2003; Benoni et al., 1995a). Σε μελέτη των Benoni et al. (1995a) εξετάστηκε η μεταβολή των λευκών αιμοσφαιρίων στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου σε 7 επαγγελματίες καλαθοσφαιριστές. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου συγκριτικά με τις τιμές που εμφάνισαν οι αθλητές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος [6.83 ± 0.79 έναντι 4.51 ± 0.81 ($\times 10^9/L$)]. Ωστόσο, τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη του πρωταθλήματος, τα λευκά αιμοσφαίρια σημείωσαν πτώση [4.44 ± 1.05 ($\times 10^9/L$)] προσιδιάζοντας με τις τιμές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος. Από τη συγκεκριμένη μελέτη καθίσταται σαφές ότι και για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης προφανώς υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στο ανοσολογικό σύστημα ανάλογα με τον όγκο και την ένταση της προπόνησης. Ωστόσο, δεν μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα

αναφορικά με την οξεία επίδραση μιας προπονητικής μονάδας και το χρόνο αποκατάστασης των στοιχείων του ανοσολογικού συστήματος.

Από τις παραπάνω μελέτες προκύπτει επιτακτική η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα σχετικά με την επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων στο ανοσολογικό σύστημα των αθλητών. Από τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα φαίνεται ότι τουλάχιστον στο άθλημα του ποδοσφαίρου προκαλείται αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της προπόνησης.

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και λευκοκύτταρα

Η λειτουργία του ανοσολογικού συστήματος διαφέρει μεταξύ παιδιών και ενηλίκων (Erkeller-Yuksel et al., 1992; Timmons, 2005; Wilson, 1986). Ενώ αρκετοί από τους ανοσολογικούς μηχανισμούς υφίστανται τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικες, κάποιιοι δεν είναι πλήρως λειτουργικοί κατά τη γέννηση και αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας (Bartlett et al., 2001; Perez et al., 2001). Επιπλέον, η επίκτητη ανοσία αναπτύσσεται με την έκθεση στα αντιγόνα και είναι σχετικά περιορισμένη κατά τη γέννηση (Bishop, 2006; Wilson, 1986). Αρκετοί κυτταρικοί και χυμικοί παράγοντες της ανοσοποιητικής λειτουργίας (όπως η κυτταρική ανοσοποιητική ανταπόκριση και η συγκέντρωση ανοσοσφαιρινών) αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της παιδικής (Smith, Sweetser, & Wilson, 1996) και εφηβικής ηλικίας (Soldin & Hicks, 1995). Μελέτες αναφέρουν υψηλότερες τιμές ηρεμίας λευκοκυττάρων και λεμφοκυττάρων στα παιδιά (Heldrup et al., 1992; Hicks, Jones, Minnich, Weigle, Thies, & Layton, 1983; Hinchliffe & Lillieyman, 1987; Hulstaert et al., 1994; Shahabuddin et al., 1998; Shearer et al., 2003; Yanase, Tango, Okumura, TADA & Kawasaki, 1986) καθώς και αύξηση του λόγου $CD4^+/CD8^+$ (Shinkai et al., 1995; Utsuyama et al., 1992) και ανάπτυξη του θύμου (Utsuyama et al., 1992) που παρατηρούνται στην περίοδο της εφηβείας. Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην ανοσοποιητική λειτουργία των παιδιών αν και η συμμετοχή τους σε αθλητικές δραστηριότητες ενισχύεται έντονα στις δυτικές κοινωνίες (Bishop, 2006; Micheli, 1996). Στις περισσότερες μελέτες στις οποίες εξετάζεται η επίδραση της άσκησης στο ανοσολογικό σύστημα έχουν συμμετάσχει νεαροί άνδρες και σε πολύ λίγες ηλικιωμένοι. Σύμφωνα με τον Malm (2004), η επίδραση της άσκησης στην αναπτυξιακή ηλικία θα πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης με σκοπό να εδραιωθούν οι υπεύθυνοι

μηχανισμοί που θα συμβάλλουν στην μακροπρόθεσμη ανάπτυξη της υγείας και της φυσικής κατάστασης.

Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, παρουσιάζεται αύξηση του ενδιαφέροντος σχετικά με την επίδραση της άσκησης στην ανοσοποιητική λειτουργία των παιδιών και των εφήβων. Η πρώτη μελέτη στη διεθνή βιβλιογραφία ήταν των Boas et al. (1996) στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της αναερόβιας άσκησης (Wingate test) στο ανοσοποιητικό σύστημα 16 κολυμβητών ηλικίας από 9 έως 17 ετών καθώς και 17 παιδιών της ίδιας ηλικίας, τα οποία δεν ασχολούνταν συστηματικά με κάποια φυσική δραστηριότητα. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την έναρξη του τεστ, τρία λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Ο συνολικός αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αυξήθηκε σημαντικά, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, μετά το τέλος της άσκησης τόσο στους κολυμβητές όσο και στους μη κολυμβητές. Επιπλέον και στις δύο ομάδες μία ώρα μετά το τέλος του τεστ τα λευκοκύτταρα μειώθηκαν σημαντικά και οι τιμές ήταν παρόμοιες με αυτές της ηρεμίας. Επιπρόσθετα δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων μεταξύ των δύο ομάδων σε καμία χρονική στιγμή. Οι ερευνητές καταλήγουν ότι το συγκεκριμένο είδος άσκησης επέφερε λευκοκυττάρωση τόσο στους αθλητές όσο και στους μη αθλητές, σημειώνοντας συνολικά και οι δύο ομάδες κατά 28% υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ηρεμία. Το ενδιαφέρον στοιχείο σε αυτή τη μελέτη είναι ότι επιχειρήθηκε να εξεταστεί και η επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης στην ανταπόκριση των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση. Και οι δύο ομάδες, κολυμβητές και μη χωρίστηκαν σε τρεις υποομάδες με βάση τα στάδια βιολογικής ωρίμανσης του Tanner: προεφηβική (1-1.5), εφηβική (2-3.5) και μετεφηβική (4-5). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποομάδων τόσο στις τιμές ηρεμίας όσο και στα 3 λεπτά μετά την άσκηση.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζουν και οι Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν και αυτοί το Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και 24 ώρες μετά την άσκηση. Όπως και στην προηγούμενη μελέτη, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο συνολικό αριθμό των λευκοκυττάρων μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών στις τιμές ηρεμίας αλλά και μετά την άσκηση. Σημαντική αύξηση στα λευκά αιμοσφαίρια παρουσίασαν μετά την άσκηση τόσο οι αθλήτριες γυμναστικής [8.408 ± 1.449 έναντι

6.243±0.885 ($\times 10^9/L$)] όσο και οι μη αθλήτριες [8.408±1.449 έναντι 6.243±0.885 ($\times 10^9/L$)] ενώ 24 ώρες μετά επέστρεψαν στις αρχικές τιμές ηρεμίας.

Σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Eliakim et al., 1997), στο ίδιο δείγμα ατόμων εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα. Τόσο οι αθλήτριες όσο και οι μη αθλήτριες έτρεξαν σε εργοδιάδρομο για 20 λεπτά με ένταση 80-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Αμέσως μετά την άσκηση ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά τόσο για τις αθλήτριες γυμναστικής [7.046±1.306 έναντι 5.561±0.596 ($\times 10^9/L$)] όσο και για τις μη αθλήτριες [8.263±1.225 έναντι 6.340±1.043 ($\times 10^9/L$)]. Επιπλέον, σε αντίθεση με την αναερόβια άσκηση, οι τιμές των λευκών αιμοσφαιρίων παρέμειναν αυξημένες μέχρι και 24 ώρες μετά και για τις δύο ομάδες.

Σε μελέτη των Shore και Shephard (1998) σε 11 παιδιά ηλικίας 10 ετών εξετάστηκε η επίδραση ενός υπομέγιστου αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης διάρκειας 30 λεπτών στο εργοποδήλατο. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μισή ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Ο συνολικός αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και παρέμεινε αυξημένος και μισή ώρα μετά το τέλος της άσκησης.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν και οι Timmons et al. (2004), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση ενός αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης σε εργοποδήλατο διάρκειας μίας ώρας (με ενδιάμεσο διάλειμμα 5 λεπτά) και έντασης 70% της VO_{2max} σε δώδεκα αγόρια ηλικίας 9.8 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα λευκά αιμοσφαίρια αυξήθηκαν σημαντικά μετά την άσκηση [7.34±0.48 έναντι 5.48±0.36 ($\times 10^9/L$)] και παρέμειναν αυξημένα και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης [6.63±0.54 ($\times 10^9/L$)]. Μάλιστα στη μελέτη αυτή συγκρίθηκε η επίδραση του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης σε 10 νεαρούς άνδρες (22.1 ετών). Μετά την άσκηση οι ενήλικες σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα λευκοκύτταρα σε σχέση με τα παιδιά [8.79±0.72 ($\times 10^9/L$)] και μάλιστα η ίδια τάση επικράτησε και στη μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι πιθανόν το μέγεθος και η διάρκεια της λευκοκυττάρωσης που προκαλείται μετά την άσκηση, επηρεάζεται από την ηλικία και τη βιολογική ωρίμανση του ατόμου.

Σε μεταγενέστερη μελέτη των ίδιων ερευνητών (Timmons et al., 2006a) εξετάστηκε πιο επισταμένα η επίδραση της ηλικίας, της βιολογικής ωρίμανσης και του

φύλου σε παιδιά και εφήβους. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης δηλαδή 60 λεπτά αερόβιας άσκησης στο εργοποδήλατο με ένταση 70% της VO_2max . Ωστόσο, σε αυτή τη μελέτη δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, κατά τη διάρκεια της άσκησης (30^ο λεπτό), αμέσως μετά, 30 λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα άτομα χωρίστηκαν ως προς την ηλικία και το φύλο σε τέσσερις ομάδες: κορίτσια ηλικίας 12 ετών, κορίτσια ηλικίας 14 ετών, αγόρια ηλικίας 12 ετών και αγόρια ηλικίας 14 ετών. Σημαντικές διαφορές ως προς τα λευκοκύτταρα παρατηρήθηκαν στα κορίτσια ηλικίας 14 ετών στο 30^ο λεπτό της άσκησης και στο τέλος της άσκησης. Κατείχαν υψηλότερες τιμές τόσο σε σχέση με τα κορίτσια ηλικίας 12 ετών όσο και σε σχέση με τα αγόρια της ηλικίας τους. Ενώ τα αγόρια ηλικίας 14 ετών σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα λευκά αιμοσφαίρια στην αποκατάσταση (1 ώρα μετά) σε σχέση με τα αγόρια ηλικίας 12 ετών.

Αναφορικά με την επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης ο διαχωρισμός έγινε με βάση τα στάδια του Tanner και δημιουργήθηκαν τρεις υποομάδες για τα κορίτσια (T2, T3, T4-5) και τέσσερις για τα αγόρια (T1, T2, T3-4, T5). Ωστόσο, ο διαχωρισμός αυτός δημιούργησε υποομάδες λίγων ατόμων με αποτέλεσμα να μην πραγματοποιούνται κάποιες στατιστικές αναλύσεις εξαιτίας του μικρού δείγματος. Στα κορίτσια συγκεκριμένα, επειδή στην πρώτη ομάδα (T2) κατατάχθηκαν μόνο τέσσερις δεν πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ως προς αυτή την ομάδα με τις άλλες δύο. Αναφορικά με τις ομάδες T3 και T4-5 δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στην ανταπόκριση των λευκοκυττάρων τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και στην αποκατάσταση. Όσον αφορά στα αγόρια, η άσκηση προκάλεσε παρόμοιες μεταβολές στα λευκοκύτταρα σε σχέση με τα διαφορετικά στάδια ωρίμανσης με τα αγόρια του T5 να κατέχουν τις υψηλότερες τιμές. Στην αποκατάσταση τα αγόρια του T5 σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα λευκά αιμοσφαίρια σε σχέση με τα αγόρια όλων των άλλων ομάδων. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η άσκηση προκαλεί μικρότερες μεταβολές στα λευκά αιμοσφαίρια των μικρότερων ηλικιακά αγοριών και κοριτσιών και οι διαφορές αυτές εντοπίζονται πιο έντονες στα κορίτσια.

Η πρώτη μελέτη που επιχειρεί να συγκρίνει την άσκηση σε εργαστηριακές συνθήκες και την άσκηση σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή μια συνηθισμένη αθλητική δραστηριότητα των παιδιών ήταν των Perez et al. (2001), στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης σε 18 παιδιά ηλικίας από 9 έως 15 ετών στα λευκά αιμοσφαίρια και τους υποπληθυσμούς τους. Ειδικότερα επιχειρήθηκε η σύγκριση δύο διαφορετικών

πρωτοκόλλων άσκησης. Τα εννέα παιδιά (ηλικίας από 9 έως 15 ετών) συμμετείχαν σε ένα εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης το οποίο περιελάμβανε 10 ταχύτητες των δύο λεπτών (10×2min) με σταθερά υψηλή ένταση στο εργοποδήλατο και διάλειμμα ενός λεπτού μεταξύ των περιόδων. Συνολικά, η διάρκεια του πρωτοκόλλου ήταν 30 λεπτά, με 20 λεπτά άσκηση και 10 λεπτά διάλειμμα. Τα υπόλοιπα 9 παιδιά (ηλικίας από 9 έως 11 ετών) συμμετείχαν σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών. Οι αιμοληψίες πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης και των δύο πρωτοκόλλων. Αν και η αρχική υπόθεση των ερευνητών ήταν ότι ο ποδοσφαιρικός αγώνας θα προκαλούσε σημαντικότερη αύξηση των λευκοκυττάρων τελικά το εργαστηριακό πρωτόκολλο επέφερε μεγαλύτερη αύξηση (αλλά όχι στατιστικά σημαντική) στα λευκά αιμοσφαίρια. Ειδικότερα, στο εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης τα λευκά αιμοσφαίρια αυξήθηκαν σημαντικά μετά το τέλος της άσκησης $10.255 \pm 0.979 (\times 10^9/L)$ σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας $7.247 \pm 0.595 (\times 10^9/L)$. Αλλά και μετά το τέλος του ποδοσφαιρικού αγώνα σημειώθηκε σημαντική αύξηση $8.544 \pm 0.913 (\times 10^9/L)$ συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας $6.667 \pm 0.922 (\times 10^9/L)$.

Οι ερευνητές της συγκεκριμένης μελέτης υποστηρίζουν ότι η μικρότερη αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων κατά τη διάρκεια του ποδοσφαιρικού αγώνα οφείλεται στο γεγονός ότι τα παιδιά καθόριζαν την ένταση της δραστηριότητάς τους οικιοθελώς με αποτέλεσμα να εναλλάσσεται από υψηλή σε χαμηλή ανάλογα με τις δυνάμεις τους. Αντίθετα, στο εργαστήριο η ένταση ήταν συγκεκριμένη και έπρεπε να ακολουθούν τις οδηγίες διεξαγωγής του πρωτοκόλλου. Επιπρόσθετα το γεγονός αυτό σύμφωνα με τους ερευνητές προκάλεσε ψυχολογικό στρες στα παιδιά, το οποίο είναι γνωστό ότι επιδρά αρνητικά στη λειτουργία του ανοσολογικού συστήματος. Ωστόσο, το γεγονός αυτό αποτελεί μία υπόθεση των ερευνητών και δεν αξιολογήθηκε με κάποιο τρόπο στη μελέτη (ερωτηματολόγιο, συνέντευξη κτλ.). Επιπλέον, ένα σοβαρό μειονέκτημα της συγκεκριμένης μελέτης είναι ότι τα παιδιά που συμμετείχαν στο εργαστηριακό πρωτόκολλο ήταν μεγαλύτερης ηλικίας και πιθανόν αυτό το στοιχείο να επηρεάζει τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Σε μελέτη των Nemet et al. (2003) εξετάστηκε η επίδραση μιας τυπικής προπονητικής μονάδας υδατοσφαίρισης διάρκειας 1.5 ώρας, στα λευκά αιμοσφαίρια 10 κοριτσιών ηλικίας 14-16 ετών. Η ένταση της προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη από τους ερευνητές απλά αναφέρουν ότι η καρδιακή συχνότητα αυξήθηκε σημαντικά σε

σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($82 \pm 2b/\text{min}$) τόσο στο 30° (161 ± 5) όσο και στο 60° (154 ± 6) λεπτό της άσκησης όπου καταγράφηκε. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την άσκηση και αμέσως μετά. Ο συνολικός αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αυξήθηκε σημαντικά μετά την άσκηση [13.968 ± 1.107 έναντι 7.636 ± 0.601 ($\times 10^9/\text{L}$)].

Σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Nemet et al., 2004) εξετάστηκε η οξεία επίδραση της προπόνησης πάλης σε 11 εφήβους ηλικίας 14-18.5 ετών. Η διάρκεια της προπόνησης ήταν 1.5 ώρα και η ένταση και σε αυτή τη μελέτη δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι ήταν μια τυπική προπονητική μονάδα πάλης η οποία περιλαμβάνει τόσο αερόβια όσο και αναερόβια μέρη. Δείγματα αίματος λήφθηκαν και σε αυτή τη μελέτη πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Σημειώθηκε σημαντική αύξηση στο συνολικό αριθμό των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση και σε αυτή τη μελέτη [13.436 ± 1.339 έναντι 6.993 ± 0.423 ($\times 10^9/\text{L}$)].

Από τις παραπάνω μελέτες φαίνεται ότι η άσκηση επιφέρει σημαντική αύξηση στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων κατά την αναπτυξιακή ηλικία. Παράγοντες όπως η ηλικία, ο βαθμός βιολογικής ωρίμανσης, το είδος της δραστηριότητας και η συνολική επιβάρυνση (ένταση και διάρκεια πρωτοκόλλου άσκησης) φαίνεται από τις υπάρχουσες μελέτες ότι επηρεάζουν ως ένα βαθμό το μέγεθος της αύξησης και τη διάρκεια αποκατάστασης των λευκών αιμοσφαιρίων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω μελέτη και κυρίως σε άλλες αθλητικές δραστηριότητες των παιδιών και όχι μόνο σε εργαστηριακές συνθήκες.

Οξεία επίδραση της άσκησης στα ουδετερόφιλα

Τα ουδετερόφιλα αποτελούν το μεγαλύτερο υποπληθυσμό των λευκών αιμοσφαιρίων καταλαμβάνοντας περίπου το 40-50% του συνολικού αριθμού τους (Paul, 2003). Επομένως, οι μεταβολές που παρατηρούνται μετά από άσκηση στον αριθμό των ουδετερόφιλων είναι ανάλογες με αυτές που σημειώνονται στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων. Τα ουδετερόφιλα παρουσιάζουν αύξηση κατά τη διάρκεια και μετά από όλα σχεδόν τα είδη άσκησης. Ωστόσο, το μέγεθος των μεταβολών αυτών εξαρτώνται άμεσα από την ένταση και τη διάρκεια τη άσκησης (Hansen et al., 1991; Shek et al., 1995; Suzuki et al., 1996). Σε σύντομης διάρκειας αλλά υψηλής έντασης δραστηριότητα παρουσιάζουν αύξηση κατά τη διάρκεια αλλά κυρίως μετά το τέλος της άσκησης. Σε μελέτη των Nielsen et al. (1996) σε αθλητές κωπηλασίας μετά από μέγιστη προσπάθεια

διάρκειας 6 λεπτών στο κωπηλατοεργόμετρο, τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν κατά 50% κατά τη διάρκεια της προσπάθειας και κατά 150% αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Ο αριθμός των ουδετερόφιλων επέστρεψε στα επίπεδα ηρεμίας 2 ώρες μετά το τέλος της άσκησης.

Μικρότερα ποσοστά αύξησης των ουδετερόφιλων (κατά 21% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας) παρατηρήθηκαν μετά από περπάτημα διάρκειας 30 λεπτών με ένταση 60% της VO_2max (Nieman et al., 2005). Σε μελέτη, ωστόσο, κατά την οποία οι δοκιμαζόμενοι ασκήθηκαν για 60 λεπτά με ένταση 60% της VO_2max σε εργοποδήλατο παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των ουδετερόφιλων κατά 59% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας (Shinkai et al., 1992).

Η αύξηση των ουδετερόφιλων που σημειώνεται μετά από παρατεταμένης διάρκειας αερόβια δραστηριότητα είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με μικρής διάρκειας και υψηλής έντασης δραστηριότητες (Robson et al., 1999). Σε μελέτη των Robson et al. (1999) στην οποία εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικοί συνδυασμοί έντασης και διάρκειας στους ίδιους δοκιμαζόμενους τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με την ανταπόκριση των ουδετερόφιλων παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ειδικότερα, εξετάστηκε σε 18 υγιείς άνδρες η επίδραση της άσκησης σε εργοποδήλατο με ένταση στο 55% της VO_2max για περίπου 3 ώρες και σε διαφορετική συνεδρία εφαρμόστηκε πρωτόκολλο άσκησης στο 85% της VO_2max μία περίπου ώρα. Στο πρωτόκολλο παρατεταμένης διάρκειας και μέτριας έντασης η ουδετεροφιλία ήταν έντονη αμέσως μετά το τέλος της άσκησης καθώς επίσης και στις χρονικές στιγμές 1 ώρα, 2.5 ώρες και 5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Ο αριθμός των ουδετερόφιλων επέστρεψε στα επίπεδα ηρεμίας 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Οι υψηλότερες τιμές των ουδετερόφιλων σημειώθηκαν σε αυτό το πρωτόκολλο αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Αντίθετα στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης και μικρότερης διάρκειας, σημαντική αύξηση των ουδετερόφιλων παρατηρήθηκε μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης και κορυφώθηκε 2.5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Και σε αυτό το πρωτόκολλο οι τιμές επέστρεψαν στα επίπεδα ηρεμίας 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Συνολικά σε όλες τις χρονικές στιγμές, δηλαδή αμέσως μετά την άσκηση, στη 1 ώρα, στις 2.5 και στις 5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης ο αριθμός των ουδετερόφιλων ήταν σημαντικά υψηλότερος στο πρωτόκολλο παρατεταμένης διάρκειας και μέτριας έντασης συγκριτικά με το πρωτόκολλο υψηλότερης έντασης και μικρότερης διάρκειας.

Οι Nieman et al. (1994) εξέτασαν την επίδραση της έντασης της άσκησης στη

συμπεριφορά των ουδετερόφιλων εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης της ίδιας διάρκειας (45 min) στους ίδιους δοκιμαζόμενους. Το πρώτο ήταν υψηλής έντασης (80% VO_2max) και το δεύτερο μέτριας έντασης (50% VO_2max). Και οι δύο ομάδες αμέσως μετά το τέλος της άσκησης και στην πρώτη ώρα της αποκατάστασης παρουσίασαν αύξηση συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Ωστόσο, ο αριθμός των ουδετερόφιλων δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων στις δύο αυτές χρονικές στιγμές. Αντίθετα, στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης σημειώθηκε σημαντική αύξηση των ουδετερόφιλων δύο ώρες μετά το τέλος της άσκησης και παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα μέχρι και 3.5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης, διαφέροντας σημαντικά σε σχέση με το πρωτόκολλο της μέτριας έντασης.

Ωστόσο, σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση (>2.5 ώρες) παρατηρείται έντονο το φαινόμενο της ουδετεροφιλίας. Σε μελέτη που εξετάστηκε η επίδραση ενός αγώνα μαραθωνίου διάρκειας κατά μέσο όρο 2.62 ωρών σε δέκα δρομείς, τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν κατά 360% σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (Suzuki et al., 2003). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Nieman et al. (1995a), οι οποίοι εξέτασαν τη συμπεριφορά των ουδετερόφιλων σε δέκα δρομείς, μετά από 2.5 ώρες τρέξιμο στον εργοδιάδρομο με ένταση 75% της VO_2max . Επιπλέον, στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάστηκε και ο ρυθμός αποκατάστασης με αιμοληψίες στη 1.5 ώρα μετά και στις 6 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Ο αριθμός των ουδετερόφιλων αμέσως μετά την άσκηση ήταν τριπλάσιος σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, ενώ στη 1.5 ώρα μετά ήταν τέσσερις φορές υψηλότερος συγκριτικά με την ηρεμία και παρέμεινε υψηλά και στις 6 ώρες μετά το τέλος της άσκησης (τρεις φορές υψηλότερος σε σχέση με την ηρεμία).

Από τις παραπάνω μελέτες διαπιστώνουμε ότι τα ουδετερόφιλα παρουσιάζουν αύξηση μετά το τέλος της άσκησης. Καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της αύξηση αυτής φαίνεται να διαδραματίζει πρωτίστως η διάρκεια της δραστηριότητας. Ενώ ο ρυθμός αποκατάστασης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το συνδυασμό της διάρκειας με την ένταση της άσκησης. Σε παρατεταμένης διάρκειας και υψηλής έντασης άσκηση απαιτούνται αρκετές ώρες για να επανέλθουν τα ουδετερόφιλα στις αρχικές τιμές ηρεμίας ενώ σε μέτριας έντασης και διάρκειας δραστηριότητες το φαινόμενο της ουδετεροφιλίας δεν είναι τόσο έντονο και ο χρόνος αποκατάστασης που απαιτείται είναι μικρότερος.

Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και ουδετερόφιλα

Οι Bishop et al. (1999) εξέτασαν την επίδραση ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου προπόνησης ποδοσφαίρου, σε 8 υγιείς άνδρες, μέλη πανεπιστημιακής ποδοσφαιρικής ομάδας. Η προπόνηση αποτελούνταν από δύο περιόδους των 45 λεπτών με διάλειμμα 15 λεπτά, ενώ η καρδιακή συχνότητα κυμάνθηκε από 163 ± 5 b/min έως 170 ± 4 b/min στη διάρκεια των 90 λεπτών. Τα ουδετερόφιλα αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας [5.5 ± 0.5 έναντι 2.3 ± 0.1 ($\times 10^9/L$)]. Επιπλέον, μία ώρα μετά το τέλος της προπόνησης τα ουδετερόφιλα παρέμειναν σημαντικά υψηλότερα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας [4.8 ± 0.5 έναντι 2.3 ± 0.1 ($\times 10^9/L$)] παρουσιάζοντας ωστόσο, πτώση σε σχέση με τις τιμές μετά το τέλος της προπόνησης.

Οι Malm et al. (2004) εξέτασαν την επίδραση δύο συνεχόμενων αγώνων ποδοσφαίρου σε 10 υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές ηλικίας από 16-19 ετών. Οι δύο αγώνες είχαν 20 ώρες διαφορά μεταξύ τους. Αξιολογήθηκαν τα επίπεδα των λευκών αιμοσφαιρίων πριν τον πρώτο αγώνα, αμέσως μετά το δεύτερο, 6, 24, 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα. Τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν σημαντικά μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας [6.2 έναντι 3.7 ($\times 10^9/L$)]. Αντιθέτως, 24 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα τα ουδετερόφιλα μειώθηκαν σημαντικά [5.3 ($\times 10^9/L$)] τόσο σε σχέση με τις τιμές που παρουσίαζαν μετά το δεύτερο αγώνα όσο και σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Στις 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων επανήλθε στις αρχικές τιμές ηρεμίας [4.0 ($\times 10^9/L$) αντίστοιχα]. Ωστόσο, στη μελέτη αυτή δεν πραγματοποιήθηκε αιμοληψία μετά τον πρώτο αγώνα ή τουλάχιστον πριν το δεύτερο με αποτέλεσμα να μη μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του πρώτου αγώνα, την ενδεχόμενη ανάληψη και κατόπιν τη συνολική επίδραση του πρώτου και δεύτερου αγώνα μαζί. Επιπλέον, οι δύο αγώνες πραγματοποιήθηκαν διαφορετικές ώρες της ημέρας, γεγονός που ενδεχομένως να εγείρει την πιθανότητα ότι οι ημερήσιες διακυμάνσεις επηρέασαν τα αποτελέσματα.

Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στα ουδετερόφιλα αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος αν και η αναγκαιότητα της έρευνας στο συγκεκριμένο τομέα έχει τονιστεί σε προηγούμενες μελέτες (Anderson et al., 2003; Benoni et al., 1995a). Σε μελέτη των Benoni et al. (1995a) εξετάστηκε η μεταβολή των ουδετερόφιλων στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου σε 7 επαγγελματίες

καλαθοσφαιριστές. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου συγκριτικά με τις τιμές που εμφάνισαν οι αθλητές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος [3.58 ± 0.80 έναντι 2.58 ± 0.62 ($\times 10^9/L$)]. Ωστόσο, τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη του πρωταθλήματος, τα ουδετερόφιλα σημείωσαν πτώση [3.04 ± 0.70 ($\times 10^9/L$)] προσιδιάζοντας με τις τιμές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος. Από τη συγκεκριμένη μελέτη καθίσταται σαφές ότι και για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης προφανώς υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στα ουδετερόφιλα ανάλογα με τον όγκο και την ένταση της προπόνησης. Ωστόσο, δεν μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά με την οξεία επίδραση μιας προπονητικής μονάδας και το χρόνο αποκατάστασης των ουδετερόφιλων.

Από τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα φαίνεται ότι τουλάχιστον στο άθλημα του ποδοσφαίρου προκαλείται αύξηση των ουδετερόφιλων κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της προπόνησης. Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης απαιτείται η διεξαγωγή περισσότερων ερευνών που να στοχεύουν στη διερεύνηση του συγκεκριμένου θέματος.

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και ουδετερόφιλα

Οι Boas et al. (1996) εξέτασαν την επίδραση της αναερόβιας άσκησης (Wingate test) στο ανοσοποιητικό σύστημα 16 κολυμβητών ηλικίας από 9 έως 17 ετών καθώς και 17 παιδιών της ίδιας ηλικίας, τα οποία δεν ασχολούνταν συστηματικά με κάποια φυσική δραστηριότητα. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την έναρξη του τεστ, τρία λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Οι συγγραφείς στη συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάζουν όλη την κατηγορία των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων και δεν αναφέρονται ξεχωριστά στα ουδετερόφιλα, ηωσινόφιλα και βασεόφιλα προφανώς εξαιτίας του μικρού ποσοστού που καταλαμβάνουν οι τελευταίες δύο κατηγορίες στο συνολικό αριθμό των λευκοκυττάρων. Ο συνολικός αριθμός των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, μετά το τέλος της άσκησης τόσο στους κολυμβητές όσο και στους μη κολυμβητές. Επιπλέον και στις δύο ομάδες μία ώρα μετά το τέλος του τεστ τα πολυμορφοπύρηννα κοκκιοκύτταρα μειώθηκαν σημαντικά και οι τιμές ήταν παρόμοιες με αυτές της ηρεμίας. Ωστόσο, σε αντίθεση με το συνολικό αριθμό των λευκοκυττάρων, στα πολυμορφοπύρηννα κοκκιοκύτταρα σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων τόσο στις τιμές ηρεμίας όσο και στην αποκατάσταση, μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Σημαντική υπεροχή στις δύο

χρονικές αυτές στιγμές παρουσιάζουν οι μη αθλητές σε σχέση με τους κολυμβητές.

Επιπρόσθετα, στην παραπάνω μελέτη επιχειρήθηκε να εξεταστεί και η επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης στην ανταπόκριση των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων μετά την άσκηση. Και οι δύο ομάδες, κολυμβητές και μη χωρίστηκαν σε τρεις υποομάδες με βάση τα στάδια βιολογικής ωρίμανσης του Tanner: προεφηβική (1-1.5), εφηβική (2-3.5) και μετεφηβική (4-5). Σημαντικά υψηλότερες τιμές σημείωσαν στα πολυμορφοπύρηνια κοκκιοκύτταρα μετά το τέλος της άσκησης η ομάδα μετεφηβικής ηλικίας συγκριτικά με τις άλλες δύο ομάδες. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων τόσο στην ηρεμία όσο και στην αποκατάσταση (μία ώρα μετά).

Σε μελέτη των Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν και αυτοί το Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών, δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και 24 ώρες μετά την άσκηση. Ωστόσο, στη μελέτη αυτή, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο συνολικό αριθμό των ουδετερόφιλων μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών στις τιμές ηρεμίας αλλά και μετά την άσκηση. Και οι δύο ομάδες παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά, με τα ουδετερόφιλα να αυξάνονται σημαντικά μετά την άσκηση και να έχουν επιστρέψει στις αρχικές τιμές ηρεμίας 24 ώρες μετά.

Σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Eliakim et al., 1997), στο ίδιο δείγμα ατόμων εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα. Τόσο οι αθλήτριες όσο και οι μη αθλήτριες έτρεξαν σε εργοδιάδρομο για 20 λεπτά με ένταση 80-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Αμέσως μετά την άσκηση τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν σημαντικά τόσο για τις αθλήτριες γυμναστικής [3.554 ± 0.692 έναντι 2.710 ± 0.349 ($\times 10^9/L$)] όσο και για τις μη αθλήτριες [4.658 ± 1.184 έναντι 3.570 ± 1.000 ($\times 10^9/L$)]. Επιπλέον, οι τιμές των ουδετερόφιλων στις 24 ώρες μετά και για τις δύο ομάδες επέστρεψαν στις αρχικές τιμές ηρεμίας. Και σε αυτή τη μελέτη δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων σε καμία χρονική στιγμή.

Την οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης σε 11 παιδιά ηλικίας 10 ετών εξέτασαν σε μελέτη τους οι Shore και Shephard (1998) με υπομέγιστο πρωτόκολλο άσκησης διάρκειας 30 λεπτών στο εργοποδήλατο. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μισή ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Ο συνολικός αριθμός των πολυμορφοπύρηνων

κοκκιοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και παρέμεινε αυξημένος και μισή ώρα μετά το τέλος της άσκησης.

Την επίδραση ενός αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης σε εργοποδήλατο, διάρκειας μίας ώρας (με ενδιάμεσο διάλειμμα 5 λεπτά) και έντασης 70% της VO_{2max} σε δώδεκα αγόρια ηλικίας 9.8 ετών, εξέτασαν οι Timmons et al. (2004) και παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα με την παραπάνω μελέτη. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν σημαντικά μετά την άσκηση [3.49 ± 0.41 έναντι 2.48 ± 0.34 ($\times 10^9/L$)] και παρέμειναν αυξημένα και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης [3.59 ± 0.53 ($\times 10^9/L$)]. Μάλιστα στη μελέτη αυτή συγκρίθηκε η επίδραση του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης σε 10 νεαρούς άνδρες (22.1 ετών). Μετά την άσκηση οι ενήλικες σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα ουδετερόφιλα σε σχέση με την ηρεμία. Η αύξηση αυτή συνεχίστηκε και μάλιστα μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης, τα ουδετερόφιλα διέφεραν σημαντικά και με τις τιμές μετά το τέλος της άσκησης. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των παιδιών και των ενηλίκων εντοπίζονται στις αρχικές τιμές ηρεμίας, αμέσως μετά την άσκηση και μία ώρα μετά. Οι τιμές των ενηλίκων και στις τρεις χρονικές στιγμές παρουσιάζονται σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με τα παιδιά και οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι πιθανόν το μέγεθος και η διάρκεια της ουδετεροφιλίας που προκαλείται μετά την εφαρμογή του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης, επηρεάζεται από την ηλικία και τη βιολογική ωρίμανση του ατόμου.

Σε μεταγενέστερη μελέτη των ίδιων ερευνητών (Timmons et al., 2006a) εξετάστηκε πιο επισταμένα η επίδραση της ηλικίας, της βιολογικής ωρίμανσης και του φύλου σε παιδιά και εφήβους. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης δηλαδή 60 λεπτά αερόβιας άσκησης στο εργοποδήλατο με ένταση 70% της VO_{2max} . Ωστόσο, σε αυτή τη μελέτη δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, κατά τη διάρκεια της άσκησης (30^ο λεπτό), αμέσως μετά, 30 λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα άτομα χωρίστηκαν ως προς την ηλικία και το φύλο σε τέσσερις ομάδες: κορίτσια ηλικίας 12 ετών, κορίτσια ηλικίας 14 ετών, αγόρια ηλικίας 12 ετών και αγόρια ηλικίας 14 ετών. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν ως προς τα ουδετερόφιλα μεταξύ των κοριτσιών ηλικίας 14 ετών και των κοριτσιών ηλικίας 12 ετών στο τέλος της άσκησης, στο 30^ο και στο 60^ο λεπτό της αποκατάστασης. Τα κορίτσια ηλικίας 14 ετών κατείχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα κορίτσια 12 ετών αλλά και γενικότερα στις περισσότερες χρονικές στιγμές εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές, με εξαίρεση την αποκατάσταση στο 60^ο

λεπτό, σε σχέση με όλες τις ομάδες χωρίς ωστόσο, να διαφέρουν σημαντικά. Οι διαφορές μεταξύ των δύο διαφορετικών ηλικιακών ομάδων των αγοριών ήταν λιγότερες στις διάφορες χρονικές στιγμές σε σχέση με τα κορίτσια. Ειδικότερα, η μόνη σημαντική διαφορά εντοπίστηκε στο 60^ο λεπτό της αποκατάστασης, στο οποίο τα αγόρια ηλικίας 14 ετών κατείχαν υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα αγόρια 12 ετών.

Σχετικά με την επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης ο διαχωρισμός έγινε με βάση τα στάδια του Tanner και δημιουργήθηκαν τρεις υποομάδες για τα κορίτσια (T2, T3, T4-5) και τέσσερις για τα αγόρια (T1, T2, T3-4, T5). Ωστόσο, ο διαχωρισμός αυτός δημιούργησε υποομάδες λίγων ατόμων με αποτέλεσμα να μην πραγματοποιούνται κάποιες στατιστικές αναλύσεις εξαιτίας του μικρού δείγματος. Στα κορίτσια συγκεκριμένα, επειδή στην πρώτη ομάδα (T2) κατατάχθηκαν μόνο τέσσερις δεν πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ως προς αυτή την ομάδα με τις άλλες δύο. Αναφορικά με τις ομάδες T3 και T4-5 δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στην ανταπόκριση των ουδετερόφιλων τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και στην αποκατάσταση. Αντιθέτως, στα αγόρια, η άσκηση προκάλεσε σημαντικότερες μεταβολές στα ουδετερόφιλα σε σχέση με τα διαφορετικά στάδια ωρίμανσης με τα αγόρια του T5 να κατέχουν τις υψηλότερες τιμές. Στην αποκατάσταση, τόσο στο 30^ο όσο και στο 60^ο λεπτό, τα αγόρια του T5 σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα ουδετερόφιλα σε σχέση με τα αγόρια όλων των άλλων ομάδων.

Σε μελέτη των Perez et al. (2001) επιχειρήθηκε η σύγκριση της άσκησης σε εργαστηριακές συνθήκες και της άσκησης σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή μετά από μια συνηθισμένη αθλητική δραστηριότητα των παιδιών. Εννέα παιδιά (ηλικίας από 9 έως 15 ετών) συμμετείχαν σε ένα εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης το οποίο περιελάμβανε 10 ταχύτητες των δύο λεπτών (10×2min) με σταθερά υψηλή ένταση στο εργοποδίστατο και διάλειμμα ενός λεπτού μεταξύ των περιόδων. Συνολικά, η διάρκεια του πρωτοκόλλου ήταν 30 λεπτά, με 20 λεπτά άσκηση και 10 λεπτά διάλειμμα. Τα υπόλοιπα 9 παιδιά (ηλικίας από 9 έως 11 ετών) συμμετείχαν σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών. Οι αιμοληψίες πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης και των δύο πρωτοκόλλων. Το εργαστηριακό πρωτόκολλο επέφερε μεγαλύτερη αύξηση (αλλά όχι στατιστικά σημαντική) στα πολυμορφοπύρρηνα κοκκιοκύτταρα. Ειδικότερα, στο εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης τα πολυμορφοπύρρηνα κοκκιοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά μετά το τέλος της άσκησης $5.577 \pm 0.804 (\times 10^9/L)$ σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας

4.210 ± 0.642 ($\times 10^9/L$). Αλλά και μετά το τέλος του ποδοσφαιρικού αγώνα σημειώθηκε σημαντική αύξηση 4.533 ± 0.745 ($\times 10^9/L$) συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας 3.307 ± 0.700 ($\times 10^9/L$). Ένα σοβαρό μειονέκτημα της συγκεκριμένης μελέτης είναι ότι τα παιδιά που συμμετείχαν στο εργαστηριακό πρωτόκολλο ήταν μεγαλύτερης ηλικίας και πιθανόν αυτό το στοιχείο να επηρεάζει τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, καθώς υπάρχει σοβαρή υπόνοια με βάση τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών η ηλικία να επιδρά καθοριστικά (Timmons et al., 2004; Timmons et al., 2006a).

Οι Nemet et al. (2003) εξέτασαν την επίδραση μιας τυπικής προπονητικής μονάδας υδατοσφαίρισης διάρκειας 1.5 ώρας στα ουδετερόφιλα 10 κοριτσιών ηλικίας 14-16 ετών. Η ένταση της προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη από τους ερευνητές αλλά αναφέρουν ότι η καρδιακή συχνότητα αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (82 ± 2 b/min) τόσο στο 30° (161 ± 5) όσο και στο 60° (154 ± 6) λεπτό της άσκησης όπου καταγράφηκε. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την άσκηση και αμέσως μετά. Ο συνολικός αριθμός των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά μετά την άσκηση [9.554 ± 0.971 έναντι 4.687 ± 0.471 ($\times 10^9/L$)].

Σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Nemet et al., 2004) εξετάστηκε η οξεία επίδραση της προπόνησης πάλης σε 11 εφήβους ηλικίας 14-18.5 ετών. Η διάρκεια της προπόνησης ήταν 1.5 ώρα και η ένταση και σε αυτή τη μελέτη δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι ήταν μια τυπική προπονητική μονάδα πάλης η οποία περιλαμβάνει τόσο αερόβια όσο και αναερόβια μέρη. Δείγματα αίματος λήφθηκαν και σε αυτή τη μελέτη πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Σημειώθηκε σημαντική αύξηση στο συνολικό αριθμό των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων μετά την άσκηση και σε αυτή τη μελέτη [7.719 ± 0.885 έναντι 3.848 ± 0.296 ($\times 10^9/L$)].

Σε όλες της μελέτες, λοιπόν, της διεθνούς βιβλιογραφίας φαίνεται ότι ο υποπληθυσμός των ουδετερόφιλων αυξάνεται σημαντικά μετά την άσκηση, είτε πρόκειται για άσκηση αναερόβιας μορφής όπως ένα Wingate test με μέγιστη ένταση και μικρή διάρκεια, είτε πρόκειται για αερόβια άσκηση με μέτρια ένταση και μεγαλύτερη διάρκεια. Επιπλέον, μετά από μία προπονητική μονάδα που διεξάγεται σε “πραγματικές” συνθήκες, πάλι φαίνεται ότι η αύξηση των ουδετερόφιλων είναι επακόλουθο της άσκησης. Ωστόσο, από τις παραπάνω μελέτες διαφαίνεται ότι η αύξηση των ουδετερόφιλων που παρατηρείται στα παιδιά μετά την άσκηση είναι ανάλογη με το μέγεθος της ηλικίας.

Οξεία επίδραση της άσκησης στα λεμφοκύτταρα

Η άσκηση προκαλεί χαρακτηριστικές διαφασικές μεταβολές στον αριθμό των λεμφοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία, τα οποία ευθύνονται για τους ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς του οργανισμού. Τις περισσότερες φορές παρατηρείται αύξηση του αριθμού των λεμφοκυττάρων κατά τη διάρκεια και στο τέλος της άσκησης, ενώ από τα πρώτα κιόλας στάδια της αποκατάστασης σημειώνεται πτώση φθάνοντας σε επίπεδα χαμηλότερα από αυτά της ηρεμίας (McCarthy & Dale, 1988; Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000). Οι μεταβολές αυτές των λεμφοκυττάρων εξαρτώνται περισσότερο από την ένταση και σε μικρότερο βαθμό από τη διάρκεια της άσκησης (Bishop, 2006). Για παράδειγμα, σε μελέτη κατά την οποία εξετάστηκε σε αθλητές κωπηλασίας η επίδραση μέγιστης προσπάθειας διάρκειας έξι λεπτών στο κωπηλατοεργόμετρο, τα λεμφοκύτταρα αυξήθηκαν δύο με τρεις φορές περισσότερο αμέσως μετά την άσκηση συγκριτικά με την ηρεμία, ενώ στην αποκατάσταση μειώθηκαν κατά 40% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας (Nielsen et al., 1998).

Σε μελέτη των Nieman et al. (2005) παρατηρήθηκαν μικρότερα ποσοστά αύξησης (κατά 26% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας) μετά από περπάτημα διάρκειας 30 λεπτών και έντασης στο 60% της VO_2max . Στη συγκεκριμένη μελέτη, η ένταση της άσκησης ήταν μέτρια αλλά και η διάρκεια της δραστηριότητας ήταν σύντομη και παρατηρήθηκαν ηπιότερες μεταβολές στο συνολικό αριθμό των λεμφοκυττάρων σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Μάλιστα αξιολογήθηκαν και οι διαφορετικοί υποπληθυσμοί των λεμφοκυττάρων δίνοντας μια πιο λεπτομερή εικόνα της συμπεριφοράς αυτής. Η αύξηση λοιπόν του συνολικού αριθμού των λεμφοκυττάρων προήλθε κατά κύριο λόγο από την αύξηση των κυττάρων φυσικών φονέων (54-60%) και από την αύξηση των T λεμφοκυττάρων (25-43%). Ειδικότερα τα κύτταρα φυσικοί φονείς σημείωσαν σημαντική αύξηση κατά 60-63% αμέσως μετά την άσκηση συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας, αλλά επακολούθησε μία πτώση 17-35% μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης, διαφέροντας τελικά ελάχιστα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Στη συγκεκριμένη μελέτη είναι καταφανές ότι μετά από μέτριας έντασης δραστηριότητα οι όποιες μεταβολές στα λεμφοκύτταρα και τους υποπληθυσμούς τους είναι παροδικές και απαιτείται πολύ μικρό χρονικό διάστημα για την επαναφορά στα επίπεδα ηρεμίας.

Σε μελέτη των Robson et al. (1999) στην οποία εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικοί

συνδυασμοί έντασης και διάρκειας στους ίδιους δοκιμαζόμενους τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ειδικότερα, εξετάστηκε σε 18 υγιείς άνδρες η επίδραση της άσκησης σε εργοποδήλατο με ένταση στο 55% της VO_2max για περίπου 3 ώρες και σε διαφορετική συνεδρία εφαρμόστηκε πρωτόκολλο άσκησης στο 85% της VO_2max μία περίπου ώρα. Η αύξηση του συνολικού αριθμού των λεμφοκυττάρων στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης και σύντομης διάρκειας ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από την αύξηση που παρατηρήθηκε στο πρωτόκολλο παρατεταμένης διάρκειας και μέτριας έντασης αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Επιπλέον, και στα δύο πρωτόκολλα ο αριθμός των λεμφοκυττάρων παρουσιάστηκε υψηλότερος αμέσως μετά την άσκηση σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας. Ωστόσο, επακολούθησε μία απότομη πτώση των λεμφοκυττάρων χαμηλότερα από τις τιμές ηρεμίας εντός της πρώτης ώρας μετά το τέλος της άσκησης και για τα δύο πρωτόκολλα. Η ίδια τάση συνεχίστηκε και στις 2.5 ώρες ενώ οι τιμές άρχισαν να αυξάνονται μετά από 5 ώρες από τη λήξη της άσκησης και στις 24 ώρες είχαν πλέον επανέλθει στα επίπεδα ηρεμίας. Από την παραπάνω μελέτη προκύπτει ότι η μόνη ουσιαστική διαφορά που παρατηρήθηκε στα λεμφοκύτταρα μεταξύ των δύο πρωτόκολλων ήταν αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Το μέγεθος της λεμφοκυττάρωσης που σημειώθηκε μετά από μικρής διάρκειας και υψηλής έντασης δραστηριότητα είναι μεγαλύτερο συγκριτικά με παρατεταμένης διάρκειας αερόβια δραστηριότητα. Ενώ η συμπεριφορά των λεμφοκυττάρων στην αποκατάσταση ήταν ακριβώς η ίδια και για τα δύο πρωτόκολλα.

Την επίδραση της έντασης της άσκησης στην ανταπόκριση των λεμφοκυττάρων εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης της ίδιας διάρκειας (45 min) στους ίδιους δοκιμαζόμενους εξέτασαν οι Nieman et al. (1994). Το πρώτο ήταν υψηλής έντασης (80% VO_2max) και το δεύτερο μέτριας έντασης (50% VO_2max). Ο συνολικός αριθμός των λεμφοκυττάρων ήταν σημαντικά υψηλότερος συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας μετά το τέλος της άσκησης [3.97 ± 0.32 έναντι 2.37 ± 0.18 ($\times 10^9/\text{L}$)] για το πρωτόκολλο υψηλής έντασης. Αντίθετα, στη μέτρια ένταση τα λεμφοκύτταρα δε μεταβλήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας αμέσως μετά την άσκηση [2.51 ± 0.22 έναντι 2.33 ± 0.16 ($\times 10^9/\text{L}$)]. Τόσο στην υψηλή όσο και στη μέτρια ένταση ο συνολικός αριθμός των λεμφοκυττάρων μειώθηκε μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Αλλά στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης η πτωτική τάση συνεχίστηκε και στις δύο ώρες μετά το τέλος της άσκησης, όπου τα λεμφοκύτταρα ήταν σημαντικά χαμηλότερα συγκριτικά με τις τιμές του

πρωτοκόλλου της μέτριας έντασης.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει στην παραπάνω μελέτη η ανάλυση των επιμέρους υποπληθυσμών των λεμφοκυττάρων και η σύγκριση της συμπεριφοράς τους στα δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης. Τα T λεμφοκύτταρα αμέσως μετά το τέλος της άσκησης, αυξήθηκαν περισσότερο στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης ενώ στις δύο ώρες μετά παρουσιάστηκαν σημαντικά χαμηλότερα συγκριτικά με το πρωτόκολλο μέτριας έντασης. Τα T βοηθητικά κύτταρα (CD4⁺), τα οποία εκκρίνουν κυτταροκίνες που βοηθούν στην ενεργοποίηση των B λεμφοκυττάρων και των T κυτταροτοξικών παρουσίασαν την ίδια τάση εμφανίζοντας υψηλότερες τιμές αμέσως μετά την άσκηση στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης και σημαντικά χαμηλότερες τιμές στις δύο ώρες μετά συγκριτικά με το πρωτόκολλο μέτριας έντασης. Επιπλέον, η ίδια ακριβώς συμπεριφορά παρατηρήθηκε και στα T κυτταροτοξικά κύτταρα (CD8⁺). Στα κύτταρα φυσικούς φονείς (NK), σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε αμέσως μετά την άσκηση στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης και σημαντική πτώση στις δύο ώρες αποκατάστασης διαφέροντας σημαντικά και στις δύο χρονικές στιγμές με το πρωτόκολλο της μέτριας έντασης.

Σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση ο αριθμός των λεμφοκυττάρων αυξάνεται στην αρχή της άσκησης και μετά είτε παραμένει στα ίδια επίπεδα ή αυξάνεται σταδιακά μέχρι το τέλος της άσκησης (Gabriel et al., 1992b; Nieman et al., 1989; Shek et al., 1995). Σε μελέτη των Shek et al. (1995) εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης στη συμπεριφορά των λεμφοκυττάρων μετά από τρέξιμο διάρκειας δύο ωρών σε εργοδιάδρομο με ένταση 65% της VO₂max. Στα πρώτα τριάντα λεπτά της άσκησης παρατηρήθηκε διπλασιασμός των τιμών σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας, ακολούθησε μια μικρή πτώση από το 30^ο έως το 90^ο λεπτό της άσκησης και τέλος σημειώθηκε αύξηση στα τελευταία λεπτά της άσκησης. Αλλά και σε μελέτη των Nieman et al. (1989) σημειώθηκε αύξηση κατά 30% κατά τη διάρκεια της πρώτης από τις τρεις ώρες που ήταν συνολικά η διάρκεια της άσκησης (τρέξιμο σε εργοδιάδρομο) και μικρή αύξηση παρατηρήθηκε και στο τέλος της άσκησης.

Συμπερασματικά, ο αριθμός των λεμφοκυττάρων εξαρτάται πρωτίστως από την ένταση της άσκησης και δευτερευόντως από τη διάρκεια αυτής, δηλαδή το αντίθετο από ότι ισχύει για τον υποπληθυσμό των ουδετερόφιλων. Σε υψηλής έντασης δραστηριότητες ο αριθμός των λεμφοκυττάρων παρουσιάζει αύξηση στο τέλος της άσκησης σε σχέση με την ηρεμία, ενώ από τα πρώτα στάδια της αποκατάστασης σημειώνεται πτώση συνήθως

χαμηλότερα από τα επίπεδα της ηρεμίας. Αντίθετα σε μέτριας έντασης δραστηριότητες δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και κατά την περίοδο αποκατάστασης.

Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και λεμφοκύτταρα

Την επίδραση ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου προπόνησης ποδοσφαίρου εξέτασαν οι Bishop et al. (1999) σε 8 υγιείς άνδρες, μέλη πανεπιστημιακής ποδοσφαιρικής ομάδας. Η προπόνηση αποτελούνταν από δύο περιόδους των 45 λεπτών με διάλειμμα 15 λεπτά, ενώ η καρδιακή συχνότητα κυμάνθηκε από 163 ± 5 b/min έως 170 ± 4 b/min (84% της HRmax) στη διάρκεια των 90 λεπτών. Τα λεμφοκύτταρα αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης δε μεταβλήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας [2.0 ± 0.2 έναντι 1.5 ± 0.1 ($\times 10^9/L$)]. Επιπλέον, μία ώρα μετά το τέλος της προπόνησης τα λεμφοκύτταρα παρουσίασαν πτώση αλλά όχι σημαντική σε σχέση με τις τιμές μετά το τέλος της προπόνησης [1.3 ± 0.1 ($\times 10^9/L$)].

Οι Malm et al. (2004) εξέτασαν την επίδραση δύο συνεχόμενων αγώνων ποδοσφαίρου σε 10 υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές ηλικίας από 16-19 ετών. Οι δύο αγώνες είχαν 20 ώρες διαφορά μεταξύ τους. Αξιολογήθηκαν τα επίπεδα των λεμφοκυττάρων πριν τον πρώτο αγώνα, αμέσως μετά το δεύτερο, 6, 24, 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα. Το ποσοστό των λεμφοκυττάρων μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Ωστόσο, 24 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα το ποσοστό των λεμφοκυττάρων αυξήθηκε φτάνοντας τα επίπεδα ηρεμίας και η ίδια τάση συνεχίστηκε και στις 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, εξετάστηκαν επιπρόσθετα και υποπληθυσμοί των λεμφοκυττάρων. Ειδικότερα μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα παρατηρήθηκε σημαντική πτώση των κυττάρων φυσικών φονέων (NK cells) η οποία άρχισε να αποκαθίσταται στις 48 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα, στοιχείο που σύμφωνα με τους συγγραφείς μπορεί να σημαίνει μείωση της ανοσοποιητικής λειτουργίας και αύξηση της πιθανότητας λοιμώξεως. Αντιθέτως, ο λόγος των T βοηθητικών προς τα T κυτταροτοξικά κύτταρα ($CD4^+/CD8^+$) μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα αυξήθηκε, γεγονός που μεταφράστηκε από τους ερευνητές ως βελτίωση της ανοσοποιητικής λειτουργίας. Τα δύο αυτά

αντικρουόμενα αποτελέσματα δημιουργούν μία συγκεχυμένη εικόνα σχετικά με την επίδραση του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου άσκησης στην ανοσοποιητική λειτουργία.

Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στα λεμφοκύτταρα αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος αν και η αναγκαιότητα της έρευνας στο συγκεκριμένο τομέα έχει τονιστεί σε προηγούμενες μελέτες (Anderson et al., 2003; Benoni et al., 1995a). Σε μελέτη των Benoni et al. (1995a) εξετάστηκε η μεταβολή των λεμφοκυττάρων στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου σε 7 επαγγελματίες καλαθοσφαιριστές. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι ο συνολικός αριθμός των λεμφοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου συγκριτικά με τις τιμές που εμφάνισαν οι αθλητές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος [2.48 ± 0.72 έναντι $1.54 \pm 0.34 (\times 10^9/L)$]. Ωστόσο, τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη του πρωταθλήματος, τα λεμφοκύτταρα σημείωσαν πτώση [$1.58 \pm 0.40 (\times 10^9/L)$] προσιδιάζοντας με τις τιμές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος. Από τα παραπάνω δεδομένα διαφαίνεται ότι στην καλαθοσφαίριση υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στα λεμφοκύτταρα ανάλογα με τον όγκο και την ένταση της προπόνησης.

Από τις παραπάνω μελέτες προκύπτει ότι η συμπεριφορά των λεμφοκυττάρων μετά την άσκηση σε ομαδικά αθλήματα δεν είναι απόλυτα αποσαφηνισμένη. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια της άσκησης ο αριθμός των λεμφοκυττάρων αυξάνεται και στην αποκατάσταση σημειώνεται πτώση. Το μέγεθος των μεταβολών αυτών προφανώς επηρεάζεται από την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης. Στη μελέτη των Bishop et al. (1999) μετά από προπόνηση συνολικής διάρκειας 90 λεπτών με ένταση 84% της HRmax δε μεταβλήθηκαν σημαντικά τα λεμφοκύτταρα (Bishop et al., 1999). Αντίθετα, μετά από δύο συνεχόμενους αγώνες παρατηρήθηκε πτώση των λεμφοκυττάρων (Malm et al., 2004). Περισσότερες μελέτες σε μεγαλύτερο δείγμα αθλητών θα συμβάλλουν στη διεξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και λεμφοκύτταρα

Την επίδραση της αναερόβιας άσκησης (Wingate test) στο ανοσοποιητικό σύστημα 16 κολυμβητών ηλικίας από 9 έως 17 ετών καθώς και 17 παιδιών της ίδιας ηλικίας, τα οποία δεν ασχολούνταν συστηματικά με κάποια φυσική δραστηριότητα εξέτασαν οι Boas et al. (1996). Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την έναρξη του τεστ, τρία λεπτά μετά και

μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα λεμφοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, μετά το τέλος της άσκησης τόσο στους κολυμβητές όσο και στους μη κολυμβητές. Επιπλέον και στις δύο ομάδες μία ώρα μετά το τέλος του τεστ τα λεμφοκύτταρα μειώθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές στο 3^ο λεπτό της αποκατάστασης και ήταν χαμηλότερα και από την ηρεμία. Ωστόσο, η μείωση αυτή συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας δεν ήταν σημαντική τουλάχιστον μέχρι την τελευταία χρονική στιγμή μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων στο συνολικό αριθμό των λεμφοκυττάρων σε καμία χρονική στιγμή και για το λόγο αυτό οι ερευνητές αναφέρουν ότι μετά την άσκηση τα λεμφοκύτταρα συνολικά και για τις δύο ομάδες αυξήθηκαν κατά 43% σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας.

Στην παραπάνω μελέτη επιχειρήθηκε να εξεταστεί και η επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης στην ανταπόκριση των λεμφοκυττάρων μετά την άσκηση. Και οι δύο ομάδες, κολυμβητές και μη χωρίστηκαν σε τρεις υποομάδες με βάση τα στάδια βιολογικής ωρίμανσης του Tanner: προεφηβική (1-1.5), εφηβική (2-3.5) και μετεφηβική (4-5). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα λεμφοκύτταρα μεταξύ των τριών υποομάδων σε καμία χρονική στιγμή. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι στη συγκεκριμένη ηλικία οι διαφορές που παρουσιάζονται στη φυσική κατάσταση αθλητών και μη αθλητών δεν είναι τόσο έντονες όσο στην ενηλικίωση και εξαιτίας αυτού του γεγονότος χρησιμοποιούν τον όρο κολυμβητές και μη κολυμβητές. Εκεί αποδίδουν και τη μη ύπαρξη σημαντικών διαφορών στην ανταπόκριση των λεμφοκυττάρων μετά την άσκηση. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη μελέτη δεν αξιολογήθηκε η φυσική κατάσταση των δύο ομάδων ώστε να είναι ασφαλή τα παραπάνω συμπεράσματα. Πραγματοποιήθηκε μόνο το τεστ αξιολόγησης της αναερόβιας ικανότητας και από την απόδοσή τους σε αυτό καθώς και τις σχετικά χαμηλές τιμές της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας συμπεραίνουν ότι είχαν ένα σχετικά καλό επίπεδο φυσικής κατάστασης, συμπέρασμα το οποίο είναι αρκετά επισφαλές.

Το Wingate test χρησιμοποιήσαν σε μελέτη τους και οι Wolach et al. (1998) για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών, δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και 24 ώρες μετά την άσκηση. Ωστόσο, στη μελέτη αυτή, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο συνολικό αριθμό των λεμφοκυττάρων μεταξύ

αθλητριών και μη αθλητριών στις τιμές ηρεμίας αλλά και μετά την άσκηση. Και οι δύο ομάδες παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά, με τα λεμφοκύτταρα να αυξάνονται σημαντικά μετά την άσκηση και να έχουν επιστρέψει στις αρχικές τιμές ηρεμίας 24 ώρες μετά.

Σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Eliakim et al., 1997), στο ίδιο δείγμα ατόμων εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα. Τόσο οι αθλήτριες όσο και οι μη αθλήτριες έτρεξαν σε εργοδιάδρομο για 20 λεπτά με ένταση 80-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Αμέσως μετά την άσκηση τα λεμφοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά τόσο για τις αθλήτριες γυμναστικής [2.690 ± 0.360 έναντι 1.930 ± 0.235 ($\times 10^9/L$)] όσο και για τις μη αθλήτριες [2.671 ± 0.834 έναντι 2.106 ± 0.544 ($\times 10^9/L$)]. Επιπλέον, 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης τα λεμφοκύτταρα παρέμειναν αυξημένα και στις δύο ομάδες συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας.

Την οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης σε 11 παιδιά ηλικίας 10 ετών εξέτασαν σε μελέτη τους οι Shore και Shephard (1998) με υπομέγιστο πρωτόκολλο άσκησης διάρκειας 30 λεπτών στο εργοποδήλατο. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μισή ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα λεμφοκύτταρα και σε αυτή τη μελέτη αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και παρέμειναν αυξημένα και μισή ώρα μετά το τέλος της άσκησης.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν και οι Timmons et al. (2004), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση ενός αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης σε εργοποδήλατο διάρκειας μίας ώρας (με ενδιάμεσο διάλειμμα 5 λεπτά) και έντασης 70% της VO_{2max} σε δώδεκα αγόρια ηλικίας 9.8 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα λεμφοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά μετά την άσκηση [2.71 ± 0.17 έναντι 2.07 ± 0.12 ($\times 10^9/L$)] ενώ μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης μειώθηκαν [2.15 ± 0.09 ($\times 10^9/L$)]. Μάλιστα στη μελέτη αυτή συγκρίθηκε η επίδραση του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης σε 10 νεαρούς άνδρες (22.1 ετών). Μετά την άσκηση οι ενήλικες σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα λεμφοκύτταρα σε σχέση με την ηρεμία. Ωστόσο, μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης, τα λεμφοκύτταρα μειώθηκαν και διέφεραν σημαντικά από τις τιμές που σημειώθηκαν μετά το τέλος της άσκησης. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των παιδιών και των ενηλίκων εντοπίζονται στην αποκατάσταση. Οι τιμές των ενηλίκων μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης ήταν σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τα παιδιά.

Η ίδια ομάδα ερευνητών σε μεταγενέστερη μελέτη τους (Timmons et al., 2006a)

εξέτασαν πιο επισταμένα την επίδραση της ηλικίας, της βιολογικής ωρίμανσης και του φύλου σε παιδιά και εφήβους. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης δηλαδή 60 λεπτά αερόβιας άσκησης στο εργοποδήλατο με ένταση 70% της VO_{2max} . Ωστόσο, σε αυτή τη μελέτη δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, κατά τη διάρκεια της άσκησης (30^ο λεπτό), αμέσως μετά, 30 λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα άτομα χωρίστηκαν ως προς την ηλικία και το φύλο σε τέσσερις ομάδες: κορίτσια ηλικίας 12 ετών, κορίτσια ηλικίας 14 ετών, αγόρια ηλικίας 12 ετών και αγόρια ηλικίας 14 ετών. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν ως προς τα λεμφοκύτταρα μεταξύ των κοριτσιών ηλικίας 14 ετών και των κοριτσιών ηλικίας 12 ετών στο 30^ο λεπτό της άσκησης και στο τέλος της άσκησης. Τα κορίτσια ηλικίας 14 ετών υπερείχαν σημαντικά στις ίδιες χρονικές στιγμές και από τα αγόρια της ηλικίας τους.

Αναφορικά με την επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης ο διαχωρισμός έγινε με βάση τα στάδια του Tanner και δημιουργήθηκαν τρεις υποομάδες για τα κορίτσια (T2, T3, T4-5) και τέσσερις για τα αγόρια (T1, T2, T3-4, T5). Ωστόσο, ο διαχωρισμός αυτός δημιούργησε υποομάδες λίγων ατόμων με αποτέλεσμα να μην πραγματοποιούνται κάποιες στατιστικές αναλύσεις εξαιτίας του μικρού δείγματος. Στα κορίτσια συγκεκριμένα, επειδή στην πρώτη ομάδα (T2) κατατάχθηκαν μόνο τέσσερις δεν πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ως προς αυτή την ομάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες. Τα κορίτσια του σταδίου T3 κατείχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές λεμφοκυττάρων στο 30^ο και 60^ο λεπτό άσκησης σε σχέση με τα αγόρια του σταδίου T3-4. Επιπλέον και τα κορίτσια του σταδίου T4-5 κατείχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές λεμφοκυττάρων στο 30^ο και 60^ο λεπτό άσκησης σε σχέση με τα αγόρια του σταδίου T3-4. Γενικότερα τα επίπεδα λεμφοκυττάρων για όλες τις υποομάδες επέστρεψαν στις τιμές ηρεμίας στο 30^ο λεπτό της αποκατάστασης.

Σε μελέτη των Perez et al. (2001) επιχειρήθηκε η σύγκριση δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης σε 18 παιδιά ηλικίας από 9 έως 15 ετών. Τα εννέα παιδιά (ηλικίας από 9 έως 15 ετών) συμμετείχαν σε ένα εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης το οποίο περιελάμβανε 10 ταχύτητες των δύο λεπτών (10×2min) με σταθερά υψηλή ένταση στο εργοποδήλατο και διάλειμμα ενός λεπτού μεταξύ των περιόδων. Συνολικά, η διάρκεια του πρωτοκόλλου ήταν 30 λεπτά, με 20 λεπτά άσκηση και 10 λεπτά διάλειμμα. Τα υπόλοιπα 9 παιδιά (ηλικίας από 9 έως 11 ετών) συμμετείχαν σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών. Οι αιμοληψίες πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης και των δύο πρωτοκόλλων. Το εργαστηριακό πρωτόκολλο επέφερε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση

στα λεμφοκύτταρα. Ειδικότερα, στο εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης τα λεμφοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά μετά το τέλος $3.917 \pm 0.287 (\times 10^9/L)$ σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας $2.556 \pm 0.218 (\times 10^9/L)$. Αλλά και μετά το τέλος του ποδοσφαιρικού αγώνα σημειώθηκε σημαντική αύξηση $2.832 \pm 0.163 (\times 10^9/L)$ συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας $2.154 \pm 0.129 (\times 10^9/L)$.

Σε μελέτη των Nemet et al. (2003) εξετάστηκε η επίδραση μιας τυπικής προπονητικής μονάδας υδατοσφαίρισης διάρκειας 1.5 ώρας, στα λευκά αιμοσφαίρια 10 κοριτσιών ηλικίας 14-16 ετών. Η ένταση της προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη από τους ερευνητές απλά αναφέρουν ότι η καρδιακή συχνότητα αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($82 \pm 2b/min$) τόσο στο 30° (161 ± 5) όσο και στο 60° (154 ± 6) λεπτό της άσκησης όπου καταγράφηκε. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την άσκηση και αμέσως μετά. Ο αριθμός των λεμφοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά μετά την άσκηση [3.471 ± 0.290 έναντι $2.401 \pm 0.227 (\times 10^9/L)$].

Σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Nemet et al., 2004) εξετάστηκε η οξεία επίδραση της προπόνησης πάλης σε 11 εφήβους ηλικίας 14-18.5 ετών. Η διάρκεια της προπόνησης ήταν 1.5 ώρα και η ένταση και σε αυτή τη μελέτη δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι ήταν μια τυπική προπονητική μονάδα πάλης η οποία περιλαμβάνει τόσο αερόβια όσο και αναερόβια μέρη. Δείγματα αίματος λήφθηκαν και σε αυτή τη μελέτη πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Σημειώθηκε σημαντική αύξηση στον αριθμό των λεμφοκυττάρων μετά την άσκηση και σε αυτή τη μελέτη [4.651 ± 0.408 έναντι $2.548 \pm 0.179 (\times 10^9/L)$].

Από τις υπάρχουσες μελέτες φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια της άσκησης ο αριθμός των λεμφοκυττάρων στην κυκλοφορία αυξάνεται. Ωστόσο, στις μελέτες κατά τις οποίες οι αιμοληψίες συνεχίζονται και στην αποκατάσταση, ο αριθμός των λεμφοκυττάρων μειώνεται και επιστρέφει στις αρχικές τιμές ηρεμίας κάποιες ώρες αργότερα. Από τα υπάρχοντα δεδομένα αυτό φαίνεται να επιτυγχάνεται στις 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης, ωστόσο απαιτούνται περισσότερες μελέτες στην αναπτυξιακή ηλικία για να προσδιοριστεί το ακριβές χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποκατάσταση των λεμφοκυττάρων.

Οξεία επίδραση της άσκησης στα μονοκύτταρα

Οι μεταβολές που προκαλούνται στα μονοκύτταρα μετά το τέλος της άσκησης

είναι καθοριστικής σημασίας καθώς τα κύτταρα αυτά ανήκουν στην πρώτη γραμμή άμυνας του ανοσολογικού συστήματος και έχουν τη δυνατότητα να ενεργοποιούνται άμεσα. Επιπλέον, εμπλέκονται και στους ειδικούς αμυντικούς μηχανισμούς καθώς εκκρίνουν διάφορους ρυθμιστικούς παράγοντες (π.χ. κυτταροκίνες). Ενδεχόμενη αύξηση λοιπόν, των μονοκυττάρων στην κυκλοφορία πιθανόν να συντελεί στην αύξηση αυτών των παραγόντων (Mackinnon, 1999).

Μικρά ποσοστά αύξησης των μονοκυττάρων (κατά 8% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας) παρατηρήθηκαν μετά από περπάτημα διάρκειας 30 λεπτών με ένταση 60% της VO_{2max} (Nieman et al., 2005). Στη συγκεκριμένη μελέτη η ένταση της άσκησης ήταν μέτρια αλλά και η διάρκεια της δραστηριότητας ήταν σύντομη και δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο συνολικό αριθμό των λευκοκυττάρων σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Αντιθέτως, σε μελέτη κατά την οποία οι δοκιμαζόμενοι ασκήθηκαν για περισσότερη ώρα συνολικής διάρκειας 60 λεπτών με ένταση 60% της VO_{2max} σε εργοποδήλατο παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του συνολικού αριθμού των μονοκυττάρων κατά 66% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας (Shinkai et al., 1992).

Σε μελέτη των Nieman et al. (1994) εξετάστηκε η επίδραση της έντασης της άσκησης στο βαθμό της μονοκυττάρωσης εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης της ίδιας διάρκειας (45 min) στους ίδιους δοκιμαζόμενους. Το πρώτο ήταν υψηλής έντασης (80% VO_{2max}) και το δεύτερο μέτριας έντασης (50% VO_{2max}). Ο αριθμός των μονοκυττάρων αυξήθηκε αμέσως μετά την άσκηση συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας και στα δύο πρωτόκολλα άσκησης χωρίς να παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Με τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν και άλλες μελέτες στις οποίες φαίνεται ότι η αύξηση που προκαλείται στα μονοκύτταρα μετά από άσκηση είναι ανεξάρτητη από την ένταση της δραστηριότητας (Gabriel et al., 1992c).

Ωστόσο, σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση παρατηρείται έντονο το φαινόμενο της μονοκυττάρωσης. Οι Shek et al. (1995) αναφέρουν 50% αύξηση στα μονοκύτταρα μετά από τα 30 πρώτα λεπτά άσκησης συνολικής διάρκειας δύο ωρών σε εργοδιάδρομο με ένταση 65% της VO_{2max} . Ενώ στο τέλος της άσκησης παρατηρήθηκαν διπλάσιες τιμές στα μονοκύτταρα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Σε ακόμα μεγαλύτερης διάρκειας άσκηση (8 ώρες) σε υπερμαραθώνιο (100 km) σημειώθηκε αύξηση των μονοκυττάρων κατά 250% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας (Gabriel et al., 1994). Ωστόσο, η αύξηση του αριθμού των μονοκυττάρων που παρατηρείται στις περισσότερες μελέτες, είναι παροδική

και έχει διάρκεια συνήθως από δύο έως τρεις ώρες μετά το τέλος της άσκησης (Nieman et al., 1989; Nieman et al., 1995a; Shek et al., 1995; Tvede et al., 1993) ενώ η αποκατάσταση στα επίπεδα ηρεμίας πραγματοποιείται εντός έξι ωρών όταν πρόκειται για άσκηση διάρκειας 2.5- 3 ώρες (Nieman et al., 1989; Nieman et al., 1995a).

Από τις παραπάνω μελέτες φαίνεται ότι πρωταγωνιστικό ρόλο στον συγκεκριμένο υποπληθυσμό των λευκοκυττάρων κατέχει η διάρκεια της άσκησης. Σε όλες τις μελέτες των οποίων η διάρκεια ήταν τουλάχιστον μία ώρα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των μονοκυττάρων μετά το τέλος της άσκησης.

Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και μονοκύτταρα

Οι Malm et al. (2004) εξέτασαν την επίδραση δύο συνεχόμενων αγώνων ποδοσφαίρου σε 10 υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές ηλικίας από 16-19 ετών. Οι δύο αγώνες είχαν 20 ώρες διαφορά μεταξύ τους. Αξιολογήθηκαν τα επίπεδα των μονοκυττάρων πριν τον πρώτο αγώνα, αμέσως μετά το δεύτερο, 24, 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα. Ο αριθμός των μονοκυττάρων μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Ωστόσο, 24 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα τα επίπεδα των μονοκυττάρων αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές που παρουσίαζαν μετά το δεύτερο αγώνα και επομένως άρχισαν να επανέρχονται στις αρχικές τιμές ηρεμίας.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτής της μελέτης είναι ότι δεν πραγματοποιήθηκε αιμοληψία μετά τον πρώτο αγώνα ή τουλάχιστον πριν το δεύτερο με αποτέλεσμα να μη μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του πρώτου αγώνα, την ενδεχόμενη ανάληψη και κατόπιν τη συνολική επίδραση του πρώτου και δεύτερου αγώνα μαζί. Επιπλέον, οι δύο αγώνες πραγματοποιήθηκαν διαφορετικές ώρες της ημέρας, γεγονός που ενδεχομένως να εγείρει την πιθανότητα ότι οι ημερήσιες διακυμάνσεις επηρέασαν τα αποτελέσματα.

Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στα μονοκύτταρα αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος αν και η αναγκαιότητα της έρευνας στο συγκεκριμένο τομέα έχει τονιστεί σε προηγούμενες μελέτες (Benoni et al., 1995a; Anderson et al., 2003). Σε μελέτη των Benoni et al. (1995a) εξετάστηκε η μεταβολή των μονοκυττάρων στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου σε 7 επαγγελματίες

καλαθοσφαιριστές. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι τα μονοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου συγκριτικά με τις τιμές που εμφάνισαν οι αθλητές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος [0.43 ± 0.08 έναντι 0.27 ± 0.09 ($\times 10^9/L$)]. Ωστόσο, τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη του πρωταθλήματος, τα μονοκύτταρα σημείωσαν πτώση [0.33 ± 0.25 ($\times 10^9/L$)] προσιδιάζοντας περισσότερο στις τιμές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος. Από τη συγκεκριμένη μελέτη καθίσταται σαφές ότι και για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης προφανώς υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στα μονοκύτταρα ανάλογα με τον όγκο και την ένταση της προπόνησης. Ωστόσο, δεν μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά με την οξεία επίδραση μιας προπονητικής μονάδας στη συμπεριφορά και το χρόνο αποκατάστασης των μονοκυττάρων.

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και μονοκύτταρα

Σε μελέτη των Boas et al. (1996) εξετάστηκε η επίδραση της αναερόβιας άσκησης (Wingate test) στο ανοσοποιητικό σύστημα 16 κολυμβητών ηλικίας από 9 έως 17 ετών καθώς και 17 παιδιών της ίδιας ηλικίας, τα οποία δεν ασχολούνταν συστηματικά με κάποια φυσική δραστηριότητα. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την έναρξη του τεστ, τρία λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Ο συνολικός αριθμός των μονοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, μετά το τέλος της άσκησης στους κολυμβητές. Αντιθέτως στους μη κολυμβητές υπήρχε τάση αύξησης χωρίς ωστόσο, να σημειωθεί σημαντική διαφορά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Επιπλέον και στις δύο ομάδες μία ώρα μετά το τέλος του τεστ τα μονοκύτταρα μειώθηκαν και οι τιμές ήταν λίγο χαμηλότερες συγκριτικά με αυτές της ηρεμίας. Γενικότερα και σε αυτό τον υποπληθυσμό των λευκών αιμοσφαιρίων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων σε καμία χρονική στιγμή.

Επιπλέον, εξετάστηκε στην παραπάνω μελέτη και η επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης στην ανταπόκριση των μονοκυττάρων μετά την άσκηση. Και οι δύο ομάδες, κολυμβητές και μη χωρίστηκαν σε τρεις υποομάδες με βάση τα στάδια βιολογικής ωρίμανσης του Tanner: προεφηβική (1-1.5), εφηβική (2-3.5) και μετεφηβική (4-5). Σημαντικά υψηλότερες τιμές σημείωσαν στα μονοκύτταρα μετά το τέλος της άσκησης η ομάδα της εφηβικής ηλικίας συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Αντίθετα, στην ομάδα προεφηβικής ηλικίας παρατηρήθηκε σημαντική πτώση συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας μία

ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ομάδων βιολογικής ωρίμανσης σε καμία χρονική στιγμή.

Σε μελέτη των Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν και αυτοί το Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών, δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και 24 ώρες μετά την άσκηση. Ο αριθμός των μονοκυττάρων δε μεταβλήθηκε σημαντικά μετά την άσκηση και στις 24 ώρες αν και υπήρχε μία τάση αύξησης και στις δύο ομάδες. Επιπρόσθετα, στη μελέτη αυτή, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα μονοκύτταρα μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών στις τιμές ηρεμίας αλλά και μετά την άσκηση.

Στο ίδιο δείγμα ατόμων εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα από τους Eliakim et al. (1997). Τόσο οι αθλήτριες όσο και οι μη αθλήτριες έτρεξαν σε εργοδιάδρομο για 20 λεπτά με ένταση 80-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Σε αντίθεση με την προηγούμενη μελέτη, αμέσως μετά την άσκηση τα μονοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά τόσο για τις αθλήτριες γυμναστικής [0.391 ± 0.127 έναντι 0.293 ± 0.061 ($\times 10^9/L$)] όσο και για τις μη αθλήτριες [0.462 ± 0.125 έναντι 0.373 ± 0.082 ($\times 10^9/L$)]. Στις 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης τα μονοκύτταρα συνέχισαν να αυξάνονται στις αθλήτριες σε αντίθεση με τις μη αθλήτριες όπου οι τιμές επέστρεψαν στα επίπεδα της ηρεμίας. Αυτή ήταν και η μοναδική χρονική στιγμή στην οποία διέφεραν τα επίπεδα μονοκυττάρων μεταξύ των δύο ομάδων.

Την οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης σε 11 παιδιά ηλικίας 10 ετών εξέτασαν σε μελέτη τους οι Shore και Shephard (1998) με υπομέγιστο πρωτόκολλο άσκησης διάρκειας 30 λεπτών στο εργοποδήλατο. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μισή ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα μονοκύτταρα μετά το τέλος της άσκησης αλλά και στο 30^ο λεπτό της αποκατάστασης δε μεταβλήθηκαν σημαντικά. Υπήρχε μία μικρή αύξηση αλλά προφανώς το συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης δεν ήταν ικανό να επιφέρει σημαντικές μεταβολές στο συγκεκριμένο υποπληθυσμό.

Αντίθετα, οι Timmons et al. (2004) παρατήρησαν αύξηση των μονοκυττάρων, μετά την εφαρμογή ενός αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης σε εργοποδήλατο διάρκειας μίας ώρας (με ενδιάμεσο διάλειμμα 5 λεπτά) και έντασης 70% της VO_2max σε δώδεκα αγόρια ηλικίας 9.8 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα μονοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά μετά την άσκηση [0.53 ± 0.07 έναντι

0.37 ± 0.03 ($\times 10^9/L$)] αλλά μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης παρουσίασαν πτώση [0.43 ± 0.04 ($\times 10^9/L$)]. Μάλιστα στη μελέτη αυτή συγκρίθηκε η επίδραση του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης σε 10 νεαρούς άνδρες (22.1 ετών). Μετά την άσκηση οι ενήλικες σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στα μονοκύτταρα σε σχέση με την ηρεμία. Αντίθετα, μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης, τα μονοκύτταρα μειώθηκαν και διέφεραν σημαντικά με τις τιμές μετά το τέλος της άσκησης. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των παιδιών και των ενηλίκων δεν εντοπίστηκαν σε καμία χρονική στιγμή. Ωστόσο, οι τιμές των μονοκυττάρων τόσο στην ηρεμία όσο και μετά την άσκηση και στην αποκατάσταση παρουσιάζονται σχετικά υψηλότερες σε σχέση με τα παιδιά.

Σε μεταγενέστερη μελέτη των ίδιων ερευνητών (Timmons et al., 2006a) εξετάστηκε πιο επισταμένα η επίδραση της ηλικίας και του φύλου σε παιδιά και εφήβους. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης δηλαδή 60 λεπτά αερόβιας άσκησης στο εργοποδήλατο με ένταση 70% της VO_{2max} . Ωστόσο, σε αυτή τη μελέτη δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, κατά τη διάρκεια της άσκησης (30^ο λεπτό), αμέσως μετά, 30 λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα άτομα χωρίστηκαν ως προς την ηλικία και το φύλο σε τέσσερις ομάδες: κορίτσια ηλικίας 12 ετών, κορίτσια ηλικίας 14 ετών, αγόρια ηλικίας 12 ετών και αγόρια ηλικίας 14 ετών. Ωστόσο, αν και μετά το τέλος της άσκησης σημειώθηκε μια μικρή αύξηση στον αριθμό των μονοκυττάρων σε όλες τις ομάδες στα 30 λεπτά της αποκατάστασης οι τιμές επέστρεψαν στα επίπεδα ηρεμίας. Επιπλέον, στο συγκεκριμένο υποπληθυσμό δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ηλικιακών ομάδων σε καμία χρονική στιγμή.

Οι Perez et al. (2001) εξέτασαν την επίδραση της άσκησης σε εργαστηριακές συνθήκες και την άσκηση σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή μια συνηθισμένη αθλητική δραστηριότητα των παιδιών ήταν των σε 18 παιδιά ηλικίας από 9 έως 15 ετών. Τα εννέα παιδιά (ηλικίας από 9 έως 15 ετών) συμμετείχαν σε ένα εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης το οποίο περιελάμβανε 10 ταχύτητες των δύο λεπτών ($10 \times 2min$) με σταθερά υψηλή ένταση στο εργοποδήλατο και διάλειμμα ενός λεπτού μεταξύ των περιόδων. Συνολικά, η διάρκεια του πρωτοκόλλου ήταν 30 λεπτά, με 20 λεπτά άσκηση και 10 λεπτά διάλειμμα. Τα υπόλοιπα 9 παιδιά (ηλικίας από 9 έως 11 ετών) συμμετείχαν σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών. Οι αιμοληψίες πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης και των δύο πρωτοκόλλων. Το εργαστηριακό πρωτόκολλο επέφερε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση στα μονοκύτταρα σε σχέση με τον αγώνα ποδοσφαίρου.

Ειδικότερα, στο εργαστηριακό πρωτόκολλο άσκησης τα μονοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά μετά το τέλος της άσκησης $0.820 \pm 0.085 (\times 10^9/L)$ σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας $0.480 \pm 0.036 (\times 10^9/L)$. Αντιθέτως, μετά το τέλος του ποδοσφαιρικού αγώνα η αύξηση που σημειώθηκε στον αριθμό των μονοκυττάρων δεν ήταν σημαντική συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας [0.633 ± 0.076 έναντι $0.532 \pm 0.083 (\times 10^9/L)$].

Οι Nemet et al. (2003) εξέτασαν την επίδραση μιας τυπικής προπονητικής μονάδας υδατοσφαίρισης διάρκειας 90 λεπτών, στα μονοκύτταρα 10 κοριτσιών ηλικίας 14-16 ετών. Η ένταση της προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη από τους ερευνητές απλά αναφέρουν ότι η καρδιακή συχνότητα αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($82 \pm 2b/min$) τόσο στο 30° (161 ± 5) όσο και στο 60° (154 ± 6) λεπτό της άσκησης όπου καταγράφηκε. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την άσκηση και αμέσως μετά. Ο αριθμός των μονοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά μετά την άσκηση [0.932 ± 0.115 έναντι $0.548 \pm 0.071 (\times 10^9/L)$].

Σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Nemet et al., 2004) εξετάστηκε η οξεία επίδραση της προπόνησης πάλης σε 11 εφήβους ηλικίας 14-18.5 ετών. Η διάρκεια της προπόνησης ήταν 90 λεπτά και η ένταση και σε αυτή τη μελέτη δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι ήταν μια τυπική προπονητική μονάδα πάλης η οποία περιλαμβάνει τόσο αερόβια όσο και αναερόβια μέρη. Δείγματα αίματος λήφθηκαν και σε αυτή τη μελέτη πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Σημειώθηκε σημαντική αύξηση στον αριθμό των μονοκυττάρων μετά την άσκηση και σε αυτή τη μελέτη [1.069 ± 0.128 έναντι $0.597 \pm 0.050 (\times 10^9/L)$].

Από τις παραπάνω μελέτες φαίνεται ότι δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία σχετικά με την ανταπόκριση των μονοκυττάρων μετά από άσκηση στην αναπτυξιακή ηλικία. Στις περισσότερες μελέτες ο αριθμός των μονοκυττάρων στην κυκλοφορία αυξάνεται αμέσως μετά την άσκηση, ωστόσο, υπάρχουν και μελέτες στις οποίες δε μεταβλήθηκε σημαντικά. Ενδιαφέρον, στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι η αύξηση των μονοκυττάρων είναι μεγαλύτερη στους αθλητές σε σχέση με τους μη αθλητές αναπτυξιακής ηλικίας μετά την άσκηση. Τα μονοκύτταρα είναι τα κύτταρα που σε πρώτη φάση, δηλαδή στους μη ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς, εισέρχονται στους ιστούς και μετατρέπονται σε μακροφάγα ενώ σε δεύτερη φάση συμμετέχοντας στους ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς εκκρίνουν κυτταροκίνες. Η δυνατότητα των αθλητών να αντιμετωπίσουν μία ενδεχόμενη λοίμωξη επιτυχώς φαίνεται να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους μη αθλητές μετά την

εφαρμογή του ίδιου προπονητικού ερεθίσματος. Και εδώ ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα για να μπορούν να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Οξεία επίδραση της άσκησης στα ηωσινόφιλα

Λίγα είναι τα δεδομένα στη διεθνή βιβλιογραφία που αφορούν στην επίδραση της άσκησης στον υποπληθυσμό των ηωσινόφιλων. Σε μελέτη των Nieman et al. (1994) εξετάστηκε η επίδραση της έντασης της άσκησης εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης της ίδιας διάρκειας (45 λεπτά) στους ίδιους δοκιμαζόμενους. Το πρώτο ήταν υψηλής έντασης (80% VO_2max) και το δεύτερο μέτριας έντασης (50% VO_2max). Ο αριθμός των ηωσινόφιλων παρέμεινε αμετάβλητος αμέσως μετά την άσκηση συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας τόσο στο πρωτόκολλο της υψηλής όσο και στο πρωτόκολλο της μέτριας έντασης. Ωστόσο, μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης παρατηρήθηκε πτώση των ηωσινόφιλων και στα δύο πρωτόκολλα η οποία διατηρήθηκε μέχρι και 3.5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Μείωση αναφέρεται και στη βιβλιογραφία τόσο σε παρατεταμένη όσο και σε μικρής διάρκειας άσκηση (McCarthy & Dale, 1988).

Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και ηωσινόφιλα

Δεν υπάρχουν μελέτες οι οποίες να εξετάζουν τον υποπληθυσμό των ηωσινόφιλων στο άθλημα του ποδοσφαίρου. Ο πιθανότερος λόγος είναι ότι ο συγκεκριμένος υποπληθυσμός αποτελεί ένα μικρό ποσοστό των λευκοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία και ενδεχομένως οι όποιες μεταβολές αυτών έχουν περιορισμένη επίδραση στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων.

Επιπρόσθετα, και στο άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στα ηωσινόφιλα αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος. Σε μελέτη των Benoni et al. (1995a) εξετάστηκε η μεταβολή των ηωσινόφιλων στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου σε 7 επαγγελματίες καλαθοσφαιριστές. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι τα ηωσινόφιλα αυξήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου συγκριτικά με τις τιμές που εμφάνισαν οι αθλητές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος [0.14 ± 0.05 έναντι 0.08 ± 0.02 ($\times 10^9/\text{L}$)]. Ωστόσο, τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη του πρωταθλήματος, τα ηωσινόφιλα σημείωσαν πτώση

[$0.08 \pm 0.03 (\times 10^9/L)$] επιστρέφοντας στις τιμές πριν την έναρξη του πρωταθλήματος. Από τη συγκεκριμένη μελέτη φαίνεται ότι τα ηωσινόφιλα μεταβάλλονται σημαντικά ανάλογα με τον όγκο και την ένταση της προπόνησης. Ωστόσο, δεν μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά με την οξεία επίδραση μιας προπονητικής μονάδας καλαθοσφαίρισης στα ηωσινόφιλα και το χρόνο αποκατάστασης τους.

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και ηωσινόφιλα

Σχετικά με την επίδραση της άσκησης κατά την αναπτυξιακή ηλικία στα ηωσινόφιλα δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες. Στις περισσότερες μελέτες τα ηωσινόφιλα συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων και δεν εξετάζονται ξεχωριστά (Boas et al., 1996; Nemet et al., 2003; Nemet et al., 2004; Perez et al., 2001; Shore & Shephard, 1998). Η μοναδική μελέτη που εξετάζει την επίδραση της άσκησης στα ηωσινόφιλα είναι των Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και 24 ώρες μετά την άσκηση. Στη μελέτη αυτή, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα ηωσινόφιλα μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών στις τιμές ηρεμίας αλλά και μετά την άσκηση. Οι μη αθλήτριες παρουσίασαν αύξηση στα ηωσινόφιλα μετά την άσκηση η οποία όμως δεν ήταν σημαντική ενώ 24 ώρες μετά οι τιμές επέστρεψαν στα επίπεδα ηρεμίας. Είναι σαφές ότι για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον συγκεκριμένο υποπληθυσμό απαιτούνται περισσότερες μελέτες.

Οξεία επίδραση της άσκησης στα βασεόφιλα

Ελάχιστα, ωστόσο, δεδομένα υπάρχουν στη βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της άσκησης στα βασεόφιλα. Επιπλέον, ο αριθμός αυτών των κυττάρων είναι τόσο μικρός που είναι δύσκολο να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα (Mackinnon, 1999; McCarthy & Dale 1988). Σε μελέτη των Nieman et al. (1994) εξετάστηκε η επίδραση της έντασης της άσκησης εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης της ίδιας διάρκειας (45 min) στους ίδιους δοκιμαζόμενους. Το πρώτο ήταν υψηλής έντασης (80% VO_2max) και το δεύτερο μέτριας έντασης (50% VO_2max). Ο αριθμός των βασεόφιλων δε μεταβλήθηκε μετά το τέλος της άσκησης τόσο στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης όσο και στο

πρωτόκολλο μέτριας έντασης. Επιπλέον, τα επίπεδα των βασεόφιλων παρέμειναν αμετάβλητα και στην αποκατάσταση, μία ώρα μετά, 2.5 ώρες μετά και 3.5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης.

Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και βασεόφιλα

Η έλλειψη δεδομένων στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την ανταπόκριση των βασεόφιλων μετά από προπόνηση ομαδικών αθλημάτων είναι έκδηλη. Τόσο στο ποδόσφαιρο όσο και στο μπάσκετ δεν υπάρχουν μελέτες οι οποίες να εξετάζουν τη συμπεριφορά του συγκεκριμένου υποπληθυσμού. Ο υποπληθυσμός των βασεόφιλων αποτελεί τη μικρότερη υποκατηγορία των λευκοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία και ενδεχομένως οι όποιες μεταβολές αυτών έχουν περιορισμένη επίδραση στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα ηωσινόφιλα.

Ωστόσο, οι λειτουργίες των βασεόφιλων είναι αρκετά σημαντικές. Τα κύτταρα αυτά εμπλέκονται κυρίως σε φλεγμονώδεις και αλλεργικές αντιδράσεις. Τα κοκκία τους περιέχουν ηπαρίνη και ισταμίνη τις οποίες απελευθερώνουν στις αλλεργικές καταστάσεις. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να παράγουν μια σειρά από κυτταροκίνες όπως IL-4, IL-5, IL-6 και TNF- α , οι οποίες επιδρούν σημαντικά στις καθυστερημένες αλλεργικές και φλεγμονώδεις αντιδράσεις. Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα σχετικά με την επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων στο συγκεκριμένο υποπληθυσμό.

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και βασεόφιλα

Ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της άσκησης κατά την αναπτυξιακή ηλικία στα βασεόφιλα. Στις περισσότερες μελέτες τα βασεόφιλα όπως και τα ηωσινόφιλα συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων και δεν εξετάζονται ξεχωριστά (Boas et al., 1996; Nemet et al., 2003; Nemet et al., 2004; Perez et al., 2001; Shore & Shephard, 1998). Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει το παραπάνω γεγονός είναι ότι ο συγκεκριμένος υποπληθυσμός αποτελεί τη μικρότερη κατηγορία των λευκών αιμοσφαιρίων και η όποια μεταβολή του δεν επιδρά καθοριστικά στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς των λευκοκυττάρων. Η μοναδική μελέτη που εξετάζει τα βασεόφιλα είναι των Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το

Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και 24 ώρες μετά την άσκηση. Στη μελέτη αυτή, οι ερευνητές αναφέρουν ότι δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στον αριθμό των βασεόφιλων μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών στις τιμές ηρεμίας αλλά και μετά την άσκηση. Και οι δύο ομάδες παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά, με τα βασεόφιλα να αυξάνονται αλλά όχι σημαντικά μετά την άσκηση και να έχουν επιστρέψει στις αρχικές τιμές ηρεμίας 24 ώρες μετά. Ωστόσο, για να δοθεί μια σαφής εικόνα σχετικά με τη συμπεριφορά του συγκεκριμένου υποπληθυσμού μετά την άσκηση στην αναπτυξιακή ηλικία απαιτείται περεταίρω έρευνα.

Σχέσεις μεταξύ ενδοκρινικού, νευρικού και ανοσολογικού συστήματος

Η παρουσία υποδοχέων στις ορμόνες του ενδοκρινικού συστήματος και η ανατομική σύνδεση μεταξύ λεμφικού και νευρικού συστήματος αποκαλύπτουν την ύπαρξη διόδου επικοινωνίας μεταξύ ανοσολογικού, νευρικού και ενδοκρινικού συστήματος (Madden & Felten, 1995; Rabin et al., 1996). Στη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν αναφερθεί εκτενέστατα οι φυσιολογικές βάσεις των νευρικών, ανοσολογικών και ορμονικών αλληλεπιδράσεων (Blalock, 1994; Madden & Felten, 1995; Ottaway & Husband, 1994).

Επιπρόσθετα, υπάρχουν βάσιμες αποδείξεις ότι διάφορα είδη φυσιολογικών στρεσογόνων παραγόντων επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στο ανοσολογικό σύστημα (Pedersen et al., 1994). Η άσκηση είναι μια μορφή στρες για τον οργανισμό αλλά αναπαράγεται με επιστημονικό τρόπο και μέθοδο που την καθιστούν ως ένα μοναδικό και πρωτότυπο είδος στρες (Hoffman-Goetz & Pedersen, 1994). Η οξεία και έντονη μυϊκή άσκηση αυξάνει τη συγκέντρωση αρκετών στρεσογόνων ορμονών στο αίμα, όπως είναι για παράδειγμα η κορτιζόλη (Galbo, 1983; Kjaer & Dela, 1996; Volek et al., 1997). Η άσκηση λοιπόν, προκαλεί μεταβολές στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ νευρικού και ανοσοποιητικού συστήματος εκκρίνοντας στρεσογόνες ορμόνες, αλλά και φλεγμονώδεις μεσολαβητές, όπως είναι οι κυτταροκίνες που δύνανται να προκαλέσουν μεταβολές στην ανοσοποιητική λειτουργία.

Οξεία επίδραση της άσκησης στην κορτιζόλη

Η κορτιζόλη είναι η κυριότερη γλυκοκορτικοειδής στεροειδής ορμόνη και

εκκρίνεται από το φλοιό των επινεφριδίων. Η συγκέντρωσή της στο πλάσμα δεν παραμένει σταθερή στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου αλλά παρουσιάζει διακύμανση με υψηλότερες τιμές το πρωί και χαμηλότερες το βράδυ (Guyton & Hall, 1996; Krieger et al., 1971). Ειδικότερα, οι φυσιολογικές τιμές συγκέντρωσής της στον ορό είναι από 50-230 ng/ml (138-635 nmol/l) από τις 8-10 το πρωί και από 30-150 ng/ml (82.8-414 nmol/l) στις 4 το απόγευμα (Thietz, 1968). Η κορτιζόλη παρουσιάζει πολλαπλές δράσεις όπως, διατήρηση της ομοιοστασίας της γλυκόζης, πρωτεϊνολύση στους μύες, αναστολή της λειτουργίας των οστεοβλαστών καθώς και αντιφλεγμονώδεις δράσεις συμπεριλαμβανομένου της καταστολής της ανοσολογικής απάντησης (Stewart, 2003). Ειδικότερα, οι σημαντικές κατασταλτικές επιδράσεις της κορτιζόλης, αλλά και γενικότερα των γλυκοκορτικοειδών, στην ανοσολογική φλεγμονώδη αντίδραση του οργανισμού αφορούν στην κινητικότητα και στη λειτουργία των λευκοκυττάρων (Rabin et al., 1996; Nieman, 1997), στην παραγωγή των φλεγμονωδών κυτταροκινών (Ashwell et al., 2000; Riccardi et al., 2002), στην επεξεργασία των αντιγόνων και τέλος στην παραγωγή και κάθαρση των αντισωμάτων (Σταυρίδης, 1997). Επιπρόσθετα, έχει δείχθει ότι ενδοφλέβια χορήγηση κορτικοστεροειδών επιφέρει λεμφοπενία, μονοκυτταροπενία, ηωσινοπενία και ουδετεροφιλία που κορυφώνονται τέσσερις ώρες μετά τη χορήγηση (Rabin et al., 1996). Καθίσταται σαφές λοιπόν, ότι ενδεχόμενη επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση της κορτιζόλης συνεπάγεται και μια σειρά επιδράσεων σε στοιχεία του ανοσολογικού συστήματος.

Αρκετές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρουν σημαντική συσχέτιση της κορτιζόλης και των μεταβολών στον αριθμό των κυττάρων κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της άσκησης (Eskola et al., 1978; Gabriel et al., 1992b; Hansen et al., 1991; Moorthy & Zimmermann, 1978; Nieman et al., 1989; Nieman et al., 1995a). Σε μελέτη των Nieman et al. (2005), εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης με μέτρια ένταση (60% VO_2max) και σύντομη διάρκεια (30 λεπτά) στην κορτιζόλη. Δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την άσκηση αλλά και κατά το διάστημα της αποκατάστασης (1 ώρα μετά). Οι ερευνητές αναφέρουν ότι τόσο η ένταση αλλά κυρίως η διάρκεια ήταν καθοριστικής σημασίας παράγοντες στη διεξαγωγή των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων.

Σε μελέτη των Robson et al. (1999) στην οποία εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικοί συνδυασμοί έντασης και διάρκειας στους ίδιους δοκιμαζόμενους τα αποτελέσματα που

προέκυψαν σχετικά με την ανταπόκριση της κορτιζόλης παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ειδικότερα, εξετάστηκε σε 18 υγιείς άνδρες η επίδραση της άσκησης σε εργοποδήλατο με ένταση στο 55% της $\dot{V}O_2\max$ για περίπου 3 ώρες και σε διαφορετική συνεδρία εφαρμόστηκε πρωτόκολλο άσκησης στο 85% της $\dot{V}O_2\max$ μία περίπου ώρα. Στο πρωτόκολλο παρατεταμένης διάρκειας και μέτριας έντασης η αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν σημαντική αμέσως μετά το τέλος της άσκησης συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης και στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης και μικρότερης διάρκειας συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Ωστόσο, στο πρωτόκολλο μεγαλύτερης διάρκειας και μικρότερης έντασης η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με το πρωτόκολλο υψηλότερης έντασης και μικρότερης διάρκειας αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης και συγκεκριμένα μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν σχεδόν ίδια και για τα δύο πρωτόκολλα.

Οι Nieman et al. (1994) εξέτασαν την επίδραση της έντασης της άσκησης στη συγκέντρωση της κορτιζόλης εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης της ίδιας διάρκειας (45 min) στους ίδιους δοκιμαζόμενους. Το πρώτο ήταν υψηλής έντασης (80% $\dot{V}O_2\max$) και το δεύτερο μέτριας έντασης (50% $\dot{V}O_2\max$). Στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν σημαντικά υψηλότερη (46%) σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας. Αντίθετα, στο πρωτόκολλο μέτριας έντασης η αύξηση που παρατηρήθηκε στην κορτιζόλη (κατά 11% σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας) δεν ήταν σημαντική. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι τα αυξημένα επίπεδα κορτιζόλης στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης δικαιολογούν τη συμπεριφορά των ουδετερόφιλων που παρέμειναν αυξημένα κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης μέχρι και 3.5 ώρες μετά το τέλος της άσκησης.

Σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση (>2.5 ώρες) παρατηρείται σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στο πλάσμα. Σε μελέτη που εξετάστηκε η επίδραση ενός αγώνα μαραθωνίου παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση της αύξησης της κορτιζόλης με την αύξηση των λευκοκυττάρων και των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων μετά την άσκηση (Moorthy & Zimmermann, 1978). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Nieman et al. (1989) με σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της αύξησης της συγκέντρωσης της κορτιζόλης και της αύξησης του αριθμού των λευκοκυττάρων και των ουδετερόφιλων μετά από τρεις ώρες τρέξιμο σε εργοδιάδρομο.

Από τις παραπάνω μελέτες διαπιστώνουμε ότι η συγκέντρωση της κορτιζόλης στο πλάσμα αυξάνεται μετά την άσκηση και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης κυρίως σε πρωτόκολλα μεγάλης διάρκειας. Όταν η διάρκεια της άσκησης είναι μικρή και η ένταση μέτρια οι μεταβολές που σημειώνονται δεν είναι σημαντικές. Έχει παρατηρηθεί μάλιστα ότι μέτριας έντασης άσκηση (<50% VO_2max) μειώνει τη συγκέντρωση της κορτιζόλης στο πλάσμα συγκριτικά με την ηρεμία γιατί αυξάνεται ο ρυθμός αποβολής και είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό έκκρισης. Αντίθετα, σε εντάσεις μεγαλύτερες από 60% της VO_2max φαίνεται να σημειώνεται αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (Galbo, 1983). Η επίδραση της κορτιζόλης στην ανοσοποιητική λειτουργία μετά από μέτριας ή χαμηλής έντασης άσκηση είναι ελάχιστη. Ωστόσο, στην υψηλής έντασης άσκηση η κορτιζόλη αυξάνεται και επηρεάζει την ανοσοποιητική λειτουργία (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000).

Προπόνηση ομαδικών αθλημάτων και κορτιζόλη

Στη διεθνή βιβλιογραφία είναι λίγα τα δεδομένα που υπάρχουν σχετικά με την οξεία επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων στη συγκέντρωση της κορτιζόλης και γενικότερα στην ανοσοποιητική λειτουργία. Οι Bishop et al. (1999) εξέτασαν την επίδραση ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου προπόνησης ποδοσφαίρου σε 8 υγιείς άνδρες μέλη πανεπιστημιακής ποδοσφαιρικής ομάδας. Η προπόνηση αποτελούνταν από δύο περιόδους των 45 λεπτών με διάλειμμα 15 λεπτά, ενώ η καρδιακή συχνότητα κυμάνθηκε από 163 ± 5 b/min έως 170 ± 4 b/min στη διάρκεια των 90 λεπτών. Αιμοληψίες πραγματοποιήθηκαν πριν την άσκηση, στα 45 λεπτά, στο τέλος της άσκησης και στην αποκατάσταση (μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης). Η συγκέντρωση της κορτιζόλης παρουσίασε πτώση στα 45 λεπτά συγκριτικά με τις αρχικές τιμές ηρεμίας (339 ± 39 έναντι 506 ± 31 $\text{nmol}\cdot\text{l}^{-1}$), η οποία ήταν εντονότερη στο τέλος της άσκησης (280 ± 44 $\text{nmol}\cdot\text{l}^{-1}$), ενώ στην αποκατάσταση οι τιμές άρχισαν να αυξάνονται (310 ± 39 $\text{nmol}\cdot\text{l}^{-1}$). Οι ερευνητές αποδίδουν το γεγονός στη μέτρια ένταση του πρωτοκόλλου άσκησης που δεν ήταν ικανή να επιφέρει αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης αλλά και στις σημαντικές διακυμάνσεις που παρουσιάζει η κορτιζόλη σημειώνοντας υψηλότερες τιμές το πρωί. Οι τιμές ηρεμίας που αξιολογήθηκαν το πρωί μετά από ολονύκτια νηστεία ήταν επόμενο να παρουσιάζονται σχετικά αυξημένες. Το γεγονός ότι στη συγκεκριμένη μελέτη δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου για να συγκριθεί η συγκέντρωση κορτιζόλης τη συγκεκριμένη χρονική

στιγμή της ημέρας που τελειώσει το πρωτόκολλο άσκησης, δυσχεραίνει τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Οι Malm et al. (2004) εξέτασαν την επίδραση δύο συνεχόμενων αγώνων ποδοσφαίρου σε 10 υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές ηλικίας από 16-19 ετών. Οι δύο αγώνες είχαν 20 ώρες διαφορά μεταξύ τους. Αξιολογήθηκε η συγκέντρωση της κορτιζόλης πριν τον πρώτο αγώνα, αμέσως μετά το δεύτερο, 6, 24, 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα. Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στο πλάσμα μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας, ενώ στις 6 ώρες μετά σημειώθηκε πτώση και η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν παρόμοια με τα επίπεδα ηρεμίας. Ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτής της μελέτης είναι ότι δεν πραγματοποιήθηκε αιμοληψία μετά τον πρώτο αγώνα ή τουλάχιστον πριν το δεύτερο με αποτέλεσμα να μη μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του πρώτου αγώνα, την ενδεχόμενη ανάληψη και κατόπιν τη συνολική επίδραση του πρώτου και δεύτερου αγώνα μαζί. Επιπλέον, οι δύο αγώνες πραγματοποιήθηκαν διαφορετικές ώρες της ημέρας, στοιχείο που επηρεάζει τη διεξαγωγή συμπερασμάτων καθώς η κορτιζόλη παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στη συγκέντρωση της κορτιζόλης αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος. Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει επιτακτική η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα σχετικά με την επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων στην κορτιζόλη και τη συσχέτισή της με τις μεταβολές στις παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος.

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και κορτιζόλη

Δεν υπάρχουν μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της άσκησης στην κορτιζόλη κατά την αναπτυξιακή ηλικία και μάλιστα με σκοπό να διερευνηθεί η πιθανή συμμετοχή της στις μεταβολές των παραμέτρων του ανοσολογικού συστήματος. Ωστόσο, σε μελέτες στις οποίες εξετάζεται η οξεία επίδραση της άσκησης σε παραμέτρους της κυτταρικής και χυμικής ανοσίας κατά την αναπτυξιακή ηλικία τονίζεται η ανάγκη διερεύνησης της πιθανής συμβολής της κορτιζόλης στις μεταβολές που παρατηρούνται μετά την άσκηση. Σε μελέτη των Eliakim et al. (1997) εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα σε 7

αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών. Παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στον αριθμό των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση τόσο στις αθλήτριες όσο και στις μη αθλήτριες. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι οι μεταβολές αυτές ενδεχομένως να οφείλονται στην επίδραση στρεσογόνων ορμονών και συγκεκριμένα στην κορτιζόλη. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη μελέτη δεν εξετάστηκε η μεταβολή της συγκέντρωσης της κορτιζόλης και συνεπώς παραμένει μόνο ως υπόθεση ο παραπάνω ισχυρισμός.

Σε μελέτη των Daly et al. (1998) εξετάστηκε σε 16 αθλητές ενόργανης γυμναστικής ηλικίας 10.5 ετών η επίδραση της προπόνησης στη συγκέντρωση της κορτιζόλης σε τρεις διαφορετικές περιόδους του ετήσιου κύκλου προπόνησης. Παράλληλα τις ίδιες χρονικές στιγμές αξιολογήθηκαν και 17 μη αθλητές παρόμοιας ηλικίας. Η συγκέντρωση της κορτιζόλης δεν διέφερε μεταξύ των δύο ομάδων σε καμία χρονική στιγμή. Ωστόσο υψηλότερες τιμές κορτιζόλης παρατηρήθηκαν κατά την περίοδο που στόχος των αθλητών ήταν η ανάπτυξη της γενικής και ειδικής μυϊκής δύναμης. Το γεγονός ότι η ίδια τάση παρατηρήθηκε και στην ομάδα ελέγχου δυσχεραίνει τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με τη συνολική επιβάρυνση και το είδος άσκησης που εφαρμόστηκε. Οι ερευνητές εξηγούν ότι η μεγάλη διακύμανση που παρουσιάζει η κορτιζόλη κατά τις πρωινές ώρες αλλά και κατά τις διαφορετικές εποχές του χρόνου παρουσιάζοντας υψηλότερες τιμές την περίοδο του χειμώνα συνέπεσε με την περίοδο ανάπτυξης της δύναμης και προφανώς επηρέασε τα αποτελέσματα. Στη συγκεκριμένη μελέτη, θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν επιχειρήθηκε η εξέταση παραμέτρων του ανοσολογικού συστήματος παρά μόνο η ορμονική ανταπόκριση σε σχέση με την προπόνηση στις διαφορετικές φάσεις του ετήσιου κύκλου.

Σε μελέτη των Scheett et al. (1999) εξετάστηκε η οξεία επίδραση ενός αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 1.5 ώρας σε 17 παιδιά ηλικίας 8-11 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά το τέλος της άσκησης. Οι ερευνητές ωστόσο, αναφέρουν ότι βασικός περιορισμός της μελέτης τους αποτέλεσε το γεγονός της έλλειψης ομάδας ελέγχου διότι θα συνέβαλε στην εξάλειψη της ημερήσιας διακύμανσης που ενδεχομένως να επηρέασε τα αποτελέσματα.

Ενδιαφέρουσα είναι η μελέτη των Timmons et al. (2006b) στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης στη μεταβολή της συγκέντρωσης της κορτιζόλης σε είκοσι

αγόρια ηλικίας 12 ετών. Στη συγκεκριμένη μελέτη επιχειρήθηκε να ερευνηθεί η επίδραση της άσκησης και της βιολογικής ωρίμανσης στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά από μία ώρα άσκηση στο εργοποδήλατο με ένταση στο 70% της $\dot{V}O_{2max}$. Τα παιδιά χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες (T1, T2, T3-5) ανάλογα με το βαθμό βιολογικής ωρίμανσης σύμφωνα με τα στάδια του Tanner. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την έναρξη της άσκησης, αμέσως μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη συμπεριφορά της κορτιζόλης μεταξύ των διαφορετικών ομάδων σε καμία χρονική στιγμή. Και στις τρεις ομάδες η κορτιζόλη μειώθηκε σημαντικά αμέσως μετά την άσκηση και συνέχισε να μειώνεται και στη μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η κορτιζόλη δεν φαίνεται να διαφέρει ανάλογα με το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης του ατόμου τόσο στην ηρεμία όσο και μετά από την εφαρμογή του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου άσκησης.

Από τα παραπάνω δεδομένα φαίνεται ότι καθοριστικό ρόλο παίζει η διακύμανση που παρουσιάζει η κορτιζόλη κατά τη διάρκεια της ημέρας και κυρίως τις πρωινές ώρες που πραγματοποιούνται οι πρώτες αιμοληψίες στις περισσότερες μελέτες. Η έλλειψη ομάδας ελέγχου καθιστά δύσκολη τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση αυτής της ορμόνης. Επιπλέον κατά την αναπτυξιακή ηλικία από τα υπάρχοντα δεδομένα φαίνεται ότι η βιολογική ωρίμανση δεν επηρεάζει τη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την άσκηση.

Οξεία επίδραση της άσκησης στην ιντερλευκίνη 6 (IL-6)

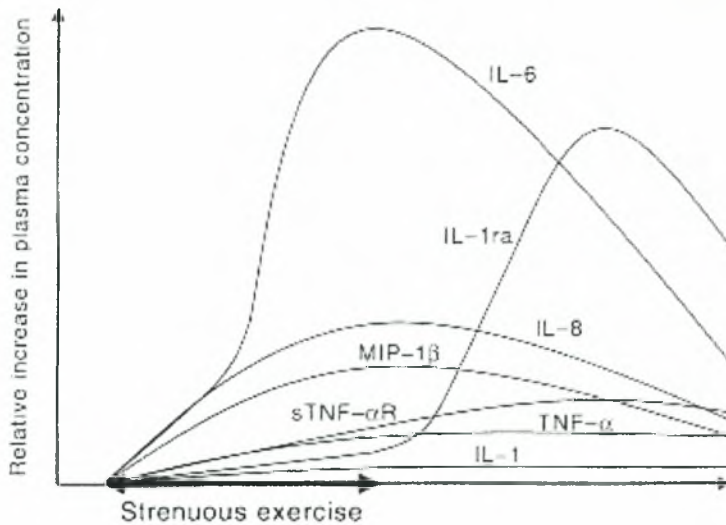
Η κυτταροκίνη που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες μεταβολές στη συγκέντρωσή της μετά από άσκηση είναι η ιντερλευκίνη 6 (Lancaster, 2006; Pedersen, 2000; Pedersen & Toft, 2000). Οι Northoff & Berg (1991) ήταν οι πρώτοι που υπέθεσαν ότι η IL-6 πιθανόν να μεταβάλλεται μετά από άσκηση. Παρατήρησαν αξιοσημείωτη αύξηση στα επίπεδα της IL-6 μετά από αγώνα μααραθωνίου. Μετέπειτα ακολούθησαν αρκετές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία τα αποτελέσματα των οποίων πιστοποιούν τη σημαντική αύξηση της IL-6 μετά από έντονη άσκηση (Castell et al., 1997; Hellsten et al., 1997; Nieman et al., 2001; Ostrowski et al., 1998; Ostrowski et al., 1999; Rohde et al., 1997; Suzuki et al., 2003).

Σε μελέτη των Ostrowski et al. (1998) μετά από τρέξιμο σε εργοδιάδρομο διάρκειας 2.5 ωρών, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της IL-6 αμέσως μετά το τέλος της άσκησης συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Ειδικότερα, ήδη από τα 30 πρώτα λεπτά

άσκησης η IL-6 παρουσίαζε σημαντική αύξηση ενώ οι υψηλότερες τιμές της σημειώθηκαν αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Σε άλλη μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών στην οποία δεν πραγματοποιήθηκε αιμοληψία κατά τη διάρκεια αλλά μόνο μετά το τέλος της άσκησης και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά την περίοδο της αποκατάστασης, τα υψηλότερα επίπεδα IL-6 παρατηρήθηκαν αμέσως μετά το τέλος της άσκησης (Ostrowski et al., 1999). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζουν σε μελέτη τους οι Nieman et al. (2001) μετά από αγώνα μαραθωνίου. Η συγκέντρωση της IL-6 στο πλάσμα αυξήθηκε δραματικά αμέσως μετά την άσκηση συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας (50.5 ± 5.0 έναντι 1.2 ± 0.16 pg/ml) και παρέμεινε αυξημένη και 1.5 ώρα μετά το τέλος του αγώνα (25.9 ± 3.7 pg/ml). Στις μελέτες κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν αιμοληψίες και στην αποκατάσταση οι υψηλότερες τιμές για την IL-6 σημειώνονται αμέσως μετά το τέλος της άσκησης, ενώ στην περίοδο αποκατάστασης υπάρχει σταδιακή μείωση (Pedersen, 2000).

Σε μέτριας έντασης και μικρότερης διάρκειας πρωτόκολλα άσκησης οι παρατηρούμενες μεταβολές στα επίπεδα της IL-6 δεν είναι τόσο έντονες. Μετά από μία ώρα άσκηση σε εργοποδήλατο στο 75% της VO_{2max} , η IL-6 παρουσίασε σημαντική αύξηση κατά 80% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Επιπλέον, δύο ώρες μετά το τέλος της άσκησης η συγκέντρωση της IL-6 επανήλθε στις τιμές ηρεμίας (Ullum et al., 1994). Αντιθέτως, μετά από μία ώρα άσκηση σε εργοποδήλατο με ένταση στο 60% της VO_{2max} δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στη συγκέντρωση IL-6 στο πλάσμα αμέσως μετά το τέλος της άσκησης αλλά και κατά την περίοδο της αποκατάστασης στις 3, 6 και στις 24 ώρες (Smith et al., 1992).

Συνεπώς, καθοριστικής σημασίας παράγοντας για τη συμπεριφορά της IL-6 είναι ο συνδυασμός της διάρκειας με την ένταση της άσκησης αν και απαιτούνται περισσότερες μελέτες και σε διαφορετικά είδη αθλητικών δραστηριοτήτων για να δοθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τη δράση της συγκεκριμένης κυτταροκίνης. Μάλιστα, η έλλειψη δεδομένων στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση της IL-6 είναι έντονη στα ομαδικά αθλήματα καθώς δεν έχουν διεξαχθεί μελέτες σχετικά με την οξεία επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση αυτής της κυτταροκίνης.



Σχήμα 2.3. Σχηματική παρουσίαση της ποσοστιαίας μεταβολής που προκαλείται μετά από έντονη άσκηση στη συγκέντρωση κυτταροκινών στο πλάσμα (Pedersen & Toft, 2000).

Άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία και ιντερλευκίνη 6 (IL-6)

Οι Timmons et al. (2004) εξέτασαν την επίδραση ενός αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος και στη συμπεριφορά της IL-6 σε εννέα αγόρια ηλικίας 9.8 ετών. Η διάρκεια της άσκησης ήταν 60 λεπτά σε εργοποδήλατο (με ενδιάμεσο διάλειμμα 5 λεπτά) και η ένταση κυμάνθηκε στο 70% της VO_2max . Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της IL-6 δε μεταβλήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας τόσο αμέσως μετά το τέλος της άσκησης (αυξήθηκε κατά 0.6 pg/ml) όσο και στη μία ώρα μετά. Επιπλέον, στη μελέτη αυτή συγκρίθηκε η επίδραση του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης σε 9 νεαρούς άνδρες (22.1 ετών). Μετά την άσκηση οι ενήλικες σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στη συγκέντρωση της IL-6 σε σχέση με την ηρεμία. Μάλιστα, μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης, η IL-6 συνέχισε να αυξάνεται παρουσιάζοντας τις υψηλότερες τιμές. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των παιδιών και των ενηλίκων εντοπίστηκαν σε όλες τις χρονικές στιγμές. Τα παιδιά είχαν υψηλότερη συγκέντρωση IL-6 στην ηρεμία σε σχέση με τους ενήλικες, ωστόσο, το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης δεν επέφερε την ανάλογη αύξηση, παρουσιάζοντας σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις τόσο αμέσως μετά την άσκηση όσο και κατά την περίοδο της αποκατάστασης συγκριτικά με τους ενήλικες. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι τα παιδιά

φαίνεται να είναι πιο ανθεκτικά στη φλεγμονώδη αντίδραση και συνεπώς στις καταβολικές διαδικασίες μετά από άσκηση σε σχέση με τους ενήλικες. Ωστόσο, ο τελευταίος ισχυρισμός δεν μπορεί να υποστηριχθεί από τα αποτελέσματα της μελέτης διότι δεν μετρήθηκαν δείκτες αναβολισμού-καταβολισμού (π.χ. μείωση των επιπέδων της IGF-I).

Σε μεταγενέστερη μελέτη των ίδιων ερευνητών (Timmons et al., 2006a) εξετάστηκε πιο επισταμένα η επίδραση της ηλικίας και του φύλου σε παιδιά και εφήβους. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης δηλαδή 60 λεπτά αερόβιας άσκησης στο εργοποδήλατο με ένταση 70% της VO_{2max} . Και σε αυτή τη μελέτη δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Τα άτομα χωρίστηκαν ως προς την ηλικία και το φύλο σε τέσσερις ομάδες: κορίτσια ηλικίας 12 ετών, κορίτσια ηλικίας 14 ετών, αγόρια ηλικίας 12 ετών και αγόρια ηλικίας 14 ετών. Σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της IL-6 παρατηρήθηκε στα κορίτσια ηλικίας 14 ετών αμέσως μετά την άσκηση και στην αποκατάσταση. Αντιθέτως, δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες μεταβολές μετά το τέλος της άσκησης και στην αποκατάσταση στα κορίτσια ηλικίας 12 ετών. Οι δύο ηλικιακές κατηγορίες αγοριών παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά στην IL-6, σημειώνοντας αύξηση μετά το τέλος της άσκησης η οποία συνεχίστηκε και στην αποκατάσταση. Διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στις αντίστοιχες ηλικιακές κατηγορίες εντοπίστηκαν μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στην ηλικία των 12 ετών ενώ στην ηλικία των 14 ετών αγόρια και κορίτσια παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά στην IL-6. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ηλικία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην αντίδραση του οργανισμού στη φλεγμονή τουλάχιστον για τα κορίτσια. Αναφέρουν μάλιστα ότι η συμπεριφορά της IL-6 σε συνδυασμό με την παρόμοια τάση των ουδετερόφιλων τα οποία αυξήθηκαν περισσότερο στα κορίτσια ηλικίας 14 έναντι των 12 ετών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα μικρότερης ηλικίας κορίτσια εκδηλώνουν μικρότερη αντίδραση στη φλεγμονή καθώς υφίστανται μικρότερο τραύμα στις συσταλτές πρωτεΐνες των σκελετικών μυών κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Ωστόσο, δεν αναφέρουν πιθανές ερμηνείες ή αίτια γιατί κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στα αγόρια της αντίστοιχης ηλικίας και που οφείλεται η παραπάνω διαφορά.

Σε μελέτη των Scheett et al. (1999) αντιθέτως παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση της IL-6 μετά από άσκηση διάρκειας 90 λεπτών σε 17 παιδιά ηλικίας 8 έως 11 ετών. Συγκεκριμένα εξετάστηκε η επίδραση μιας προπόνησης ποδοσφαίρου και δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης αλλά

μόνο από 9 από το σύνολο των 17 παιδιών. Μάλιστα, μετά το τέλος της άσκησης η συγκέντρωση της IL-6 αυξήθηκε κατά $125 \pm 35\%$ συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Ωστόσο, η ένταση της προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι η καρδιακή συχνότητα κυμάνθηκε στους 134 ± 4 b/min κατά τη διάρκεια της άσκησης αλλά η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας για κάθε παιδί γινόταν κάθε 15 λεπτά και προφανώς χωρίς τη χρήση καρδιοσυχνόμετρου.

Μεγαλύτερα ποσοστά αύξησης της συγκέντρωσης της IL-6 παρατήρησαν σε μελέτη τους οι Nemet et al. (2002) μετά από προπόνηση πάλης διάρκειας 90 λεπτών σε 11 αγόρια ηλικίας 14 έως 18.5 ετών. Η καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια της προπόνησης καταγράφηκε στο 20^ο, 50^ο και 80^ο λεπτό και ήταν 163 ± 3 , 160 ± 4 και 163 ± 3 b/min αντίστοιχα. Δείγματα αίματος και σε αυτή τη μελέτη λήφθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Οι ερευνητές αναφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης της IL-6 κατά $795 \pm 156\%$ αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Σημαντικά ποσοστά αύξησης παρατήρησαν και σε μεταγενέστερη μελέτη τους οι Nemet et al. (2003). Ειδικότερα εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης υδατοσφαίρισης διάρκειας 90 λεπτών σε δέκα κορίτσια ηλικίας 14 έως 16 ετών. Και σε αυτή τη μελέτη η ένταση της συγκεκριμένης προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη. Η καρδιακή συχνότητα μετρήθηκε για κάθε παιδί στο 30^ο και 60^ο λεπτό και κυμάνθηκε κατά μέσο όρο στους 161 ± 5 και στους 154 ± 6 b/min αντίστοιχα. Η συγκέντρωση της IL-6 αυξήθηκε σημαντικά μετά το τέλος της προπόνησης σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας (6.72 ± 1.23 έναντι 1.95 ± 0.45 pg/ml).

Από τις παραπάνω μελέτες φαίνεται ότι καθοριστικής σημασίας παράγοντας για τη συμπεριφορά της IL-6 είναι η ηλικία. Στις μελέτες που επιχειρήθηκε σύγκριση παιδιών και ενηλίκων και επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των ατόμων σε ηλικιακές κατηγορίες είναι ξεκάθαρο ότι τα παιδιά παρουσιάζουν χαμηλότερα επίπεδα IL-6 μετά την άσκηση. Η συμπεριφορά αυτή οφείλεται στη μικρότερη φλεγμονώδη αντίδραση που παρατηρείται στα παιδιά μετά την άσκηση σε σχέση με τους ενήλικες (Timmons et al., 2004). Ωστόσο, από τα υπάρχοντα δεδομένα δεν μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα σε σχέση με αθλήματα που συμμετέχουν παιδιά παιδικής και εφηβικής ηλικίας στα οποία τόσο η ένταση αλλά κυρίως η διάρκεια της προπόνησης κυμαίνονται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα, όπως για παράδειγμα στα αθλήματα γυμναστικής.

Οξεία επίδραση της άσκησης στην ιντερλευκίνη 2 (IL-2)

Η ιντερλευκίνη 2 (IL-2), όπως έχει ήδη αναφερθεί, υποκινεί πολλές κυτταρικές λειτουργίες του ανοσολογικού συστήματος. Διεγείρει τον πολλαπλασιασμό των T και B κυττάρων, την παραγωγή αντισωμάτων από τα πλασματοκύτταρα, την έκκριση άλλων κυτταροκινών, όπως της IFN- γ και της TNF- α και την κυτταροτοξική δραστηριότητα των NK κυττάρων (Mackinnon, 1999). Ωστόσο, παρά τις σημαντικές λειτουργίες που επιτελεί η IL-2 τόσο σε παράγοντες της κυτταρικής όσο και της χυμικής ανοσίας δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία στις οποίες να εξετάζεται η συμπεριφορά της σε σχέση με την άσκηση.

Σε μελέτη των Espersen et al. (1990) παρατηρήθηκε μείωση κατά 50% στη συγκέντρωση της IL-2 στο πλάσμα αμέσως μετά από αγώνα δρόμου 5 km. Οι τιμές επανήλθαν στα επίπεδα ηρεμίας δύο ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Επιπρόσθετα, 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης η συγκέντρωση της IL-2 αυξήθηκε κατά 50% σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας. Αλλά και σε μικρότερης διάρκειας άσκηση οι Lewicki et al. (1988) παρατήρησαν μείωση στα επίπεδα της IL-2. Ειδικότερα αμέσως μετά την εφαρμογή προοδευτικά αυξανόμενης μέχρι εξάντλησης δοκιμασία στο εργοποδήλατο διάρκειας 20 λεπτών σε 11 υψηλού επιπέδου ποδηλάτες, η παραγωγή της IL-2 *in vitro* μειώθηκε κατά 27%. Επιπλέον, δύο ώρες μετά η παραγωγή της IL-2 ήταν κατά 40% χαμηλότερη συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Οι ερευνητές απέδωσαν τη μείωση αυτή στην αντίστοιχη μείωση που παρατηρήθηκε στον αριθμό των CD4 κυττάρων και κατά συνέπεια στην πτώση του λόγου CD4/CD8. Μάλιστα η πτώση αυτή πιθανόν να υποδεικνύει τη μειωμένη ικανότητα των λεμφοκυττάρων να ανταποκριθούν στις ανοσολογικές απαιτήσεις μετά από έντονη άσκηση.

Αντιθέτως, οι Haahr et al. (1991) αναφέρουν ότι δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στην παραγωγή της IL-2 μετά από άσκηση στο εργοποδήλατο διάρκειας 60 λεπτών στο 75% της VO_{2max} . Παρομοίως οι Tvede et al. (1993) δεν παρατήρησαν σημαντικές μεταβολές στην παραγωγή της IL-2 μετά από άσκηση διάρκειας 60 λεπτών στο 50% της VO_{2max} . Ωστόσο, στην ίδια μελέτη παρατηρήθηκε πτώση της παραγωγής της IL-2 εφαρμόζοντας υψηλότερης έντασης πρωτόκολλο (75% της VO_{2max}) με την ίδια διάρκεια.

Σε εντονότερης μορφής άσκηση, μετά από αγώνα μαραθωνίου παρατηρήθηκε σημαντική πτώση της συγκέντρωσης της IL-2 (Suzuki et al., 2000). Ειδικότερα εξετάστηκε η επίδραση ενός μαραθωνίου αγώνα σε παραμέτρους της κυτταρικής και

χυμικής ανοσίας 16 αθλητών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν και αμέσως μετά το τέλος του αγώνα χωρίς να υπάρχει δυνατότητα παρακολούθησης κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Η συγκέντρωση της IL-2 στο πλάσμα μειώθηκε σημαντικά κατά 32% αμέσως μετά το τέλος του αγώνα. Οι ερευνητές συσχέτισαν τη μείωση της IL-2 με την αύξηση της συγκέντρωσης του μονοξειδίου του αζώτου (NO) που παρατηρήθηκε αμέσως μετά το τέλος του αγώνα καθώς έχει φανεί ότι η IL-2 έχει τη δυνατότητα να προκαλεί τη δράση της NO- συνθάσης (NOS) από τα φαγοκύτταρα (Yim et al., 1995). Η δέσμευση της IL-2 από τα φαγοκύτταρα πιθανόν να αποτέλεσε σύμφωνα με τους ερευνητές ένα επαγωγικό ερέθισμα για την παραγωγή NO.

Η έλλειψη δεδομένων στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση της IL-2 είναι εντονότερη στα ομαδικά αθλήματα. Η μοναδική μελέτη που εξέτασε τη συμπεριφορά της IL-2 σε 15 αθλητές ομαδικών αθλημάτων είναι των Bishop et al. (2005). Ειδικότερα εφάρμοσαν δύο πρωτόκολλα άσκησης 90 λεπτών με μέση ένταση 80% της VO_{2max} , σε δύο συνεχόμενες μέρες. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την άσκηση, αμέσως μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης τόσο την πρώτη όσο και τη δεύτερη μέρα. Η προπόνηση ήταν διαλειμματικής μορφής. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες μεταβολές στην IL-2 τόσο μετά το τέλος της άσκησης και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης την πρώτη μέρα όσο και τη δεύτερη. Παρόμοια και στην αναπτυξιακή ηλικία δεν έχουν διεξαχθεί μελέτες σχετικά με την οξεία επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση της IL-2.

Συμπερασματικά, οι ενδείξεις που υπάρχουν σχετικά με τη μείωση τη συγκέντρωσης της IL-2 μετά από έντονη άσκηση αναφέρονται κυρίως σε αθλήματα αντοχής και σε εργαστηριακά πρωτόκολλα υψηλής έντασης. Απαιτείται λοιπόν, περαιτέρω μελέτη και έρευνα σχετικά με την επίδραση της άσκησης στην IL-2 τόσο σε διαφορετικά είδη άσκησης όσο και κατά τη νευραλγική περίοδο της αναπτυξιακής ηλικίας.

Αυξητική ορμόνη (GH) και Ινσουλινοειδής παράγοντας ανάπτυξης I (IGF-I)

Η αυξητική ορμόνη (GH) ή σωματοτροπίνη εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης και είναι η κυριότερη ορμόνη που ρυθμίζει την ανάπτυξη μετά τη γέννηση. Η έκκριση της αυξητικής ορμόνης υπόκειται σε ορμονικό και νευρικό έλεγχο. Διεγείρεται από την ορμόνη έκκρισης αυξητικής ορμόνης (Growth Hormone Releasing Hormone, GHRH) και αναστέλλεται από τη σωματοστατίνη (Guyton & Hall, 1996). Και οι δύο είναι

πεπτιδικές ορμόνες του υποθαλάμου. Με την επίδραση των δύο αυτών ορμονών η αυξητική ορμόνη εμφανίζει κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου εκκριτικές αιχμές οι οποίες είναι συχνότερες και εντονότερες κατά τις πρώτες ώρες ύπνου κατά τις οποίες εκκρίνεται μεγάλο ποσοστό της ορμόνης που εκκρίνεται στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Η συγκέντρωση στο αίμα λοιπόν, εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις από 0.5-10 ng/ml. Υπολογίζεται δε ότι η ημερήσια παραγωγή της GH ανέρχεται σε 0.5 mg ορμόνης (Σταυρίδης, 1997).

Η κυριότερη δράση της GH είναι η έμμεση διέγερση της κυτταρικής διαίρεσης σε πολλούς ιστούς - στόχους της. Έτσι, η αυξητική ορμόνη προάγει την επιμήκυνση των οστών διεγείροντας την ωρίμανση και την κυτταρική διαίρεση των χονδροκυττάρων στους επιφυσσιακούς δίσκους. Με αυτό το μηχανισμό διευρύνεται συνεχώς ο συζευκτικός χόνδρος και παρέχεται υλικό για το σχηματισμό του οστού (Vander et al., 2001). Γενικότερα η αυξητική ορμόνη αποτελεί τον ισχυρότερο αναβολικό παράγοντα του οργανισμού. Αυξάνει την πρόσληψη αμινοξέων από τα κύτταρα και την πρωτεϊνοσύνθεση. Είναι απαραίτητη για τη σωματική ανάπτυξη, για την αύξηση των οστών, του ήπατος και των άλλων ιστών. Η αυξητική ορμόνη έχει επίσης επίδραση στο μεταβολισμό υδατανθράκων και λιπών. Ενεργοποιεί τη λιπόλυση στο λιπώδη ιστό αυξάνοντας τα λιπαρά οξέα στο αίμα (Nussey & Whitehead, 2001). Επιπλέον, η αυξητική ορμόνη θεωρείται ως η ισχυρότερη αναβολική ορμόνη τουλάχιστον στο γυναικείο οργανισμό ο οποίος δε διαθέτει επαρκείς ποσότητες τεστοστερόνης (Σταυρίδης, 1997).

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι η αυξητική ορμόνη διεγείρει την κυτταρική διαίρεση (μίτωση) όχι άμεσα αλλά έμμεσα με τη μεσολάβηση χημικών μηνυματοφόρων μορίων, των οποίων η σύνθεση και απελευθέρωση προκαλείται από την αυξητική ορμόνη. Το μιτογόνο αυτό μόριο ονομάζεται ινσουλινοειδής παράγοντας ανάπτυξης I (Insulin-like Growth Factor I, IGF-I), γνωστός επίσης και ως σωματομεδίνη C (Guyton & Hall, 1996; Nussey & Whitehead, 2001). Υπό την επίδραση της αυξητικής ορμόνης, ο IGF-I εκκρίνεται από το ήπαρ, εισέρχεται στο αίμα και δρα ως ορμόνη. Επιπλέον, η αυξητική ορμόνη διεγείρει την έκκριση του IGF-I από πολλούς άλλους τύπους κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων και των οστών, στις θέσεις όμως αυτές ο IGF-I δρα ως αυτοκρινής ή παρακρινής παράγοντας (Vander et al., 2001). Σημαντική είναι επίσης η έκκριση του IGF-I από το σκελετικό μυ όπου αυξάνει τη σύνθεση πρωτεϊνών (Rooyackers & Nair, 1997). Ενδιαφέρον στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι σε αντίθεση με την GH, η

συγκέντρωση του IGF-I κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι σχετικά σταθερή και δεν παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις (Eliakim, Nemet & Cooper, 2005). Ωστόσο, τόσο η GH όσο και ο IGF-I εξαρτώνται άμεσα από την ηλικία του ατόμου παρουσιάζοντας τον υψηλότερο ρυθμό έκκρισης στην εφηβεία (Mauras et al., 1987) ενδιάμεσα υψηλό ρυθμό στα παιδιά (Vander et al., 2001) και χαμηλότερο ρυθμό έκκρισης στους ενήλικες (Cogras et al., 1993; Vander et al., 2001).

Οξεία επίδραση της άσκησης κατά την αναπτυξιακή ηλικία στην αυξητική ορμόνη (GH) και στον ινσουλινοειδή παράγοντα ανάπτυξης I (IGF-I)

Η αερόβια άσκηση αυξάνει της συγκέντρωση της GH τόσο αξιόπιστα ώστε χρησιμοποιείται ως διαγνωστικό μέσο για την αξιολόγηση της επαρκούς έκκρισης GH (Bouix et al., 1994; Marin et al., 1994; Ghigo et al., 1996). Αλλά και σε πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις με μεγάλο αριθμό επαναλήψεων και μικρά διαλείμματα ανάληψης παρατηρείται επίσης αύξηση της έκκρισης της αυξητικής ορμόνης (Kraemer et al., 1990; Kraemer et al., 1991; Häkkinen & Pakarinen, 1995; Roemmich & Rogol, 1997; Smilios, Pilianidis, Karamouzis, & Tokmakidis, 2003). Καθώς η άσκηση επιδρά στη διέγερση της GH θα μπορούσε να υποτεθεί ότι η επίδραση αυτή μεγιστοποιείται κατά τη διάρκεια της εφηβείας διότι στην περίοδο αυτή η έκκριση της αυξητικής ορμόνης είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλη περίοδο. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των ορμονών του φύλου, ειδικότερα των οιστρογόνων παίζουν σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της επίδρασης της άσκησης στη GH κατά τη διάρκεια της εφηβείας (Bouix et al., 1994; Marin et al., 1994; Ghigo et al., 1996).

Παρομοίως θα μπορούσε να υποτεθεί για τον IGF-I ότι αυξάνεται μετά από άσκηση καθώς, όπως προαναφέρθηκε εκκρίνεται υπό την επίδραση της GH. Ωστόσο, η υπόθεση αυτή δεν ισχύει και σύμφωνα με αποτελέσματα μελετών τόσο μετά από αερόβια άσκηση (Jenkins, 1999) όσο και μετά από άσκηση με αντιστάσεις (Deschenes & Kraemer, 2002) η συμπεριφορά του IGF-I δεν είναι σταθερή. Η συμπεριφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι ο IGF-I μπορεί να παράγεται τοπικά στο σημείο των ενεργών ιστών, όπως είναι οι σκελετικοί μύες κατά τη διάρκεια της άσκησης, δρώντας κυρίως ως αυτοκρινής ή παρακρινής παράγοντας και όχι τόσο μέσω των ενδοκρινικών μηχανισμών παραγωγής και δράσης (DeVol et al., 1990; Yan et al., 1993; Carpon et al., 1994).

Ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στη

GH και στον IGF-I έχουν διεξαχθεί κυρίως με ενήλικες ενώ απαιτείται περισσότερη έρευνα σε παιδιά και εφήβους (Roemmich, 2005). Σε μελέτη των Scheett et al. (1999) εξετάστηκε η οξεία επίδραση ενός αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών σε 17 παιδιά ηλικίας 8-11 ετών. Δείγματα αίματος, ωστόσο λήφθηκαν μόνο από τα 9 από το σύνολο των 17 παιδιών πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Αμέσως μετά το τέλος της άσκησης παρατηρήθηκε μικρή αλλά σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του IGF-I κατά 6.4% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Οι ερευνητές απέδωσαν τη μείωση αυτή στην αύξηση που παρατηρήθηκε στην IL-6 υποστηρίζοντας ότι το συγκεκριμένο είδος άσκησης που είναι αρκετά συνηθισμένο και δημοφιλές στην καθημερινότητα των παιδιών φαίνεται να προκαλεί καταβολικές διαδικασίες.

Σε μεταγενέστερη μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Nemet et al., 2002) εξετάστηκε η επίδραση της προπόνησης πάλης σε 11 αγόρια ηλικίας 14 έως 18.5 ετών. Η διάρκεια της προπόνησης ήταν 90 λεπτά και η καρδιακή συχνότητα μετρήθηκε στο 20^ο, 50^ο και 80^ο λεπτό της άσκησης και ήταν 163 ± 3 , 160 ± 4 και 163 ± 3 παλμοί/λεπτό αντίστοιχα. Δείγματα αίματος και σε αυτή τη μελέτη λήφθηκαν πριν και μετά το τέλος της προπόνησης. Η GH παρουσίασε μικρή αύξηση μετά το τέλος της προπόνησης χωρίς ωστόσο να είναι σημαντική. Αντίθετα, ο IGF-I παρουσίασε σημαντική πτώση αμέσως μετά την άσκηση. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι άμεσες μεταβολές που παρατηρούνται στον IGF-I μετά την άσκηση δεν εξαρτώνται από την τυπική αύξηση που παρουσιάζει η GH μετά την άσκηση παρά το γεγονός ότι η GH διεγείρει την παραγωγή του IGF-I στους ιστούς, στοιχείο που υποστηρίζεται και σε προηγούμενες μελέτες (Carron et al., 1994). Επιπλέον, η μείωση του IGF-I σε συνδυασμό με τη σημαντική αύξηση των φλεγμονωδών κυτταροκινών και κυρίως της IL-6, ενισχύει την εικόνα μιας καταβολικής κατάστασης σύμφωνα με τους ερευνητές.

Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και μετά από προπόνηση υδατοσφαίρισης σε 10 κορίτσια ηλικίας 14 έως 16 ετών (Nemet et al., 2003). Η GH παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη αμέσως μετά το τέλος της άσκησης όπως και στις προηγούμενες μελέτες, αλλά δεν παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του IGF-I. Αύξηση παρατηρήθηκε ωστόσο και σε αυτή τη μελέτη στην IL-6. Το ενδιαφέρον στοιχείο στη συγκεκριμένη μελέτη είναι ότι εξετάστηκαν και παράγοντες του ανοσοποιητικού συστήματος και παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των λευκοκυττάρων συνδέοντας τις μεταβολές αυτές με την αντίστοιχη αύξηση των κυτταροκινών. Οι

ερευνητές αναφέρουν ότι οι παρατηρούμενες μεταβολές στις παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος, στις κυτταροκίνες και σε αυξητικούς παράγοντες όπως η GH και ο IGF-I μετά το συγκεκριμένο είδος δραστηριότητας θα πρέπει να εξεταστούν πιο επισταμένα προκειμένου να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την επίδρασή τους στη διαδικασία ανάπτυξης των εφήβων.

Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Από τη μελέτη της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι ο συνολικός αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αυξάνεται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Το μέγεθος της αύξησης αυτής εξαρτάται άμεσα από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης. Μετά το τέλος της προπόνησης, ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων μπορεί να παραμένει αυξημένος για αρκετές ώρες. Ο ρυθμός αποκατάστασης φαίνεται να εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τα χαρακτηριστικά της άσκησης. Σε παρατεταμένης διάρκειας και υψηλής έντασης άσκηση απαιτούνται αρκετές ώρες για να επανέλθουν τα λευκοκύτταρα στις αρχικές τιμές ηρεμίας ενώ σε μέτριας έντασης και διάρκειας δραστηριότητες το φαινόμενο της λευκοκυττάρωσης δεν είναι τόσο έντονο και ο χρόνος αποκατάστασης που απαιτείται είναι μικρότερος (Πίνακας 2.2.). Αναφορικά με τα ομαδικά αθλήματα προκύπτει επιτακτική η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα σχετικά με την επίδραση της προπόνησης στο ανοσολογικό σύστημα των αθλητών και αθλητριών. Από τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα φαίνεται ότι τουλάχιστον στο άθλημα του ποδοσφαίρου προκαλείται αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της προπόνησης ενώ για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες σχετικά με την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος μετά από μια προπονητική μονάδα.

Παρόμοια και κατά την περίοδο της αναπτυξιακής ηλικίας η άσκηση επιφέρει σημαντική αύξηση στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων. Παράγοντες όπως η ηλικία, ο βαθμός βιολογικής ωρίμανσης, το είδος της δραστηριότητας και η συνολική επιβάρυνση (ένταση και διάρκεια πρωτοκόλλου άσκησης) φαίνεται από τις υπάρχουσες μελέτες ότι επηρεάζουν ως ένα βαθμό το μέγεθος της αύξησης και τη διάρκεια αποκατάστασης των λευκών αιμοσφαιρίων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω μελέτη και κυρίως σε άλλες αθλητικές δραστηριότητες των παιδιών και όχι μόνο σε εργαστηριακές συνθήκες.

(συνέχεια Πίνακας 2.2)

Άσκηση & οξεία ανταπόκριση των λευκοκυττάρων (Αριθμός WBC)

Συγγραφείς	Άσκηση <45 min	Κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά	Αποκατάσταση
Nieman et al. (1994) Iversen et al. (1994) Fairbairn et al. (1993)	Μέτρια ένταση	↑ 0 - 40%	-
Deuster et al. (1988) Lewicki et al. (1987) Ndon et al. (1992)	Υψηλή ένταση	↑ 0 - 50%	↑ 50 - 100% 2 h post
Fry et al. (1992b) Gray et al. (1993) Nieman et al. (1995b)	Έντονη διαλειμματική	↑ 65 - 80%	↑ 75 % 2 -6 h post
Shinkai et al. (1992) Tvende et al. (1993)	Μέτρια ένταση 1- 3 h	↑ 25 - 50%	↑ 25 - 65 % 2 h post
Nieman et al. (1995c) Shek et al. (1995) Tvende et al. (1989)	Υψηλή ένταση	↑ 200 - 300%	↑ 200 - 300% 2 -6 h post
Gabriel et al. (1994)	> 3 h	↑ 300%	↑ 300%, 3 h post

Άσκηση και Ουδετερόφιλα

Συγγραφείς	Δείγμα	Κύρια αποτελέσματα (τιμές ηρεμίας)
Hack et al. (1994)	A(M): 7 elite δρομείς C(M): 10	↔ στατιστικά σημαντική διαφορά σε χαμηλής έντασης προπονητική περίοδο ↓ A < C σε υψηλής έντασης προπονητική περίοδο
Pyne (1994)	A(M&F): 12 elite κολυμβητές C(M&F): 11	↓ 50% A < C πριν και μετά από υψηλής έντασης προπονητική περίοδο
Hack et al. (1992)	A(M): 20 elite μαραθωνοδρόμου/τριαθλητές C(M): 10	↔ στατιστικά σημαντική διαφορά σε χαμηλής έντασης προπονητική περίοδο
Smith et al. (1990)	A(M): 11 elite ποδηλάτες C(M): 10	↓ 50% A < C

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακας 2.2)

Άσκηση & οξεία ανταπόκριση στα μονοκύτταρα

Συγγραφείς	Άσκηση	Κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά	Αποκατάσταση
Iversen et al. (1994) Foster et al. (1986)	<45 min Μέτρια ένταση	Καμία μεταβολή	-
Espersen et al. (1990) Nielsen et al. (1996)	Υψηλή ένταση	↑ 0 – 20 %	↑ 0 – 50 % 2 h post
Fry et al. (1992b) Gray et al. (1993) Nieman et al. (1995b)	Έντονη διαλειμματική	↑ 40 - 50 %	15 - 60 % 2 – 6 h post
Shinkai et al. (1992) Tvende et al. (1993)	1- 3 h Μέτρια ένταση	Καμία μεταβολή	Καμία μεταβολή
Nieman et al. (1995c) Shek et al. (1995) Tvende et al. (1993)	Υψηλή ένταση	↑ 50 - 100%	↓ 50 - 100% 2 - 3h post
Gabriel et al. (1994)	> 3 h	↑ 250 %	↑ 250 %, 3 h post

Άσκηση & οξεία ανταπόκριση των λεμφοκυττάρων

Συγγραφείς	Άσκηση	Κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά	Αποκατάσταση
Fairbarn et al. (1993) Foster et al. (1986) Nehlsen-Cannarella et al. (1991)	<45 min Μέτρια ένταση	↑ 50-100%	Φυσιολογικές τιμές
Deuster et al. (1988) Ndon et al. (1992) Nielsen et al. (1996) Nieman et al. (1992)	Υψηλή ένταση	↑ 100 - 200%	↓ 40 % 1-2 h post, φ.τ. 6 h post
Fry et al. (1992b) Gray et al. (1993) Nieman et al. (1995b)	Έντονη διαλειμματική	↑ 100 %	40 % 2 h post, φ.τ. 6 h post
Shinkai et al. (1992) Tvende et al. (1993)	1- 3 h Μέτρια ένταση	↑ 0-25 %	↑ 25 – 40 % 1-2 h post
Nieman et al. (1995c) Shek et al. (1995) Tvende et al. (1993)	Υψηλή ένταση	↑ 30 - 100%	↓ 15 - 40% 1 -6 h post
Gabriel et al. (1994)	> 3 h	↑ 50 %	↑ 40 %, 2 h post

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακας 2.2)

Επίδραση της άσκησης στις Κυτταροκίνες

Συγγραφείς	Κυτταροκίνη	Μέτρηση	Συμπεριφορά
Evans et al. (1986)	IL-1	Πλάσμα	↑ από τις τιμές ηρεμίας σε αθλητές αντοχής
Sprenger et al. (1992)			↔ διαφορά στην ηρεμία σε αθλητές αντοχής
Smith et al. (1992)			
Cannon et al. (1986)	IL-1	Πλάσμα	↑ μετά από μέτριας έντασης άσκηση
Evans et al. (1986)			
Cannon et al. (1991)	IL-1	Πλάσμα	↔ μεταβολή μετά από μέτριας έντασης άσκηση
Drenth et al. (1995)			
Smith et al. (1992)			
Sprenger et al. (1992)			
Ullum et al. (1994)			
Mackinnon et al. (1988)	IL-2	Πλάσμα	↔ μεταβολή μετά από άσκηση
Nosaka & Clarkson (1996)			
Sprenger et al. (1992)			
Dufaux & Order (1989)	IL-2	Πλάσμα	↑ στο πλάσμα μετά από άσκηση αντοχής
Shek et al. (1995)			
Sprenger et al. (1992)			
Baj et al. (1994)	IL-2	Πλάσμα	↓ 20-80% από τις τιμές ηρεμίας μετά από άσκηση
Lewicki et al. (1988)			
Haahr et al. (1991)			
Tvede et al. (1993)			
Sprenger et al. (1992)	IL-6	Πλάσμα	↑ τιμές ηρεμίας σε αθλητές αντοχής
Smith et al. (1992)			↔ μεταβολή μετά από μέτριας έντασης άσκηση
Drenth et al. (1995)			↑ 3 φορές μετά από προπόνηση αντοχής
Sprenger et al. (1992)			
Ullum et al. (1994)			

Αναφορικά με τους επιμέρους υποπληθυσμούς, τα ουδετερόφιλα παρουσιάζουν αύξηση μετά το τέλος της άσκησης. Καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της αύξηση αυτής φαίνεται να διαδραματίζει πρωτίστως η διάρκεια της δραστηριότητας. Ενώ ο ρυθμός αποκατάστασης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το συνδυασμό της διάρκειας με την ένταση της άσκησης. Σε παρατεταμένης διάρκειας και υψηλής έντασης άσκηση απαιτούνται αρκετές ώρες για να επανέλθουν τα ουδετερόφιλα στις αρχικές τιμές ηρεμίας ενώ σε μέτριας έντασης και διάρκειας δραστηριότητες το φαινόμενο της ουδετεροφιλίας δεν είναι τόσο έντονο και ο χρόνος αποκατάστασης που απαιτείται είναι μικρότερος. Από τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα φαίνεται ότι τουλάχιστον στο άθλημα του ποδοσφαίρου προκαλείται αύξηση των ουδετερόφιλων κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της προπόνησης. Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης απαιτείται η διεξαγωγή περισσότερων ερευνών που να στοχεύουν στη διερεύνηση του συγκεκριμένου θέματος.

Κατά την αναπτυξιακή ηλικία σε όλες τις μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας φαίνεται ότι ο υποπληθυσμός των ουδετερόφιλων αυξάνεται σημαντικά μετά την άσκηση, είτε πρόκειται για άσκηση αναερόβιας μορφής όπως ένα Wingate test με μέγιστη ένταση και μικρή διάρκεια, είτε πρόκειται για αερόβια άσκηση με μέτρια ένταση και μεγαλύτερη διάρκεια. Ωστόσο, από τις παραπάνω μελέτες διαφαίνεται ότι η αύξηση των ουδετερόφιλων που παρατηρείται στα παιδιά μετά την άσκηση είναι ανάλογη με το μέγεθος της ηλικίας.

Ο αριθμός των λεμφοκυττάρων εξαρτάται πρωτίστως από την ένταση της άσκησης και δευτερευόντως από τη διάρκεια αυτής, δηλαδή το αντίθετο από ότι ισχύει για τον υποπληθυσμό των ουδετερόφιλων. Σε υψηλής έντασης δραστηριότητες ο αριθμός των λεμφοκυττάρων παρουσιάζει αύξηση στο τέλος της άσκησης σε σχέση με την ηρεμία, ενώ από τα πρώτα στάδια της αποκατάστασης σημειώνεται πτώση συνήθως χαμηλότερα από τα επίπεδα της ηρεμίας. Αντίθετα σε μέτριας έντασης δραστηριότητες δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και κατά την περίοδο αποκατάστασης. Από τις υπάρχουσες μελέτες σε ομαδικά αθλήματα προκύπτει ότι η συμπεριφορά των λεμφοκυττάρων μετά την άσκηση δεν είναι απόλυτα αποσαφηνισμένη. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια της άσκησης ο αριθμός των λεμφοκυττάρων αυξάνεται και στην αποκατάσταση σημειώνεται πτώση. Το μέγεθος των μεταβολών αυτών προφανώς επηρεάζεται από την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης. Περισσότερες μελέτες σε μεγαλύτερο δείγμα αθλητών θα συμβάλλουν στη διεξαγωγή

ασφαλέστερων συμπερασμάτων. Από τις υπάρχουσες μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε παιδιά και εφήβους φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια της άσκησης ο αριθμός των λεμφοκυττάρων στην κυκλοφορία αυξάνεται. Ωστόσο, στις μελέτες κατά τις οποίες οι αιμοληψίες συνεχίζονται και στην αποκατάσταση, ο αριθμός των λεμφοκυττάρων μειώνεται και επιστρέφει στις αρχικές τιμές ηρεμίας κάποιες ώρες αργότερα. Από τα υπάρχοντα δεδομένα η αποκατάσταση στα επίπεδα των λεμφοκυττάρων δείχνει να επιτυγχάνεται στις 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες μελέτες στην αναπτυξιακή ηλικία για να προσδιοριστεί το ακριβές χρονικό διάστημα που απαιτείται για την επιστροφή στα επίπεδα ηρεμίας.

Στα μονοκύτταρα φαίνεται ότι πρωταγωνιστικό ρόλο κατέχει η διάρκεια της άσκησης. Σε όλες τις μελέτες των οποίων η διάρκεια ήταν τουλάχιστον μία ώρα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των μονοκυττάρων μετά το τέλος της άσκησης. Στις περισσότερες μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην αναπτυξιακή ηλικία ο αριθμός των μονοκυττάρων στην κυκλοφορία αυξάνεται αμέσως μετά την άσκηση, ωστόσο, υπάρχουν και μελέτες στις οποίες δε μεταβλήθηκε σημαντικά. Ενδιαφέρον, στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι η αύξηση των μονοκυττάρων είναι μεγαλύτερη στους αθλητές σε σχέση με τους μη αθλητές αναπτυξιακής ηλικίας μετά την άσκηση. Και εδώ ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα για να μπορούν να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Η συγκέντρωση της κορτιζόλης στο πλάσμα αυξάνεται μετά την άσκηση και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης κυρίως σε πρωτόκολλα μεγάλης διάρκειας. Όταν η διάρκεια της άσκησης είναι μικρή και η ένταση μέτρια οι μεταβολές που σημειώνονται δεν είναι σημαντικές. Επιπλέον, η επίδραση της κορτιζόλης στην ανοσοποιητική λειτουργία μετά από μέτριας ή χαμηλής έντασης άσκηση είναι ελάχιστη. Ωστόσο, στην υψηλής έντασης άσκηση η κορτιζόλη αυξάνεται και επηρεάζει την ανοσοποιητική λειτουργία (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000). Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στη συγκέντρωση της κορτιζόλης αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος. Προκύπτει λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα σχετικά με την επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων στην κορτιζόλη και τη συσχέτισή της με τις μεταβολές στις παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος. Επιπλέον κατά την αναπτυξιακή ηλικία από τα υπάρχοντα δεδομένα φαίνεται ότι καθοριστικό ρόλο παίζει η

διακύμανση που παρουσιάζει η κορτιζόλη κατά τη διάρκεια της ημέρας και κυρίως τις πρωινές ώρες που πραγματοποιούνται οι πρώτες αιμοληψίες στις περισσότερες μελέτες. Η έλλειψη ομάδας ελέγχου που παρατηρείται στις περισσότερες μελέτες καθιστά δύσκολη τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση αυτής της ορμόνης.

Σχετικά με την οξεία επίδραση της άσκησης στην IL-6, καθοριστικής σημασίας παράγοντας αποτελεί ο συνδυασμός της διάρκειας με την ένταση της άσκησης αν και απαιτούνται περισσότερες μελέτες και σε διαφορετικά είδη αθλητικών δραστηριοτήτων για να δοθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τη δράση της συγκεκριμένης κυτταροκίνης. Μάλιστα, ο παράγοντας ηλικία φαίνεται να επιδρά καθοριστικά στη συγκέντρωσή της μετά από άσκηση. Στις μελέτες που επιχειρήθηκε σύγκριση παιδιών και ενηλίκων και επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των ατόμων σε ηλικιακές κατηγορίες είναι ξεκάθαρο ότι τα παιδιά παρουσιάζουν χαμηλότερα επίπεδα IL-6 μετά την άσκηση. Η συμπεριφορά αυτή οφείλεται στη μικρότερη φλεγμονώδη αντίδραση που παρατηρείται στα παιδιά μετά την άσκηση σε σχέση με τους ενήλικες. Ωστόσο, από τα υπάρχοντα δεδομένα δεν μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα σε σχέση με αθλήματα που συμμετέχουν παιδιά παιδικής και εφηβικής ηλικίας στα οποία τόσο η ένταση αλλά κυρίως η διάρκεια της προπόνησης κυμαίνονται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα, όπως για παράδειγμα στα αθλήματα γυμναστικής.

Τέλος, οι ενδείξεις που υπάρχουν σχετικά με τη συγκέντρωση της IL-2 μετά από άσκηση αναφέρονται κυρίως σε αθλήματα αντοχής και σε εργαστηριακά πρωτόκολλα υψηλής έντασης. Απαιτείται λοιπόν, περαιτέρω μελέτη και έρευνα σχετικά με την επίδραση της άσκησης στην IL-2 τόσο σε διαφορετικά είδη άσκησης όσο και κατά τη νευραλγική περίοδο της αναπτυξιακής ηλικίας.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η μεθοδολογία του ερευνητικού έργου, αναφέρονται τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του δείγματος και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία της παρούσας μελέτης.

Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά τριάντα επτά ($n=37$) υψηλού επιπέδου αθλήτριες και είκοσι ($n=20$) μη αθλήτριες (ομάδα ελέγχου), οι οποίες δε συμμετείχαν συστηματικά σε κάποια αθλητική δραστηριότητα. Οι αθλήτριες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με το άθλημα στο οποίο συμμετείχαν: Εθνική ομάδα ποδοσφαίρου γυναικών ($n=10$), Εθνική ομάδα καλαθοσφαίρισης γυναικών ($n=15$) και ομάδα ρυθμικής γυμναστικής ($n=12$), αποτελούμενη από μέλη αθλητικού σωματίου που ταυτόχρονα ανήκαν στο κλιμάκιο της Εθνικής ομάδας, με συμμετοχή σε Πανελλήνιους και Διασυλλογικούς αγώνες. Οι μη αθλήτριες (ομάδα ελέγχου) χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με την ηλικία τους: ομάδα ελέγχου-ενήλικες γυναίκες ($n=8$) και ομάδα ελέγχου-κορίτσια αναπτυξιακής ηλικίας ($n=12$). Για την επιλογή των ατόμων της ομάδας ελέγχου-αναπτυξιακής ηλικίας τα κριτήρια ήταν η ηλικία, η βιολογική ωρίμανση, το σωματικό βάρος και το ύψος έτσι ώστε να προσιδιάζουν όσο το δυνατόν περισσότερο με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής. Τα χαρακτηριστικά των αθλητριών και των μη αθλητριών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1. και στον Πίνακα 3.2.

Όλες οι συμμετέχουσες δεν παρουσίαζαν προβλήματα τραυματισμών, ούτε συμπτώματα ίωσης και δε λάμβαναν καμία φαρμακευτική αγωγή κατά τη διάρκεια του τελευταίου μήνα. Οι μετρήσεις για την Εθνική ομάδα ποδοσφαίρου γυναικών, την Εθνική ομάδα καλαθοσφαίρισης γυναικών και την ομάδα ελέγχου (ενήλικες) πραγματοποιήθηκαν ακριβώς πριν την έναρξη της περιόδου προετοιμασίας για τη συμμετοχή των ομάδων στους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας. Ενώ οι μετρήσεις για την ομάδα ρυθμικής γυμναστικής και την ομάδα ελέγχου-αναπτυξιακής ηλικίας πραγματοποιήθηκαν αμέσως μετά το τέλος της αγωνιστικής περιόδου των αθλητριών.

Πίνακας 3.1. Χαρακτηριστικά (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου, καλαθοσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου

Μεταβλητή	Ποδόσφαιρο (n=10)	Καλαθοσφαίριση (n=15)	Ελέγχου (n=8)
Ηλικία (έτη)	23.8 ± 1.11	27.53 ± 0.88	25.33 ± 1.07
Προπονητική ηλικία (έτη)	12.4 ± 1.96	15.13 ± 0.73	-
Βάρος (kg)	59.9 ± 2.28	70.42 ± 1.8	59.18 ± 2.04
Ύψος (cm)	166.2 ± 2.12	178.14 ± 1.82	170.21 ± 1.89
Σωματικό Λίπος (%)	13.2 ± 0.32	12.36 ± 0.85	16.06 ± 1.05
Μάζα λίπους (kg)	7.9 ± 0.38	8.80 ± 0.73	9.51 ± 0.66
Άλιπη μάζα (kg)	52.0 ± 1.96	61.62 ± 1.46	49.68 ± 0.76
VO ₂ max (ml/kg/min)	55.8 ± 1.30	-	42.6 ± 1.49
HRmax (bpm)	195 ± 1.90	192.47	193 ± 1.69

Πίνακας 3.2. Χαρακτηριστικά (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής και της ομάδας ελέγχου

Μεταβλητή	Ρυθμική Γυμναστική (n=12)	Ελέγχου (n=12)
Ηλικία (έτη)	10.85 ± 0.57	10.79 ± 0.37
Προπονητική ηλικία	5 ± 0.46	-
Βάρος (kg)	29.36 ± 1.37	34.13 ± 1.75
Ύψος (cm)	139.93 ± 3.33	142.54 ± 2.92
Σωματικό Λίπος (%)	13.50 ± 0.28	14.61 ± 1.05
Μάζα λίπους (kg)	3.96 ± 0.20	4.99 ± 0.33
Άλιπη μάζα (kg)	25.40 ± 1.18	29.14 ± 1.47
VO ₂ max (ml/kg/min)	56.16 ± 0.97	50.55 ± 0.52
HRmax (bpm)	208 ± 2.31	210 ± 1.76

Σχεδιασμός της έρευνας

Για τη συλλογή των δεδομένων της παρούσας μελέτης συνολικά πραγματοποιήθηκαν τρεις συναντήσεις με κάθε πειραματική ομάδα:

- Στην πρώτη συνάντηση ενημερώθηκαν αναλυτικά για το σκοπό διεξαγωγής της έρευνας και τη διαδικασία των μετρήσεων. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε έγγραφη συγκατάθεση για τη συμμετοχή τους στις διαδικασίες των μετρήσεων καθώς και το ατομικό ιατρικό ιστορικό τους (βλ. Παράρτημα Α). Στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής και στην ομάδα ελέγχου αναπτυξιακής ηλικίας υπήρξε ενημέρωση σχετικά με τη διαδικασία των μετρήσεων παρουσία των γονιών τους. Οι αθλήτριες και οι μη αθλήτριες συμφώνησαν προφορικά για τη συμμετοχή τους ενώ το έντυπο συγκατάθεσης συμμετοχής υπογράφηκε από τους γονείς/ κηδεμόνες τους.
- Στη δεύτερη συνάντηση πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και επιπρόσθετα αξιολογήθηκε η βιολογική ωρίμανση της ομάδας ρυθμικής γυμναστικής και της ομάδας ελέγχου αναπτυξιακής ηλικίας.
- Στην τρίτη συνάντηση (τέσσερις μέρες μετά την προηγούμενη συνάντηση) οι αθλήτριες προσήλθαν στο χώρο προπόνησής τους και πραγματοποίησαν μια τυπική προπονητική μονάδα του αθλήματός τους. Στις ομάδες ποδοσφαίρου, καλαθοσφαίρισης και ελέγχου ενήλικων γυναικών πραγματοποιήθηκε αιμοληψία πριν την προπόνηση (pre) μεταξύ 8:00 και 8:30 π.μ., αμέσως μετά την προπόνηση (post) στις 12:30 μ.μ. και τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης (4h) στις 16:30 μ.μ. με σκοπό να αξιολογηθεί η οξεία επίδραση της προπόνησης σε παραμέτρους της κυτταρικής και χυμικής ανοσίας. Τις ίδιες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της ημέρας πραγματοποιήθηκαν και οι αιμοληψίες των ατόμων της ομάδας ελέγχου ενήλικων γυναικών, χωρίς να συμμετάσχουν σε καμία αθλητική δραστηριότητα ή εργασία ικανή να επιφέρει σωματική ή πνευματική κόπωση, με σκοπό να ελεγχθεί η ενδεχόμενη ημερήσια διακύμανση των υπό εξέταση μεταβλητών. Στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής η αιμοληψία πραγματοποιήθηκε πριν την προπόνηση (pre) μεταξύ 8:00 και 8:30 π.μ., αμέσως μετά την προπόνηση (post) στις 15:00 μ.μ. και είκοσι τέσσερις ώρες μετά (24h) στις 8:00 π.μ. την επόμενη μέρα. Τις ίδιες χρονικές στιγμές πραγματοποιήθηκαν και οι αιμοληψίες των ατόμων της ομάδας ελέγχου

κοριτσιών αναπτυξιακής ηλικίας, χωρίς να συμμετάσχουν σε καμία αθλητική δραστηριότητα, με σκοπό να ελεγχθεί η ενδεχόμενη ημερήσια διακύμανση των υπό εξέταση μεταβλητών.

Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών

Αξιολογήθηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και η σύσταση σώματος των αθλητριών και των μη αθλητριών. Η σωματική μάζα μετρήθηκε στον ηλεκτρονικό ζυγό Seca alpha 770 (Vogel & Halke Hamburg, Germany), με ακρίβεια μέτρησης 0.1 kg και το ύψος σε αναστημόμετρο τύπου Seca bodymeter 208 (Vogel & Halke Hamburg, Germany) με ακρίβεια μέτρησης 1 mm. Για τη μέτρηση των δερματοπτυχών χρησιμοποιήθηκε το δερματοπτυχόμετρο Harpenden Skinfold Caliper (HSK-BI; British Indicators, England), με ακρίβεια μέτρησης 0.2 mm. Για τις αθλήτριες της ομάδας ποδοσφαίρου και της ομάδας καλαθοσφαίρισης μετρήθηκαν οι δερματοπτυχές του τρικέφαλου, υπερλαγόνιου, κοιλιακού και μηρού και για τις μη αθλήτριες του τρικέφαλου, υπερλαγόνιου και μηρού. Για τον υπολογισμό της πυκνότητας του σώματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις που προτείνουν οι Jackson et al. (1980) για αθλήτριες και μη αθλήτριες αντίστοιχα. Στις αθλήτριες της ομάδας ρυθμικής γυμναστικής και της ομάδας ελέγχου κοριτσιών αναπτυξιακής ηλικίας μετρήθηκαν οι δερματοπτυχές του τρικέφαλου και του γαστροκνημίου. Για τον υπολογισμό της πυκνότητας του σώματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις που προτείνουν οι Slaughter et al. (1988). Το ποσοστό σωματικού λίπους σε όλες τις ομάδες προσδιορίστηκε από την εξίσωση του Siri (1956). Τα χαρακτηριστικά των αθλητριών και των μη αθλητριών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1. και στον Πίνακα 3.2.

Αξιολόγηση βιολογικής ωρίμανσης

Για την αξιολόγηση της βιολογικής ωρίμανσης των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής και της ομάδας ελέγχου-αναπτυξιακής ηλικίας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Tanner (1962). Η μέθοδος στηρίζεται στην αξιολόγηση της ανάπτυξης των δευτερευόντων χαρακτηριστικών του φύλου (στήθος, εφήβαιο, εμμηναρχή). Η εξέλιξη των χαρακτηριστικών έχει κατηγοριοποιηθεί σε πέντε στάδια (T1, T2, T3, T4, T5) από τα οποία δηλώνεται η ο βαθμός βιολογικής ωρίμανσης του ατόμου ξεκινώντας από την παντελή έλλειψη ανάπτυξης των χαρακτηριστικών (T1) μέχρι την πλήρη ανάπτυξη και ωρίμανσή τους (T5). Τόσο οι αθλήτριες όσο και οι μη αθλήτριες βρίσκονταν στο στάδιο

T2, το οποίο δηλώνει την αρχική ανάπτυξη και εμφάνιση των δευτερευόντων χαρακτηριστικών του φύλου.

Αξιολόγηση μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max})

Για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) οι αθλήτριες της ομάδας ποδοσφαίρου εκτέλεσαν προοδευτικά αυξανόμενη μέγιστη προσπάθεια σε εργοδιάδρομο. Η αρχική ταχύτητα του πρωτοκόλλου αξιολόγησης ήταν $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ και κάθε 3 λεπτά η ταχύτητα αυξανόταν ανά $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ μέχρι τελικής εξάντλησης. Υπήρχε συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή της πρόσληψης οξυγόνου μέσω του αναλυτή αερίων Oxycon Champion Analyser (Erich Jaeger, IEC 601-1). Τα κριτήρια για την επίτευξη της VO_{2max} ήταν η σταθεροποίηση της VO_2 ($<1.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ αύξηση) παρά την αύξηση της έντασης και η υπέρβαση της τιμής 1.10 στο αναπνευστικού πηλίκου (RER) (ACSM, 2000). Επιπλέον, υπήρχε συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή της καρδιακής συχνότητας με το σύστημα τηλεμετρικού ελέγχου Polar S810 monitor (Kempele, Finland).

Για την αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) των αθλητριών της ομάδας ρυθμικής γυμναστικής και των ομάδων ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το προοδευτικά αυξανόμενης έντασης παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής 20 μέτρων (Lèger & Lambert, 1982; Lèger & Gadoury, 1989). Το παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής 20 μέτρων είναι αξιόπιστο ($r=0.97$) και έγκυρο ($r=0.96$) ως προς την πρόβλεψη της VO_{2max} . Η δοκιμασία αποτελούνταν από 20 στάδια και διεξήχθη σε οριοθετημένο χώρο μήκους 20 μέτρων. Οι δοκιμαζόμενες έτρεχαν για όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μπορούσαν ακολουθώντας το ρυθμό που επέβαλαν χαρακτηριστικοί ήχοι σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Οι ήχοι που καθόριζαν το ρυθμό προέρχονταν από τη συγκεκριμένη μαγνητοταινία του τεστ. Η αρχική ταχύτητα αντιστοιχούσε σε $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ και αυξανόταν κάθε 2 λεπτά κατά $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Οι δοκιμαζόμενες ρύθμιζαν την ταχύτητά τους περνώντας ακριβώς τη στιγμή που ακουγόταν το ηχητικό σήμα από τα εμφανή σημάδια των 20 μέτρων. Η διάρκεια του τεστ ήταν ανάλογη της φυσικής κατάστασης της κάθε δοκιμαζόμενης. Σε περίπτωση αδυναμίας ολοκλήρωσης της διαδρομής των 20 μέτρων στον προβλεπόμενο χρόνο με βάση τα ηχητικά σήματα η δοκιμαζόμενη σταματούσε τη δοκιμασία και ως επίδοση καταγραφόταν το στάδιο στο οποίο τερμάτισε την προσπάθειά της. Σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας υπήρχε συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή της καρδιακής συχνότητας της κάθε δοκιμαζόμενης με το σύστημα τηλεμετρικού ελέγχου Polar S810 monitor (Kempele, Finland).

Πρωτόκολλα άσκησης

Προπόνηση ποδοσφαίρου. Η προπόνηση περιελάμβανε: προθέρμανση (20 λεπτά) με χαλαρό τρέξιμο και γυμναστικές ασκήσεις, στατικές διατάσεις (10 λεπτά) για τους γαστροκνήμιους μύες, τους τετρακεφάλους, τους οπίσθιους μηριαίους, τους προσαγωγούς και τους απαγωγούς και 3 σετ των 25 λεπτών προπονητικό διπλό με 5 λεπτά διάλειμμα μεταξύ του κάθε σετ. Το προπονητικό διπλό είχε στόχο την ανάπτυξη και προπόνηση των τακτικών πλάνων καθώς και των μεταβολικών συστημάτων μέσω των οποίων παράγεται ενέργεια κατά τη διάρκεια ποδοσφαιρικού αγώνα (ειδική φυσική κατάσταση). Σε όλη τη διάρκεια της προπόνησης γινόταν καταγραφή της καρδιακής συχνότητας της κάθε αθλήτριας με τηλεμετρία (Polar S810, Kempele, Finland). Η συνολική διάρκεια της προπόνησης ήταν δύο ώρες. Η μέση ένταση της προπόνησης ήταν στο 75% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (HRmax). Η μέγιστη καρδιακή συχνότητα προσδιορίστηκε με βάση το τεστ αξιολόγησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου.

Προπόνηση καλαθοσφαίρισης. Η προπόνηση περιελάμβανε: προθέρμανση (15 λεπτά), διατάσεις (10 λεπτά), ασκήσεις αιφνιδιασμού σε δυάδες, τριάδες και τετράδες (15 λεπτά), κατευθυνόμενο διπλό με προπονητική παρέμβαση (20 λεπτά), προπονητικό διπλό (3 x 10 λεπτά). Το κατευθυνόμενο διπλό και το προπονητικό διπλό είχαν στόχο την ανάπτυξη και προπόνηση των τακτικών πλάνων και της ειδικής φυσικής κατάστασης. Στα διαλείμματα μεταξύ των παραπάνω ασκήσεων υπήρχαν ασκήσεις σουτ και ελευθέρων βολών. Σε όλη τη διάρκεια της προπόνησης γινόταν καταγραφή της καρδιακής συχνότητας της κάθε αθλήτριας με τηλεμετρία (Polar S810, Kempele, Finland). Η συνολική διάρκεια της προπόνησης ήταν δύο ώρες. Η μέση ένταση της προπόνησης ήταν στο 70% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (HRmax). Η μέγιστη καρδιακή συχνότητα προσδιορίστηκε με βάση τον τύπο $HR_{max}=220 - \text{ηλικία}$.

Προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής. Η προπόνηση περιελάμβανε: προθέρμανση (25 λεπτά), στατικές διατάσεις (15 λεπτά), κλασικό μπαλέτο (90 λεπτά: 35 λεπτά ασκήσεις στη μπάρα και 55 λεπτά ασκήσεις στο κέντρο), ασκήσεις τεχνικής με τα όργανα (30 λεπτά), εκτέλεση ρουτινών (95 λεπτά), ασκήσεις για την ανάπτυξη της μυϊκής αντοχής μέσω κυκλικής προπόνησης (20 λεπτά). Σε όλη τη διάρκεια της προπόνησης γινόταν καταγραφή της καρδιακής συχνότητας της κάθε αθλήτριας με τηλεμετρία (Polar S810, Kempele, Finland). Η συνολική διάρκεια της προπόνησης ήταν πέντε ώρες. Η μέση ένταση της προπόνησης ήταν στο 75% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (HRmax). Η μέγιστη

καρδιακή συχνότητα προσδιορίστηκε με βάση το τεστ αξιολόγησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου.

Αιμοληψία

Οι εξεταζόμενες έφτασαν στο χώρο των μετρήσεων στις 8:00 π.μ. μετά από δωδεκάωρη ολονύκτια νηστεία και σαρανταοχτάωρη αποχή από άσκηση. Λήφθηκαν 10 ml φλεβικού αίματος από τη μεσοβασίλική φλέβα του χεριού ενώ η εξεταζόμενη ήταν σε καθιστή θέση. Από κάθε δείγμα, 3 ml ολικού αίματος διοχετεύθηκαν σε φιαλίδιο με αντιπηκτικό (K_3EDTA) και τα υπόλοιπα 7 ml ολικού αίματος διοχετεύθηκαν σε 2 φιαλίδια ορού (Z Serum Clot Activator) με κενό αέρος. Στη συνέχεια τα φιαλίδια ορού με το ολικό αίμα φυγοκεντρήθηκαν για το διαχωρισμό του ορού (10 λεπτά στις 2000 rpm/ min) και το υπερκείμενο διοχετεύθηκε σε σωλήνες τύπου erpendorf (micro test tube 3810X) και αποθηκεύτηκαν σε βαθύ καταψύκτη ($-80^{\circ}C$) μέχρι την ανάλυσή τους. Η φυγοκέντρηση πραγματοποιήθηκε σε φυγόκεντρο τύπου Hettich Zentrifugen Micro 22R, (Tuttlingen, Germany).

Αιματολογικές αναλύσεις

Προσδιορισμός αριθμού λευκοκυττάρων και των υποπληθυσμών τους. Το ολικό αίμα (3 ml) στο φιαλίδιο με αντιπηκτικό (K_3EDTA) χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του αριθμού των λευκοκυττάρων και των υποπληθυσμών των ουδετερόφιλων, των λεμφοκυττάρων, των μονοκυττάρων, των ηωσινοφίλων και των βασεόφιλων καθώς και της τιμής του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε αυτόματο αιματολογικό αναλυτή Sysmex K-2000 (Toa Medical Electronics, Kobe, Japan). Ο προσδιορισμός του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της μεταβολής του όγκου πλάσματος σύμφωνα με τη μέθοδο των Dill & Costill (1974) ώστε να πραγματοποιηθούν διορθώσεις ως προς τη συγκέντρωση των υπό εξέταση μεταβλητών που προσδιορίστηκαν στον ορό (βιοχημικές αναλύσεις).

Υπολογισμός αριθμού υποπληθυσμών των λεμφοκυττάρων. Στην ομάδα ποδοσφαίρου προσδιορίστηκαν και οι εξής υποπληθυσμοί των λεμφοκυττάρων: T

βοηθητικά κύτταρα (CD4⁺), T κυτταροτοξικά κύτταρα (CD8⁺) και τα κύτταρα φυσικοί φονείς (NK). Τα ποσοστά των υποπληθυσμών των λεμφοκυττάρων προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της κυτταρομετρίας (flow cytometry) χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο Lyse /No wash μετά από την κατάλληλη βαθμονόμηση. Τα κύτταρα σημάνθηκαν αρχικώς μέσω επεξεργασίας με ειδικά μονοκλωνικά αντισώματα (FITC/PE/PeRCP) που είχαν σημανθεί με φθορίζουσες χρωστικές της εταιρείας Becton Dickinson (Tritest - Color Reagent, Becton- Dickinson, San Jose, California, USA). Άμεσα 100 µl ολικού αίματος επωάστηκαν σε τρία διαφορετικά φιαλίδια με 15 µl από CD4 FITC (cloneSK3)/CD8 PE(cloneSK1)/CD3 PeRCP (cloneSK7) ή CD3 FITC (cloneSK7)/CD16 (cloneB73.1) + 56 (cloneNCAM16.2) PE/CD45PeRCP (clone 2D1) ή αντιστοίχως IgG1 FITC/IgG1 PE/CD45 PeRCP (clone 2D1) ως ιστοτυπικός μάρτυρας, σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι για 20 λεπτά. Κατόπιν, προστέθηκε 450 µl FACS (fluorescence-activated cell sorter = ενεργοποιούμενο με φθορισμό) διάλυμα λύσεως και τα δείγματα επωάστηκαν για 15 λεπτά στο σκοτάδι με σκοπό να πραγματοποιηθεί η λύση των κυττάρων. Η χρώση της επιφάνειας της κυτταρικής μεμβράνης αξιολογήθηκε μετά την πραγματοποίηση 60.000 γεγονότων από το κυτταρόμετρο ροής FACSCAN (Becton- Dickinson, San Jose, California, USA) χρησιμοποιώντας ως πηγή ακτινοβολίας laser αργού στα 488 nm. Τα δεδομένα αναλύθηκαν από το λογισμικό πρόγραμμα Multi-Set software (Becton- Dickinson). Η πύλη των λεμφοκυττάρων προσδιορίστηκε ως CD45 bright/ SSC low και υπολογίστηκαν τα ποσοστά των NK [CD3-/CD(16+56) +] και των T-λεμφοκυττάρων. Κατόπιν, προσδιορίστηκε ο λόγος των T βοηθητικών λεμφοκυττάρων (CD3⁺/CD4⁺) προς τα T κυτταροτοξικά λεμφοκύτταρα (CD3⁺/CD8⁺). Ο απόλυτος αριθμός των υποπληθυσμών των λεμφοκυττάρων προσδιορίστηκε από την εξίσωση: Απόλυτος αριθμός = (% του υποπληθυσμού των λεμφοκυττάρων / 100) × αριθμός των λεμφοκυττάρων.

Βιοχημικές αναλύσεις

Για την ανάλυση των δειγμάτων ως προς την κορτιζόλη, τον ινσουλινοειδή παράγοντα ανάπτυξης I (IGF-I), την αυξητική ορμόνη (hGH), την ιντερλευκίνη 6 (IL- 6) και την ιντερλευκίνη 2 (IL-2) χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της διπλής ενζυμοσύνδετης ανοσοπροσοροφητικής μέτρησης (sandwich ELISA) σε φωτόμετρο τύπου ELISA Hyperion Micro-Reader III (Inc., Miami, Florida, USA). Η διαδικασία της ανάλυσης με αυτή την

τεχνική περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια: αρχικά προσκολλώνται συγκεκριμένα (εξειδικευμένα ως προς την ανάλυση χημική ένωση) αντισώματα στον πυθμένα του πλακιδίου, στη συνέχεια προστίθενται στο πλακίδιο τα δείγματα αίματος προς ανάλυση (ορός ή πλάσμα) και το αντιγόνο που βρίσκεται στα δείγματα δεσμεύεται στο αντίσωμα που βρίσκεται στον πυθμένα του πλακιδίου. Έπειτα ένα δεύτερο διαφορετικό αντίσωμα προστίθεται στο πλακίδιο το οποίο είναι συνδεδεμένο με ένζυμο και δεσμεύεται στο ακινητοποιημένο αντιγόνο. Έπειτα το προστιθέμενο υπόστρωμα μετατρέπεται σε έγχρωμο προϊόν, η ένταση του οποίου είναι ανάλογη της ποσότητας του αντιγόνου (Berg, Tymoczko, & Stryer, 2004).

Κορτιζόλη. Μονοκλωνικό αντίσωμα το οποίο αντιστοιχεί στο αντιγόνο της κορτιζόλης υπήρχε τοποθετημένο στον πυθμένα των κελιών του πλακιδίου. Με την τοποθέτηση των βαθμονομητών, των δειγμάτων και της horseradish peroxidase conjugate καλύφθηκαν τα αντισώματα του πλακιδίου. Ακολούθησε η απόρριψη του conjugate που δεν δεσμεύτηκε. Μετά προστέθηκε διάλυμα που προκάλεσε ενζυματική αντίδραση της οποίας τα προϊόντα είχαν γαλάζιο χρωματισμό και επώαση μερικών λεπτών. Κατόπιν διακόπηκε η αντίδραση με την προσθήκη υδροχλωρικού οξέος. Η απορροφητικότητα του διαλύματος, με τη μέθοδο της φωτομετρίας σχετίστηκε αντιστρόφως με την συγκέντρωση κορτιζόλης στο δείγμα (Cortisol ELISA, DRG GmbH, Germany, 2004).

Ινσουλινοειδής παράγοντας ανάπτυξης-I (IGF-I). Πολυκλωνικό πρόβειο αντίσωμα anti- IGF-I υπήρχε τοποθετημένο στον πυθμένα των κελιών του πλακιδίου. Ακολούθησε η τοποθέτηση των βαθμονομητών, των δειγμάτων και η επώαση. Έπειτα απομακρύνθηκαν τα αντισώματα που δεν είχαν δεσμευτεί και προστέθηκε χρωμογεννητικό υπόστρωμα, με σκοπό τη δημιουργία χρώματος η ένταση του οποίου έχει αποδειχθεί ανάλογη με την συγκέντρωση του IGF-I στο δείγμα (IGF-I ELISA, IDS, USA, 2005).

Αυξητική ορμόνη (hGH). Τα δείγματα βαθμονόμησης καθώς και τα δείγματα των εξεταζόμενων αντέδρασαν με το μονοκλωνικό αντίσωμα (MAB 1) που βρισκόταν εντός των κελιών του πλακιδίου καθώς και με το μονοκλωνικό αντίσωμα (MAB 2) στο οποίο υπήρχε εγκατεστημένη η horseradish peroxidase. Έπειτα υπήρχε χρόνος επώασης ώστε να επιτραπεί ο σχηματισμός της sandwich ELISA από τα MAB 1- hGH- MAB 2- HRP. Ακολούθησε το πλύσιμο του πλακιδίου ώστε να απομακρυνθούν τα αντισώματα με ένζυμο τα οποία δεν είχαν συνδεθεί. Τα αντισώματα που είχαν συνδεθεί αξιολογήθηκαν μέσω χρωμογεννητικής αντίδρασης η οποία προκλήθηκε με την προσθήκη υποστρώματος και

επώασης. Η επώαση τερματίστηκε με την προσθήκη κατάλληλου διαλύματος (hGH ELISA, DRG GmbH, Germany, 2004).

Ιντερλευκίνη 6 (IL-6). Μονοκλωνικό αντίσωμα της IL-6 υπήρχε τοποθετημένο στον πυθμένα των κελιών του πλακιδίου. Ακολούθησε η προσθήκη των δειγμάτων βαθμονόμησης και των εξεταζόμενων δειγμάτων, των οποίων τα αντιγόνα συνδέθηκαν με τα αντισώματα. Μετά προστέθηκε μονοκλωνικό αντίσωμα της IL-6 η οποία αιχμαλώτισε το αντιγόνο που δεσμεύτηκε από το αντίσωμα που βρισκόταν εντός του πλακιδίου. Μετά την περίοδο επώασης απομακρύνθηκαν τα αντισώματα που δεν είχαν δεσμευτεί και προστέθηκε η Streptavidin- HRP η οποία ασφάλισε τη σύνδεση των αντισωμάτων με το αντιγόνο της IL-6. Έπειτα από την επώαση όση από την Streptavidin- HRP δεν πήραν μέρος στην αντίδραση απομακρύνονται. Για να αυξηθεί η ευαισθησία της ανάλυσης, προστέθηκαν στη συνέχεια δύο αντιδραστήρια με ξεχωριστό χρόνο επώασης. Τα αντιδραστήρια που δεν δεσμεύτηκαν απομακρύνθηκαν και προστέθηκε διάλυμα, υπόστρωμα αντιδρών με HRP, σε όλα τα πηγάδια του πλακιδίου. Με τον τρόπο αυτό αναπτύχθηκε χρώμα ανάλογο της ποσότητας της IL-6 που βρισκόταν στα δείγματα. Η αντίδραση σταμάτησε με την προσθήκη οξέος και αξιολογήθηκε η απορρόφηση δέσμης φωτός (IL-6 high sensitivity ELISA, IBL Hamburg GmbH, Germany, 2005).

Ιντερλευκίνη 2 (IL-2). Μονοκλωνικό αντίσωμα της IL-2 υπήρχε τοποθετημένο στον πυθμένα των κελιών του πλακιδίου. Προστέθηκαν τα δείγματα βαθμονόμησης και τα εξεταζόμενα δείγματα, των οποίων τα αντιγόνα συνδέθηκαν με τα αντισώματα. Ακολούθησε η προσθήκη πολυκλωνικού αντισώματος της IL-2 η οποία αιχμαλώτισε το αντιγόνο που δεσμεύτηκε από το αντίσωμα που βρισκόταν εντός του πλακιδίου. Μετά την περίοδο επώασης απομακρύνθηκαν τα αντισώματα που δεν είχαν δεσμευτεί και προστέθηκε Streptavidin- HRP η οποία ασφάλισε την σύνδεση των αντισωμάτων με το αντιγόνο της IL-2. Έπειτα από την επώαση όση από την Streptavidin- HRP δεν πήραν μέρος στην αντίδραση απομακρύνονται. Για να αυξηθεί η ευαισθησία της ανάλυσης, προστέθηκαν στη συνέχεια δύο αντιδραστηρίων με ξεχωριστό χρόνο επώασης. Τα αντιδραστήρια που δεν δεσμεύτηκαν απομακρύνθηκαν και προστέθηκε διάλυμα, με υπόστρωμα αντιδρών με HRP, σε όλα τα πηγάδια του πλακιδίου. Με τον τρόπο αυτό αναπτύχθηκε χρώμα ανάλογο της ποσότητας της IL-2 που βρισκόταν στα δείγματα. Η αντίδραση σταμάτησε με την προσθήκη οξέος και αξιολογήθηκε η απορρόφηση δέσμης φωτός (IL-2 high sensitivity ELISA, IBL- Hamburg GmbH, Germany, 2005).

Στατιστική ανάλυση

Από το σχεδιασμό της έρευνας προέκυψαν πέντε διαφορετικές ομάδες (τρεις πειραματικές και δύο ελέγχου) και οι οποίες εξετάστηκαν σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές (μετρήσεις). Για να διερευνηθούν οι ερευνητικές υποθέσεις της μελέτης πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις μεταξύ της ομάδας ποδοσφαίρου και της ομάδας ελέγχου ενηλίκων, της ομάδας καλαθοσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου ενηλίκων καθώς και της ομάδας ελέγχου ρυθμικής γυμναστικής και της ομάδας ελέγχου αναπτυξιακής ηλικίας. Άρα υπήρχαν δύο ανεξάρτητοι παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος ήταν επαναλαμβανόμενος. Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) και σε ορισμένες μεταβλητές ($CD4^+$, $CD8^+$, $CD4^+/CD8^+$, NK κύτταρα) ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (χρονική στιγμή μέτρησης). Για την εύρεση των στατιστικά σημαντικών διαφορών των επιμέρους βαθμίδων των παραγόντων εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni. Η προϋπόθεση της κανονικότητας ελέγχθηκε με το τεστ Kolmogorov-Smirnov και διαπιστώθηκε ότι ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις (για όλες τις μεταβλητές, σε όλες τις ομάδες, για κάθε χρονική στιγμή μέτρησης). Επιπλέον ελέγχθηκε η προϋπόθεση της σφαιρικότητας με το Mauchly's τεστ. Στις περιπτώσεις που η προϋπόθεση παραβιάστηκε έγιναν διορθώσεις στους βαθμούς ελευθερίας (ϵ =Greenhouse-Geisser). Τέλος, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (r) για την εύρεση συσχέτισης μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής και ποδοσφαίρου και του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < .05$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του ερευνητικού έργου, αναφέρονται οι οξείες επιδράσεις της προπόνησης σε παράγοντες της κυτταρικής και χυμικής ανοσίας των αθλητριών της κάθε ομάδας, καθώς και οι κυριότερες διαφορές που τις διακρίνουν σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Αρχικά παρουσιάζονται συνοπτικά οι σημαντικότερες μεταβολές σε κάθε ομάδα και ακολουθεί η αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της κάθε ομάδας για κάθε μεταβλητή χωριστά.

Προπόνηση ποδοσφαίρου

Στις αθλήτριες ποδοσφαίρου (Πίνακας 4.1.) σημειώθηκε σημαντική αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων ($p < .001$) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης (post) σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (pre). Η αύξηση αυτή συνεχίστηκε και τέσσερις ώρες μετά (4h) σημειώνοντας κατά 78% υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας και διαφέροντας σημαντικά από τις μη αθλήτριες ($p < .001$). Η ίδια τάση παρουσιάστηκε για τις αθλήτριες και στα ουδετερόφιλα με σημαντική αύξηση μετά το τέλος της προπόνησης ($p < .001$), η οποία συνεχίστηκε και τέσσερις ώρες μετά σημειώνοντας κατά 154% υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας και διαφέροντας σημαντικά από τις μη αθλήτριες τόσο αμέσως μετά την προπόνηση ($p < .001$) όσο και στην αποκατάσταση ($p < .001$). Αντίθετα στα λεμφοκύτταρα και τους υποπληθυσμούς τους ($CD4^+$, $CD8^+$, $CD4^+/CD8^+$, NK) δεν σημειώθηκαν αξιόλογες μεταβολές μετά την προπόνηση και δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων ($p > .05$). Τα μονοκύτταρα μετά το τέλος της προπόνησης δε διέφεραν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($p > .05$). Ωστόσο, συνέχισαν να αυξάνονται κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης και στις τέσσερις ώρες μετά διέφεραν σημαντικά ($p < .01$) σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας και σε σχέση με τις μη αθλήτριες ($p < .01$). Η συγκέντρωση της κορτιζόλης στις αθλήτριες δεν παρουσίασε αξιόλογη μεταβολή μετά το τέλος της προπόνησης ($p > .05$) αλλά διέφερε σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες ($p < .001$). Αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης η IL-6 αυξήθηκε σημαντικά ($p < .001$) ενώ η IL-2 δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές ($p < .05$).

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των υπό εξέταση μεταβλητών της ομάδας ποδόσφαιρου (n=10) και της ομάδας ελέγχου (n=8) στις χρονικές στιγμές μέτρησης (Pre: 8.00 π.μ., Post: 12.30 μ.μ., 4h: 16.30μ.μ.).

Μεταβλητές	Pre	Post	4h
Λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	5.43±0.37	9.20±0.48 ^a	9.69±0.46 ^a
Ελέγχου	5.60±0.17	5.50±0.19*	5.41±0.22*
Ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	2.69±0.17	6.51±0.34 ^a	6.81±0.32 ^a
Ελέγχου	2.72±0.08	2.72±0.09*	2.65±0.11*
Λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	2.27±0.09	2.13±0.10	2.29±0.10
Ελέγχου	2.26±0.08	2.24±0.07	2.25±0.9
CD4⁺ ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	1.00±0.10	0.90±0.12	0.96±0.11
CD8⁺ ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	0.67±0.06	0.63±0.08	0.64±0.07
CD4⁺/CD8⁺			
Ποδόσφαιρο	1.59±0.18	1.49±0.13	1.62±0.19
NK ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	0.27±0.02	0.23±0.02	0.26±0.03
Μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	0.35±0.03	0.45±0.02	0.50±0.03 ^a
Ελέγχου	0.44±0.08	0.40±0.08	0.39±0.08*
Ήωσινόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	0.11±0.04	0.08±0.04	0.06±0.03
Ελέγχου	0.14±0.03	0.10±0.02	0.09±0.02
Βασεόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Ποδόσφαιρο	0.021±0.004	0.035±0.005	0.030±0.003
Ελέγχου	0.039±0.008	0.029±0.006	0.026±0.005
Κορτιζόλη (nmol/l)			
Ποδόσφαιρο	475.85±19.38	513.57±20.37*	172.18±19.93 ^{a,b}
Ελέγχου	500.81±19.27	236.98±20.84 ^a	179.73±20.01 ^a
IL-6 (pg/ml)			
Ποδόσφαιρο	1.09±0.11	1.93±0.16 ^a	1.35±0.13 ^b
Ελέγχου	1.28±0.16	1.26±0.20*	1.26±0.14
IL-2 (pg/ml)			
Ποδόσφαιρο	8.44±0.27	8.11±0.22	8.27±0.16
Ελέγχου	8.73±0.16	8.75±0.21	8.65±0.26

p<.05: a διαφορά με το pre, b διαφορά με το post

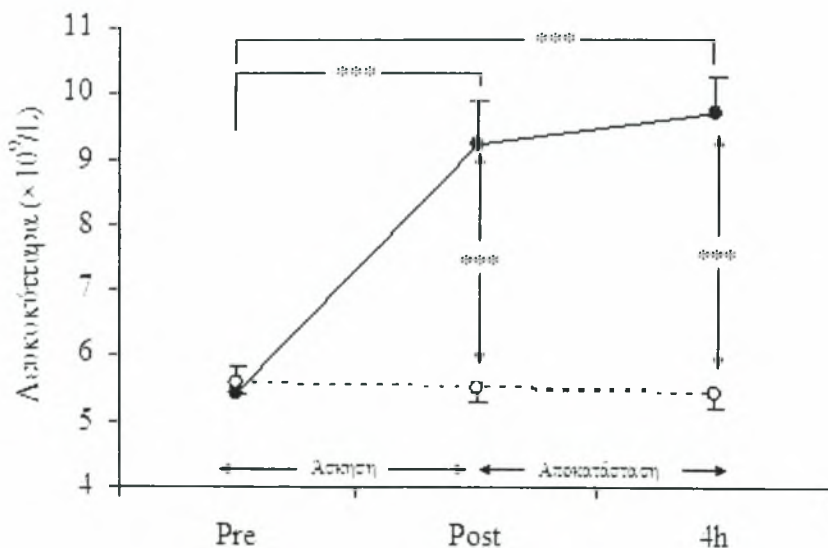
**p*<.05: διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων

Λευκοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.2.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (1α) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=55.12, p<.001$) στα λευκοκύτταρα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα λευκοκύτταρα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$) και στην 3^η μέτρηση ($p<.001$). Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ποδοσφαίρου (Σχήμα 4.1.).

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Λευκοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	55.12	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	24.66	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	47.29	.001



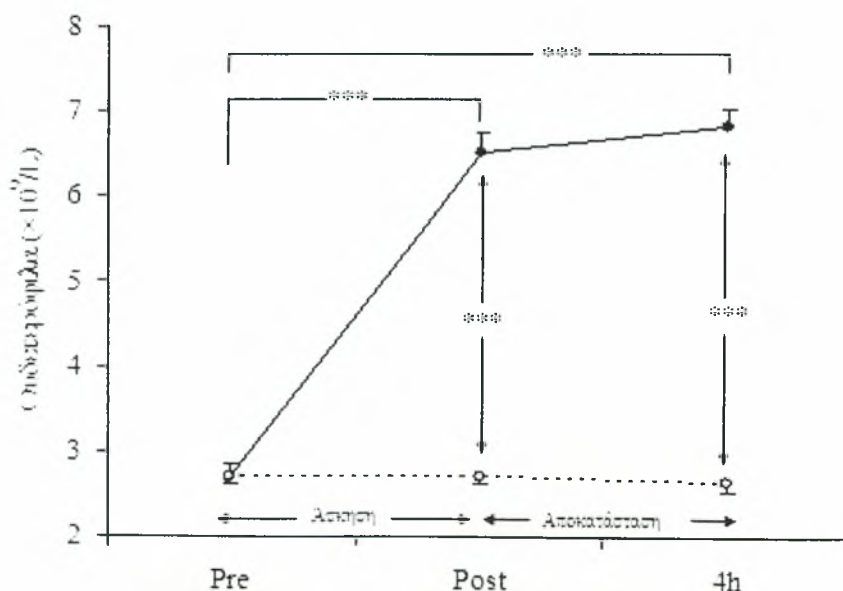
Σχήμα 4.1. Αριθμός λευκοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Ουδετερόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.3.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (1β) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=70.83, p<.001$) στα ουδετερόφιλα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ουδετερόφιλα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$) και στην 3^η μέτρηση ($p<.001$). Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ποδοσφαίρου (Σχήμα 4.2.).

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$).

Ουδετερόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	70.83	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	68.00	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	45.96	.001



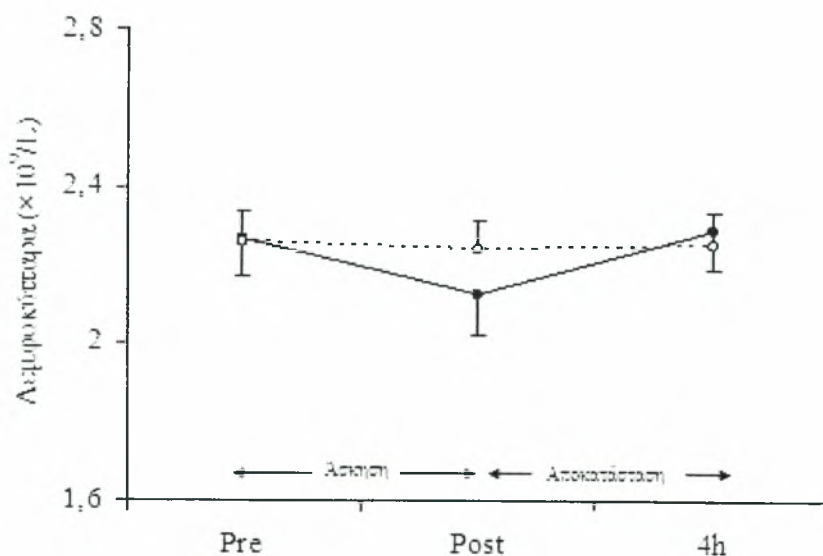
Σχήμα 4.2. Αριθμός ουδετερόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$.

Λεμφοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.4.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (1γ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=0.36, p>.05$) στα λεμφοκύτταρα. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=0.47, p>.05$) καθώς επίσης δεν διαπιστώθηκε και στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,16)}=0.01, p>.05$) (Σχήμα 4.3.).

Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

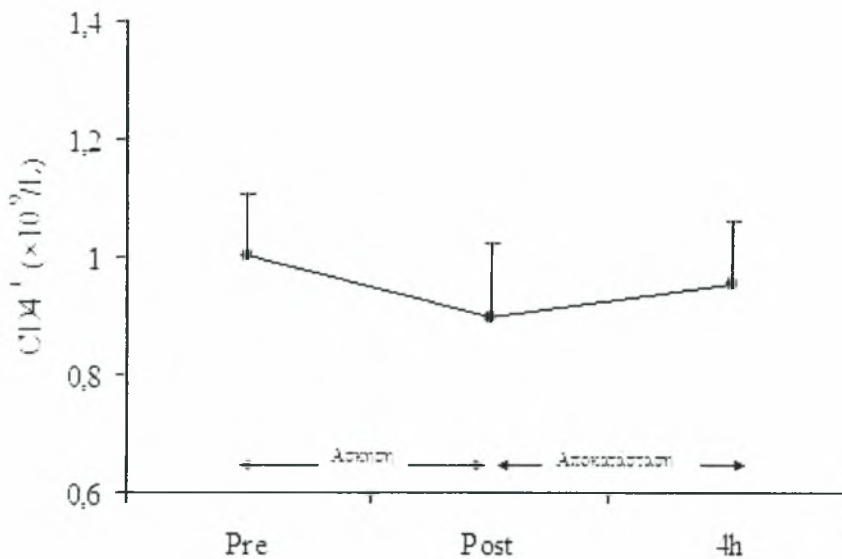
Λεμφοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	0.36	.70
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	0.01	.93
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	0.47	.63



Σχήμα 4.3. Αριθμός λεμφοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).

Τ βοηθητικά κύτταρα (CD4⁺)

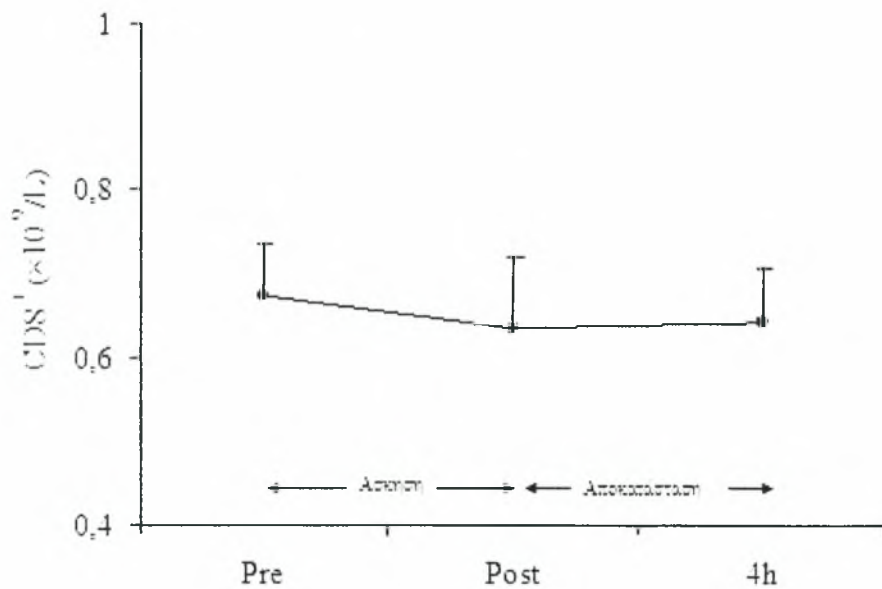
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς ένα επαναλαμβανόμενο παράγοντα έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (4α) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,18)}=1.31, p>.05$) στα Τ βοηθητικά κύτταρα (CD4⁺) (Σχήμα 4.4.).



Σχήμα 4.4. Αριθμός Τ βοηθητικών κυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαιρού.

Τ κυτταροτοξικά κύτταρα (CD8⁺)

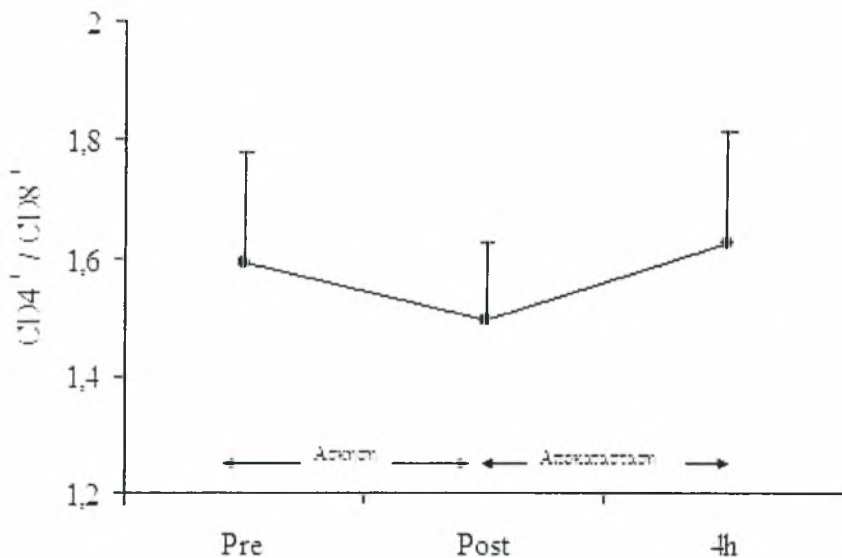
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς ένα επαναλαμβανόμενο παράγοντα έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (4β) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,18)}=0.30, p>.05$) στα Τ κυτταροτοξικά κύτταρα (CD8⁺) (Σχήμα 4.5.).



Σχήμα 4.5. Αριθμός Τ κυτταροτοξικών κυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαιρού.

Λόγος $CD4^+/CD8^+$

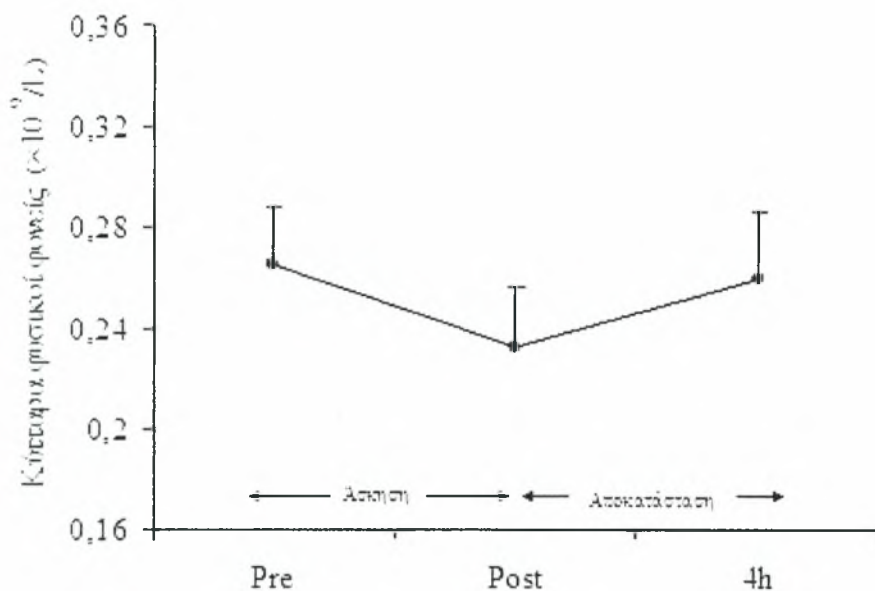
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς ένα επαναλαμβανόμενο παράγοντα έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (4γ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,18)}=1.35, p>.05$) στο λόγο των $CD4^+/CD8^+$ κυττάρων στις αθλήτριες ποδοσφαιρού (Σχήμα 4.6.).



Σχήμα 4.6. Λόγος των $CD4^+/CD8^+$ κυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαιρού.

Κύτταρα φυσικοί φονείς (NK)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς ένα επαναλαμβανόμενο παράγοντα έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (4δ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,18)}=0.50, p>.05$) στα NK κύτταρα στις αθλήτριες ποδοσφαιρού (Σχήμα 4.7.).



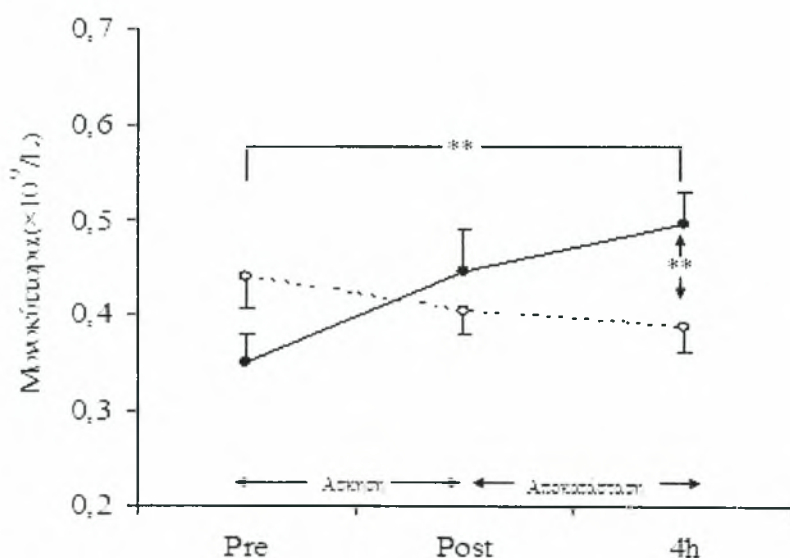
Σχήμα 4.7. Αριθμός NK κυττάρων (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαιρού.

Μονοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.5.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (1δ) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=6.54, p<.01$) στα μονοκύτταρα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μονοκύτταρα μεταξύ των δύο ομάδων στην 3^η μέτρηση ($p<.01$) και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.01$) στην ομάδα ποδοσφαίρου (Σχήμα 4.8.).

Πίνακας 4.5. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Μονοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	6.54	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	0.50	.49
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1.41	.26



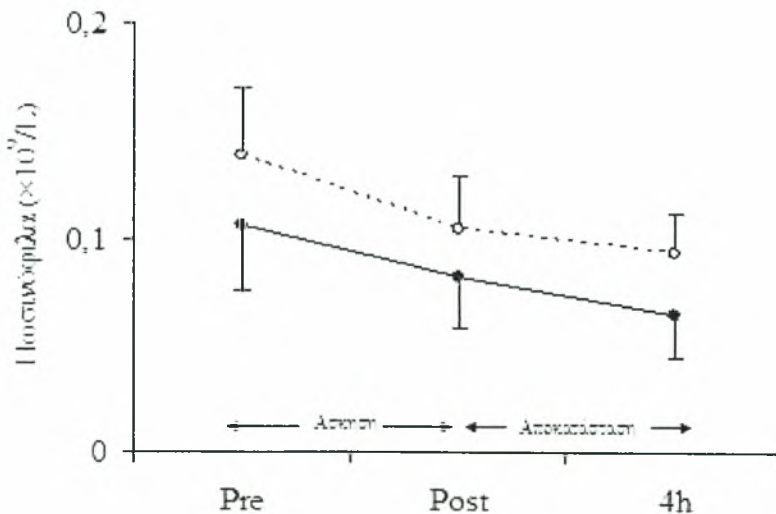
Σχήμα 4.8. Αριθμός μονοκυττάρων (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $**p<.01$.

Ηωσινόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.6.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (1ε) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=0.04, p>.05$) στα ηωσινόφιλα. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=2.52, p>.05$) καθώς επίσης δεν διαπιστώθηκε και στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,16)}=0.61, p>.05$) (Σχήμα 4.9.)

Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$).

Ηωσινόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	0.04	.96
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	0.61	.45
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	2.52	.09



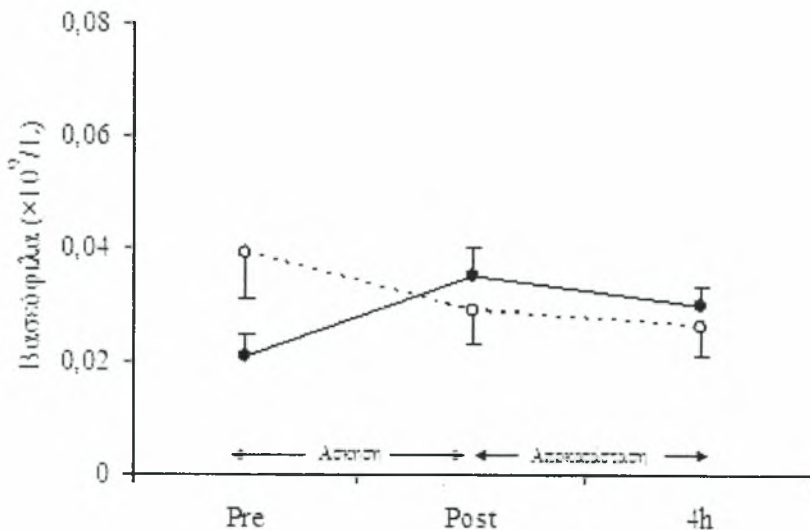
Σχήμα 4.9. Αριθμός ηωσινόφιλων (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαιρού (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).

Βασεόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.7.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (1στ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=2.55, p>.05$) στα βασεόφιλα. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=0.24, p>.05$) καθώς επίσης δεν διαπιστώθηκε και στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,16)}=0.26, p>.05$) (Σχήμα 4.10.).

Πίνακας 4.7. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα βασεόφιλα ($\times 10^9/L$).

Βασεόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	2.55	.09
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	0.26	.62
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	0.24	.79



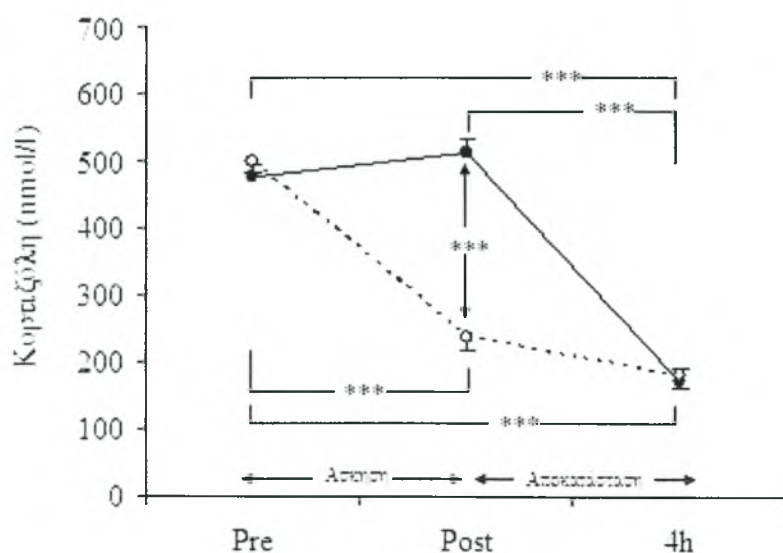
Σχήμα 4.10. Αριθμός βασεόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).

Κορτιζόλη

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.8.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (1ζ) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=11.65, p<.001$) στην κορτιζόλη. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην κορτιζόλη μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$). Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ποδοσφαίρου καθώς και μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ελέγχου (Σχήμα 4.11.).

Πίνακας 4.8. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην κορτιζόλη (nmol/l).

Κορτιζόλη	F	p
Αλληλεπίδραση	11.65	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	22.91	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	40.66	.001



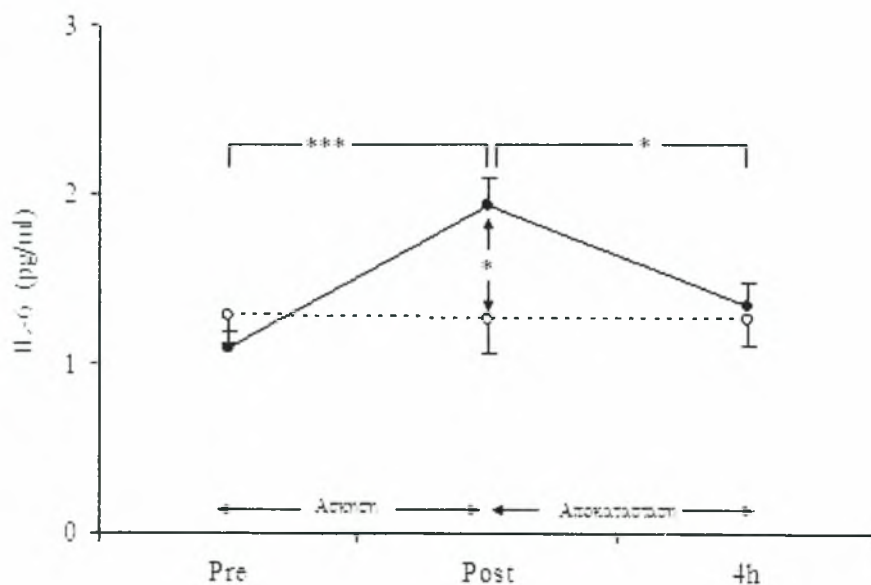
Σχήμα 4.11. Συγκέντρωση κορτιζόλης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$.

Ιντερλευκίνη 6 (IL-6)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.9.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (1η) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=7.49, p<.01$) στην IL-6. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην IL-6 μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.05$). Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.05$) στην ομάδα ποδοσφαίρου (Σχήμα 4.12.).

Πίνακας 4.9. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-6 (pg/ml).

IL-6	F	p
Αλληλεπίδραση	7.49	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	1.24	.28
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	6.94	.01



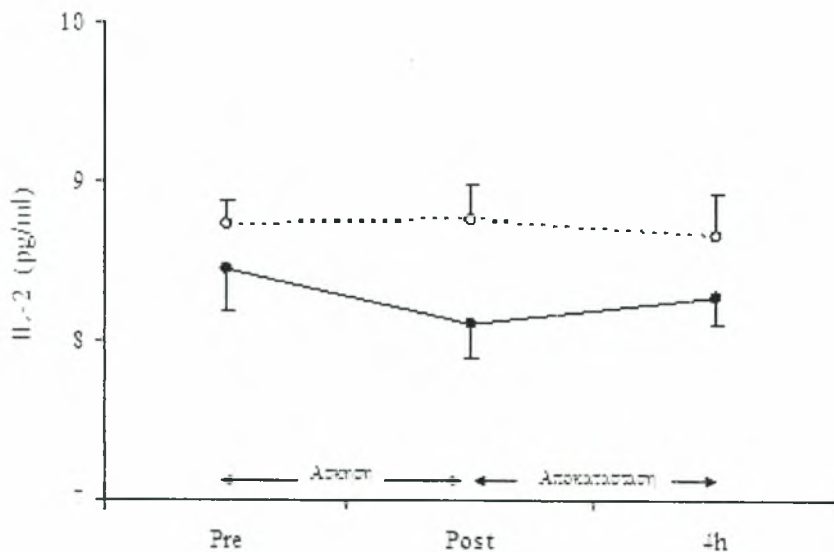
Σχήμα 4.12. Συγκέντρωση IL-6 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με * $p<.05$, *** $p<.001$.

Ιντερλευκίνη 2 (IL-2)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.10.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (1 θ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=1.18, p>.05$) στην IL-2. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,32)}=0.95, p>.05$) καθώς επίσης δεν διαπιστώθηκε και στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,16)}=2.47, p>.05$) (Σχήμα 4.3.).

Πίνακας 4.10. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-2 (pg/ml).

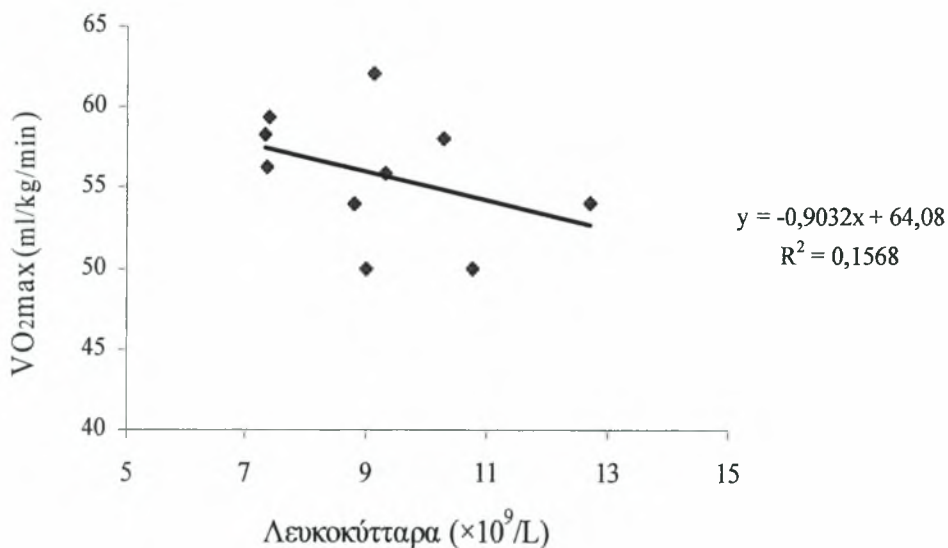
IL-2	F	p
Αλληλεπίδραση	1.18	.32
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	2.47	.14
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	0.95	.39



Σχήμα 4.13. Συγκέντρωση IL-2 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ποδοσφαίρου (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).

Σχέση μεταξύ μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και αριθμού λευκοκυττάρων

Από την εφαρμογή της ανάλυσης συσχέτισης χρησιμοποιώντας τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (5) διότι διαπιστώθηκε μη σημαντική συσχέτιση ($r = -.396$, $p > .05$) μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση των αθλητριών ποδοσφαιρών (Σχήμα 4.14.).



Σχήμα 4.14. Σχέση μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση των αθλητριών ποδοσφαιρών.

Προπόνηση καλαθοσφαίρισης

Στις αθλήτριες καλαθοσφαίρισης (Πίνακας 4.11.) παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων ($p < .001$) τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης (4h). Τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας τόσο μετά το τέλος (post) της προπόνησης ($p < .01$) όσο και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης ($p < .001$) στις τέσσερις ώρες μετά όπου και παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά με τις μη αθλήτριες ($p < .001$). Τα λεμφοκύτταρα δεν παρουσίασαν αξιόλογες μεταβολές ($p > .05$). Αξιοσημείωτη είναι η τάση που παρουσιάστηκε στα μονοκύτταρα καθώς δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά ($p > .05$) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας, ωστόσο οι αθλήτριες εμφάνισαν σημαντική υπεροχή έναντι των μη αθλητριών τόσο αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης ($p < .05$) όσο και στις τέσσερις ώρες μετά ($p < .05$). Τα ηωσινόφιλα παρουσίασαν σημαντική πτώση αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας ($p < .01$) η οποία συνεχίστηκε και κατά την περίοδο της αποκατάστασης. Ωστόσο, επειδή παρόμοια τάση διαμορφώθηκε και στις μη αθλήτριες οι δύο ομάδες δεν διέφεραν σε καμία χρονική στιγμή μέτρησης ($p > .05$). Τα βασεόφιλα παρουσίασαν αυξητική τάση αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης και διέφεραν σημαντικά με τις μη αθλήτριες ($p < .05$). Η διαφορά αυτή διατηρήθηκε μεταξύ των δύο ομάδων και στις τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης ($p < .05$).

Η συγκέντρωση κορτιζόλης αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης μειώθηκε σημαντικά ($p < .05$) για τις αθλήτριες καλαθοσφαίρισης, ωστόσο υπερείχαν σημαντικά σε σχέση τις μη αθλήτριες ($p < .01$), οι οποίες παρουσίασαν σημαντική μείωση από την πρώτη (pre) στη δεύτερη χρονική στιγμή μέτρησης (post). Επίσης, τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης, η αθλήτριες είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση κορτιζόλης σε σχέση με τις μη αθλήτριες ($p < .05$). Η συγκέντρωση της IL-6 αυξήθηκε σημαντικά αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης ($p < .001$) για τις αθλήτριες και υπήρχε σημαντική διαφορά σε σχέση με τις μη αθλήτριες ($p < .05$). Τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης η IL-6 επέστρεψε στα επίπεδα ηρεμίας. Η IL-2 δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές και δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων σε καμία χρονική στιγμή μέτρησης ($p > .05$).

Πίνακας 4.11. Αποτελέσματα (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των υπό εξέταση μεταβλητών της ομάδας καλαθοσφαίρισης (n=15) και της ομάδας ελέγχου (n=8) στις χρονικές στιγμές μέτρησης (Pre: 8.00 π.μ., Post: 12.30 μ.μ., 4h: 16.30μ.μ.).

Μεταβλητές	Pre	Post	4h
Λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Καλαθοσφαίριση	5.82±0.27	6.68±0.54	7.27±0.33 ^a
Ελέγχου	5.60±0.17	5.50±0.19	5.40±0.22*
Ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Καλαθοσφαίριση	2.80±0.14	3.82±0.39 ^a	4.28±0.28 ^a
Ελέγχου	2.72±0.08	2.72±0.09	2.65±0.11*
Λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Καλαθοσφαίριση	2.25±0.09	2.11±0.10	2.31±0.09
Ελέγχου	2.26±0.08	2.24±0.07	2.25±0.09
Μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Καλαθοσφαίριση	0.51±0.03	0.55±0.05	0.51±0.03
Ελέγχου	0.44±0.03	0.40±0.02*	0.39±0.03*
Ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Καλαθοσφαίριση	0.20±0.02	0.13±0.02 ^a	0.12±0.02 ^a
Ελέγχου	0.14±0.03	0.10±0.02	0.09±0.02
Βασεόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Καλαθοσφαίριση	0.058±0.007	0.072±0.011	0.062±0.005
Ελέγχου	0.039±0.008	0.029±0.006*	0.026±0.005*
Κορτιζόλη (nmol/l)			
Καλαθοσφαίριση	476.16±20.02	410.08±32.64 ^a	250.79±17.80 ^a
Ελέγχου	500.81±19.29	236.98±20.86 ^{*,a}	179.73±25.93 ^{*,a}
IL-6 (pg/ml)			
Καλαθοσφαίριση	1.12±0.11	2.05±0.25 ^a	1.39±0.24 ^b
Ελέγχου	1.28±0.16	1.26±0.21*	1.26±0.14
IL-2 (pg/ml)			
Καλαθοσφαίριση	8.52±0.23	8.37±0.20	9.02±0.15
Ελέγχου	8.73±0.16	8.75±0.22	8.65±0.26

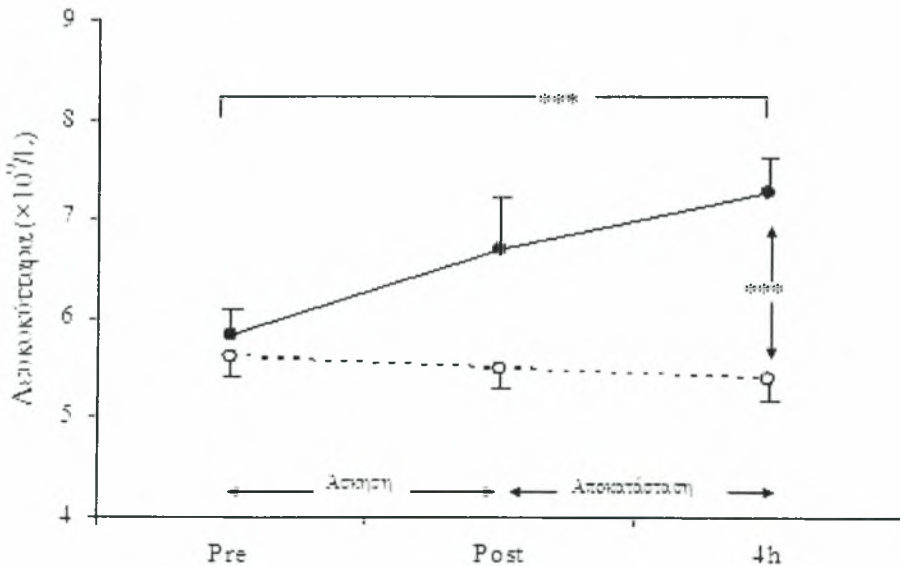
p<.05: a διαφορά με το pre, b διαφορά με το post
^{*}*p*<.05: διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων

Λευκοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.12.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (6α) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=3.61, p<.05$) στα λευκοκύτταρα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα λευκοκύτταρα μεταξύ των δύο ομάδων στην 3^η μέτρηση ($p<.001$) και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα καλαθοσφαίρισης (Σχήμα 4.15.).

Πίνακας 4.12. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Λευκοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	3.61	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	6.17	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	3.28	.05



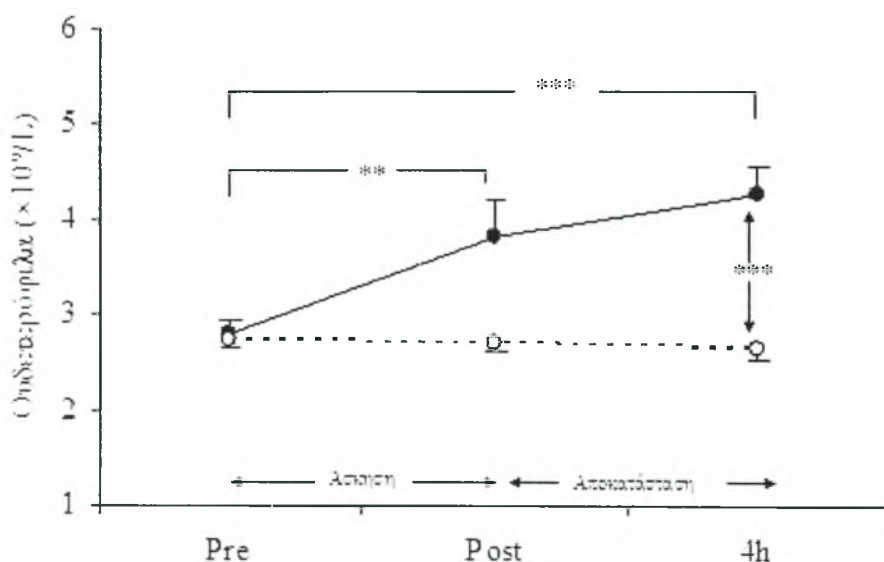
Σχήμα 4.15. Αριθμός λευκοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Ουδετερόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.13.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (6β) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=5.70, p<.01$) στα ουδετερόφιλα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ουδετερόφιλα μεταξύ των δύο ομάδων στην 3^η μέτρηση ($p<.001$) και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.01$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα καλαθοσφαίρισης (Σχήμα 4.16.).

Πίνακας 4.13. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$).

Ουδετερόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	5.70	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	9.37	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	4.85	.05



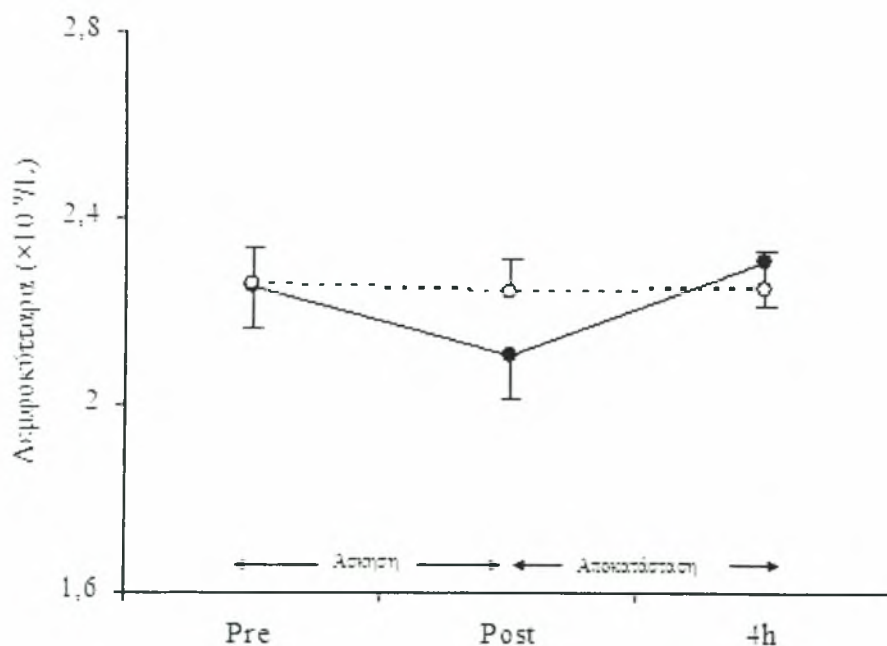
Σχήμα 4.16. Αριθμός ουδετερόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$, ** $p<.01$.

Λεμφοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.14.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (6γ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=0.43, p>.05$) στα λεμφοκύτταρα. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=0.52, p>.05$) καθώς επίσης δεν διαπιστώθηκε και στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,21)}=0.02, p>.05$) (Σχήμα 4.17.).

Πίνακας 4.14. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Λεμφοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	0.43	.66
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	0.02	.89
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	0.52	.60



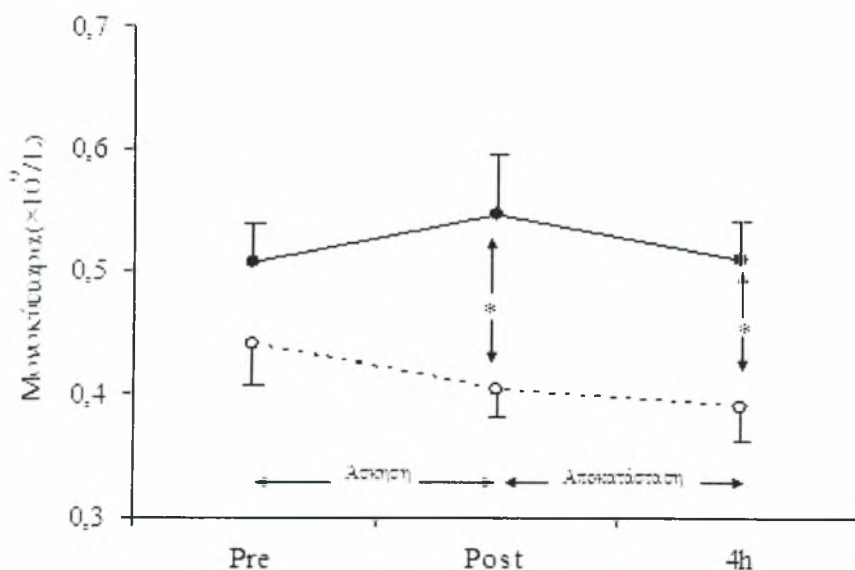
Σχήμα 4.17. Αριθμός λεμφοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).

Μονοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.15.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (6δ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=0.95, p>.05$) στα μονοκύτταρα. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=0.54, p>.05$). Αντίθετα, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,21)}=6.11, p<.05$). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μονοκύτταρα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η ($p<.05$) και στην 3^η μέτρηση ($p<.05$) (Σχήμα 4.18.).

Πίνακας 4.15. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Μονοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	0.95	.39
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	6.11	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	0.54	.59



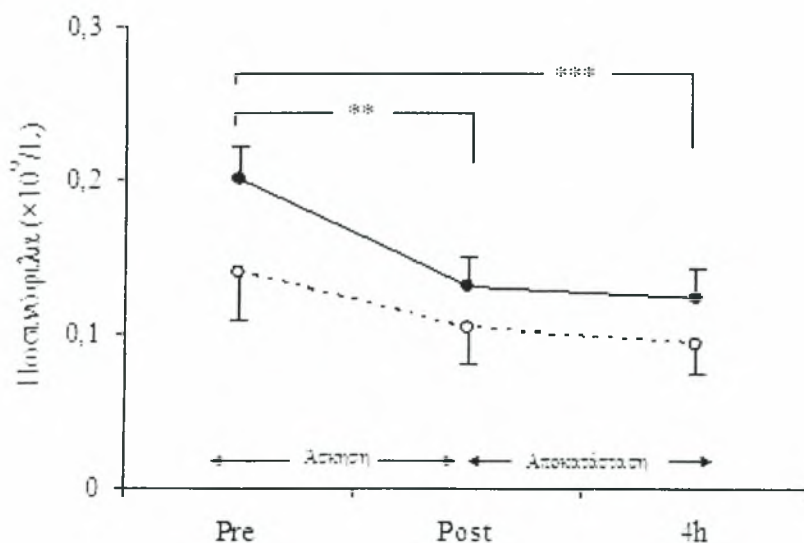
Σχήμα 4.18. Αριθμός μονοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$.

Ηωσινόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.16.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (6ε) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=0.64, p>.05$) στα ηωσινόφιλα. Επίσης, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,21)}=1.88, p>.05$). Αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=8.00, p<.001$). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ουδετερόφιλα μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.01$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα καλαθοσφαίρισης (Σχήμα 4.19.).

Πίνακας 4.16. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$).

Ηωσινόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	0.64	.53
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	1.88	.19
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	8.00	.001



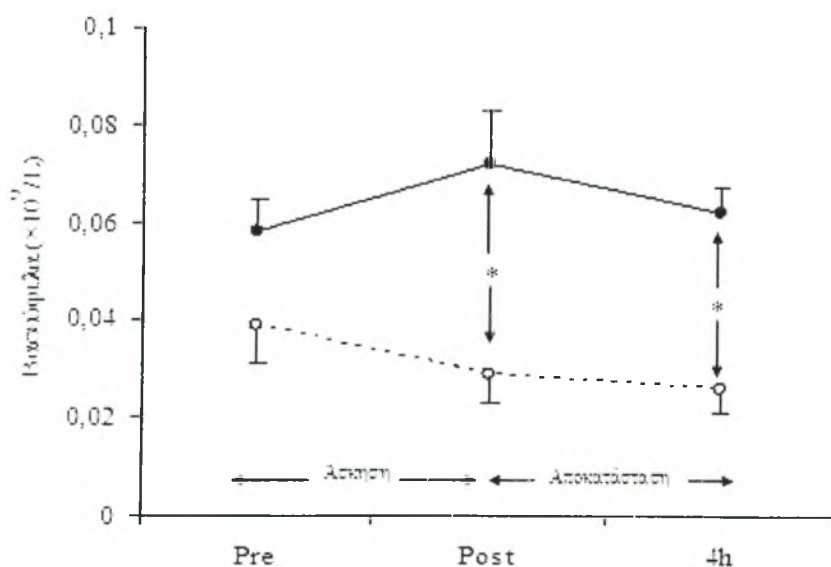
Σχήμα 4.19. Αριθμός ηωσινόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$, ** $p<.01$.

Βασεόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.17.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (6στ) διότι δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=1.80, p>.05$) στα βασεόφιλα. Επίσης, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=0.58, p>.05$). Αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,21)}=10.02, p<.01$). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα βασεόφιλα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η ($p<.05$) και στην 3^η μέτρηση ($p<.05$) (Σχήμα 4.20.).

Πίνακας 4.17. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα βασεόφιλα ($\times 10^9/L$).

Βασεόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	1.8	.18
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	10.02	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	0.58	.57



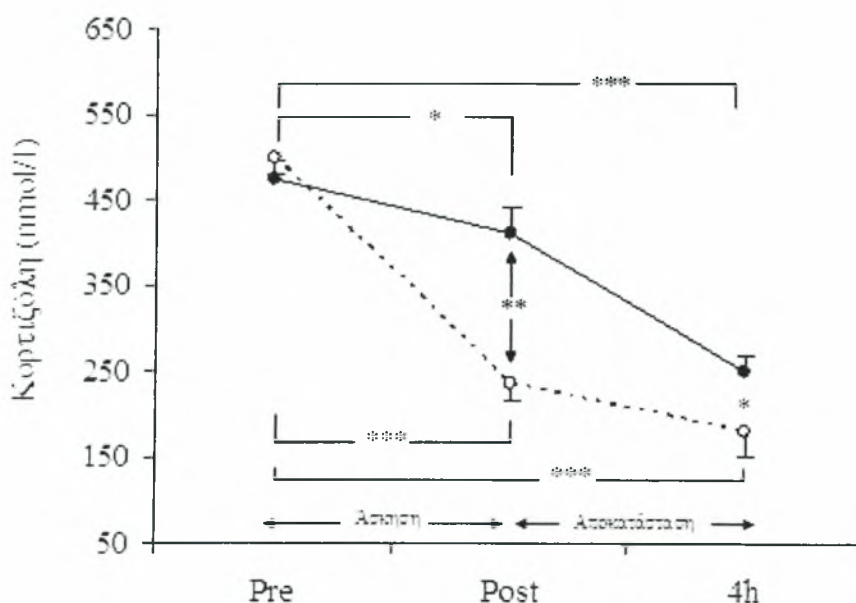
Σχήμα 4.20. Αριθμός βασεοφίλων (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $*p<.05$.

Κορτιζόλη

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.18.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (6ζ) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=12.79, p<.001$) στην κορτιζόλη. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην κορτιζόλη μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η ($p<.01$) και στην 3^η μέτρηση ($p<.05$). Επιπλέον διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.05$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα καλαθοσφαίρισης καθώς και μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ελέγχου (Σχήμα 4.21.).

Πίνακας 4.18. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην κορτιζόλη (nmol/l).

Κορτιζόλη	F	p
Αλληλεπίδραση	12.79	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	6.07	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	99.03	.001



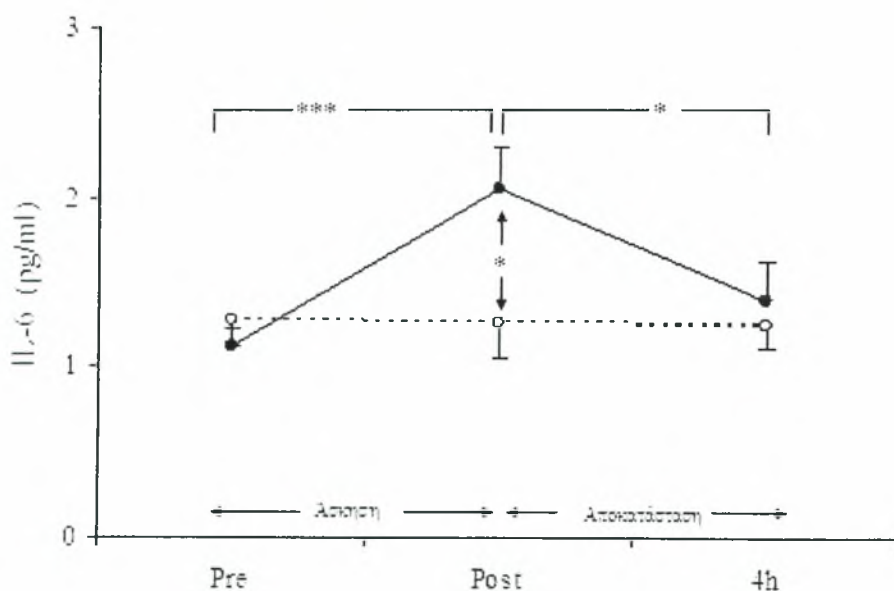
Σχήμα 4.21. Συγκέντρωση κορτιζόλης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$.

Ιντερλευκίνη 6 (IL-6)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.19.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (6η) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,42)}=3.73$, $p<.05$) στην IL-6. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην IL-6 μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.05$) καθώς και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.05$) στην ομάδα καλαθοσφαίρισης (Σχήμα 4.22.).

Πίνακας 4.19. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-6 (pg/ml).

IL-6	F	p
Αλληλεπίδραση	3.73	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	1.16	.29
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	3.48	.05



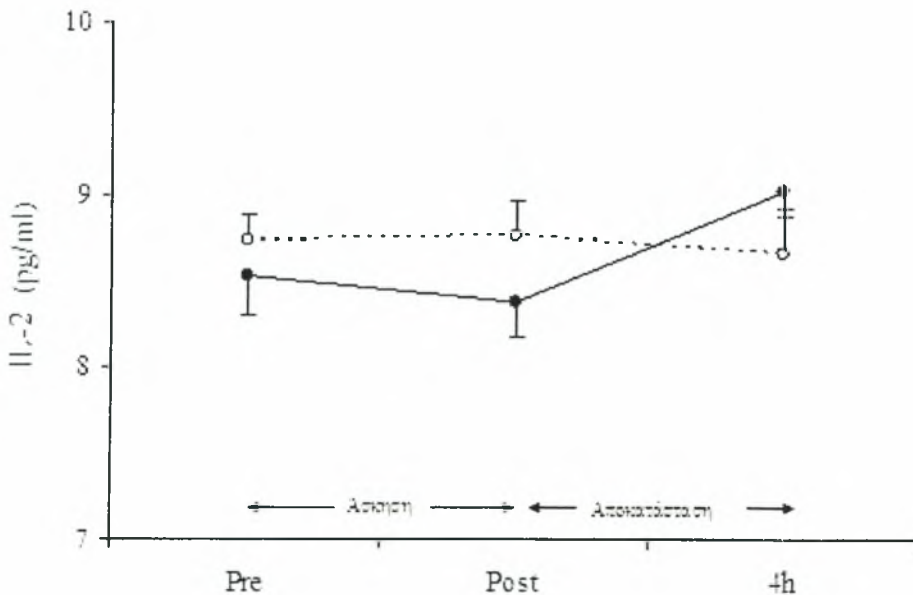
Σχήμα 4.22. Συγκέντρωση IL-6 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με * $p<.05$, *** $p<.001$.

Ιντερλευκίνη 2 (IL-2)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.20.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (θ_0). Εξαιτίας της παραβίασης της προϋπόθεσης της σφαιρικότητας στη συγκεκριμένη μεταβλητή (Mauchly's $W=.59$, $p=.005$) έγιναν διορθώσεις στους βαθμούς ελευθερίας (ϵ =Greenhouse-Geisser .709). Δεν διαπιστώθηκε λοιπόν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(1,42,29.78)}=2.00$, $p>.05$) στην IL-2. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(1,42,29.78)}=1.06$, $p>.05$) καθώς επίσης δεν διαπιστώθηκε και στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,21)}=0.11$, $p>.05$) (Σχήμα 4.23.).

Πίνακας 4.20. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-2 (pg/ml).

IL-2	F	p
Αλληλεπίδραση	2.00	.15
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	0.11	.74
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1.06	.36



Σχήμα 4.23. Συγκέντρωση IL-2 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών καλαθοσφαίρισης (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή).

Προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής

Στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Πίνακας 4.21.) σημειώθηκε σημαντική αύξηση αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης (post) στα λευκοκύτταρα (48%) σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (pre) ενώ είκοσι τέσσερις ώρες μετά (24h) παρατηρήθηκε πτώση κατά 10.5% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Συγκριτικά με τις μη αθλήτριες εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<.001$) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης (post). Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάστηκε και στα ουδετερόφιλα με σημαντική αύξηση (142.9%) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ενώ είκοσι τέσσερις ώρες μετά παρατηρήθηκε πτώση κατά 6.5%. Σημαντική διαφορά ($p<.001$) εντοπίστηκε και για τα ουδετερόφιλα με τις μη αθλήτριες αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης. Στα λεμφοκύτταρα αντίθετα παρουσιάστηκε σημαντική πτώση ($p<.001$) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης (20%) για τις αθλήτριες η οποία διατηρήθηκε και στις 24 ώρες μετά (14.5%) συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Τα μονοκύτταρα σημείωσαν σημαντική αύξηση (27%) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης και διέφεραν σημαντικά με τις μη αθλήτριες ($p<.05$).

Η κορτιζόλη παρουσίασε σημαντική μείωση (33.5%) αμέσως μετά την προπόνηση συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας ($p<.001$) για τις αθλήτριες. Αν και παρατηρήθηκε μείωση και στις μη αθλήτριες ($p<.001$) υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης ($p<.001$), με τις αθλήτριες να εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερες τιμές στην κορτιζόλη (Σχήμα 3.29.). Αναφορικά με την IL-6 οι αθλήτριες παρουσίασαν σημαντική αύξηση (29.8%) συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης και διέφεραν σημαντικά με τις μη αθλήτριες ($p<.001$). Αντιθέτως, στην IL-2 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση (15.2%) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας για τις αθλήτριες και συνεχίστηκε και στις 24 ώρες μετά (18.6%) διαφέροντας σημαντικά με τις μη αθλήτριες ($p<.01$). Στην αυξητική ορμόνη δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση (8.5%) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης για τις αθλήτριες ενώ την ίδια χρονική στιγμή οι μη αθλήτριες εμφάνισαν υψηλότερες τιμές παρουσιάζοντας σημαντική διαφορά με την ομάδα των αθλητριών ($p<.001$). Τέλος, στον IGF-I παρατηρήθηκε μείωση (7%) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης στις αθλήτριες παρουσιάζοντας σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις μη αθλήτριες ($p<.05$). Ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση της κάθε μεταβλητής.

Πίνακας 4.21. Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα) των υπό εξέταση μεταβλητών της ομάδας ρυθμικής γυμναστικής (n=12) και της ομάδας ελέγχου (n=12) στις χρονικές στιγμές μέτρησης (Pre: 8.00 π.μ., Post: 15.00 μ.μ., 24h: 8.00 π.μ.).

Μεταβλητές	Pre	Post	24h
Λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Ρυθμική γυμναστική	6.52 \pm 0.31	9.64 \pm 0.49 ^a	5.84 \pm 0.35 ^{a,b}
Ελέγχου	6.51 \pm 0.40	6.45 \pm 0.35*	6.52 \pm 0.40
Ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Ρυθμική γυμναστική	2.69 \pm 0.16	6.54 \pm 0.27 ^a	2.52 \pm 0.25 ^b
Ελέγχου	2.95 \pm 0.25	2.91 \pm 0.23*	2.96 \pm 0.26
Λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Ρυθμική γυμναστική	3.15 \pm 0.17	2.52 \pm 0.17 ^a	2.69 \pm 0.14 ^a
Ελέγχου	2.91 \pm 0.18	2.89 \pm 0.16	2.92 \pm 0.18
Μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$)			
Ρυθμική γυμναστική	0.35 \pm 0.04	0.45 \pm 0.03 ^a	0.38 \pm 0.03
Ελέγχου	0.32 \pm 0.05	0.31 \pm 0.05*	0.31 \pm 0.04
Ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Ρυθμική γυμναστική	0.28 \pm 0.04	0.08 \pm 0.04 ^a	0.21 \pm 0.04 ^{a,b}
Ελέγχου	0.27 \pm 0.02	0.27 \pm 0.03*	0.28 \pm 0.02
Βασεόφιλα ($\times 10^9/L$)			
Ρυθμική γυμναστική	0.031 \pm 0.004	0.025 \pm 0.003	0.028 \pm 0.004
Ελέγχου	0.036 \pm 0.004	0.043 \pm 0.008*	0.038 \pm 0.003
Κορτιζόλη (nmol/l)			
Ρυθμική γυμναστική	453.71 \pm 9.96	301.75 \pm 11.17 ^a	451.73 \pm 9.39 ^b
Ελέγχου	427.90 \pm 7.67	193.00 \pm 11.45 ^{*a}	427.02 \pm 7.68 ^b
IL-6 (pg/ml)			
Ρυθμική γυμναστική	1.66 \pm 0.07	2.15 \pm 0.12 ^a	1.72 \pm 0.11 ^b
Ελέγχου	1.50 \pm 0.04	1.57 \pm 0.04*	1.51 \pm 0.04
IL-2 (pg/ml)			
Ρυθμική γυμναστική	10.68 \pm 0.33	9.06 \pm 0.41 ^a	8.70 \pm 0.36 ^a
Ελέγχου	10.00 \pm 0.19	9.93 \pm 0.24	9.91 \pm 0.18*
Αυξητική ορμόνη (ng/ml)			
Ρυθμική γυμναστική	1.43 \pm 0.06	1.55 \pm 0.10 ^a	1.39 \pm 0.05 ^b
Ελέγχου	1.28 \pm 0.06	2.11 \pm 0.07*	1.29 \pm 0.04
IGF-I (nmol/l)			
Ρυθμική γυμναστική	37.38 \pm 3.45	34.72 \pm 2.45	31.95 \pm 2.82 ^a
Ελέγχου	43.40 \pm 2.71	43.83 \pm 3.00*	43.37 \pm 2.69*

$p < .05$: a διαφορά με το pre, b διαφορά με το post

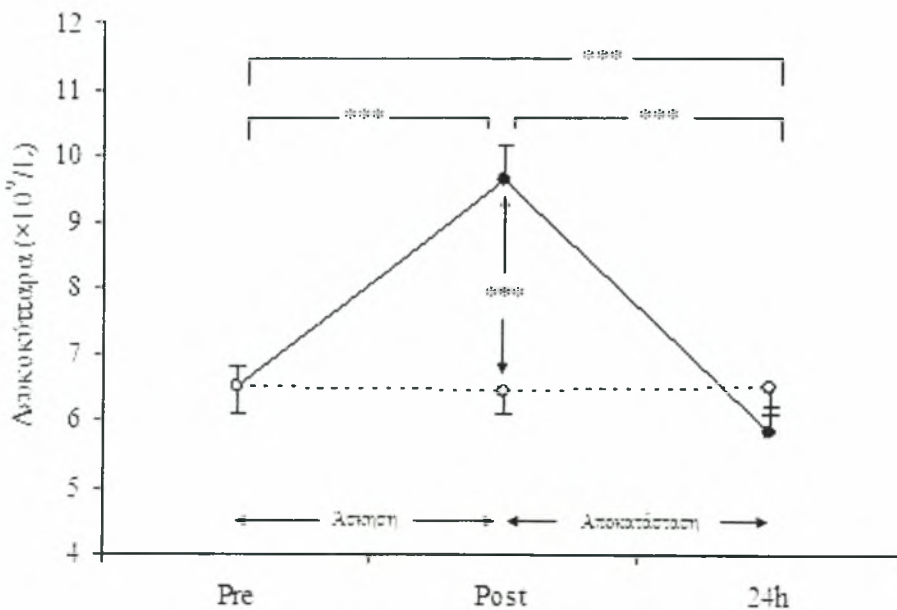
* $p < .05$: διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων

Λευκοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.22.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9α) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=47.30$, $p<.001$) στα λευκοκύτταρα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα λευκοκύτταρα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$) καθώς και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$), μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.24.).

Πίνακας 4.22. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λευκοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Λευκοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	47.30	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	2.94	.10
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	43.95	.001



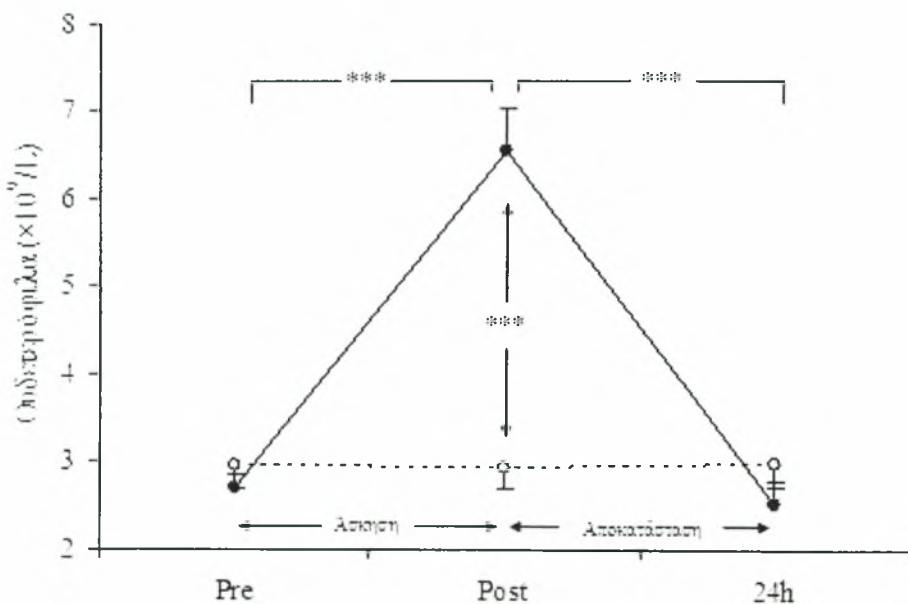
Σχήμα 4.24. Αριθμός λευκοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Ουδετερόφιλα

Από την εφαρμογή ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.23.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9β) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=57.99, p<.001$) στα ουδετερόφιλα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ουδετερόφιλα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$) καθώς και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$), μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.25.).

Πίνακας 4.23. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ουδετερόφιλα ($\times 10^9/L$).

Ουδετερόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	57.99	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	8.90	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	55.53	.001



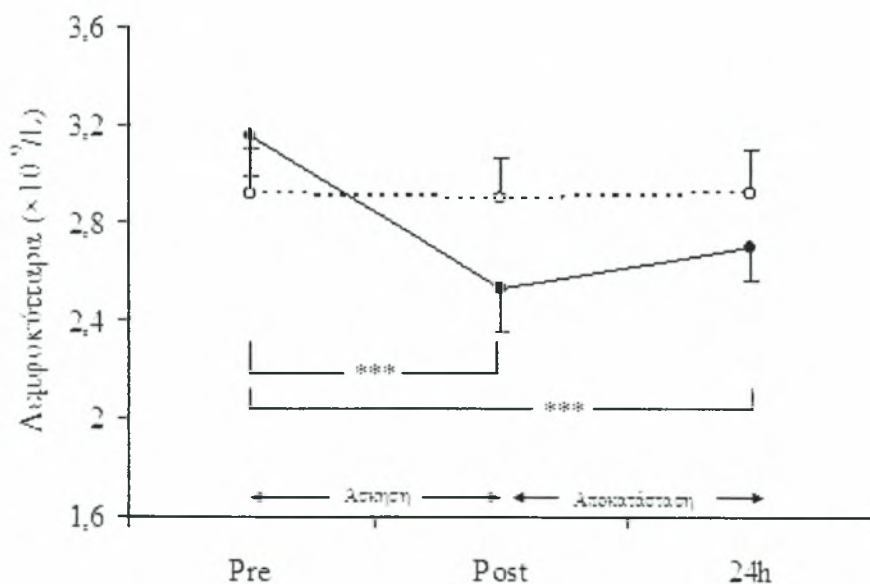
Σχήμα 4.25. Αριθμός ουδετερόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Λεμφοκύτταρα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.24.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9γ) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=16.30, p<.001$) στα λεμφοκύτταρα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα λεμφοκύτταρα μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.26.).

Πίνακας 4.24. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα λεμφοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Λεμφοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	16.30	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	0.27	.61
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	18.11	.001



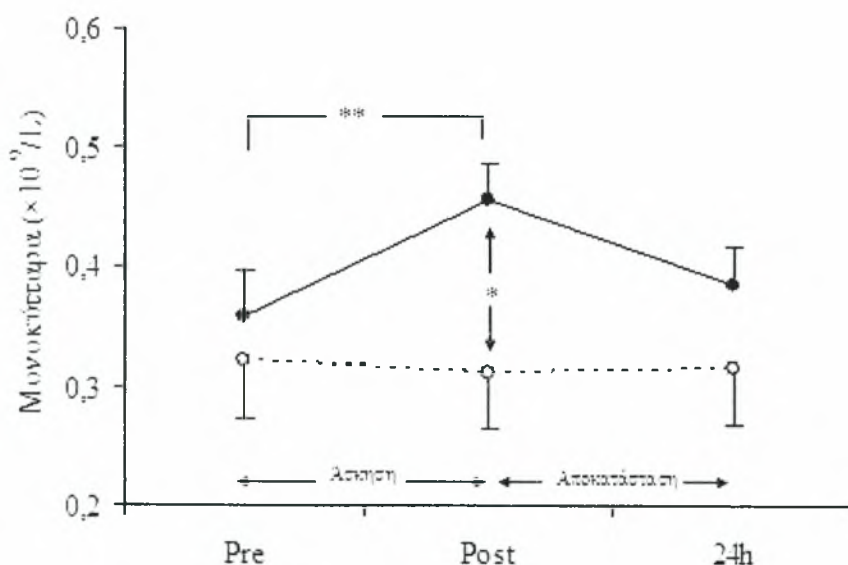
Σχήμα 4.26. Αριθμός λεμφοκυττάρων (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $***p<.001$.

Μονοκύτταρα

Από την εφαρμογή ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.25.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9δ) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=4.56, p<.05$) στα μονοκύτταρα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μονοκύτταρα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.05$) καθώς και μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.01$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.27.).

Πίνακας 4.25. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα μονοκύτταρα ($\times 10^9/L$).

Μονοκύτταρα	F	p
Αλληλεπίδραση	4.56	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	2.30	.143
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	3.23	.05



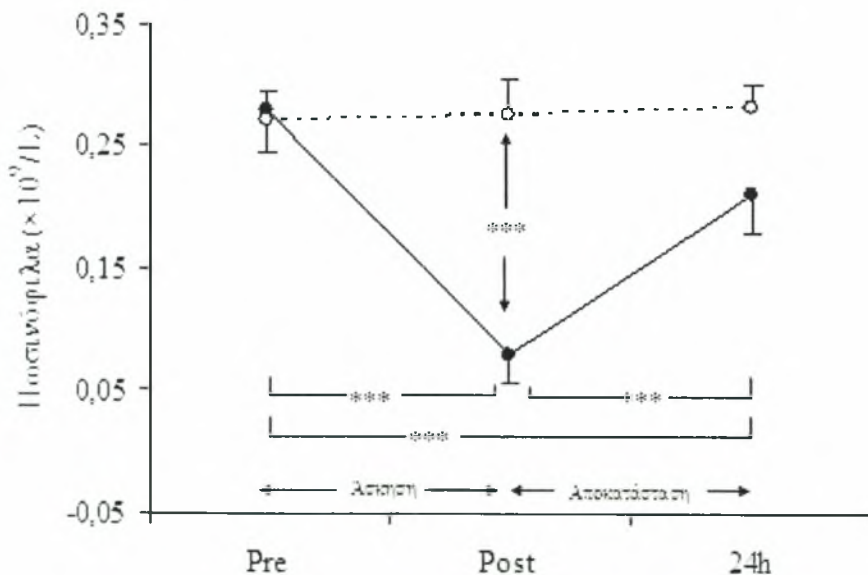
Σχήμα 4.27. Αριθμός μονοκυττάρων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με * $p<.05$, ** $p<.01$.

Ηωσινόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.26.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9ε) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=18.68, p<.001$) στα ηωσινόφιλα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ηωσινόφιλα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$). Επιπλέον διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$), μεταξύ δεύτερης και τρίτης ($p<.001$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.28.).

Πίνακας 4.26. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα ηωσινόφιλα ($\times 10^9/L$).

Ηωσινόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	18.68	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	6.23	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	17.64	.001



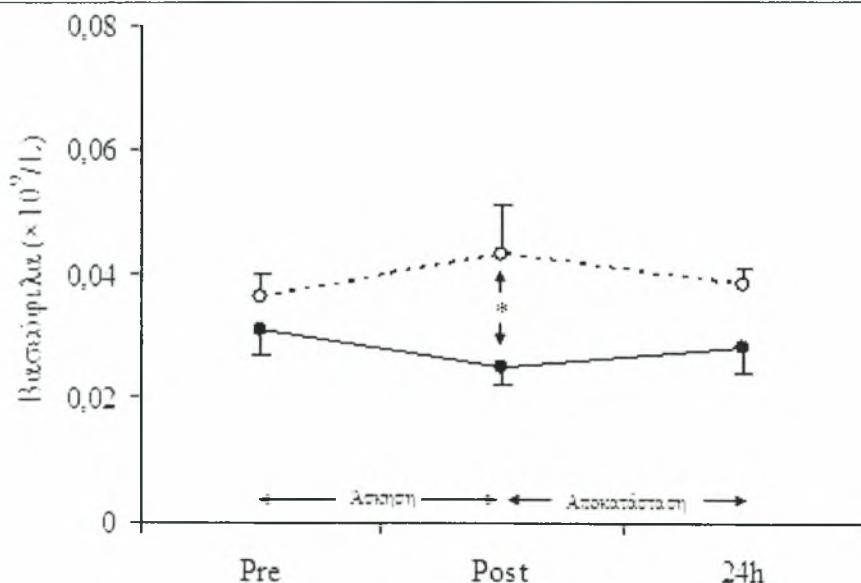
Σχήμα 4.28. Αριθμός ηωσινόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Βασεόφιλα

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.27.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (9στ). Εξαιτίας της παραβίασης της προϋπόθεσης της σφαιρικότητας στη συγκεκριμένη μεταβλητή (Mauchly's $W=.33$, $p=.001$) έγιναν διορθώσεις στους βαθμούς ελευθερίας (ϵ =Greenhouse-Geisser .60). Δεν διαπιστώθηκε λοιπόν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(1,2,26,36)}=1.59$, $p>.05$) στα βασεόφιλα. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(1,2,26,36)}=0.04$, $p>.05$). Αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα ($F_{(1,22)}=4.39$, $p<.05$). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα βασεόφιλα μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.05$) (Σχήμα 4.29.).

Πίνακας 4.27. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στα βασεόφιλα ($\times 10^9/L$).

Βασεόφιλα	F	p
Αλληλεπίδραση	1.59	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4.39	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	0.04	.97



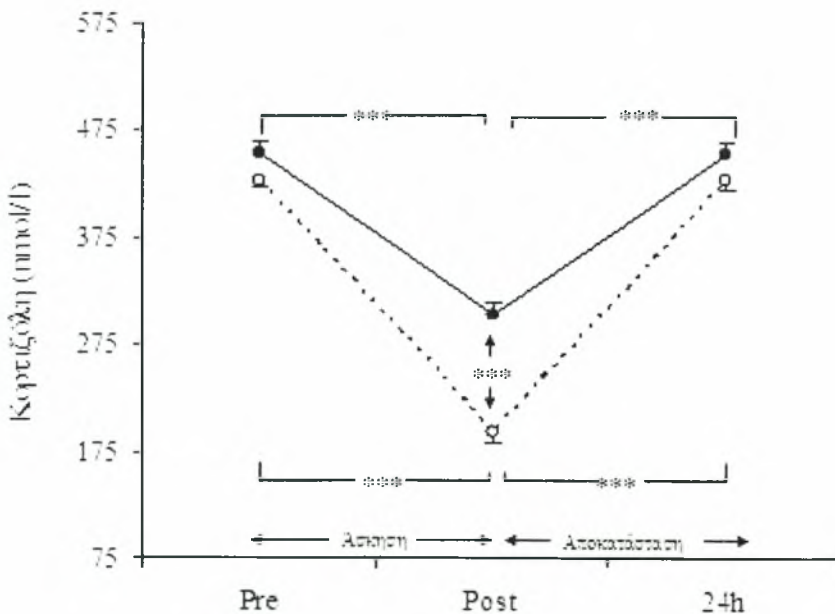
Σχήμα 4.29. Αριθμός βασεόφιλων (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με * $p<.05$.

Κορτιζόλη

Από την εφαρμογή ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.28.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9ζ) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=17.50, p<.001$) στην κορτιζόλη. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην κορτιζόλη μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$). Επιπλέον διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής καθώς και μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ελέγχου (Σχήμα 4.30.).

Πίνακας 4.28. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην κορτιζόλη (nmol/l).

Κορτιζόλη	F	p
Αλληλεπίδραση	17.50	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	28.61	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	372.96	.001



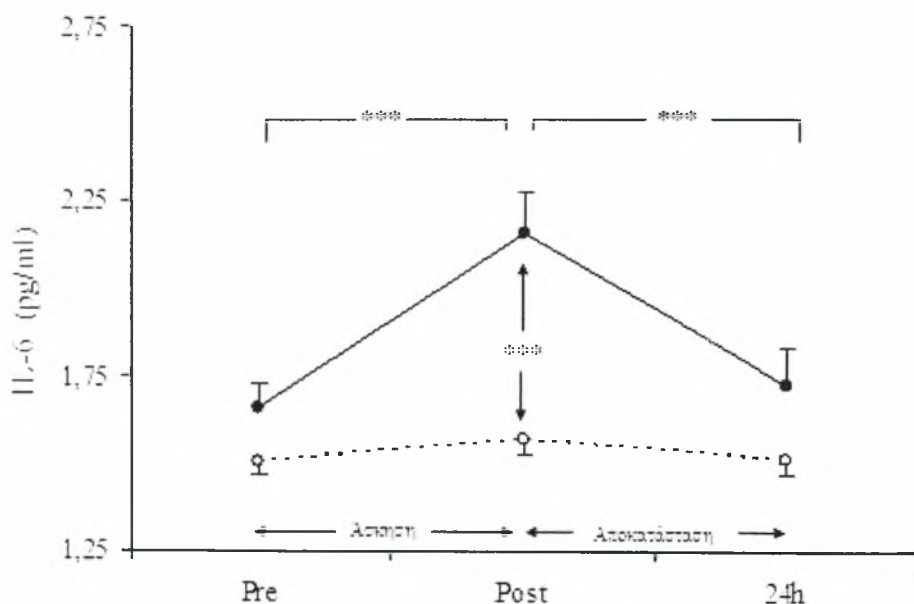
Σχήμα 4.30. Συγκέντρωση κορτιζόλης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Ιντερλευκίνη 6 (IL-6)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.29.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9η). Εξαιτίας της παραβίασης της προϋπόθεσης της σφαιρικότητας στη συγκεκριμένη μεταβλητή (Mauchly's $W=.484$, $p=.001$) έγιναν διορθώσεις στους βαθμούς ελευθερίας (ϵ =Greenhouse-Geisser .66). Διαπιστώθηκε λοιπόν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(1,32,29.03)}=8.48$, $p<.01$) στην IL-6. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$) καθώς και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.31.).

Πίνακας 4.29. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-6 (pg/ml).

IL-6	F	p
Αλληλεπίδραση	8.48	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	12.76	.01
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	14.44	.001



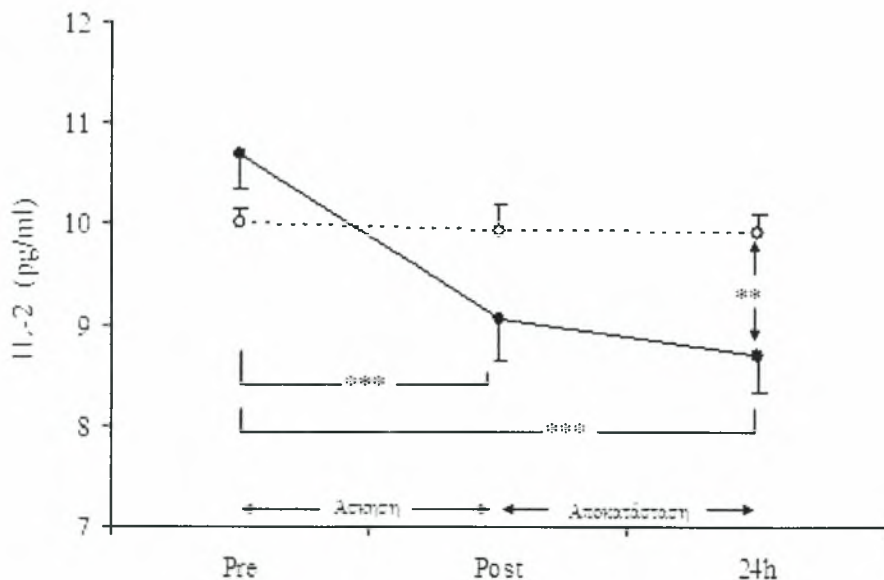
Σχήμα 4.31. Συγκέντρωση IL-6 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Ιντερλευκίνη 2 (IL-2)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.30.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (H_0) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=13.22, p<.001$) στην IL-2. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην IL-2 μεταξύ των δύο ομάδων στην 3^η μέτρηση ($p<.01$) και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.32.).

Πίνακας 4.30. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην IL-2 (pg/ml).

IL-2	F	p
Αλληλεπίδραση	13.22	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	1.79	.195
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	16.00	.001



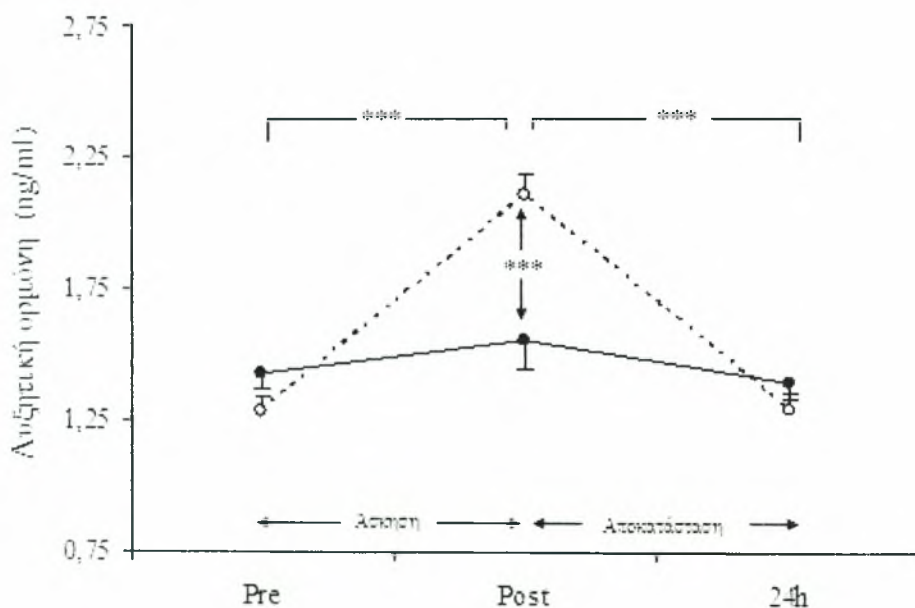
Σχήμα 4.32. Συγκέντρωση IL-2 (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με $**p<.01$, $***p<.001$.

Αυξητική ορμόνη (GH)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.31.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (91) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=25.05, p<.001$) στην αυξητική ορμόνη. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αυξητική ορμόνη μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.001$) και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ($p<.001$) και μεταξύ δεύτερης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ελέγχου (Σχήμα 4.33.).

Πίνακας 4.31. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στην αυξητική ορμόνη (ng/ml).

Αυξητική ορμόνη	F	p
Αλληλεπίδραση	25.05	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	2.12	.16
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	49.96	.001



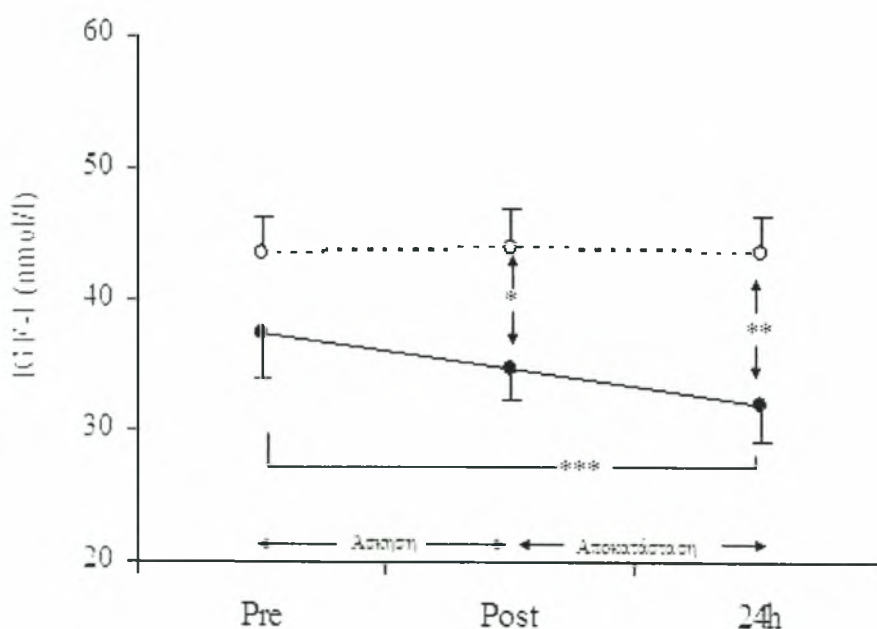
Σχήμα 4.33. Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με *** $p<.001$.

Ινσουλινοειδής παράγοντας ανάπτυξης I (IGF-I)

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.32.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων μόνο ο ένας είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα × χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (9ια) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης ($F_{(2,44)}=4.24, p<.05$) στον IGF-I. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στον IGF-I μεταξύ των δύο ομάδων στη 2^η μέτρηση ($p<.05$) και στη 3^η μέτρηση ($p<.01$). Επιπλέον, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και τρίτης μέτρησης ($p<.001$) στην ομάδα ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.34.).

Πίνακας 4.32. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες στον IGF-I (nmol/l).

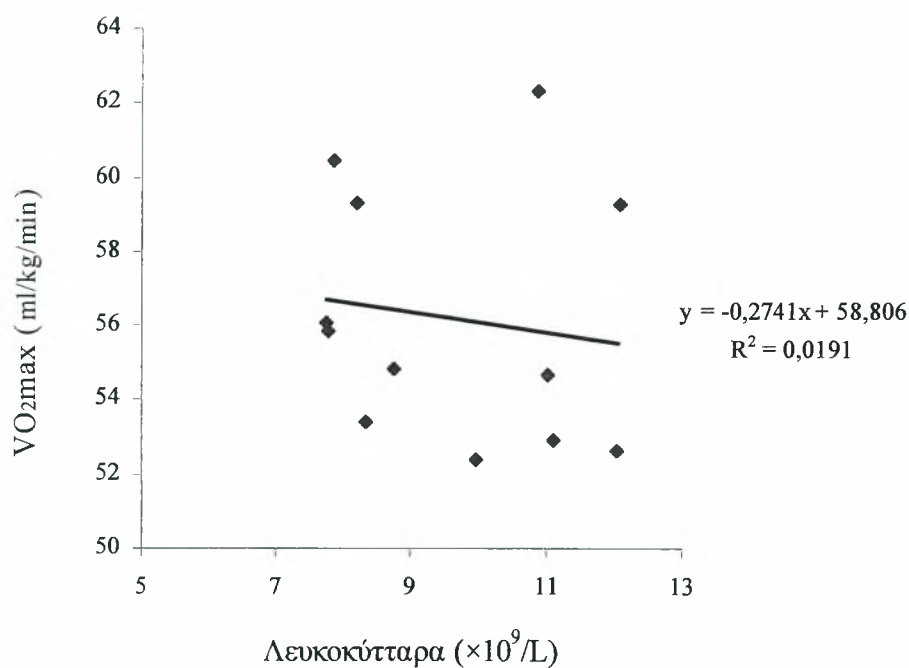
IGF-I	F	p
Αλληλεπίδραση	4.24	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	5.10	.05
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	4.37	.05



Σχήμα 4.34. Συγκέντρωση του IGF-I (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (συνεχής γραμμή) και των μη αθλητριών (διακεκομμένη γραμμή). Στατιστικά σημαντικές διαφορές με * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$.

Σχέση μεταξύ μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και αριθμού λευκοκυττάρων

Από την εφαρμογή της ανάλυσης συσχέτισης χρησιμοποιώντας τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r) έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση (12) διότι διαπιστώθηκε μη σημαντική συσχέτιση ($r = -.138$, $p > .05$) μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής (Σχήμα 4.35.).



Σχήμα 4.35. Σχέση μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) γυμναστικής και του αριθμού των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση των αθλητριών ρυθμικής.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται μια συνολική παρουσίαση του ερευνητικού έργου της παρούσας διατριβής. Συνοψίζονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, εξετάζονται συγκριτικά με τις υπάρχουσες μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας και τέλος παρουσιάζονται τα νέα ερευνητικά δεδομένα που προκύπτουν από την εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

Οξεία επίδραση της προπόνησης ποδοσφαίρου και καλαθοσφαίρισης σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος

Στη διεθνή βιβλιογραφία, οι περισσότερες μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην ανοσοποιητική λειτουργία αναφέρονται κυρίως σε αθλήματα αντοχής ή εξετάζουν συγκεκριμένα εργαστηριακά πρωτόκολλα με ποικίλους συνδυασμούς έντασης, διάρκειας και είδους άσκησης. Είναι λίγα τα δεδομένα που υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της προπόνησης των ομαδικών αθλημάτων σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος (Benoni et al., 1995a; Bishop et al., 1999; Bury et al., 1998; Malm et al., 2004; Rebelo et al., 1998). Οι περισσότερες μελέτες αφορούν κυρίως στην αξιολόγηση τους στις διαφορετικές προπονητικές περιόδους του ετήσιου κύκλου ενώ μόνο δύο εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης ποδοσφαίρου σε υποπληθυσμούς των λευκοκυττάρων (Bishop et al., 1999; Malm et al., 2004).

Λευκοκύτταρα

Στην παρούσα μελέτη, μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στα λευκοκύτταρα των αθλητριών κατά 70% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Μάλιστα η ανοδική πορεία των λευκοκυττάρων συνεχίστηκε και στην αποκατάσταση καθώς στις τέσσερις ώρες αργότερα ήταν κατά 78% υψηλότερες οι τιμές σε σχέση με την ηρεμία. Σημαντικές διαφορές λοιπόν, παρουσιάστηκαν συγκριτικά με τις μη αθλήτριες τόσο αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης όσο και στις τέσσερις ώρες αργότερα.

Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με πλήθος μελετών στη βιβλιογραφία, όπου το φαινόμενο της λευκοκυττάρωσης αποτελεί ένα από τα πιο αξιοσημείωτα γεγονότα που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της άσκησης και μετά τη λήξη της (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000). Ερευνητικά δεδομένα πιστοποιούν ότι η λευκοκυττάρωση πολλές φορές διαρκεί περισσότερο από τη διάρκεια της άσκησης που εφαρμόστηκε (Lancaster et al., 2005; Shek et al., 1995; Nieman et al., 1995a), στοιχείο που επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Γενικότερα, η διάρκεια της λευκοκυττάρωσης αλλά και το μέγεθός της εξαρτώνται από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης (Mackinnon, 1999). Στην παρούσα μελέτη η διάρκεια της προπόνησης ήταν δύο ώρες και η ένταση κυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα (75% HRmax). Σε μελέτες με παρόμοια χαρακτηριστικά έντασης και διάρκειας παρατηρούνται ανάλογες μεταβολές στον αριθμό των λευκοκυττάρων μετά το τέλος της άσκησης και για τις επόμενες 3.5 ώρες (Nieman et al., 1994; Tvede et al., 1993; Shinkai et al., 1992). Σημαντική αύξηση του συνολικού αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων παρατήρησαν και οι Bishop et al. (1999) σε μελέτη τους μετά την εφαρμογή συγκεκριμένου πρωτοκόλλου προπόνησης ποδοσφαίρου, σε 8 υγιείς άνδρες, μέλη πανεπιστημιακής ποδοσφαιρικής ομάδας. Επιπλέον, μία ώρα μετά το τέλος της προπόνησης τα λευκά αιμοσφαίρια παρέμειναν σημαντικά υψηλότερα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας παρουσιάζοντας ωστόσο πτώση σε σχέση με τις τιμές μετά το τέλος της προπόνησης.

Για το άθλημα της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες που να εξετάζουν την οξεία επίδραση της προπόνησης στα λευκά αιμοσφαίρια αλλά και γενικότερα σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος αν και η αναγκαιότητα της έρευνας στο συγκεκριμένο τομέα έχει τονιστεί σε προηγούμενες μελέτες (Anderson et al., 2003; Benoni et al., 1995a). Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν μετά το τέλος της προπόνησης ήταν ηπιότερες. Η διάρκεια της προπόνησης ήταν δύο ώρες και η ένταση κυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα (70% HRmax). Έτσι, αν και παρατηρήθηκε αύξηση αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης στα λευκοκύτταρα των αθλητριών κατά 15%, δεν ήταν αξιόλογη και δεν σημειώθηκε σημαντική διαφορά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Στην αποκατάσταση η αύξηση των λευκοκυττάρων συνεχίστηκε και στις τέσσερις ώρες αργότερα ήταν κατά 25% υψηλότερα τα λευκοκύτταρα συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Σημαντική διαφορά εντοπίστηκε σε αυτή τη χρονική στιγμή μεταξύ των αθλητριών καλαθοσφαίρισης και των μη αθλητριών. Είναι σαφές ότι η χαμηλότερη ένταση της

προπόνησης επέφερε μικρότερες μεταβολές στο συνολικό αριθμό των λευκοκυττάρων τόσο αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης όσο και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Η παρουσίαση των επιμέρους υποπληθυσμών των λευκών αιμοσφαιρίων που ακολουθεί θα συμβάλει στην εξήγηση της συμπεριφοράς του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων καθώς θα διευκρινιστεί ποιος υποπληθυσμός έπαιξε τον σημαντικότερο ρόλο στη διαμόρφωση αυτή τόσο στην ομάδα ποδοσφαίρου όσο και στην ομάδα καλαθοσφαίρισης.

Ουδετερόφιλα

Τα ουδετερόφιλα τα οποία περιλαμβάνονται στα φαγοκύτταρα του ανοσολογικού συστήματος είναι τα πιο πολυάριθμα και σημαντικότερα κύτταρα της φυσικής ανοσίας (Janeway et al., 2001). Τα ουδετερόφιλα μαζί με τα μονοκύτταρα/μακροφάγα παρέχουν την πρώτη γραμμή άμυνας των ανοσολογικών μηχανισμών του ξενιστή στα πρώτα στάδια της λοίμωξης. Τα κύτταρα αυτά εγκοιλώνουν και εξουδετερώνουν βακτήρια, μύκητες και ιούς απελευθερώνοντας από τα κοκκία τους τοξικά μόρια, όπως είναι οι ρίζες οξυγόνου. Επιπλέον, πολύ γρήγορα έλκονται στα σημεία των λοιμώξεων από χημειοτακτικούς παράγοντες που εκκρίνονται από άλλα κύτταρα του ανοσολογικού συστήματος, κυρίως από τα μονοκύτταρα/μακροφάγα. Σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στα ουδετερόφιλα των αθλητριών ποδοσφαίρου κατά 142% αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης η οποία διατηρήθηκε και στην αποκατάσταση φτάνοντας στις τέσσερις ώρες αργότερα κατά 154% υψηλότερα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και διαφέροντας σημαντικά με την ομάδα ελέγχου τόσο μετά το τέλος της προπόνησης όσο και στις τέσσερις ώρες αργότερα. Η συμπεριφορά αυτή των ουδετερόφιλων επέδρασε καταλυτικά στη διαμόρφωση της συνολικής τάσης των λευκοκυττάρων καθώς συνιστούν τη μεγαλύτερη υποκατηγορία τους καταλαμβάνοντας το 40-50% του συνολικού αριθμού τους (Paul, 2003).

Παρόμοια αύξηση για τα ουδετερόφιλα (περίπου 139%) αναφέρουν οι Bishop et al. (1999) μετά από ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο προπόνησης ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών και έντασης 84% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (υπολογιζόμενη με βάση την ηλικία) σε μέλη πανεπιστημιακής ποδοσφαιρικής ομάδας. Αντιθέτως, οι Malm et al. (2004) αναφέρουν μικρότερη αύξηση στα ουδετερόφιλα (68%) μετά από δύο συνεχόμενους ποδοσφαιρικούς αγώνες με 20 ώρες διαφορά ο ένας από τον άλλο. Ωστόσο, στη μελέτη αυτή δεν πραγματοποιήθηκε αιμοληψία μετά τον πρώτο αγώνα ή τουλάχιστον

πριν το δεύτερο με αποτέλεσμα να μη μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του πρώτου αγώνα, την ενδεχόμενη ανάληψη και κατόπιν τη συνολική επίδραση του πρώτου και δεύτερου αγώνα μαζί.

Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν κατά 37% και μάλιστα στις τέσσερις ώρες αργότερα η αύξηση αυτή συνεχίστηκε και έφτασε κατά 53% υψηλότερα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και διαφέροντας σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Ερευνητικά δεδομένα αναφέρουν ότι μετά το τέλος της άσκησης, η αύξηση των ουδετερόφιλων κυμάνθηκε από 20 - 50% για μέτριας έντασης δραστηριότητες (Nieman et al., 1994; Tvede et al., 1993; Shinkai et al., 1992), γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Η αύξηση αυτή μάλιστα συσχετίζεται από αρκετούς ερευνητές με την αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στο πλάσμα (McCarthy & Dale, 1988; Keast et al., 1988; Moorthy & Zimmerman, 1978), διότι είναι γνωστό ότι τα κορτικοστεροειδή είναι δυνατό να προκαλέσουν ουδετεροφιλία (Rabin et al., 1996; McCarthy & Dale, 1988). Σύμφωνα με αυτή την άποψη, η συγκέντρωση της κορτιζόλης αυξάνεται όταν η ένταση είναι μεγαλύτερη από το 60% της VO_2max . Σε αυτή την περίπτωση τα ουδετερόφιλα καθώς αποτελούν σημαντικό μέρος της μη ειδικής κυτταρικής ανοσίας έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνονται άμεσα στα σημεία τραυματισμού και φλεγμονής εντός των ιστών. Εκεί διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στη φαγοκυττάρωση και την αποικοδόμηση του κατεστραμμένου ιστού, ιδιαίτερα του σκελετικού μυός, απελευθερώνοντας χημικές ουσίες που εμπλέκονται στη φλεγμονή (Pedersen, 2005; Mackinnon, 1999).

Λεμφοκύτταρα

Στα λεμφοκύτταρα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές τόσο στην ομάδα ποδοσφαίρου όσο και στην ομάδα καλαθοσφαίρισης. Μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου σημειώθηκε μια μικρή πτώση κατά 6% περίπου συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Ωστόσο, τέσσερις ώρες αργότερα ο αριθμός των λεμφοκυττάρων είχε επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας. Παρόμοια τάση παρατηρήθηκε και στην ομάδα καλαθοσφαίρισης. Μελέτες αναφέρουν ότι κατά τη διάρκεια μέτριας έντασης άσκησης ο αριθμός των λεμφοκυττάρων παραμένει αμετάβλητος (Nieman et al., 1994; Rose & Bloomberg, 1989; Smith et al., 1989). Η περιορισμένη δυνατότητα άμεσης ανταπόκρισης των λεμφοκυττάρων στο στρες της άσκησης, οφείλεται στο γεγονός ότι επιτελούν ουσιαστικό

ρόλο στους ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς (με εξαίρεση τα κύτταρα φυσικούς φονείς), δηλαδή ανήκουν στη δεύτερη γραμμή άμυνας, κάτι το οποίο απαιτεί περισσότερο χρόνο για την αναγνώριση των αντιγόνων (Mastro & Bonneau, 2005; Janeway et al., 2001). Ωστόσο, σε μεγάλης διάρκειας (> 3 ώρες) και υψηλής έντασης άσκηση παρατηρείται σημαντική πτώση της συγκέντρωσης των λεμφοκυττάρων (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000; Nieman, 1997) που οδηγεί σε μειωμένη ικανότητα αντίστασης του οργανισμού σε ενδεχόμενες λοιμώξεις (Nieman & Pedersen, 1999), στοιχείο που δεν παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Bishop et al. (1999) μετά από την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου προπόνησης ποδοσφαίρου. Τα λεμφοκύτταρα αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης δε μεταβλήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και επιπλέον, μία ώρα μετά παρουσίασαν περαιτέρω πτώση αλλά όχι σημαντική σε σχέση με τις τιμές μετά το τέλος της προπόνησης. Αντιθέτως, οι Malm et al. (2004) εξετάζοντας την επίδραση δύο συνεχόμενων αγώνων ποδοσφαίρου με 20 ώρες διαφορά μεταξύ τους παρατήρησαν σημαντικές μεταβολές στα λεμφοκύτταρα. Ειδικότερα, αξιολογήθηκαν τα επίπεδα των λεμφοκυττάρων πριν τον πρώτο αγώνα, αμέσως μετά το δεύτερο, 6, 24, 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα. Το ποσοστό των λεμφοκυττάρων μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Ωστόσο, 24 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα το ποσοστό των λεμφοκυττάρων αυξήθηκε φτάνοντας τα επίπεδα ηρεμίας και η ίδια τάση συνεχίστηκε και στις 48 και 72 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα. Η μείωση των λεμφοκυττάρων μετά τον δεύτερο αγώνα είναι αποτέλεσμα της συνολική επίδρασης του πρώτου και δεύτερου αγώνα μαζί.

Αναφορικά με τους επιμέρους υποπληθυσμούς των λεμφοκυττάρων οι οποίοι αξιολογήθηκαν στην ομάδα ποδοσφαίρου ακολούθησαν την ίδια τάση με αυτή του συνολικού αριθμού των λεμφοκυττάρων. Ειδικότερα, μετά το τέλος της προπόνησης παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των CD4⁺ κατά 10% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας, η οποία όμως δεν ήταν σημαντική, ενώ κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης σημειώθηκε ανοδική τάση προσεγγίζοντας στις τέσσερις ώρες τα επίπεδα ηρεμίας. Παρόμοια τάση ακολούθησαν τα CD8⁺ και επομένως και ο λόγος CD4⁺/CD8⁺, τόσο αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης όσο και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Τα φυσικά φονικά κύτταρα παρουσίασαν πτώση κατά 12.5% αμέσως μετά το τέλος της

προπόνησης η οποία ωστόσο δεν ήταν σημαντική και στις τέσσερις ώρες αργότερα ο αριθμός των κυττάρων είχε επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας. Το σημαντικότερο εύρημα από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ότι η αναλογία των T βοηθητικών προς τα T κυτταροτοξικά ($CD4^+/CD8^+$) που θεωρείται μείζονος σημασίας για την καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος, καθώς επηρεάζει την παραγωγή των κυτταροκινών, ενεργοποιεί τα NK και τα T λεμφοκύτταρα και διεγείρει την παραγωγή και ωρίμανση των B κυττάρων (Shepherd, 2000) δεν παρουσίασε σημαντική πτώση μετά το τέλος της άσκησης. Αντιθέτως, σημαντική μείωση του λόγου ενδεχομένως να οδηγούσε σε ανοσοκαταστολή, αδυναμία του ξενιστή να εξουδετερώσει το αντιγόνο που επιτίθεται και τελικά ασθένεια (Bloom et al., 1992; Shek et al., 1995; Via & Shearer, 1988).

Μονοκύτταρα

Τα μονοκύτταρα μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου σημείωσαν αύξηση κατά 27% και στην αποκατάσταση συνέχισαν να αυξάνονται φτάνοντας κατά 40% υψηλότερα συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Μάλιστα σε αυτή τη χρονική στιγμή διέφεραν σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Η έλλειψη δεδομένων στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την ανταπόκριση των μονοκυττάρων μετά από προπόνηση ομαδικών αθλημάτων δεν μας επιτρέπει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης με άλλες. Η μοναδική μελέτη που παρέχει πληροφορίες σχετικά με αυτό τον υποπληθυσμό είναι των Malm et al. (2004) κατά την οποία εξετάστηκε η επίδραση δύο συνεχόμενων αγώνων ποδοσφαίρου σε παραμέτρους της κυτταρικής ανοσίας. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι ο αριθμός των μονοκυττάρων μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Ωστόσο, 24 ώρες μετά το τέλος του δεύτερου αγώνα τα επίπεδα των μονοκυττάρων αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές που παρουσίαζαν μετά το δεύτερο αγώνα και επομένως άρχισαν να επανέρχονται στις αρχικές τιμές ηρεμίας. Ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτής της μελέτης είναι ότι δεν πραγματοποιήθηκε αιμοληψία μετά τον πρώτο αγώνα ή τουλάχιστον πριν το δεύτερο με αποτέλεσμα να μη μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του πρώτου αγώνα και επομένως ενδεχόμενη σύγκριση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι παρακινδυνευμένη.

Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες μεταβολές στον αριθμό των μονοκυττάρων μετά το τέλος της άσκησης και στην αποκατάσταση συγκριτικά

με τα επίπεδα ηρεμίας. Ειδικότερα, σημειώθηκε αύξηση κατά 7.7% μετά το τέλος της άσκησης ενώ στις τέσσερις ώρες μετά τα μονοκύτταρα είχαν επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας. Ωστόσο, οι αθλήτριες καλαθοσφαίρισης εμφάνισαν σημαντική υπεροχή έναντι των μη αθλητριών στο συγκεκριμένο υποπληθυσμό τόσο μετά το τέλος της προπόνησης όσο και στις τέσσερις ώρες μετά. Ερευνητικά δεδομένα που αναφέρονται σε μέτριας έντασης άσκηση συμφωνούν με τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζοντας μικρή αύξηση του αριθμού των μονοκυττάρων (Tvede et al., 1993; Shinkai et al., 1992). Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η αύξηση που παρατηρήθηκε στα μονοκύτταρα αμέσως μετά την άσκηση ήταν μικρή για την ομάδα της καλαθοσφαίρισης, ωστόσο, διέφερε σημαντικά με την ομάδα ελέγχου. Η αύξηση αυτή πιθανόν να οφείλεται στο ρόλο που επιτελούν τα μονοκύτταρα κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της άσκησης, όπου εξέρχονται στην κυκλοφορία και κατευθύνονται προς τον κατεστραμμένο μυϊκό ιστό (Mackinnon, 1999). Η ανταπόκρισή τους, λοιπόν, είναι άμεση καθώς ανήκουν στις μη ειδικές ανοσολογικές αποκρίσεις.

Ηωσινόφιλα και βασεόφιλα

Στις αθλήτριες ποδοσφαίρου μετά το τέλος της προπόνησης αλλά και στην περίοδο της αποκατάστασης παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των ηωσινόφιλων χωρίς να είναι σημαντική και δεν διέφεραν σημαντικά με την ομάδα ελέγχου. Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης τα ηωσινόφιλα μειώθηκαν μετά το τέλος της άσκησης και στην αποκατάσταση ακολούθησαν την ίδια τάση. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές με την ομάδα ελέγχου σε καμία χρονική στιγμή. Μείωση αναφέρεται και στη βιβλιογραφία τόσο σε παρατεταμένη όσο και σε μικρής διάρκειας άσκηση (McCarthy & Dale, 1988). Ειδικότερα για τα αθλήματα του ποδοσφαίρου και της καλαθοσφαίρισης δεν υπάρχουν μελέτες οι οποίες να εξετάζουν τον υποπληθυσμό των ηωσινόφιλων. Ο πιθανότερος λόγος είναι ότι ο συγκεκριμένος υποπληθυσμός αποτελεί ένα μικρό ποσοστό των λευκοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία και ενδεχομένως οι όποιες μεταβολές αυτών έχουν περιορισμένη επίδραση στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων.

Τα βασεόφιλα δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου αλλά και κατά την περίοδο της αποκατάστασης και δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών. Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης

αν και σημειώθηκε μια μέτρια αύξηση στα βασεόφιλα μετά το τέλος της προπόνησης, ωστόσο διέφεραν σημαντικά με τις μη αθλήτριες μέχρι και τέσσερις ώρες μετά. Σε μελέτη που εφαρμόστηκε μέτρια (50% VO_2max) αλλά και υψηλής έντασης άσκηση (80% VO_2max), ο αριθμός των βασεόφιλων παρέμεινε αμετάβλητος (Nieman et al., 1994). Η έλλειψη δεδομένων στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την ανταπόκριση των βασεόφιλων μετά από προπόνηση ομαδικών αθλημάτων είναι έκδηλη. Τόσο στο ποδόσφαιρο όσο και στο μπάσκετ δεν υπάρχουν μελέτες οι οποίες να εξετάζουν τη συμπεριφορά του συγκεκριμένου υποπληθυσμού. Ο υποπληθυσμός των βασεόφιλων αποτελεί τη μικρότερη υποκατηγορία των λευκοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία και ενδεχομένως οι όποιες μεταβολές αυτών έχουν περιορισμένη επίδραση στο συνολικό αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα ηωσινόφιλα και είναι δύσκολο να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα (Mackinnon, 1999; McCarthy & Dale 1988). Ωστόσο, οι λειτουργίες που επιτελούν τα βασεόφιλα είναι αρκετά σημαντικές, καθώς εμπλέκονται κυρίως σε φλεγμονώδεις και αλλεργικές αντιδράσεις. Τα κοκκία τους περιέχουν ηπαρίνη και ισταμίνη τις οποίες απελευθερώνουν στις αλλεργικές καταστάσεις. Τέλος, έχουν τη δυνατότητα να παράγουν μια σειρά από κυτταροκίνες όπως IL-4, IL-5, IL-6 και TNF- α , οι οποίες επιδρούν σημαντικά στις καθυστερημένες αλλεργικές και φλεγμονώδεις αντιδράσεις.

Κορτιζόλη

Πολλές από τις μεταβολές που σημειώθηκαν στην ανοσοποιητική λειτουργία των αθλητριών μετά το τέλος της προπόνησης και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης σχετίζονται με τις στρεσογόνες ορμόνες και ειδικότερα με την κορτιζόλη. Η κορτιζόλη θεωρείται ότι έχει ανοσοκατασταλτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες (Goldfarb, 2005). Αρκετές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρουν σημαντική συσχέτιση της κορτιζόλης και των μεταβολών στον αριθμό των λευκοκυττάρων κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της άσκησης (Eskola et al., 1978; Gabriel et al., 1992b; Hansen et al., 1991; Moorthy & Zimmermann, 1978; Nieman et al., 1989; Nieman et al., 1995a).

Στην παρούσα μελέτη η συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου παρουσίασε μικρή αύξηση κατά 8% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας ωστόσο διέφερε σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Στις τέσσερις ώρες αργότερα τα επίπεδα κορτιζόλης των αθλητριών μειώθηκαν κατά 63% και δεν διέφεραν

σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης η συγκέντρωση κορτιζόλης παρότι μειώθηκε μετά το τέλος της προπόνησης κατά 14% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας, παρουσίασε σημαντική υπεροχή σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Η διαφορά αυτή αν και μειώθηκε αρκετά ήταν ωστόσο σημαντική και στις τέσσερις ώρες αργότερα.

Είναι σαφές λοιπόν, ότι δεν παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά το τέλος της προπόνησης τόσο στην ομάδα ποδοσφαίρου όσο και στην ομάδα καλαθοσφαίρισης εξαιτίας της ημερήσιας διακύμανσης που παρουσιάζει η συγκεκριμένη ορμόνη. Αυτό αποδεικνύεται από τη σημαντική διαφορά που εμφανίστηκε μεταξύ των αθλητριών και της ομάδας ελέγχου αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με την κορτιζόλη και την ημερήσια διακύμανση που διακρίνει τη συμπεριφορά της παρατήρησαν οι Hoffman et al. (2002) μετά από έναν ποδοσφαιρικό αγώνα. Επιπρόσθετα, έχει τεκμηριωθεί ότι υψηλής έντασης άσκηση (>60% VO_2max) έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης (Galbo, 1983). Ωστόσο, εάν η διάρκεια της άσκησης είναι σχετικά μεγάλη, ακόμη και μέτριας έντασης άσκηση μπορεί να επιφέρει αύξηση της κορτιζόλης καθώς εκκρίνεται με σκοπό την αύξηση της γλυκονεογένεσης και τη διατήρηση των επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα (Blannin, 2006).

Ιντερλευκίνη 6 (IL-6) και Ιντερλευκίνη 2 (IL-2)

Η συγκέντρωση της IL-6 μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου αυξήθηκε σημαντικά κατά 77% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας και υπήρχε σημαντική διαφορά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης σημειώθηκε σημαντική μείωση, δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων, ωστόσο οι τιμές παρέμειναν κατά 23.5% υψηλότερες σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας. Στην ομάδα καλαθοσφαίρισης παρατηρήθηκε παρόμοια τάση με την IL-6 να αυξάνεται αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης κατά 83% και να διαφέρει σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Στην αποκατάσταση σημειώθηκε σημαντική μείωση, δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών, αλλά η συγκέντρωση της IL-6 στις αθλήτριες ήταν κατά 24.5% υψηλότερη σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν σε μελέτη τους οι Ullum et al. (1994) μετά από μία ώρα άσκηση σε εργοποδήλατο στο 75% της VO_2max . Η IL-6 παρουσίασε σημαντική αύξηση κατά 80% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας ενώ, δύο ώρες μετά το τέλος της άσκησης η συγκέντρωση της επανήλθε στις τιμές ηρεμίας.

Αντιθέτως, μετά από μία ώρα άσκηση σε εργοποδήλατο με ένταση στο 60% της VO_{2max} δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στη συγκέντρωση IL-6 στο πλάσμα αμέσως μετά το τέλος της άσκησης αλλά και κατά την περίοδο της αποκατάστασης στις 3, 6 και στις 24 ώρες (Smith et al., 1992). Συνεπώς, καθοριστικής σημασίας παράγοντας για τη συμπεριφορά της IL-6 φαίνεται να αποτελεί ο συνδυασμός της διάρκειας με την ένταση της άσκησης.

Αρχικά, σε παλιότερες μελέτες υποστηρίχθηκε η υπόθεση ότι η αύξηση στη συγκέντρωση της IL-6 στο πλάσμα ήταν αποτέλεσμα του μυϊκού τραυματισμού (Bruunsgaard et al., 1997). Ωστόσο, είναι πλέον αποδεκτό ότι ο μυϊκός τραυματισμός από μόνος του αποτελεί έναν υποδεέστερο παράγοντα στην παρατηρούμενη αύξηση της συγκέντρωσης της IL-6 στο πλάσμα μετά την άσκηση (Lancaster, 2006). Μάλιστα, σε μελέτη στην οποία εφαρμόστηκε άσκηση παρατεταμένης διάρκειας σε εργοποδήλατο, διότι έχει διαπιστωθεί ότι το συγκεκριμένο είδος άσκησης προκαλεί σε ελάχιστο βαθμό μυϊκό τραυματισμό και συνεπώς δεν εκκινεί φλεγμονώδεις αντιδράσεις, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της IL-6 (Lancaster, 2006). Επιπλέον, σε μελέτη των Starkie et al. (2001) μετά από 60 λεπτά άσκησης είτε σε εργοδιάδρομο είτε σε εργοποδήλατο με την ίδια ένταση σημειώθηκε παρόμοια αύξηση στη συγκέντρωση της IL-6 στο πλάσμα. Επιπρόσθετα, σε μελέτη των Croisier et al. (1999) εκτελέστηκαν με διαφορά 3 εβδομάδων 2 συνεδρίες έκκεντρης άσκησης. Μετά την πρώτη συνεδρία παρατηρήθηκε η αναμενόμενη αύξηση της μυοσφαιρίνης (ως δείκτης μυϊκού τραυματισμού) και το φαινόμενο του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) καθώς και αύξηση της συγκέντρωσης της IL-6. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι γνωστό ότι μετά την περίοδο αποκατάστασης από ένα αρχικό ερέθισμα που προκαλεί μυϊκό τραυματισμό παρατηρούνται πολύ μικρότερα επίπεδα μυϊκού τραυματισμού στη δεύτερη συνεδρία άσκησης με τα ίδια χαρακτηριστικά. Στην παραπάνω μελέτη λοιπόν, σημειώθηκαν μικρές μεταβολές στη μυοσφαιρίνη και στον μυϊκό πόνο, ωστόσο η αύξηση της IL-6 ήταν σχεδόν η ίδια με αυτή που παρατηρήθηκε στην πρώτη συνεδρία. Συμπερασματικά τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών αποδεικνύουν ότι η αύξηση που παρατηρείται στην IL-6 μετά την άσκηση δεν οφείλεται κατά κύριο λόγο στον μυϊκό τραυματισμό.

Τα τελευταία χρόνια οι περισσότερες μελέτες συγκλίνουν στην άποψη ότι πρωταγωνιστικό ρόλο στην αύξηση της συγκέντρωσης της IL-6 που παρατηρείται κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της άσκησης παίζει ο συσπασμένος μυς (Febbraio & Pedersen, 2002). Σύμφωνα με αυτή την άποψη σε παρατεταμένης διάρκειας άσκηση

καθώς τα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου στους συστελλόμενους σκελετικούς μύες μειώνονται εκκρίνεται IL-6 από τους μύες με σκοπό την αύξηση της απελευθέρωσης γλυκόζης από το συκώτι και την αποφυγή περαιτέρω μείωσης της στο αίμα (Steensberg, Van Hall, Osada, Sacchetti, Saltin, & Klarlund, 2000). Η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται και από την παρατήρηση ότι μετά από λήψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς παρέχεται μια εξωγενής πηγή γλυκόζης που βοηθά στη διατήρηση της συγκέντρωσης γλυκόζης στο αίμα, η συγκέντρωση της IL-6 είναι χαμηλή (Nehlsen-Cannarella et al., 1997; Starkie et al., 2001). Στην παρούσα μελέτη η διάρκεια της προπόνησης ποδοσφαίρου και της καλαθοσφαίρισης φαίνεται ότι συντέλεσε στη σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της IL-6 με σκοπό να συμβάλει στη διατήρηση της ομοιοστασίας της γλυκόζης.

Αναφορικά με τη συγκέντρωση της IL-2, μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες μεταβολές και δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών. Παρατηρήθηκε μικρή μείωση κατά 4% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας, η οποία δεν ήταν σημαντική. Παρομοίως και στην ομάδα καλαθοσφαίρισης η IL-2 δεν σημείωσε αξιόλογες μεταβολές τόσο αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης όσο και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Επιπλέον δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αθλητριών και της ομάδας ελέγχου σε καμία χρονική στιγμή. Το αποτέλεσμα αυτό συνάδει και με την τάση που παρατηρήθηκε μετά το τέλος της προπόνησης και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης στα λεμφοκύτταρα, καθώς η ιντερλευκίνη 2 (IL-2) εκκρίνεται από τα ενεργοποιημένα CD4⁺ T κύτταρα και υποκινεί πολλές κυτταρικές λειτουργίες του ανοσολογικού συστήματος (Anderson, 1992), διεγείροντας τον πολλαπλασιασμό των T και B κυττάρων, τη διαφοροποίησή τους σε T φλεγμονώδη κύτταρα και την παραγωγή αντισωμάτων από τα πλασματοκύτταρα αντίστοιχα και επιδρώντας στην κυτταροτοξική δραστηριότητα των NK κυττάρων (Mackinnon, 1999).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με τα δεδομένα που αναφέρουν οι Bishop et al. (2005) οι οποίοι εξέτασαν τη συμπεριφορά της IL-2 σε 15 αθλητές ομαδικών αθλημάτων εφαρμόζοντας δύο πρωτόκολλα άσκησης 90 λεπτών με μέση ένταση 80% της VO₂max, σε δύο συνεχόμενες μέρες. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την άσκηση, αμέσως μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης τόσο την πρώτη όσο και τη δεύτερη μέρα. Η προπόνηση ήταν διαλειμματικής μορφής. Οι ερευνητές

αναφέρουν ότι δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες μεταβολές στην IL-2 τόσο μετά το τέλος της άσκησης και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης την πρώτη αλλά και τη δεύτερη μέρα. Φαίνεται λοιπόν, ότι η IL-2 δεν παρουσιάζει αξιόλογες μεταβολές μετά από προπόνηση με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, γεγονός που συμβάλλει καθοριστικά στην ικανότητα των ειδικών ανοσολογικών μηχανισμών να αντιμετωπίσουν ενδεχόμενες λοιμώξεις (Shephard, 2000).

Οξεία επίδραση της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος

Η αναγκαιότητα για σαφή γνώση και προσδιορισμό των φυσιολογικών χαρακτηριστικών και των λειτουργικών ιδιοτήτων του ανήλικου οργανισμού, προκύπτει εντονότερη στην περίπτωση συμμετοχής του νεαρού ατόμου σε καθημερινή, πολύωρη, έντονη και ιδιαίτερα απαιτητική προπόνηση, όπως είναι της ρυθμικής γυμναστικής. Την προσπάθεια αυτή, ενισχύουν οι μελέτες που ερευνούν τις σύγχρονες απαιτήσεις για αρμονική ανάπτυξη των νεαρών αθλητριών και τελειοποίηση του συστήματος της αθλητικής προπόνησης.

Λευκοκύτταρα

Η παρούσα μελέτη εξέτασε την οξεία επίδραση της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής στον αριθμό των λευκοκυττάρων, μέχρι και είκοσι τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης. Δεν υπάρχουν μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία στις οποίες να εξετάζεται η επίδραση μιας τυπικής προπονητικής μονάδας ρυθμικής γυμναστικής σε παραμέτρους της ανοσοποιητικής λειτουργίας. Στις περισσότερες μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στην ανοσοποιητική λειτουργία των παιδιών και των εφήβων, είτε έχουν εφαρμοστεί συγκεκριμένα εργαστηριακά πρωτόκολλα άσκησης (Eliakim et al., 1997; Shore & Shephard, 1998; Timmons et al., 2004; Timmons et al., 2006a) είτε έχουν χρησιμοποιήσει κάποιο τεστ μέγιστης προσπάθειας στο εργαστήριο (Boas et al., 1996; Wolach et al., 1998). Επιπρόσθετα, οι μελέτες που έχει να επιδείξει η διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση ενός συγκεκριμένου είδους προπόνησης σε παραμέτρους του ανοσολογικού συστήματος παιδιών και εφήβων είναι πραγματικά περιορισμένες (Perez et al., 2001; Nemet et al., 2003; Nemet et al., 2004).

Στην παρούσα μελέτη, μετά το τέλος της προπόνησης παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση (48%) του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων των αθλητριών σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας [9.64 ± 0.49 έναντι $6.52 \pm 0.31 (\times 10^9/L)$]. Η αύξηση αυτή είναι σύμφωνη με πλήθος μελετών στη βιβλιογραφία, όπου το φαινόμενο της λευκοκυττάρωσης αποτελεί ένα από τα πιο αξιοσημείωτα και συνηθέστερα γεγονότα που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της άσκησης και μετά τη λήξη της (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000). Ειδικότερα, η διάρκεια της λευκοκυττάρωσης αλλά και το μέγεθός της εξαρτώνται από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης (Mackinnon, 1999). Αρκετές μελέτες μάλιστα υποστηρίζουν ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει το μέγεθος της λευκοκυττάρωσης είναι η διάρκεια της άσκησης (Shek et al. 1995; Tvede et al., 1993; McCarthy & Dale, 1988). Το στοιχείο αυτό αποτέλεσε τον κύριο προσδιοριστικό παράγοντα διαμόρφωσης της συμπεριφοράς των λευκοκυττάρων και των υποπληθυσμών τους στην παρούσα μελέτη. Συγκριτικά με τα υπάρχοντα δεδομένα από μελέτες σε παιδιά και εφήβους (Boas et al., 1996; Eliakim et al., 1997; Perez et al., 2001; Shore & Shephard, 1998; Timmons et al., 2004; Timmons et al., 2006a; Wolach et al., 1998), το φαινόμενο της λευκοκυττάρωσης μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής παρουσιάστηκε εντονότερο.

Στις παραπάνω μελέτες η διάρκεια της προπόνησης κυμάνθηκε από 30 δευτερόλεπτα που ήταν το Wingate test (Boas et al., 1996; Wolach et al., 1998), 20 λεπτά αερόβια άσκηση σε εργοδιάδρομο (Eliakim et al., 1997), 30 λεπτά αερόβια άσκηση σε εργοποδήλατο (Shore & Shephard, 1998), μία ώρα άσκηση σε εργοποδήλατο (Timmons et al., 2004; Timmons et al., 2006a) έως και μία ώρα και 30 λεπτά προπόνηση ποδοσφαίρου (Perez et al., 2001). Η διάρκεια μιας τυπικής προπονητικής μονάδας ρυθμικής γυμναστικής κυμαίνεται από τέσσερις έως έξι ώρες και στην παρούσα μελέτη η προπόνηση διήρκεσε πέντε ώρες. Είναι σαφές λοιπόν, ότι η επιβάρυνση που δέχονται οι αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής αναπτυξιακής ηλικίας είναι αυξημένη, παρουσιάζεται εντονότερη συγκριτικά με άλλα αθλήματα στα οποία συμμετέχουν παιδιά και η επιβάρυνση αυτή αντανακλάται και σε παραμέτρους της ανοσοποιητικής λειτουργίας.

Αναφορικά με την περίοδο αποκατάστασης (24 ώρες μετά), τα λευκοκύτταρα μειώθηκαν σημαντικά συγκριτικά με τα επίπεδα που παρουσίαζαν αμέσως μετά το τέλος της άσκησης [5.84 ± 0.35 έναντι $9.64 \pm 0.49 (\times 10^9/L)$]. Μάλιστα, οι τιμές που παρουσίασαν ήταν χαμηλότερες κατά 10% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Διαφορετικά αποτελέσματα παρουσιάζουν και οι Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το

Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών. Σημαντική αύξηση στα λευκά αιμοσφαίρια παρουσίασαν μετά την άσκηση τόσο οι αθλήτριες γυμναστικής [8.408 ± 1.449 έναντι 6.243 ± 0.885 ($\times 10^9/L$)] όσο και οι μη αθλήτριες [8.408 ± 1.449 έναντι 6.243 ± 0.885 ($\times 10^9/L$)] ενώ 24 ώρες μετά επέστρεψαν στις αρχικές τιμές ηρεμίας. Προφανώς, καταλυτικό ρόλο στη διαφορά αυτή έπαιξε η διάρκεια της άσκησης.

Δυστυχώς δεν υπάρχουν άλλα συγκριτικά δεδομένα από διαφορετικά αθλήματα από τις υπάρχουσες μελέτες της βιβλιογραφίας. Στις μελέτες που έχει εξεταστεί η επίδραση μιας προπονητικής μονάδας ποδοσφαίρου (Perez et al., 2001), πάλης (Nemet et al., 2003) και υδατοσφαίρισης (Nemet et al., 2004) σε παιδιά και εφήβους δεν λήφθηκαν δείγματα αίματος κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης παρά μόνο πριν και μετά το τέλος της προπόνησης. Ενώ στις μελέτες που εφαρμόστηκαν εργαστηριακά πρωτόκολλα άσκησης (Boas et al. 1996; Shore & Shephard, 1998; Timmons et al., 2004; Timmons et al., 2006a) δείγματα αίματος λήφθηκαν μέχρι και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Στην παρούσα μελέτη, ωστόσο, επιλέχθηκε να εξεταστεί η συμπεριφορά κυτταρικών παραμέτρων του ανοσοποιητικού συστήματος μέχρι και είκοσι τέσσερις ώρες μετά με σκοπό να διαπιστωθεί αν μέχρι την επόμενη προπόνηση οι τιμές των λευκοκυττάρων έχουν επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας. Ωστόσο, απαιτείται η παρουσίαση και η μελέτη κάθε υποπληθυσμού των λευκοκυττάρων ξεχωριστά για να διαπιστωθεί ποιοι από αυτούς μεταβλήθηκαν, σε ποιο βαθμό και αν συνέβαλαν στη διαμόρφωση της συνολικής τάσης των λευκοκυττάρων τόσο αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης όσο και κατά την περίοδο της αποκατάστασης.

Ουδετερόφιλα

Αξιόλογη αύξηση παρουσίασαν τα ουδετερόφιλα κατά 142.9% αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης για τις αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής. Το γεγονός αυτό έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της συνολικής τάσης των λευκοκυττάρων, διότι τα ουδετερόφιλα αποτελούν τη μεγαλύτερη υποκατηγορία τους καταλαμβάνοντας συνήθως το 40 – 50% του συνολικού αριθμού τους (Paul, 2003). Κατά τη διάρκεια της άσκησης τα κύτταρα αυτά εισέρχονται στην κυκλοφορία, από τον μυελό των οστών που βρίσκονται κατά κύριο λόγο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή τους στο αίμα (Timmons,

2005). Η αύξηση αυτή μάλιστα συσχετίζεται από αρκετούς ερευνητές με την αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στο πλάσμα (McCarthy & Dale, 1988; Keast et al., 1988; Moorthy & Zimmerman, 1978), διότι είναι γνωστό ότι τα κορτικοστεροειδή είναι δυνατό να προκαλέσουν ουδετεροφιλία (Rabin et al., 1996; McCarthy & Dale, 1988). Επιπλέον, άλλος πιθανός διαμεσολαβητής της επιστράτευσης των ουδετερόφιλων κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της άσκησης θεωρείται η IL-6 (Steensberg, Fischer, Keller, Moller, & Pedersen, 2003). Σε προηγούμενες μελέτες έχει αναφερθεί ότι η IL-6 σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό των ουδετερόφιλων κατά τη διάρκεια της άσκησης σε ανθρώπους (Suzuki et al., 1999; Yamada, Suzuki, Kudo, Totsuka, Nakaji, & Sugawara, 2002) αλλά και μετά από έγχυση IL-6 σε ποντίκια (Ulich, del Castillo, & Guo, 1989) παρατηρήθηκε άμεση αύξηση στα επίπεδα των ουδετερόφιλων.

Εναλλακτικά, η ουδετεροφιλία που παρατηρείται μετά από άσκηση ενδεχομένως να αντανakλά μια αντιφλεγμονώδη απάντηση στον μυϊκό τραυματισμό που προκλήθηκε από την άσκηση (Suzuki et al., 1999; Stupka, Lowther, Chorneyko, Bourgeois, Hogben, & Tarnopolsky, 2000), ανεξάρτητα από οποιαδήποτε ορμονική επίδραση. Σε αυτή την περίπτωση τα ουδετερόφιλα αποτελώντας σημαντικό μέρος της μη ειδικής κυτταρικής ανοσίας έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνονται άμεσα στα σημεία τραυματισμού και φλεγμονής εντός των ιστών. Εκεί διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στη φαγοκυττάρωση και την αποικοδόμηση του κατεστραμμένου σκελετικού μυός, απελευθερώνοντας χημικές ουσίες που εμπλέκονται στη φλεγμονή (Pedersen, 2005; Mackinnon, 1999).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με τα δεδομένα που παρουσιάζουν οι Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών. Στη μελέτη αυτή, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του αριθμού των ουδετερόφιλων τόσο στις αθλήτριες όσο και στις μη αθλήτριες μετά την άσκηση. Μάλιστα, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο ίδιο δείγμα ατόμων της ίδιας ομάδας ερευνητών (Eliakim et al., 1997), κατά την οποία εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα, τόσο οι αθλήτριες όσο και οι μη αθλήτριες έτρεξαν σε εργοδιάδρομο για 20 λεπτά με ένταση 80-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Αμέσως μετά την άσκηση τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν σημαντικά τόσο για τις αθλήτριες γυμναστικής [3.554 ± 0.692 έναντι 2.710 ± 0.349 ($\times 10^9/L$)] όσο και για τις μη αθλήτριες [4.658 ± 1.184 έναντι 3.570 ± 1.000

($\times 10^9/L$]). Συγκριτικά με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρατηρούμε ότι μετά την προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής το μέγεθος της ουδετεροφιλίας ήταν μεγαλύτερο. Ο αριθμός των ουδετερόφιλων των αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής στην ηρεμία [2.69 ± 0.16 ($\times 10^9/L$)] σχεδόν τριπλασιάστηκε αμέσως μετά την άσκηση [6.54 ± 0.27 ($\times 10^9/L$)]. Η διαφορά αυτή οφείλεται στα χαρακτηριστικά της άσκησης που εφαρμόστηκε στις δύο αυτές μελέτες. Μάλιστα, ενώ η ένταση της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής κυμάνθηκε στο 75% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και στο αερόβιο τεστ στον εργοδιάδρομο στο 85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, η διάρκεια της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής που ήταν πέντε ώρες ουσιαστικά καθόρισε το μέγεθος της ουδετεροφιλίας.

Επιπλέον, σε μελέτες (Perez et al., 2001; Nemet et al., 2003; Nemet et al., 2004), κατά τις οποίες εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης με μεγαλύτερη διάρκεια (90 λεπτά) δεν είναι εφικτή η σύγκριση των αποτελεσμάτων με την παρούσα μελέτη καθώς εξετάζουν συγκεντρωτικά την κατηγορία των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων και δεν αναφέρουν τα αποτελέσματα της κάθε υποκατηγορίας χωριστά (ουδετερόφιλα, βασεόφιλα, ηωσινόφιλα). Επιπλέον, στις παραπάνω μελέτες δεν υπάρχει παρακολούθηση των υποπληθυσμών των λευκοκυττάρων κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης καθώς δείγματα αίματος λήφθηκαν μόνο πριν και μετά το τέλος της προπόνησης. Τα ουδετερόφιλα στην παρούσα μελέτη, είκοσι τέσσερις ώρες μετά την προπόνηση παρουσίασαν σημαντική πτώση και επέστρεψαν στα επίπεδα ηρεμίας. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα μελετών στη βιβλιογραφία στις οποίες υπάρχει παρακολούθηση κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης (Eliakim et al., 1997; Wolach et al. 1998).

Από τις παραπάνω μελέτες διαπιστώνουμε ότι τα ουδετερόφιλα παρουσιάζουν αύξηση μετά το τέλος της άσκησης. Καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της αύξηση αυτής φαίνεται να διαδραματίζει πρωτίστως η διάρκεια της δραστηριότητας. Ενώ ο ρυθμός αποκατάστασης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το συνδυασμό της διάρκειας με την ένταση της άσκησης. Η μεγάλη διάρκεια που απαιτείται για την προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής επιφέρει μια μοναδική αύξηση στον αριθμό των ουδετερόφιλων των αθλητριών. Ωστόσο, είκοσι τέσσερις ώρες μετά μέχρι τη επόμενη προπόνηση τα ουδετερόφιλα που αποτελούν και τα πιο πολυάριθμα κύτταρα της φυσικής ανοσίας φαίνεται να αποκαθίστανται και να επιστρέφουν στα επίπεδα ηρεμίας.

Λεμφοκύτταρα

Τα λεμφοκύτταρα είναι η δεύτερη μεγαλύτερη υποκατηγορία των λευκοκυττάρων και για τα παιδιά μέχρι 14 ετών αποτελούν το 48% (20-70%) των λευκών αιμοσφαιρίων (Πρωτόπαπας, 1995). Κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στους ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς άμυνας (επίκτητη ανοσία) αφού λειτουργούν ως «αναγνωριστικά κύτταρα» σε ειδικές ανοσολογικές αποκρίσεις εξαιτίας της ικανότητάς τους να εκκρίνουν τα διαφορετικά αντιγόνα (Janeway et al., 2001).

Μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής παρατηρήθηκε σημαντική πτώση του αριθμού των λεμφοκυττάρων κατά 20% και η πτώση αυτή διατηρήθηκε και κατά την περίοδο της αποκατάστασης. Στις είκοσι τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης τα επίπεδα των λεμφοκυττάρων ήταν κατά 14.5% χαμηλότερα συγκριτικά με την ηρεμία. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ενήλικες με σκοπό την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των λεμφοκυττάρων αναφέρουν ότι σε μεγάλης διάρκειας (> 3 ώρες) και υψηλής έντασης άσκηση παρατηρείται μια αξιοσημείωτη πτώση της συγκέντρωσης των λεμφοκυττάρων (Nieman, 1997; Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000) που οδηγεί σε μειωμένη ικανότητα αντίστασης του οργανισμού σε ενδεχόμενες λοιμώξεις (Nieman & Pedersen, 1999). Ειδικότερα, έχει παρατηρηθεί ότι σε έντονη και μεγάλης διάρκειας άσκηση, η πτώση των λεμφοκυττάρων είναι αισθητή ήδη πριν την ολοκλήρωσή της (Shephard & Shek, 1999).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προσφέρουν μοναδικές πληροφορίες σχετικά με την ανταπόκριση των ειδικών ανοσολογικών μηχανισμών μετά από άσκηση με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά διάρκειας και έντασης κατά την αναπτυξιακή ηλικία. Στις υπάρχουσες μελέτες στη βιβλιογραφία, που εξετάζουν την επίδραση μιας προπονητικής μονάδας ποδοσφαίρου (Perez et al., 2001), πάλης (Nemet et al., 2003) και υδατοσφαίρισης (Nemet et al., 2004) στην επίκτητη ανοσία αθλητών αναπτυξιακής ηλικίας, η διάρκεια της άσκησης ήταν πολύ μικρότερη συγκριτικά με αυτή της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής. Ωστόσο, το στοιχείο της διάρκειας δεν αποτελεί το σημαντικότερο λόγο για τον οποίο δεν είναι εφικτή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης με τις προαναφερθείσες μελέτες, καθώς οι μεταβολές των λεμφοκυττάρων εξαρτώνται περισσότερο από την ένταση και σε μικρότερο βαθμό από τη διάρκεια της άσκησης (Bishop, 2006). Στις παραπάνω μελέτες η ένταση της άσκησης είτε δεν αξιολογήθηκε καθόλου (Perez et al., 2001) και απλά αναφέρεται από τους ερευνητές

το είδος του πρωτοκόλλου άσκησης και η διάρκειά του, είτε δεν είναι απόλυτα καθορισμένη (Nemet et al., 2003; Nemet et al., 2004) καθώς πραγματοποιήθηκε μέτρηση της καρδιακής συχνότητας σε δεδομένες χρονικές στιγμές (30^ο και 60^ο λεπτό της άσκησης) και όχι σε όλη τη διάρκεια της προπόνησης. Επιπλέον, στις παραπάνω μελέτες δείγματα αίματος λήφθηκαν μόνο πριν και αμέσως μετά το τέλος της άσκησης και συνεπώς δεν υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησης της συμπεριφοράς των λεμφοκυττάρων κατά την περίοδο αποκατάστασης.

Στις μελέτες που εφαρμόστηκαν εργαστηριακά πρωτόκολλα άσκησης (Boas et al. 1996; Timmons et al., 2004) δείγματα αίματος λήφθηκαν μέχρι και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Ειδικότερα στη μελέτη των Boas et al. (1996) κατά την οποία εξετάστηκε επίδραση της αναερόβιας άσκησης (Wingate test) στον αριθμό των λεμφοκυττάρων αθλητών κολύμβησης αλλά και μη αθλητών, δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την έναρξη του τεστ, τρία λεπτά μετά και μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, μία ώρα μετά το τέλος του τεστ, τα λεμφοκύτταρα μειώθηκαν. Ωστόσο, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η μείωση αυτή συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας δεν ήταν σημαντική. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Timmons et al. (2004) οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση ενός αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης σε εργοποδήλατο διάρκειας μίας ώρας και έντασης 70% της VO₂max σε δώδεκα αγόρια ηλικίας 9.8 ετών.

Στην παρούσα μελέτη, ωστόσο, επιλέχθηκε να εξεταστεί η συμπεριφορά των λεμφοκυττάρων μέχρι και είκοσι τέσσερις ώρες μετά με σκοπό να διαπιστωθεί αν μέχρι την επόμενη προπόνηση οι μεταβολές αυτές έχουν αποκατασταθεί. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αν και παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του αριθμού των λεμφοκυττάρων για την ομάδα ρυθμικής γυμναστικής τόσο μετά το τέλος της προπόνησης όσο και κατά την περίοδο της αποκατάστασης συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας δεν διέφεραν ωστόσο σε καμία χρονική στιγμή με την ομάδα ελέγχου. Συνεπώς, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι ενδεχομένως οι μεταβολές αυτές δεν έχουν κλινική σημασία και δεν επηρεάζουν σημαντικά τους ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς των αθλητριών που θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας αντίστασης του οργανισμού σε ενδεχόμενες λοιμώξεις. Η εξέταση της ιντερλευκίνη 2 (IL-2), που ακολουθεί σε επόμενο κεφάλαιο θα διαφωτίσει περισσότερο τα ευρήματα σχετικά με τη συμπεριφορά των λεμφοκυττάρων,

καθώς η κυτταροκίνη αυτή εκκρίνεται κυρίως από τα ενεργοποιημένα CD4⁺ T λεμφοκύτταρα και υποκινεί πολλές κυτταρικές λειτουργίες του ανοσολογικού συστήματος.

Μονοκύτταρα

Οι μεταβολές που προκαλούνται στα μονοκύτταρα μετά το τέλος της άσκησης είναι καθοριστικής σημασίας καθώς τα κύτταρα αυτά ανήκουν στην πρώτη γραμμή άμυνας του ανοσολογικού συστήματος και έχουν τη δυνατότητα να ενεργοποιούνται άμεσα. Τα μονοκύτταρα εμπλέκονται στα πρώτα στάδια των μη ειδικών ανοσολογικών μηχανισμών κυρίως μέσω της φαγοκυττάρωσης των μικροοργανισμών και ειδικότερα των βακτηρίων που έχουν εισχωρήσει στον οργανισμό. Επιπλέον, τα μονοκύτταρα/μακροφάγα διαμεσολαβούν στους μετέπειτα ειδικούς ανοσολογικούς μηχανισμούς εκκρίνοντας κυτταροκίνες, όπως η IL-1, IL-6, TNF-α οι οποίες ενεργοποιούν τα λεμφοκύτταρα και υποκινούν φλεγμονώδεις διεργασίες. Ενδεχόμενη αύξηση λοιπόν, των μονοκυττάρων στην κυκλοφορία πιθανόν να συντελεί στην αύξηση αυτών των παραγόντων (Mackinnon, 1999).

Στην παρούσα μελέτη, μετά το τέλος της προπόνησης παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση (27%) του συνολικού αριθμού των μονοκυττάρων των αθλητριών σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και διέφεραν σημαντικά από τις μη αθλήτριες, οι οποίες δεν παρουσίασαν μεταβολές στον αριθμό των μονοκυττάρων στις διαφορετικές χρονικές στιγμές των μετρήσεων. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα δεδομένα που αναφέρουν οι Boas et al. (1996), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση της αναερόβιας άσκησης (Wingate test) στο ανοσοποιητικό σύστημα 16 κολυμβητών. Ο συνολικός αριθμός των μονοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας μετά το τέλος της άσκησης. Αντίθετα, σε μελέτη των Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν και αυτοί το Wingate test για να αξιολογήσουν την ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος σε 7 αθλήτριες ενόργανης, ο αριθμός των μονοκυττάρων δε μεταβλήθηκε σημαντικά μετά την άσκηση αν και υπήρχε μία τάση αύξησης. Ωστόσο, σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών (Eliakim et al., 1997), στο ίδιο δείγμα ατόμων εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στα μονοκύτταρα. Οι αθλήτριες έτρεξαν σε εργοδιάδρομο για 20 λεπτά με ένταση 80-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Σε αντίθεση με την προηγούμενη μελέτη, αμέσως μετά την άσκηση τα μονοκύτταρα αυξήθηκαν σημαντικά για τις αθλήτριες γυμναστικής.

Επιπρόσθετα, σημαντικές αυξήσεις στον αριθμό των μονοκυττάρων αναφέρουν και

οι Nemet et al. (2003) μετά από μια τυπική προπονητική μονάδα υδατοσφαίρισης διάρκειας 90 λεπτών, σε 10 κορίτσια ηλικίας 14-16 ετών. Αλλά και μετά από μια προπόνηση πάλης διάρκειας 90 λεπτών σε 11 εφήβους ηλικίας 14-18.5 ετών, σε μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση του αριθμού των μονοκυττάρων. Οι αυξήσεις που σημειώθηκαν στα μονοκύτταρα στις παραπάνω μελέτες φτάνουν μέχρι και 100% υψηλότερα συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας των συγκεκριμένων αθλητών και αθλητριών. Τα παραπάνω ποσοστά ξεπερνούν τα δεδομένα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη. Ωστόσο, ενδεχόμενη σύγκριση των παραπάνω μελετών με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με σκοπό τη διεξαγωγή συμπερασμάτων θα μπορούσε να θεωρηθεί παρακινδυνευμένη καθώς διαφέρουν τόσο ως προς τα χαρακτηριστικά της διάρκειας και της έντασης, όσο και ως προς την ηλικία των αθλητριών.

Ηωσινόφιλα και βασεόφιλα

Τα ηωσινόφιλα αποτελούν ένα μικρό ποσοστό των λευκοκυττάρων που βρίσκονται στην κυκλοφορία. Κύρια λειτουργία τους είναι η φαγοκυττάρωση μικροοργανισμών και πιστεύεται ότι συμμετέχουν και στους μηχανισμούς άμυνας έναντι των παρασιτικών λοιμώξεων (Janeway et al., 2001). Οι φυσιολογικές τιμές των ηωσινόφιλων για τα παιδιά κυμαίνονται από 0-0.6 ($\times 10^9/L$) και αποτελούν το 2.6% (0-8%) των λευκών αιμοσφαιρίων. Επομένως, επηρεάζουν κατά ένα μικρό ποσοστό τη συνολική τάση των λευκοκυττάρων. Μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής, τα ηωσινόφιλα παρουσίασαν σημαντική πτώση κατά 72% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας και διέφεραν σημαντικά και με τις μη αθλήτριες. Επιπλέον, είκοσι τέσσερις ώρες μετά ενώ παρουσίασαν ανοδική πορεία δεν επέστρεψαν στα επίπεδα ηρεμίας αλλά ήταν κατά 25% χαμηλότερη η συγκέντρωσή τους στο αίμα. Ωστόσο, δε διέφεραν σημαντικά με τις μη αθλήτριες στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή μέτρησης.

Δεν είναι εφικτή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης με άλλες καθώς δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της άσκησης κατά την αναπτυξιακή ηλικία στα ηωσινόφιλα. Στις περισσότερες μελέτες τα ηωσινόφιλα συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων και δεν εξετάζονται ξεχωριστά (Boas et al., 1996; Nemet et al., 2003; Nemet et al., 2004; Perez et al., 2001; Shore & Shephard, 1998). Η μοναδική μελέτη που εξετάζει την επίδραση της

άσκησης στα ηωσινόφιλα είναι των Wolach et al. (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το Wingate test για αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής ηλικίας 10 έως 12 ετών. Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά και 24 ώρες μετά την άσκηση, όπως και στην παρούσα μελέτη. Ωστόσο, στη μελέτη αυτή, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα ηωσινόφιλα των αθλητριών τόσο μετά την άσκηση όσο και κατά την περίοδο της αποκατάστασης. Ενδεχομένως, η σύντομη διάρκεια του προπονητικού ερεθίσματος συντέλεσε στο γεγονός αυτό και διαφοροποίησε τα αποτελέσματα από την παρούσα μελέτη για τον υποπληθυσμό των ηωσινόφιλων.

Αναφορικά με τον υποπληθυσμό των βασεόφιλων ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της άσκησης κατά την αναπτυξιακή ηλικία. Στις περισσότερες μελέτες τα βασεόφιλα όπως και τα ηωσινόφιλα συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία των πολυμορφοπύρηνων κοκκιοκυττάρων. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει το παραπάνω γεγονός είναι ότι ο συγκεκριμένος υποπληθυσμός αποτελεί τη μικρότερη κατηγορία των λευκών αιμοσφαιρίων και η όποια μεταβολή του δεν επιδρά καθοριστικά στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς των λευκοκυττάρων. Στην παρούσα μελέτη, αμέσως, μετά το τέλος της προπόνησης ο αριθμός των βασεόφιλων μειώθηκε αλλά όχι σημαντικά. Επιπλέον, στην περίοδο αποκατάστασης φαίνεται τα κύτταρα αυτά να ακολουθούν μια ανοδική πορεία χωρίς ωστόσο στις είκοσι τέσσερις ώρες μετά να έχουν επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας.

Κορτιζόλη

Στη διεθνή βιβλιογραφία είναι χαρακτηριστική η έλλειψη δεδομένων σχετικά με την οξεία επίδραση της άσκησης στην κορτιζόλη κατά την αναπτυξιακή ηλικία και μάλιστα με σκοπό να διερευνηθεί η πιθανή συμμετοχή της στις μεταβολές των παραμέτρων του ανοσολογικού συστήματος. Ωστόσο, σε μελέτες στις οποίες εξετάζεται η οξεία επίδραση της άσκησης σε παραμέτρους της κυτταρικής και χυμικής ανοσίας κατά την αναπτυξιακή ηλικία τονίζεται η ανάγκη διερεύνησης της πιθανής συμβολής της κορτιζόλης στις μεταβολές που παρατηρούνται μετά την άσκηση. Ειδικότερα, σε μελέτη των Eliakim et al. (1997) κατά την οποία εξετάστηκε η οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα σε 7 αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής και 6 μη αθλήτριες ηλικίας 10 έως 12 ετών, παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στον αριθμό των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση τόσο στις αθλήτριες όσο και στις μη αθλήτριες. Οι

ερευνητές αναφέρουν ότι οι μεταβολές αυτές ενδεχομένως να οφείλονται στην επίδραση στρεσογόνων ορμονών και συγκεκριμένα στην κορτιζόλη. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη μελέτη δεν εξετάστηκε η μεταβολή της συγκέντρωσης της κορτιζόλης και συνεπώς παραμένει μόνο ως υπόθεση ο παραπάνω ισχυρισμός.

Στην παρούσα μελέτη η συγκέντρωση της κορτιζόλης αμέσως μετά την προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής μειώθηκε κατά 33.5% σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Η μείωση που παρατηρήθηκε στην ομάδα ελέγχου που δεν ασκήθηκε ήταν 55% την ίδια χρονική στιγμή, με αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντική διαφορά με τις αθλήτριες. Η πτώση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στην ομάδα ελέγχου οφείλεται στις σημαντικές διακυμάνσεις που παρουσιάζει η ορμόνη αυτή σημειώνοντας υψηλότερες τιμές το πρωί και χαμηλότερες το βράδυ (Guyton & Hall, 1996; Krieger et al., 1971). Είκοσι τέσσερις ώρες μετά η συγκέντρωση της κορτιζόλης στο αίμα είχε επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας τόσο για τις αθλήτριες όσο και για την ομάδα ελέγχου. Η μοναδική λοιπόν, σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων σημειώθηκε αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν σε μελέτη τους οι Timmons et al. (2006b) στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης στη μεταβολή της συγκέντρωσης της κορτιζόλης σε αγόρια ηλικίας 12 ετών μετά από μία ώρα άσκηση στο εργοποδήλατο με ένταση στο 70% της VO_2max . Η κορτιζόλη μειώθηκε σημαντικά αμέσως μετά την άσκηση και συνέχισε να μειώνεται και στη μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης.

Αντίθετα, σε μελέτη των Scheett et al. (1999) δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά από αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών σε 17 παιδιά ηλικίας 8-11 ετών. Οι ερευνητές ωστόσο, αναφέρουν ότι βασικός περιορισμός της μελέτης τους αποτέλεσε η έλλειψη ομάδας ελέγχου διότι θα συνέβαλε στην εξάλειψη της ημερήσιας διακύμανσης που ενδεχομένως να επηρέασε τα αποτελέσματα.

Πράγματι, η ομάδα ελέγχου στην παρούσα μελέτη βοήθησε στη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη συμπεριφορά της κορτιζόλης μετά την άσκηση στις αθλήτριες. Παρά τη μείωση που αρχικά φαίνεται να σημειώνεται στην κορτιζόλη αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής, τα χαρακτηριστικά της έντασης (75% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας) και της διάρκειας (πέντε ώρες) ήταν καθοριστικά για τη σημαντική διαφορά που παρατηρήθηκε μεταξύ των αθλητριών συγκριτικά με τις μη αθλήτριες. Η διαφορά αυτή πιθανόν να προκάλεσε την αξιοσημείωτη μεταβολή που παρατηρήθηκε στα ουδετερόφιλα αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης

στις αθλήτριες. Η αύξηση των ουδετερόφιλων συσχετίζεται από αρκετούς ερευνητές με την αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στο πλάσμα (McCarthy & Dale, 1988; Keast et al., 1988; Moorthy & Zimmerman, 1978), διότι είναι γνωστό ότι τα κορτικοστεροειδή είναι δυνατό να προκαλέσουν ουδετεροφιλία (Rabin et al., 1996; McCarthy & Dale, 1988). Σύμφωνα με αυτή την άποψη, η συγκέντρωση της κορτιζόλης αυξάνεται όταν η ένταση είναι μεγαλύτερη από το 60% της VO_{2max} . Στην υψηλής έντασης άσκηση η κορτιζόλη αυξάνεται και επηρεάζει την ανοσοποιητική λειτουργία (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000) επιδρώντας κυρίως στην κινητικότητα και στη λειτουργία των λευκοκυττάρων (Rabin et al., 1996; Nieman, 1997) και στην παραγωγή των φλεγμονωδών κυτταροκινών (Ashwell et al., 2000; Riccardi et al., 2002).

Ιντερλευκίνη 6 (IL-6) και ιντερλευκίνη 2 (IL-2)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια το εύρημα ότι ο συστελλόμενος σκελετικός μυς μπορεί να παράγει και να απελευθερώσει IL-6 (Steensberg et al., 2000). Ο ρόλος της κυτταροκίνης αυτής στη ρύθμιση των μεταβολικών διαδικασιών κατά τη διάρκεια της άσκησης έχει μελετηθεί εκτενώς (Febbraio & Pedersen, 2002) και η απελευθέρωση IL-6 από τον μυ κατά τη διάρκεια της συστολής έχει υποστηριχθεί ότι αντανακλά τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες της άσκησης (Petersen & Pedersen, 2005). Προφανώς για ηθικούς λόγους είναι αδύνατο να μελετηθεί η απελευθέρωση IL-6 από τον μυ κατά τη διάρκεια άσκησης σε παιδιά. Ωστόσο, εάν υποτεθεί ότι το μέγεθος της επιβάρυνσης της άσκησης που προκαλεί αύξηση της IL-6 μπορεί να ερμηνεύσει την παραγωγή και απελευθέρωσή της από τον μυ, οδηγεί στη διεξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων (Steensberg et al., 2000).

Η ιντερλευκίνη 6 (IL-6) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής αυξήθηκε κατά 29.8% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας και διέφερε σημαντικά με τις μη αθλήτριες, στις οποίες η συγκέντρωση της κυτταροκίνης αυτής παρέμεινε σταθερή. Κατά την περίοδο αποκατάστασης παρατηρήθηκε πτωτική τάση στις αθλήτριες και στις είκοσι τέσσερις ώρες μετά η συγκέντρωσή της στο αίμα είχε επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας. Αύξηση παρατήρησαν και οι Scheett et al. (1999) στη συγκέντρωση της IL-6 μετά από μια προπόνηση ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών σε 9 παιδιά ηλικίας 8 έως 11 ετών. Ωστόσο, δείγματα αίματος στη συγκεκριμένη μελέτη λήφθηκαν μόνο πριν και μετά το τέλος της άσκησης και συνεπώς δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με τη

συμπεριφορά της IL-6 κατά την αποκατάσταση. Επιπλέον, η ένταση της προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη καθώς οι ερευνητές αναφέρουν ότι η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας για κάθε παιδί γινόταν κάθε 15 λεπτά και προφανώς χωρίς τη χρήση καρδιοσυχνόμετρου, γεγονός που δε συμβάλλει στη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αξιολόγηση της επιβάρυνσης της άσκησης και τη σύνδεση του με τη συμπεριφορά της IL-6.

Σημαντικά ποσοστά αύξησης της συγκέντρωσης της IL-6 παρατήρησαν σε μελέτη τους οι Nemet et al. (2002) μετά από προπόνηση πάλης διάρκειας 90 λεπτών σε 11 αγόρια ηλικίας 14 έως 18.5 ετών. Οι ερευνητές αναφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης της IL-6 κατά $795 \pm 156\%$ αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Και σε αυτή τη μελέτη η ένταση της προπόνησης δεν ήταν απόλυτα καθορισμένη. Επιπλέον, σε μεταγενέστερη μελέτη τους οι Nemet et al. (2003) εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης υδατοσφαίρισης διάρκειας 90 λεπτών σε δέκα κορίτσια ηλικίας 14 έως 16 ετών. Η συγκέντρωση της IL-6 αυξήθηκε σημαντικά μετά το τέλος της προπόνησης σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας (6.72 ± 1.23 έναντι 1.95 ± 0.45 pg/ml). Συγκριτικά με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης διαπιστώνουμε στις δύο παραπάνω μελέτες σημαντικά υψηλότερα ποσοστά αύξησης της IL-6 μετά το τέλος της προπόνησης. Καθοριστικής σημασίας παράγοντας για το γεγονός αυτό αποτέλεσε η διαφορά ηλικίας των ατόμων που έλαβαν μέρος στις μελέτες καθώς η ικανότητα παραγωγής κυτταροκινών είναι μικρότερη στα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες (Lilic, Cant, Abinun, Calvert, & Spickett, 1997) και αυξάνεται με την αύξηση της ηλικίας (Timmons et al., 2006a).

Αντίθετα, σε μελέτη των Timmons et al. (2004) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στη συγκέντρωση της IL-6 μετά από την εφαρμογή ενός αερόβιου πρωτοκόλλου άσκησης διάρκειας 60 λεπτών σε εργοποδήλατο (με ενδιάμεσο διάλειμμα 5 λεπτά) και ένταση στο 70% της VO_{2max} , σε εννέα αγόρια ηλικίας 9.8 ετών. Σε σχέση με την παρούσα μελέτη αν και τα άτομα παρουσιάζουν μικρές αποκλίσεις στην ηλικία, η διάρκεια της άσκησης που ήταν πέντε ώρες στην προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής συνέβαλε στην υψηλότερη συγκέντρωση IL-6 μετά την άσκηση. Επιπλέον, στη μελέτη αυτή συγκρίθηκε η επίδραση του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης σε 9 νεαρούς άνδρες (22.1 ετών). Μετά την άσκηση οι ενήλικες σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στη συγκέντρωση της IL-6 σε σχέση με την ηρεμία. Αλλά και στην περίοδο αποκατάστασης (μία ώρα μετά το τέλος της άσκησης) τα παιδιά είχαν σημαντικά χαμηλότερες

συγκεντρώσεις σε σχέση με τους ενήλικες. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι τα παιδιά φαίνεται να είναι πιο ανθεκτικά στη φλεγμονώδη αντίδραση και συνεπώς στις καταβολικές διαδικασίες μετά από άσκηση σε σχέση με τους ενήλικες. Ωστόσο, ο τελευταίος ισχυρισμός δεν μπορεί να υποστηριχθεί από τα αποτελέσματα της μελέτης διότι δεν μετρήθηκαν δείκτες αναβολισμού-καταβολισμού (π.χ. μείωση των επιπέδων της IGF-I).

Επιπρόσθετα, μια διαφορετική εξήγηση για την υφιστάμενη διαφορά μεταξύ παιδιών και ενηλίκων στη συγκέντρωση της IL-6 έγκειται στο μεταβολικό ρόλο που διαδραματίζει η κυτταροκίνη αυτή κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς η μικρότερη αύξησή της στα παιδιά πιθανόν να αντανακλά τη διαφορετική επιλογή πηγών ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ειδικότερα, η IL-6 εκκρίνεται από το μυ κατά τη διάρκεια της άσκησης δρώντας ως ορμόνη με ρυθμιστικό ρόλο την αύξηση της γλυκονεογένεσης στο συκώτι, όταν τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου είναι χαμηλά. Ωστόσο έχει αποδειχθεί (Mahon, Duncan, Howe, & Del Corral, 1997; Martinez & Haymes, 1992; Timmons et al., 2003) ότι τα παιδιά κατά τη διάρκεια της άσκησης χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας περισσότερο τα λίπη παρά τους υδατάνθρακες και μάλιστα ο ρυθμός γλυκογονόλυσης στο μυ αυξάνεται με την αύξηση της ηλικίας κατά τη διάρκεια της αναπτυξιακής ηλικίας (Eriksson & Saltin, 1974). Επομένως, τα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου δεν μειώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης στα παιδιά εξαιτίας της προτίμησης διαφορετικών πηγών ενέργειας (π.χ. ελεύθερα λιπαρά οξέα) και για το λόγο αυτό πιθανόν να εμφανίζεται μειωμένη η ανάγκη απελευθέρωσης IL-6 από το συστελλόμενο μυ.

Αναφορικά με την IL-2 μετά το τέλος της προπόνησης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση κατά 15% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας, ωστόσο οι αθλήτριες δεν διέφεραν σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης η συγκέντρωση της IL-2 συνέχισε να μειώνεται και είκοσι τέσσερις ώρες μετά ήταν κατά 18.6% χαμηλότερη συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Σε αυτή τη χρονική στιγμή τα επίπεδα IL-2 των αθλητριών ήταν σημαντικά χαμηλότερα σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Το εύρημα αυτό έρχεται να εξηγήσει και την πτώση των λεμφοκυττάρων που παρατηρήθηκε αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής και η οποία δεν φάνηκε να αποκαθίσταται πλήρως στις είκοσι τέσσερις ώρες μετά, καθώς η IL-2 διεγείρει τον πολλαπλασιασμό των T και B κυττάρων, την παραγωγή αντισωμάτων από τα πλασματοκύτταρα και την κυτταροτοξική δραστηριότητα των NK κυττάρων (Mackinnon, 1999). Από το σημαντικό αυτό εύρημα της παρούσας μελέτης

διαπιστώνεται ότι μετά από προπόνηση διάρκειας πέντε ωρών και έντασης 75% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας σε παιδιά αυτής της ηλικίας οι ειδικοί ανοσολογικοί μηχανισμοί άμυνας υφίστανται καταστολή η οποία δεν προλαβαίνει να αποκατασταθεί στις είκοσι τέσσερις ώρες αργότερα και απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι μεσολαβεί μεταξύ των δύο προπονήσεων.

Μείωση της συγκέντρωσης της IL-2 στο πλάσμα κατά 50% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας παρατήρησαν και οι Espersen et al. (1990) αμέσως μετά από αγώνα δρόμου 5 km, ωστόσο οι τιμές επανήλθαν στα επίπεδα ηρεμίας δύο ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Οι Lewicki et al. (1988) αμέσως μετά την εφαρμογή προοδευτικά αυξανόμενης μέχρι εξάντλησης δοκιμασία στο εργοποδήλατο διάρκειας 20 λεπτών σε 11 υψηλού επιπέδου ποδηλάτες, η παραγωγή της IL-2 in vitro μειώθηκε κατά 27%. Επιπλέον, δύο ώρες μετά η παραγωγή της IL-2 ήταν κατά 40% χαμηλότερη συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Οι ερευνητές απέδωσαν τη μείωση αυτή στην αντίστοιχη μείωση που παρατηρήθηκε στον αριθμό των CD4 κυττάρων και κατά συνέπεια στην πτώση του λόγου CD4/CD8. Μάλιστα αναφέρουν ότι η πτώση αυτή πιθανόν να υποδεικνύει τη μειωμένη ικανότητα των λεμφοκυττάρων να ανταποκριθούν στις ανοσολογικές απαιτήσεις μετά από έντονη άσκηση. Σημαντικότερη πτώση λοιπόν, σημειώθηκε στη διάρκεια της αποκατάστασης, όπως συνέβη και στην παρούσα μελέτη μετά την προπόνηση της ρυθμικής γυμναστικής και ταυτόχρονα παρατηρήθηκε και μείωση των λεμφοκυττάρων. Η αδυναμία αποκατάστασης των επιπέδων τόσο της IL-2 όσο και των λεμφοκυττάρων είκοσι τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής οφείλεται στο συνδυασμό της έντασης και της διάρκειας του προπονητικού ερεθίσματος αλλά ενδεχομένως να επιτείνεται και από το γεγονός ότι παρατηρείται μειωμένη ικανότητα παραγωγής κυτταροκινών στα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες (Chipeta et al., 1998; Krampera et al., 1999; Lilic et al. 1997) η οποία βελτιώνεται προοδευτικά με την αύξηση της ηλικίας (Krampera et al., 1999; Smart & Kemp, 2001). Τέλος, η χαμηλότερη ανταπόκριση των κυτταροκινών στα παιδιά έχει δειχθεί ότι σχετίζεται και με τη χαμηλότερη αναλογία που παρατηρείται στα λεμφοκύτταρα μνήμης CD45RQ⁺ (Chipeta et al., 1998; Gasparoni et al., 2003).

Οξεία επίδραση της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής στην αυξητική ορμόνη (GH) και στον ινσουλinoειδή παράγοντα ανάπτυξης I (IGF-I)

Στην αυξητική ορμόνη δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις αρχικές τιμές ηρεμίας μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών. Μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής παρατηρήθηκε μικρή μεταβολή στη συγκέντρωσή της στις αθλήτριες κατά 8.5% συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας, η οποία δεν ήταν σημαντική. Αντιθέτως την ίδια χρονική στιγμή στην ομάδα ελέγχου σημειώθηκε αύξηση κατά 64% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας, εξαιτίας της ημερήσιας διακύμανσης και των έντονων εκκκριτικών αιχμών που παρουσιάζει η αυξητική ορμόνη (Guyton & Hall, 1996). Στις είκοσι τέσσερις ώρες μετά η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης επέστρεψε στα επίπεδα ηρεμίας τόσο στις αθλήτριες όσο και στην ομάδα ελέγχου.

Διαφορετική εικόνα παρουσίασε η συγκέντρωση του IGF-I που πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι σε αντίθεση με την GH, η συγκέντρωση του IGF-I κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι σχετικά σταθερή και δεν παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις (Eliakim, Nemet, & Cooper, 2005). Ακριβώς αυτή η συμπεριφορά σταθερότητας παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση του IGF-I στις μη αθλήτριες παραμένοντας σχεδόν αμετάβλητη από μέτρηση σε μέτρηση. Τα επίπεδα συγκέντρωσης του IGF-I των αθλητριών στις αρχικές τιμές ηρεμίας ήταν σχετικά χαμηλότερα σε σχέση με τις μη αθλήτριες αλλά δε διέφεραν σημαντικά. Μετά το τέλος της προπόνησης ωστόσο, παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ αθλητριών και μη αθλητριών καθώς σημειώθηκε μείωση στις αθλήτριες κατά 7% σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας. Η διαφορά αυτή παρουσιάστηκε εντονότερη στις είκοσι τέσσερις ώρες καθώς παρατηρήθηκε περαιτέρω μείωση στα επίπεδα του IGF-I στις αθλήτριες και ήταν κατά 15% χαμηλότερα σε σχέση με τις αρχικές τιμές ηρεμίας.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Scheett et al. (1999) οι οποίοι εξέτασαν την οξεία επίδραση ενός αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90 λεπτών σε 9 παιδιά ηλικίας 8-11 ετών. Δείγματα αίματος, ωστόσο λήφθηκαν πριν και μετά το τέλος της άσκησης. Αμέσως μετά το τέλος της άσκησης παρατηρήθηκε μικρή αλλά σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του IGF-I κατά 6.4% συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας. Οι ερευνητές απέδωσαν τη μείωση αυτή στην αύξηση που παρατηρήθηκε στην IL-6 υποστηρίζοντας ότι το συγκεκριμένο είδος άσκησης που είναι αρκετά συνηθισμένο και δημοφιλές στην καθημερινότητα των παιδιών φαίνεται να προκαλεί καταβολικές διαδικασίες. Σε μελέτη

των Nemet et al. (2002) εξετάστηκε η επίδραση της προπόνησης πάλης σε 11 αγόρια ηλικίας 14 έως 18.5 ετών. Η διάρκεια της προπόνησης ήταν 90 λεπτά. Δείγματα αίματος και σε αυτή τη μελέτη λήφθηκαν πριν και μετά το τέλος της προπόνησης. Η GH παρουσίασε μικρή αύξηση μετά το τέλος της προπόνησης χωρίς ωστόσο να είναι σημαντική, όπως φάνηκε να συμβαίνει και μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής. Αντίθετα, ο IGF-I παρουσίασε σημαντική πτώση αμέσως μετά την άσκηση. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι άμεσες μεταβολές που παρατηρούνται στον IGF-I μετά την άσκηση δεν εξαρτώνται από την τυπική αύξηση που παρουσιάζει η GH μετά την άσκηση παρά το γεγονός ότι η GH διεγείρει την παραγωγή του IGF-I στους ιστούς, στοιχείο που υποστηρίζεται και σε προηγούμενες μελέτες (Carron et al., 1994). Επιπλέον, η μείωση του IGF-I σε συνδυασμό με τη σημαντική αύξηση των φλεγμονωδών κυτταροκινών και κυρίως της IL-6, ενισχύει την εικόνα μιας καταβολικής κατάστασης σύμφωνα με τους ερευνητές.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών έρχονται σε συμφωνία με την παρούσα μελέτη σχετικά με τη συμπεριφορά της GH και του IGF-I αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης. Ωστόσο, το γεγονός ότι δεν υπήρχε παρακολούθηση κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης δεν επιτρέπει τη δυνατότητα συγκρίσεων σχετικά με το σημαντικό στοιχείο που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη, δηλαδή την περαιτέρω μείωση του IGF-I. Ταυτόχρονα, οι παρατηρούμενες μεταβολές στις παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος, στις κυτταροκίνες και σε αυξητικούς παράγοντες όπως η GH και ο IGF-I μετά το τέλος της προπόνησης ρυθμικής γυμναστικής παρέχουν ενδιαφέρουσες και σημαντικές πληροφορίες οι οποίες αν εξεταστούν και σε πιο μακροχρόνια βάση μπορούν να συμβάλλουν στη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επίδρασή τους στη διαδικασία της ανάπτυξης αλλά και στη βελτίωση της απόδοσης των αθλητριών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκαν κυτταρικοί και χυμικοί παράμετροι του ανοσοποιητικού συστήματος σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου μετά από μία τυπική προπονητική μονάδα του αθλήματός τους. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε αθλήτριες ποδοσφαίρου, καλαθοσφαίρισης και ρυθμικής γυμναστικής πριν την έναρξη, αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης και πριν την έναρξη της επόμενης προπονητικής τους μονάδας. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

Η προπόνηση ποδοσφαίρου:

- φάνηκε να επιδρά σημαντικά σε παραμέτρους της έμφυτης ανοσίας αυξάνοντας τον αριθμό των ουδετερόφιλων και των μονοκυττάρων. Μάλιστα τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης, πριν την έναρξη της επόμενης προπονητικής μονάδας, ο αριθμός των κυττάρων δεν είχε επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας. Προφανώς απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ανάληψης μέχρι την επόμενη προπονητική μονάδα προκειμένου να αποκατασταθούν τα επίπεδα των προαναφερθέντων παραμέτρων
- είχε ως αποτέλεσμα πολλές από τις παραπάνω μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της άσκησης και στην περίοδο αποκατάστασης σχετίζονται με τις στρεσογόνες ορμόνες και ειδικότερα με την κορτιζόλη. Μετά το τέλος της προπόνησης ποδοσφαίρου δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας στις αθλήτριες, ωστόσο η συγκέντρωση κορτιζόλης των αθλητριών ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τις μη αθλήτριες
- αναφορικά με την ειδική ανοσία προκάλεσε μικρή πτώση των λεμφοκυττάρων και των υποπληθυσμών τους ($CD4^+$, $CD8^+$, $CD4^+/CD8^+$) αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης χωρίς να παρατηρούνται αξιόλογες μεταβολές που ενδεχομένως να έθεταν σε κίνδυνο την ικανότητα αντίστασης του οργανισμού σε ενδεχόμενες λοιμώξεις. Παρόμοια διακύμανση στη συγκέντρωση στο πλάσμα παρατηρήθηκε και στην IL-2 η οποία ρυθμίζει πολλές από τις λειτουργίες των λεμφοκυττάρων

- προκάλεσε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της IL-6 ενώ κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης παρατηρήθηκε μείωση. Τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης, η συγκέντρωση της IL-6 στις αθλήτριες δεν επανήλθε στα επίπεδα ηρεμίας.

Η προπόνηση καλαθοσφαίρισης:

- προκάλεσε ήπιες μεταβολές σε παραμέτρους της έμφυτης ανοσίας καθώς ο συνολικός αριθμός των λευκοκυττάρων παρουσίασε σταδιακά αυξανόμενη τάση σημειώνοντας υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης. Παρόμοια με την προπόνηση ποδοσφαίρου παρατηρούμε ότι αυτό το χρονικό διάστημα δεν επαρκεί για ανάληψη στους παραπάνω παράγοντες
- δεν επηρέασε τους ειδικούς μηχανισμούς άμυνας των αθλητριών καθώς ο αριθμός των λεμφοκυττάρων δεν παρουσίασε μεταβολές και επομένως το φαινόμενο της λευκοκυττάρωσης οφείλεται στην ουδετεροφιλία που σημειώθηκε κυρίως στις τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης
- προκάλεσε σημαντική αύξηση στην IL-6 ενώ κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση. Τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης, η συγκέντρωση της IL-6 στις αθλήτριες δεν επανήλθε στα επίπεδα ηρεμίας.

Η προπόνηση ρυθμικής γυμναστικής:

- επέφερε σημαντικές μεταβολές σε παραμέτρους της έμφυτης ανοσίας καθώς παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των ουδετερόφιλων και των μονοκυττάρων. Ωστόσο, είκοσι τέσσερις ώρες μετά ο αριθμός των κυττάρων αυτών επέστρεψε στα επίπεδα ηρεμίας
- φάνηκε να επιδρά σημαντικά σε παραμέτρους της ειδικής ανοσίας μειώνοντας τον αριθμό των λεμφοκυττάρων και τη συγκέντρωση της IL-2. Μάλιστα είκοσι τέσσερις ώρες μετά, μέχρι την έναρξη της επόμενης προπονητικής μονάδας τα επίπεδα αυτών των παραμέτρων δεν είχαν αποκατασταθεί. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τη θεωρία του 'ανοικτού παραθύρου' αυξάνοντας την πιθανότητα επιρρέπειας σε ενδεχόμενες λοιμώξεις

- προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση της IL-6 και παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Ωστόσο, είκοσι τέσσερις ώρες μετά η συγκέντρωση της IL-6 ήταν παρόμοια με τα επίπεδα ηρεμίας
- επέφερε σημαντική μείωση στη συγκέντρωση του IGF-I στις αθλήτριες, η οποία ήταν εντονότερη είκοσι τέσσερις ώρες μετά το τέλος της προπόνησης πριν την έναρξη της επόμενης προπονητικής μονάδας, διαφέροντας σημαντικά σε σχέση με τις μη αθλήτριες. Το στοιχείο αυτό ενδεχομένως να φανερώνει την ανεπάρκεια των αναβολικών διαδικασιών οι οποίες θα συνέβαλαν τόσο στην ομαλή πραγματοποίηση των προπονητικών μονάδων και στην επίτευξη των προπονητικών στόχων όσο και στη φυσιολογική ανάπτυξη των παιδιών.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της επιβάρυνσης της προπόνησης σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου. Τα αποτελέσματα των τριών ομάδων ποδοσφαίρου, καλαθοσφαίρισης και ρυθμικής γυμναστικής παρέχουν δεδομένα σχετικά με την ανταπόκριση των παραμέτρων αυτών μέχρι την επόμενη προπονητική μονάδα. Ενδιαφέρον θα ήταν να εξεταστούν οι ίδιοι παράμετροι μετά από ένα δεύτερο συνεχόμενο προπονητικό ερέθισμα κυρίως για τις ομάδες ποδοσφαίρου και καλαθοσφαίρισης, καθώς στα αθλήματα αυτά τις περισσότερες φορές πραγματοποιούνται δύο προπονήσεις την ημέρα. Παρόμοια θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η ίδια παρακολούθηση μετά από έναν προπονητικό μικρόκυκλο και στη συνέχεια σε διαφορετικές φάσεις του ετήσιου κύκλου. Μία τέτοια προοπτική θα ήταν πολύ ελπιδοφόρα και χρήσιμη καθώς αφενός υπάρχει έλλειψη δεδομένων στη βιβλιογραφία και αφετέρου η γνώση στο συγκεκριμένο τομέα, θα μπορούσε να συμβάλλει στον προγραμματισμό της προπόνησης, διότι οι αγωνιστικές δραστηριότητες στα ομαδικά αθλήματα είναι αρκετά αυξημένες. Ωστόσο, το υψηλό κόστος εξέτασης των παραπάνω μεταβλητών αποτελεί τον σημαντικότερο περιοριστικό παράγοντα για τη διεξαγωγή παρόμοιων σχεδιασμών.

Επιτακτικότερη προκύπτει η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά με την επίδραση της προπόνησης πρωταθλητισμού κατά τη διάρκεια της αναπτυξιακής ηλικίας. Η παρούσα μελέτη παρέχει μοναδικές πληροφορίες σε σχέση με την επίδραση της προπόνησης σε υψηλού επιπέδου αθλήτριες αυτής της ηλικίας. Οι υψηλές απαιτήσεις και οι έντονες ιδιαιτερότητες του αθλήματος της ρυθμικής γυμναστικής καθιστούν αρκετά δύσκολη την προπονητική διαδικασία. Στόχο της έρευνας θα πρέπει να αποτελεί η εντρύφηση στους λειτουργικούς μηχανισμούς του οργανισμού, ώστε να προάγει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη βελτίωση της απόδοσής τους και ταυτόχρονα να διασφαλίζει την ομαλή ανάπτυξη του οργανισμού των νεαρών αθλητριών. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αναφέρονται στην επίδραση της προπόνησης σε ανοσοποιητικούς παράγοντες μόνο στις συγκεκριμένες ηλικιακές κατηγορίες αθλητριών ρυθμικής

γυμναστικής από 9 έως 13 ετών. Ενδιαφέρον και χρήσιμο θα ήταν να διεξαχθούν παρόμοιες μετρήσεις και σε αθλήτριες άνω των 13 ετών στις οποίες πιθανότατα η εφηβεία να επηρεάζει ακόμα πιο έντονα τα αποτελέσματα. Επιπρόσθετα, η εξέταση των διατροφικών περιορισμών στους οποίους υπόκεινται οι αθλήτριες ενδεχομένως να έδινε σημαντικές απαντήσεις σε κάποια ερωτήματα που σχετίζονται τόσο με την ανοσοποιητική λειτουργία όσο και με τη διαδικασία της ανάπτυξης. Προτείνεται η διερεύνηση της οξείας επίδρασης μιας προπονητικής μονάδας σε παραμέτρους του ανοσοποιητικού συστήματος με ταυτόχρονη λήψη διαλυμάτων υδατανθράκων κατά τη διάρκεια αυτής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American College of Sports Medicine (2000). *Guidelines for exercise testing and prescription*. 6th edition. Maryland, USA: Lippincot Williams & Wilkins.
- Anderson, L., Triplett-McBride, T., Foster, C., Doberstein, S. & Brice, G. (2003). Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 734-738.
- Anderson, T.D. (1992). Structure and function of interleukin-2. In S.L. Kunkel & D.G. Remick (Eds.), *Cytokines in Health and Disease* (pp.27-60). New York: Dekker.
- Ashwell, J.D., Lu, F.W. & Vacchio, M.S. (2000). Glucocorticosteroids in T cell development and function. *Annual Review of Immunology*, 18, 309-345.
- Atanosova, T. & Shishkova, T. (1991). *Xudojestvena gimnastika*. Sofia: Nacionalna Sportna Akademia.
- Baj, Z., Kantorski, J., Majewska, E., Zeman, K., Pokoca, L., Fornalczyk, E., Tchorzeski, H., Sulowska, A. & Lewicki, R. (1994). Immunological status of competitive cyclists before and after the training season. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 319-324.
- Bartlett, J.A., Goldklang, A.R., Schleifer, S.J. & Keller, S.E. (2001). Immune function in healthy inner-city children. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 8(4), 740-746.
- Benoni, G., Bellavite, P., Adami, A., Chirumbolo, S., Lippi, G., Brocco, G., Giulini, G.M. & Cuzzolin, L. (1995a). Changes in several neutrophil functions in basketball players, before, during and after the sports season. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 34-37.
- Benoni, G., Bellavite, P., Adami, A., Chirumbolo, S., Lippi, G., Brocco, G., Guilini, G.M. & Cuzzolin L. (1995b). Effect of acute exercise on some haematological parameters and neutrophil functions in active and inactive subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 187-191.
- Berg, J.M., Tymoczko, J.L. & Stryer, L. (2004). *Βιοχημεία*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Bishop, N.C. (2006). Exercise, infection risk and immune function in special populations. In M. Gleeson (Eds.), *Immune function in sport and exercise* (pp. 269-289). China: Elsevier.
- Bishop, N.C., Walker G.J., Bowley, L.A, Evans, K.F., Molyneux, K., Wallace, F.A & Smith, A.C. (2005). Lymphocyte responses to influenza and tetanus toxoid in vitro

- following intensive exercise and carbohydrate ingestion on consecutive days. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1327–1335.
- Bishop, N.C., Blannin, A.K., Robson, P.J., Walsh, N.P. & Gleeson, M. (1999). The effects of carbohydrate supplementation on immune responses to a football-specific exercise protocol. *Journal of Sports Science*, 17, 787–796.
- Blalock, J.E. (1994). The syntax of immune-neuroendocrine communication. *Immunology Today*, 15, 504–511.
- Blannin, A.K. (2006). Acute exercise and innate immune function. In M. Gleeson (Eds.), *Immune function in sport and exercise* (pp. 67-89). China: Elsevier.
- Bloom, B.R., Salgame, P. & Diamond, B. (1992). Revisiting and revising suppressor T cells. *Immunology Today*, 13, 131-136.
- Boas, S.R., Danduran M.J., McColley, S.A., Beaman, K. & O'Gorman, M.R. (2000). Immune modulation following aerobic exercise in children with cystic fibrosis. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 294-301.
- Boas, S.R., Joswiak, M.L., Nixon, P.A., Kurland, G., O'Connor, M.J., Bufalino, K., Orenstein, D.M. & Whiteside, T.L. (1996). Effects of anaerobic exercise on the immune system in eight -to seventeen-year-old trained and untrained boys. *The Journal of Pediatrics*, 129(6), 846-855.
- Bott, J. (1981). *Modern Rhythmic Gymnastics*. West Yorkshire: E.P. Publishing Ltd.
- Bouix, O.J., Brun, F., Fedou, C., Raynaud, E., Kerdelhue, B., Lenoir, V. & Orsetti, A. (1994). Plasma β -endorphin, corticotrophin and growth hormone responses to exercise in pubertal and prepubertal children. *Hormone and Metabolic Research*, 26(4), 195-199.
- Brunsgaard, H., Galbo, H., Halkjaer-Kristensen, J., Johansen, T.L., Maclean, D.A. & Pedersen, B.K. (1997). Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. *Journal of Physiology*, 499, 833–841.
- Bury, T., Marechal, R., Mahieu, P. & Pirnay, F. (1998). Immunological status of competitive football players during the training season. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 364-368.
- Cannon, J.G., Meydani, S.N, Fielding, R.A., Fiatarone, M.A., Meydani, M., Farhangmehr, N., Orencole, S.F., Blumberg, J.B. & Evans, W.J. (1991). Acute phase response in exercise. II. Association between vitamin E, cytokines and muscle proteolysis. *American Journal of Physiology* 260 (Regulatory Integrative Comparative Physiology 29), R1235-R1240.

- Cannon, J.G., Evans, W.J., Hughes, V.A, Meredith, C.N. & Dinarello, C.A. (1986). Physiological mechanisms contributing to increased interleukin-1 secretion. *Journal of Applied Physiology*, 61, 1869-1874.
- Cappon, J., Brasel, J.A., Mohan, S. & Cooper D.M. (1994). Effect of brief exercise on circulating insulin-like growth factor-I. *Journal of Applied Physiology*, 76, 1418-1422.
- Cassagne, M. (1990). *Gymnastique Rythmique Sportive*. Paris: Editions Amphora.
- Castell, L.M., Poortmans, J.R., Leclercq, R., Brasseur, M., Duchateau, J. & Newsholme, E.A. (1997). Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 47-53.
- Chipeta, J., Komada, Y., Zhang, X.L, Deguchi, T., Sugiyama, K., Azuma, E. & Sakurai, M. (1998). CD4+ and CD8+ cell cytokine profiles in neonates, older children, and adults: increasing T helper type 1 and T cytotoxic type 1 cell populations with age. *Cellular Immunology*, 183, 149-156.
- Corpas, E., Harman, S.M. & Blackman, M.R. (1993). Human growth hormone and human aging. *Endocrine Reviews*, 14, 20-39.
- Croisier, J.L., Camus, G., Venneman, I., Deby-Dupont, G., Juchmes-Ferir, A., Lamy, M., Crielaard, J.M., Deby, C. & Duchateau J. (1999). Effects of training on exercise-induced muscle damage and interleukin 6 production. *Muscle and Nerve*, 22(2), 208-12.
- Daly, R.M., Rich, P.A. & Klein, R. (1998). Hormonal responses to physical training in high -level peripubertal male gymnasts. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 74-81.
- Deuster, P.A., Curiale, A.M., Cowan, M.L. & Finkelman, F.D. (1988). Exercise-induced changes in populations of peripheral blood mononuclear cells. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 276-280.
- Deschenes, M.R. & Kraemer, W.J. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine Rehabilitation*, 81(11), S3-S16.
- DeVol, D.L., Rotwein, P., Sadow, J.L., Novakofski, J. & Bechtel, P.J. (1990). Activation of insulin-like growth factor gene expression during work-induced skeletal muscle growth. *American Journal of Physiology*, 259, E89-E85.
- Dill, D. & Costill, D. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 37(2), 247-248.

- Douda, H., Lapidis, K. & Tokmakidis, S. (2002a). Long-term training induces specific adaptations on physique of rhythmic sports and female artistic gymnasts. *European Journal of Sports Science*, 2(3), 1-13.
- Douda, H., Tokmakidis, S. & Tsigilis N. (2002b). Effects of specific training on muscle strength and flexibility of rhythmic sports and artistic female gymnasts. *Coaching & Science Journal*, 4(1), 23-27.
- Drenth, J.P.H, Van Uum, S.H.M., Van Dueren, M., Pesman, G.J., Van der ven-Jondekrigh, J. & Van der Meer, J.W.M. (1995). Endurance run increases circulating IL-6 and Il-1ra but downregulates ex vivo TNF α and IL-1 β production. *Journal of Applied Physiology*, 79, 1497-1503.
- Dufaux, B. & Order, U. (1989). Plasma elastase-al-antitrypsin, neopterin, tumor necrosis factor, and soluble interleukin-2 receptor after prolonged exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 10, 434-438.
- Eliakim, A., Nemet, D. & Cooper, D. (2005). Exercise, training and the GH-IGF-I axis. In W.J Kraemer & A.D. Rogol (Eds.), *The endocrine system in sports and exercise* (pp. 165-179). India: Blackwell Publishing Ltd.
- Eliakim, A., Wolach, B., Kodesh, E., Gavrieli, R., Radnay, J., Ben Tovim, T., Yarom, Y. & Falk, B. (1997). Cellular and humoral immune response to exercise among gymnasts and untrained girls. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 208–212.
- Eriksson, B.O. & Saltin B. (1974). Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. *Acta Paediatrica Belgica*, 28, 257-265.
- Erkeller-Yuksel, F.M., Deneys, V., Yuksel, B., Hannel, I., Hulstaert, F., Hamilton, C., Mackinnon, H., Stokes, L.T., Munhyeshuli, V., Vanlangendonck, F., De Bruyère, M. Bach, B.A. & Lydyard, P.M. (1992). Age-related changes in human blood lymphocyte subpopulations. *The Journal of Pediatrics*, 120(2), 216-222.
- Eskola, J., Ruuskanen, O., Soppi, E., Viljanen, M.K., Järvinen, M., Toivonen, H, Kouvalainen, K. (1978). Effect of sport, stress on lymphocyte transformation, and antibody formation. *Clinical and Experimental Immunology*, 32, 339-345.
- Espersen, G.T, Elbaek, A., Ernst, E., Toft, E., Kaalund, S., Jersild, C. & Grunnet, N. (1990). Effect of physical exercise on cytokines and lymphocyte subpopulations in human peripheral blood. *APMIS: acta pathologica, microbiologica, et immunologica Scandinavica*, 98, 395-400.
- Evans, W.J., Meredith, C.N., Cannon, J.G., Dinarello, C.A., Frontera, W.R., Hughes, V.A., Jones, B.H. & Knuttgen, H.G. (1986). Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 61, 1864-1868.

- Fairbarn, M.S., Blackie, S.P., Pardy, R.L. & Hogg, J.C. (1993). Comparison of effects of exercise and hyperventilation on leukocyte kinetics in humans. *Journal of Applied Physiology*, 75, 2425-2428.
- Febbraio, M.A. & Pedersen B.K. Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. (2002). *The FASEB journal: official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 16, 1335-1347.
- Foster, N.K., Martyn, J.B., Rangno, R.E., Hogg, J.C. & Pardy, R.L.. (1986). Leukocytosis of exercise: Role of cardiac output and catecholamines. *Journal of Applied Physiology*, 61, 2218-2223.
- Fry, R., Morton, A., Crawford, G., & Keast, D. (1992a). Cell numbers and in vitro responses of leukocytes and lymphocyte subpopulations following maximal exercise and interval training sessions of different intensities. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64, 218-227.
- Fry, R.W., Morton, A.R. & Keast, D. (1992b). Acute intensive interval training and T-lymphocyte function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 339-345.
- Gabriel, H., & Kindermann, W. (1997). The acute immune response to exercise: what does it mean? *International Journal of Sports Medicine*, 18, S28-S45.
- Gabriel, H., Brechtel, L., Urhausen, A. & Kindermann, W. (1994). Recruitment and recirculation of leukocytes after an ultramarathon run: Preferential homing of cells expressing high levels of the adhesion molecule LFA-1. *International Journal of Sports Medicine*, 15, S148-S153.
- Gabriel, H., Urhausen, A. & Kindermann, W. (1992a). Mobilization of circulating leucocyte and lymphocyte subpopulations during and after short, anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 164-170.
- Gabriel, H., Schwarz, L., Born, P. & Kindermann, W. (1992b). Differential mobilization of leucocyte and lymphocyte subpopulations into the circulation during endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 529-534.
- Gabriel, H., Schwarz, L., Steffens, G. & Kindermann, W. (1992c). Immunoregulatory ormones, circulating leukocyte and lymphocyte subpopulations before and after endurance exercise of different intensities. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 359-366.
- Galbo, H. (1983). *Hormonal and metabolic adaptation to exercise*. NewYork: Thieme-Stratton.
- Gasparoni, A., Ciardelli, L., Avanzini, A., Castellazzi, A.M., Carini, R., Rondini, G. & Chirico, G. (2003). Age-related changes in intracellular TH1/TH2 cytokine

- production, immunoproliferative T lymphocyte response and natural killer cell activity in newborns, children and adults. *Biology of the Neonate*, 84, 297-303.
- Ghigo, E., Bellone, J., Aimaretti, G., Bellone, S., Loche, S., Cappa, M., Bartolotta, E., Dammacco, F. & Camanni, F. (1996). Reliability of provocative tests to assess growth hormone secretory status. Study in 472 normally growing children. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 81(9), 3323-3327.
- Goldfarb, A.H. (2005). Exercise response of β -endorphin and cortisol: implications on immune function. In W.J Kraemer & A.D. Rogol (Eds.), *The endocrine system in sports and exercise* (pp. 339-344). India: Blackwell Publishing Ltd.
- Gray, A.B., Telford, R.D., M.'Collins, M.S. & Weidemann M.J. (1993). The response of leukocyte subsets and plasma hormones to interval exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1252-1258.
- Guidetti, L., Baldari, C., Capranica, L., Persichini, C. & Figura, F. (2000). Energy cost and energy sources of ball routine in Rhythmic Gymnasts. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 205-209.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. (1996). *Textbook of medical physiology*. 9th edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Haahr, P.M., Pedersen, B.K., Fomsgaard, A., Tvede, N., Diamant, M., Klarlund, K., Halkjaer-Kristensen, J. & Bendtzen, K. (1991). Effect of physical exercise on in vitro production of interleukin 1, interleukin 6, tumour necrosis factor- α , interleukin 2, and interferon- α . *International Journal of Sports Medicine*, 12, 223-227.
- Hack, B., Strobel, G., Weiss, M. & Weicker, H. (1994). PMN cell counts and phagocytic activity of highly trained athletes depend on training period. *Journal of Applied Physiology*, 77, 1731-1735.
- Hack, B., Strobel, G., Rau, J.P. & Weicker, H. (1992). The effect of maximal exercise on the activity of neutrophil granulocytes in highly trained athletes in a moderate training period. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 520-524.
- Häkkinen, K. & Pakarinen, A. (1995). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International Journal of Sports Medicine*, 16(8), 507-513.
- Hansen, J.B., Wilsgard, L. & Osterud, B. (1991). Biphasic changes in leukocytes induced by strenuous exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 157-161.
- Haywood, K.M., Clark, B.A. & Mayhew, J.L. (1986). Differential effects of age-group gymnastics and swimming on body composition, strength, and flexibility. *Journal of Sports Medicine*, 26, 416-420.

- Heldrup, J., Kalm, O. & Prellner, K. (1992). Blood T and B lymphocyte subpopulations in healthy infants and children. *Acta Paediatrica*, 81, 125-132.
- Hellsten, Y., Frandsen, U., Orthenblad, N., Sjodin, N. & Richter, E.A. (1997). Xanthine oxidase in human skeletal muscle following eccentric exercise: A role of inflammation. *The Journal of Physiology (Lond.)*, 498, 239-48.
- Hicks, M.J., Jones, J.F., Minnich, L.L., Weigle, K.A., Thies, A.C. & Layton, J.M. (1983). Age-related changes in T- and B-lymphocyte subpopulations in the peripheral blood. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 10, 518-523.
- Hinchliffe, R.F. & Lilleyman, J.S. (1987). *Practical Pediatric Hematology*. New York: John Wiley.
- Hoffman, J.R, Maresh, M.C., Newton, R.U., Rubin, M.R., French, D.N., Volek, J.S., Sutherland, J., Robertson, M., Gomez, A.L., Ratamess, N.A., Kang, J. & Kraemer, W.J. (2002). Performance, biochemical, and endocrine changes during a competitive football game. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 1845-1853.
- Hoffman-Goetz, L. & Pedersen, BK. (1994). Exercise and the immune system: a model of the stress response? *Immunology Today*, 15, 382-387.
- Hulstaert, F., Hannel, I., Deneys, V., Munhyeshuli, V., Reichert, T., De Bruyere, M. & Strauss, K. (1994). Age-related changes in human blood lymphocyte subpopulations. II. Varying kinetics of percentage and absolute count measurements. *Clinical Immunology and Immunopathology*, 70, 152-158.
- Iversen, P.O., Arvesen, B.L. & Benestad, H.B. (1994). No mandatory role for the spleen in the exercise-induced leucocytosis in man. *Clinical Science*, 86, 505-510.
- Jackson, A.S., Pollock, M.L. & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 175-182.
- Janeway, C., Travers, P., Walport, M. & Shlomchik, M. (2001) *Immunobiology: the immune system in health and disease*. 5 th edition. USA: Garland Publishing, Taylor and Francis Group.
- Jenkins. P.J. (1999). Growth hormone and exercise. *Clinical Endocrinology*, 50(6), 683-689.
- Keast, D., Cameron, K., & Morton, A.R. (1988). Exercise and the immune response. *Sports Medicine*, 5, 248-267.
- Kjaer, M. & Dela, F. (1996). Endocrine responses to exercise. In L.Hoffman-Goetz (Eds.), *Exercise and Immune Function* (pp. 1-20). Boca Raton, New York, London, Tokyo: CRC Press.

- Kraemer, W.J., Gordon, S.E., Fleck, S.J., Marchitelli, L., Mello, R., Dziados, J.E., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C. & Fry, A.C. (1991). Endogenous and anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2), 228-235.
- Kraemer, W.J., Marchitelli, L., Gordon, S.E., Harman, E., Dziados, J.E., Mello, R., Frykman, P., McCurry, D. & Fleck, S.J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 69(4), 1442-1450.
- Krampera, M., Vinante, F., Tavecchia, L., Morosato, L., Chilosi, M., Romagnani, S., Zanolin, M.E. & Pizzolo G. (1999). Progressive polarization towards a T helper/cytotoxic type-1 cytokine pattern during age-dependent maturation of the immune response inversely correlates with CD30 cell expression and serum concentration. *Clinical and Experimental Immunology*, 117, 291-297.
- Krieger, D.T., Allen, W., Rizzo, F. & Krieger, H.P. (1971). Characterization of the normal temporal pattern of plasma corticosteroid levels. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 32, 266-284.
- Lancaster, G.I. (2006). Exercise and cytokines. In M. Gleeson, (Eds.), *Immune function in sport and exercise* (pp.205-220). China: Elsevier.
- Lancaster, G.I., Khan, Q., Drysdale P.T., Wallace, F., Jeukendrup, A.E., Drayson, M.T. & Gleeson, M. (2005). Effect of prolonged exercise and carbohydrate ingestion on type 1 and type 2 T lymphocyte distribution and intracellular cytokine production in humans. *Journal of Applied Physiology*, 98, 565-571.
- Larrabee, R.C. Leucocytosis after violent exercise. *Journal of Medical Research*, 7, 76-82, 1902.
- Lèger, L.A. & Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂max in adults. *Canadian Journal of Sport Science*, 14(1), 21-26.
- Lèger, L.A. & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 49(1), 1-12.
- Lewicki, R., Tchorzewski, H., Majewska, E., Nowak, Z. & Baj, Z. (1988). Effect of maximal physical exercise on T-lymphocyte subpopulations and on interleukin 1 IL 1 and interleukin 2 IL 2 production in vitro. *International Journal of Sports Medicine*, 9, 114-117.
- Lewicki, R., Tchorzewski, H., Denys, M., Kowalska, M. & Golinska, A. (1987). Effect of physical exercise on some parameters of immunity in conditioned sportsmen. *International Journal of sports Medicine*, 8, 309-314.

- Lilic, D., Cant, A.J., Abinun, M., Calvert, J.E. & Spickett G.P. (1997). Cytokine production differs in children and adults. *Pediatric Research*, 42, 237-240.
- Lissizkaja, S.T. (1982). *Rhythmische Sportgymnastik*. Berlin: Sportverlang.
- Mackinnon, L.T. (1999). *Advances in exercise immunology*. USA: Human Kinetics.
- Mackinnon, L.T., Chick, T.W., van As, A. & Tomasi, T.B. (1988). Effects of prolonged intense exercise on natural killer cell number and function. In C.O. Dotson & J.H. Humphrey (Eds.), *Exercise Physiology: Current Selected Research*, (vol. 3, pp. 77-89). New York: AMS Press.
- Madden, K. & Felten, D.L. (1995). Experimental basis for neural-immune interactions. *Physiological Reviews*, 75, 77-106.
- Mahon, A.D., Duncan, G.E., Howe, C.A. & Del Corral, P. (1997). Blood lactate and perceived exertion relative to ventilatory threshold: boys versus men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1332-1337.
- Malm, C. (2004). Exercise Immunology. The current state of man and mouse. *Sports Medicine*, 34(9), 555-566.
- Malm, C., Ekblom, Ö. & Ekblom, B. (2004). Immune system alteration in response to two consecutive soccer games. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180, 143-155.
- Marin, G., Domene, H.M., Barnes, K.M., Blackwell, B.J., Cassorla, F.G. & Cutler, G.B. (1994). The effects of estrogen priming and puberty on the growth hormone response to standardized treadmill exercise and arginine-insulin in normal girls and boys. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 79(2), 537-541.
- Martinez, L.R. & Haymes, E.M. (1992). Substrate utilization during treadmill running in prepubertal girls and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 975-983.
- Mastro, A.M. & Bonneau, R.H. (2005). The impact of exercise on immunity: the role of neuroendocrine – immune communications. In W.J Kraemer & A.D. Rogol (Eds.), *The endocrine system in sports and exercise* (pp. 368-387). India: Blackwell Publishing Ltd.
- Mauras, N., Blizzard, R.M., Link, K., Johnson, M.L., Rogol, A.D. & Veldhuis, J.D. (1987). Augmentation of growth hormone secretion during puberty: evidence for a pulse amplitude-modulated phenomenon. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 64, 596-601.
- McCarthy, D. & Dale, M. (1988). The leucocytosis of exercise. *Sports Medicine*, 6, 333-363.

- Micheli, L.J. (1996). Overuse injuries in the young athlete: Stress fractures. In O. Bar-Or (Eds.), *The child and adolescent athlete: The encyclopedia of Sports Medicine* (pp. 189-201). Cambridge, MA: Blackwell.
- Miles, M.P. (2005). Neuroendocrine modulation of the immune system with exercise and muscle damage. In W.J Kraemer & A.D. Rogol (Eds.), *The endocrine system in sports and exercise* (pp. 345-367). India: Blackwell Publishing Ltd.
- Moorthy, A.V., & Zimmerman, W. (1978). Human leucocyte response to an endurance race. *European Journal of Applied Physiology*, 38, 271-276.
- Ndon, J.A., Snyder, A.C., Foster, C. & Wehrenberg, W.B. (1992). Effects of chronic intensive exercise training on the leukocyte response to acute exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 176-182.
- Nehlsen-Cannarella, S.L., Fagoaga, O.R., Nieman, D.C., Henson, D.A., Butterworth, D.E., Schmitt, R.L., Bailey, E.M., Warren, B.J., Utter, A. & Davis, J.M. (1997). Carbohydrate and the cytokine response to 2.5 hours of running. *Journal of Applied Physiology*, 82, 1662-1667.
- Nehlsen-Cannarella, S.L, Nieman, D.C., Jessen, J., Chang, L., Gusewitch, G., Blix, G.G. & Ashley, E. (1991). The effects of acute moderate exercise on lymphocyte function and serum immunoglobulin levels. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 391-398.
- Nemet, D., Mills, P.J. & Cooper, D.M. (2004). Effect of intense wrestling exercise on leucocytes and adhesion molecules in adolescent boys. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 154-158.
- Nemet, D., Rose-Gottron, C.M., Mills, P.J. & Cooper, D.M. (2003). Effect of water polo practice on cytokines, growth mediators, and leukocytes in girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 356-363.
- Nemet, D., Oh, Y., Kim, H.S., Hill, M.A. & Cooper, D.M. (2002). The effect of intense exercise on inflammatory cytokines and growth mediators in adolescent boys. *Pediatrics*, 110, 681-689.
- Nielsen, H.B., Secher, N.H., Kappel, M. & Pedersen B.K. (1998). N-acetylcysteine does not affect the lymphocyte proliferation and natural killer cell activity responses to exercise. *American Journal of Physiology*, 275 (4), R1227-R1231.
- Nielsen, H.B., Secher, N.H., Christensen, N.J. & Pedersen B.K. (1996). Lymphocytes and NK cell activity during repeated bouts of maximal exercise. *American Journal of Physiology*, 271 (*Regulatory Integrative Comparative Physiology* 40), R222-R227.
- Nieman, D.C., Henson, D.A., Austin, M.D. & Brown, V.A. (2005). The immune response to a 30-minute walk. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 57 - 62.

- Nieman, D.C., Henson, D.A., Smith, L.L., Utter, A.C., Vinci, D.M., Davis, J.M., Kaminsky, D.E. & Shute, M. (2001). Cytokine changes after a marathon race. *Journal of Applied Physiology*, 91, 109–114.
- Nieman, D.C. (2000). Is infection risk linked to exercise workload? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (7), S406–S411.
- Nieman, D.C. & Pedersen, B.K. (1999). Exercise and immune function: recent developments. *Sports Medicine*, 27, 73-80.
- Nieman, D.C. (1997). Immune response to heavy exertion. *Journal of Applied Physiology*, 82 (5), 1385-1394.
- Nieman, D.C., Simandle, S., Henson, D.A., Warren, B.J., Suttles, J., Davis, J.M., Buckley, K.S., Ahle, J.C., Butterworth, D.E., Fagoaga, O.K. & Nehlsen-Cannarella, S.L. (1995a). Lymphocyte proliferative response to 2.5 hours of running. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 404-408.
- Nieman, D.C., Henson, D.A., Sampson, C.S., Herring, J.L., J. Stulles, Conley, M., Stone, M.H., Butterworth, D'E. & Davis, J.M. (1995b). The acute immune response to exhaustive resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 322-328.
- Nieman, D.C., Simandle, S., Henson, D.A., Warren, B.J., Suttles, J., Davis, J.M., Buckley, K.S., Ahle, J.C., Butterworth, D.E., Fagoaga, O.K. & Nehlsen-Cannarella, S.L.. (1995c). Lymphocyte proliferative response to 2.5 hours of running. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 404-408.
- Nieman, D.C. (1994). Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 128-139.
- Nieman, D.C., Miller, A.R., Henson, D.A., Warren, B.J., Gusewitch, G., Johnson, R.L., Davis, J.M., Butterworth, D.E., Herring, J.L., & Nehlsen-Cannarella, S.L. (1994). Effect of high- versus moderate-intensity exercise on lymphocyte subpopulations and proliferative response. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 199–206.
- Nieman, D.C., Henson, D.A., Johnson, R., Lebeck, L., Davis, J.M. & Nehlsen-Cannarella, S.L. (1992). Effects of brief, heavy exertion on circulating lymphocyte subpopulations and proliferative response. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 1339-1345.
- Nieman, D.C., Nehlsen-Cannarella, S.L., Donohue, K.M., Chritton, D.B.W., Haddock, B.L., Stout, R.W. & Lee, J.W. (1991). The effects of acute moderate exercise on leukocyte and lymphocyte subpopulations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 578-585.

- Nieman, D.C., Berk, L.S., Simpson-Westerberg, M., Arabatzis, K., Youngberg, S., Tan, S.A., Lee, J.W. & Eby, W.C. (1989). Effects of long-endurance running on immune system parameters and lymphocyte function in experienced marathoners. *International Journal of Sports Medicine*, 10, 317-323.
- Northoff, H. & Berg A. (1991). Immunologic mediators as parameters of the reaction to strenuous exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 12, S9-15.
- Nosaka, K. & Clarkson, P.M. (1996). Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 953-961.
- Nussey, S.S. & Whitehead, S.A. (2001). *Endocrinology. An Integrated Approach*. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers Ltd.
- Oshida, Y, Yamanouchi, K., Hayamizu, S. & Sato, Y. (1988). Effect of acute physical exercise on lymphocyte subpopulations in trained and untrained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 9, 137-140.
- Ostrowski, K., Rohde, T., Asp, S., Schjerling, P. & Pedersen, B.K. (1999). Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. *The Journal of Physiology (Lond.)*, 515, 287-91.
- Ostrowski, K., Rohde, T., Zacho, M., Asp, S & Pedersen B.K. (1998). Evidence that IL-6 is produced in skeletal muscle during intense long term muscle activity. *The Journal of Physiology (Lond.)*, 508, 949-53.
- Ottaway, C.A. & Husband, A.J. (1994). The influence of neuroendocrine pathways on lymphocyte migration. *Immunology Today*, 15, 511-517.
- Paul, W.E. (2003) *Fundamental immunology*. 5th edition. USA: Lippincott Williams and Wilkins.
- Pedersen, B.K. (2005). Leukocytes. In F.C. Mooren, and K. Völker, (Eds.), *Molecular and cellular exercise physiology* (pp. 321-329). USA: Human Kinetics.
- Pedersen, B.K. (2000). Exercise and cytokines. *Immunology and Cell Biology*, 78, 532-5.
- Pedersen, B.K. & Hoffman-Goetz, L. (2000). Exercise and the Immune System: Regulation, Integration, and Adaptation. *Physiological Reviews*, 80, 1055-1081.
- Pedersen, B.K. & Toft, A.D. (2000). Effects of exercise on lymphocytes and cytokines. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 246-51.
- Pedersen, B.K. & Bruunsgaard, H. (1995). How physical exercise influences the establishment of infections. *Sports Medicine*, 19, 393-400.

- Pedersen, B.K., Kappel, M., Klokke, M., Nielsen, H.B. & Secher, N.H. (1994). The immune system during exposure to extreme physiologic conditions. *International Journal of Sports Medicine*, 15, S116–S121.
- Perez, C.J., Nemet, D., Mills, P.J., Scheet, T.P., Ziegler, M.G. & Cooper, D.M. (2001). Effects of laboratory versus field exercise on leukocyte subsets and cell adhesion molecule expression in children. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 34–39.
- Petersen, A.M. & Pedersen, B.K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1154-1162.
- Peters-Futre, E.M. (1997). Vitamin C, neutrophil function, and upper respiratory tract infection risk in distance runners: the missing link. *Exercise Immunology Review*, 3, 32-52.
- Πρωτόπαπας, Θ.Ν. (1995). *Εγχειρίδιο Εργαστηριακής Διάγνωσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη.
- Pyne, D.B., Gray, A.B. & McDonald, W.A. (1995). Exercise and immunity. In J. Bloomfield, P.A. Fricker & K.D. Fitch (Eds.), *Science and Medicine in Sport* (pp. 601–615). 2nd edition. Carlton, Victoria: Blackwell Science Pty Ltd.
- Pyne, D.B. (1994). Regulation of neutrophil function during exercise. *Sports Medicine*, 17, 245-258.
- Rabin, B.S., Moyna, M.N., Kusnecov, A., Zhou, D. & Shurin, M.R. (1996). Neuroendocrine effects of immunity. In L. Hoffman –Goetz (Eds.), *Exercise and Immune Function* (pp. 21-38). Boca Raton, New York, London, Tokyo: CRC Press.
- Rebelo, A.N., Candeias, J.R., Fraga, M.M., Duarte, J.A., Soares J.M., Magalhaes, C. & Torrinha, J.A. (1998). The impact of football training on the immune system. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38, 258 – 261.
- Riccardi, C., Bruscoli, S. & Micliorati, G. (2002). Molecular mechanisms of immunomodulatory activity of glucocorticoids. *Pharmacological Research*, 45, 361-368.
- Robson, P.J., Blannin, A.K., Walsh, N.P., Castell, L.M. & Gleeson, M. (1999). Effects of exercise intensity, duration, and recovery on in vitro, neutrophil function in male athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 128-135.
- Roemmich, J.N. (2005). Growth, maturation and hormonal changes during puberty: influence of sport training. In W.J Kraemer & A.D. Rogol (Eds.), *The endocrine system in sports and exercise* (pp. 512-524). India: Blackwell Publishing Ltd.

- Roemmich, J.N. & Rogol, A.D. (1997). Exercise and growth hormone: does one affect the other? *Journal of Pediatrics*, 131, S75-S80.
- Rohde, T., MacLean, D.A., Richter, E.A., Kiens, B. & Pedersen B.K. (1997). Prolonged submaximal eccentric exercise is associated with increased levels of plasma IL-6. *American Journal Physiology*, 273, E85-91.
- Rooyackers, O.E. & Nair, K.S. (1997). Hormonal regulation of human muscle protein metabolism. *Annual Review of Nutrition*, 17, 457-485.
- Rose, R.J., & Bloomberg, M.S. (1989). Response to sprint exercise in the greyhound: Effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites. *Research in Veterinary Science*, 47, 212-218.
- Scheett, T.P., Milles, P.J., Ziegler, M.G., Stoppani, J. & Cooper, D.M. (1999). Effect of exercise on cytokines and growth mediators in prepubertal children. *Pediatric Research*, 46, 429-434.
- Schmid, A.B. (1976). *Modern Rhythmic Gymnastics*. California: Mayfield Publishing Co.
- Shahabuddin, S., Al Aayed, I., Gad El-Rab, M.O. & Qureshi, M.I. (1998). Age-related changes in blood lymphocyte subsets of Saudi Arabian healthy children. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 5, 632-635.
- Shearer, W.T., Rosenblatt, H.M., Gelman, R.S., Oyomopito, R., Plaeger, S., Stiehm, E.R., Wara, D.W., Douglas, S.D., Luzuriaga, K., McFarland, E.J., Yogeve, R., Rathore, M.H., Levy, W., Graham, B.L. & Spector, S.A. (2003). Lymphocyte subsets in healthy children from birth through 18 years of age: the Pediatric AIDS Clinical Trials Group P1009 study. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 112, 973-980.
- Shek, P.N., Sabiston, B.H., Buguet, A. & Radomski, M.W. (1995). Strenuous exercise and immunological changes: A multiple-time-point analysis of leukocyte subsets, CD4/CDS ratio, immunoglobulin production and NK cell response. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 466-474.
- Shephard, R.J. (2000). Overview of the epidemiology of exercise immunology. *Immunology and Cell Biology*, 78, 485-95.
- Shephard, R.J. & Shek, P.N. (1999). Effects of exercise and training on natural killer cell counts and cytolytic activity: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 28, 177-195.
- Shephard, R.J., Kavanagh, T., Mertens, D.J., Qureshi, S. & Clark, M. (1995). Personal health benefits of masters athletics competition. *British Journal of Sports Medicine*, 29, 35-40.

- Shephard, R.J. & Shek, P.N. (1994). Potential impact of physical activity and sport on the immune system-a brief review. *British Journal of Sports Medicine*, 28 (4), 247-255.
- Shinkai, S., Kohno, H., Kimura, K., Komura T., Asai, H., Inai, R., Oka, K., Kurokawa, Y. & Shephard, R.J. (1995). Physical activity and immune senescence in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 1516-1526.
- Shinkai, S., Shore S., Shek P.N. & Shephard, R.J. (1992). Acute exercise and immune function: Relationship between lymphocyte activity and changes in subset counts. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 452-461.
- Shore, S. & Shephard, R.J. (1998). Immune responses to exercise and training: a comparison of children and young adults. *Pediatric Exercise Science*, 10, 210-226.
- Siri, W.E. (1956). The gross composition of the body. In C.A. Tobias & J.H. Lawrence (Eds.), *Advances in Biological and Medical Physics IV* (pp. 239-280). New York: Academic.
- Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, R.A, Horswill, C.A., Stillman, R.J., Van Loan, M.D. & Bembien, D.A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60, 709-723.
- Smart, J.M. & Kemp, A.S. (2001). Ontogeny of T-helper 1 and T-helper 2 cytokine production in childhood. *Pediatric Allergy and Immunology: Official Publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology*, 12, 181-187.
- Smilios, I., Pilianidis, T., Karamouzis, M. & Tokmakidis, S.P. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 644-654.
- Smith, S., Sweetser, M.T. & Wilson, C.B. (1996). The immunocompromised host. *Pediatrics in review / American Academy of Pediatrics*, 17, 435-440.
- Smith, J.A., Telford, R.D., Baker, M.S., Hapel, A.J. & Weidemann, M.J. (1992). Cytokine immunoreactivity in plasma does not change after moderate endurance-exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71, 1396-1401.
- Smith, J.A., Telford, R.D., Mason, I.B, & Weidemann, M.J. (1990). Exercise, training and neutrophil microbicidal activity. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 179-187.
- Smith, L.L., McCammon, M., Smith, S., Chamness, M., Israel, R.G., & O'Brien, K.F. (1989). White blood cell response to uphill walking and downhill jogging at similar metabolic loads. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 833-837.
- Soldin, S.J. & Hicks, J.M. (1995). *Pediatric Reference Ranges*. Washington: DC: AACC Press.

- Sprenger, H., Jacobs, C., Nain, M., Gressner, A.M., Prinz, H., Wesemann, W. & Gemsa, D. (1992). Enhanced release of cytokines, interleukin-2 receptors, and neopterin after long-distance running. *Clinical Immunology and Immunopathology*, 53, 188-195.
- Starkie, R.L., Arkininstall, M.J., Koukoulas, I., Hawley, J.A. & Febbraio, M.A. (2001). Carbohydrate ingestion attenuates the increase in plasma interleukin-6, but not skeletal muscle interleukin-6 mRNA, during exercise in humans. *Journal of Physiology*, 533, 585-591.
- Σταυρίδης, Ι.Κ. (1997). Φυσιολογία του Ανθρώπου. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Steensberg, A., Fischer, C.P., Keller, C., Moller, K. & Pedersen, B.K. (2003). IL-6 enhances plasma IL-1ra, IL-10, and cortisol in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 285, E433-E437.
- Steensberg, A., Van Hall, G., Osada, T., Sacchetti, M., Saltin, B. & Klarlund, P.B. (2000). Production of interleukin-6 in contracting human skeletal muscles can account for the exercise-induced increase in plasma interleukin-6. *The Journal of Physiology*, 529 Pt 1, 237-242.
- Stewart, P.M. (2003). The adrenal cortex. In P. Larsen, H. Kronenberg, S. Melmed & K. Polonsky (Eds.), *Williams Textbook of Endocrinology* (pp. 491-551). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Stupka, N., Lowther, S., Chorneyko, K., Bourgeois, J.M., Hogben, C. & Tarnopolsky, M.A. (2000). Gender differences in muscle inflammation after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 89, 2325-2332.
- Suzuki, K., Nakaji, S., Yamada, M., Liu, Q., Kurakake, S., Okamura, N.T., Kumae, Umeda, T. & Sugawara, K. (2003). Impact of a Competitive Marathon Race on Systemic Cytokine and Neutrophil Responses. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 348-355.
- Suzuki, K., Yamada, M., Kurakake, S., Okamura, N., Yamaya, K., Liu, Q., Kudoh, S., Kowatari, K., Nakaji, S. & Sugawara, K. (2000). Circulating cytokines and hormones with immunosuppressive but neutrophil-priming potentials rise after endurance exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 281-287.
- Suzuki, K., Totsuka, M., Nakaji, S., Yamada, M., Kudoh, S., Liu, Q., Sugawara, K., Yamaya, K. & Sato, K. (1999). Endurance exercise causes interaction among stress hormones, cytokines, neutrophil dynamics, and muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 87, 1360-1367.
- Suzuki, K., Naganuma, S., Totsuka, M., Suzuki, K., Mochizuki, M., Shiraishi, M., Nakaji, S. & Sugawara, K. (1996). Effects of exhaustive endurance exercise and its one-week

- daily repetition on neutrophil count and functional status in untrained men. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 205-212.
- Tanner, J.M. (1962). *Growth and Adolescence*. Oxford, UK: Blackwell Scientific.
- Thietz, N.W. (1968). *Textbook of clinical chemistry*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Timmons, B.W., Tarnopolsky, M.A., Snider, D.P. & Bar-Or, O. (2006a). Immunological Changes in Response to Exercise: Influence of Age, Puberty, and Gender. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(2), 293–304.
- Timmons, B.W., Tarnopolsky, M.A., Snider, D.P. & Bar-Or, O. (2006b). Puberty Effects on NK Cell Responses to Exercise and Carbohydrate Intake in Boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(5), 864–874.
- Timmons, B.W. (2005). Paediatric Exercise Immunology: Health and Clinical Applications. *Exercise Immunology Review*, 11, 108-144.
- Timmons, B.W., Tarnopolsky, M.A. & Bar-Or, O. (2004). Immune responses to strenuous exercise and carbohydrate intake in boys and men. *Pediatric Research*, 56, 227–234.
- Timmons, B.W., Bar-Or, O. & Riddell, M.C. (2003). Oxidation rate of exogenous carbohydrate during exercise is higher in boys than in men. *Journal of Applied Physiology*, 94, 278-284.
- Tvede, N., Kappel, M., Halkjaer-Kristensen, J., Galbo, H. & Pedersen, B.K. (1993). The effect of light, moderate and severe bicycle exercise on lymphocyte subsets, natural and lymphokine activated killer cells, lymphocyte proliferative response and interleukin 2 production. *International Journal of Sports Medicine*, 14, 275-282.
- Tvede, N., Heilmann, C., Halkjaer-Kristensen, J. & Pedersen, B. (1989). Mechanisms of B-lymphocyte suppression induced by acute physical exercise. *Journal of Clinical and Laboratory Immunology*, 30, 169-173.
- Ulich, T.R., del Castillo, J. & Guo, K.Z. (1989). In vivo hematologic effects of recombinant interleukin-6 on hematopoiesis and circulating numbers of RBCs and WBCs. *Blood*, 73, 108-110.
- Ullum, H., Martin, P., Diamant, M., Palmo, J., Halkjaer-Kristensen, J. & Pedersen, B.K. (1994). Bicycle exercise enhances plasma IL-6 but does not change IL-1 α , IL-1 β , or TNF- α pre-mRNA in BMNC. *Journal of Applied Physiology*, 11, 93-97.
- Utsuyama, M., Kasai, M., Kurashima, C. (1992). Differential age changes in the numbers of CD4+CD45RA+AND CD4+CD29+T cell subsets in human peripheral blood. *Mechanisms of Ageing and Development*, 63, 57-68.

- Vander, A., Sherman, J., Luciano, D. & Τσακόπουλος, Μ. (2001). *Φυσιολογία του ανθρώπου, μηχανισμοί της λειτουργίας του οργανισμού*. 8η έκδοση. Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Ν. Γελαδάς & Μ. Τσακόπουλος. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Via, C., & Shearer, G.M. (1988). T-cell interactions in autoimmunity: insights from a murine model of graft versus host disease. *Immunology Today*, 9, 207-213.
- Volek, J.S., Kraemer, W.J., Bush, J.A., Incledon, T. & Boetes M. (1997). Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 82, 49–54.
- Wilson, C. (1986). Immunologic basis for increased susceptibility of the neonate to infection. *The Journal of Pediatrics*, 108, 1-12.
- Wolach, B., Falk, B., Kodesh, E., Radnay, J., Shapiro, H., Yarom, Y. & Eliakim, A. (1998). Cellular immune response to anaerobic exercise among gymnasts and untrained girls. *Pediatric Exercise Science*, 10, 227-235.
- Yamada, M., Suzuki, K., Kudo, S., Totsuka, M., Nakaji, S. & Sugawara, K. (2002). Raised plasma G-CSF and IL-6 after exercise may play a role in neutrophil mobilization into the circulation. *Journal of Applied Physiology*, 92, 1789-1794.
- Yan, Z., Biggs, R.B. & Booth, F.W. (1993). Insulin-like growth factor immunoreactivity increases in muscle after acute eccentric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 410-414.
- Yanase, Y., Tango, T., Okumura, K., Tada, T. & Kawasaki, T. (1986). Lymphocyte subsets identified by monoclonal antibodies in healthy children. *Pediatric Research*, 20, 1147-1151.
- Yim, C.Y., McGregor, J.R., Kwon, O.D., Bastian, N.R., Rees, M., Mori, M., Hibbs, J.B. & Amlowski, W.E. (1995). Nitric oxide synthesis contributes to IL-2-induced antitumor responses against intra-peritoneal Meth A tumor. *Journal of Immunology*, 155, 4382-4390.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Α. Οργάνωση ερευνητικού έργου

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΑΘΛΗΤΡΙΑΣ

A. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

1. Αξιολογήστε την ποιότητα της διατροφής σας κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων ημερών:
 Φτωχή Μέτρια Καλή Πολύ καλή Άριστη
2. Πόσες ώρες πριν έφαγες το τελευταίο γεύμα σου; _____
3. Η διατροφή μου παρακολουθείται από διαιτολόγο: Ναι Όχι

B. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

1. Προπονηθήκατε σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των 4 τελευταίων εβδομάδων; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. διάρκεια παραμονής, ένταση προπόνησης, θερμοκρασία κ.λ.π.):

2. Προπονηθήκατε ή κοιμηθήκατε σε υψόμετρο κατά τη διάρκεια των 2 τελευταίων εβδομάδων; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. διάρκεια παραμονής, ένταση προπόνησης, θερμοκρασία κ.λ.π.):

Γ. ΑΣΘΕΝΕΙΑ

1. Υποφέρετε από κάποια ασθένεια αυτή την περίοδο; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. είδος ασθένειας, σοβαρότητα κ.λ.π.):

2. Παρουσιάσατε κάποια ασθένεια ή πρόβλημα υγείας κατά τη διάρκεια των 4 τελευταίων εβδομάδων; ΝΑΙ ΟΧΙ

Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. είδος ασθένειας, σοβαρότητα κ.λ.π.):

Δ. ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ

1. Υποφέρετε από κάποιο τραυματισμό αυτή την περίοδο; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. είδος τραυματισμού, σοβαρότητα κ.λ.π.):

2. Παρουσιάσατε κάποιο τραυματισμό κατά τη διάρκεια των 4 τελευταίων εβδομάδων;
 ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. είδος τραυματισμού, σοβαρότητα κ.λ.π.):

Ε. ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗ ΑΓΩΓΗ/ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ

1. Παίρνετε κάποια φαρμακευτική αγωγή αυτή την περίοδο; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. είδος, δοσολογία κ.λ.π.):

2. Έχετε πάρει κάποια φαρμακευτική αγωγή κατά τη διάρκεια των 4 τελευταίων εβδομάδων; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. είδος, δοσολογία κ.λ.π.):

3. Καταγράψτε παρακαλώ τα διατροφικά ή άλλα συμπληρώματα που χρησιμοποιείτε αυτή την περίοδο.

1.

2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

ΣΤ. ΚΙΝΗΤΡΟ

1. Αξιολογήστε το βαθμό κινήτρου σας για προπόνηση:
 ΧΑΜΗΛΟ ΜΕΤΡΙΟ ΥΨΗΛΟ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟ
2. Αξιολογήστε το βαθμό κινήτρου σας για τις επερχόμενες μετρήσεις:
 ΧΑΜΗΛΟ ΜΕΤΡΙΟ ΥΨΗΛΟ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟ

Ζ. ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ

1. Αξιολογήστε την τελευταία εβδομάδα προπόνησής σας:
 ΕΥΚΟΛΗ ΜΕΤΡΙΑ ΔΥΝΑΤΗ ΠΟΛΥ ΔΥΝΑΤΗ
2. Πόσο κουρασμένος αισθάνεστε σήμερα; (0 = καθόλου, 5 = εξαντλημένος)
0 1 2 3 4 5
3. Πόσες ώρες πριν προπονηθήκατε για τελευταία φορά; _____
4. Περιγράψτε τις τελευταίες 3 προπονήσεις σας:

Χρόνος

Βαθμός δυσκολίας
(εύκολη, μέτρια, δυνατή)

Τελευταία

Προτελευταία

Προ-
προτελευταία

H. ΤΑΞΙΔΙ

1. Ταξιδέψατε κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν ναι, δώστε λεπτομέρειες (π.χ. μέσο, διάρκεια ταξιδιού κ.λ.π.):

Θ. ΔΙΑΦΟΡΑ

Δώστε, παρακαλώ, άλλες επιπρόσθετες πληροφορίες σχετικά με παράγοντες που πιστεύετε ότι θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων που θα υποβληθείτε.

1. Υποδείξτε παρακαλώ την παρούσα κατάσταση της εμμήνου ρύσης σας:
 Δεν έχω περίοδο Δεν έχω σταθερή περίοδο Έχω σταθερή περίοδο
2. Πόσες ημέρες έχουν περάσει από την τελευταία περίοδο; _____
3. Παίρνετε αντισυλληπτικά χάπια αυτή την περίοδο; ΝΑΙ ΟΧΙ

I. ΚΛΙΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

- **Αυτιά, Μάτια, Μύτη και Λάρυγγας**
Σχόλια σχετικά με το ιστορικό σας για τις παραπάνω ανατομικές περιοχές (π.χ. κατάγματα, επεμβάσεις κ.λ.π.):

- **Αναπνευστικά**
Σχόλια με το σχετικά ιστορικό (π.χ. άσθμα):

- **Καρδιαγγειακά**
Σχετικά σχόλια και ιστορικό:

- **Κοιλιακά**

Σχόλια σχετικά με το ιστορικό (π.χ. επέμβαση σκωληκοειδίτιδας):

- **Κεντρικό Νευρικό Σύστημα**

Σχόλια σχετικά με το ιστορικό:

- **Μυοσκελετικό Σύστημα**

Σχόλια σχετικά με το ιστορικό:

- **Αρθρώσεις**

Σχόλια σχετικά με το ιστορικό:

- **Για αθλήματα που χρησιμοποιούν το τρέξιμο ως μέσο προπόνησης**

Διάταξη: Καταγράψτε το βαθμό ραιβοποδίας και βλαισοποδίας τόσο στη φυσιολογική όσο και στη μη φυσιολογική διάταξη:

- **Πρόσθετα σχόλια**

- **Υπάρχει οικογενειακό ιστορικό για:**

- Υπέρταση
- Επιληψία
- Ημικρανίες/ πονοκεφάλους
- Στομαχικές διαταραχές
- Εντερικά προβλήματα
- Καρδιακά προβλήματα
- Αρθρίτιδα
- Ψυχολογικά προβλήματα
- Αλλεργίες/ Άσθμα
- Γενετικές διαταραχές
- Αναιμία
- Καρκίνο ή όγκους
- Διαταραχές νεφρών/ουροδόχου κύστης
- Διαβήτης
- Προβλήματα εγκυμοσύνης
- Άλλα:

- **Πρόσφατα, ή ακόμη, παρουσίασα/ζω:**

- Αλλεργίες
- Προβλήματα όρασης
- Προβλήματα με τη μύτη/ λάρυγγα
- Πονοκέφαλο, ζαλάδα, αδυναμία, λιποθυμία, πρόβλημα συναρμογής ή ισορροπίας
- Μούδιασμα σε κάποιο μέρος του σώματός μου
- Τάση για τρέμουλο

- Βήχα, απώλεια αναπνοής, πόσο στο στήθος, ζαλάδα, φτερουγίσματα στην καρδιά κατά την άσκηση
- Ελλιπή διατροφή, εμετό, κοιλιακό πόνο, διάρροια, αιμορραγία εντέρου κ.λ.π.
- Συμπτώματα σχετικά με τους μυς, τα οστά ή τις αρθρώσεις (π.χ. οίδημα, πόνο, πιάσιμο κ.λ.π.)
- Δερματικά προβλήματα όπως εξανθήματα, κνησμό ή αίσθημα καψίματος
- Διαταραχές της εμμήνου ρύσης (πόννοι, χάσιμο περιόδου, αιμορραγία κ.λ.π.)
- Άλλα συμπτώματα:

Έχει μεταβληθεί το σωματικό σας βάρος κατά τον τελευταίο χρόνο;
Απώλεια ____ προσθήκη βάρους _____ και πόσα κιλά; _____

Αυξήθηκε το σωματικό σας ύψος κατά τον τελευταίο χρόνο; Κατά πόσα εκατοστά; _____

• Παρελθόντα ιατρικά προβλήματα

Είχα ή μου πρότειναν να συμβουλευθώ γιατρό για:

- Καρδιακή ασθένεια
- Υπέρταση
- Διαβήτη ή άλλη μεταβολική ασθένεια
- Φυματίωση, άσθμα ή άλλη αναπνευστική ασθένεια
- Ηπατίτιδα
- Επιληψία
- Νευρική διαταραχή ή ασθένεια
- Φλεβίτιδα ή άλλα αγγειακά προβλήματα
- Έλκος ή άλλη στομαχική διαταραχή ή διαταραχή του εντέρου, ήπατος, χολής
- Αιματολογική ασθένεια (π.χ. αναιμία), εύκολα πρηξίματα ή τάση για αιμορραγία (π.χ. αιμοφιλία)
- Σάκχαρο, λευκωματίνη ή αίμα στα ούρα ή άλλη νεφρική διαταραχή
- Κήλη κάποια μυοπάθεια
- Θερμοπληξία
- Προβλήματα θερμοκρασίας
- Κρανιοεγκεφαλικό τραυματισμό (π.χ. διάσειση), απώλεια μνήμης, εμετό, εισαγωγή στο νοσοκομείο, απώλεια αισθήσεων λόγω τραυματισμού στο κεφάλι
- Ψυχολογικές ή ψυχιατρικές διαταραχές
- Τραυματισμός των οστών (που; _____)
- Πόνο στη μέση
- Χειρουργική επέμβαση
- Πρόγραμμα αποκατάστασης/φυσικοθεραπείας γιατί; _____

• **Φάρμακα, διατροφικά συμπληρώματα, άλλοι παράγοντες**

- Παίρνω διατροφικά συμπληρώματα (π.χ. βιταμίνες, σίδηρο, ασβέστιο κ.λ.π.)
- Παίρνω διεγερτικά (π.χ. αμφεταμίνες κ.λ.π.)
- Παίρνω αναβολικούς παράγοντες (π.χ. στεροειδή, αυξητική ορμόνη κ.λ.π.)
- Παίρνω υπνωτικά χάπια
- Παίρνω αντισυλληπτικά από το στόμα
- Παίρνω κάποια φάρμακα χωρίς συνταγή γιατρού (όχι αυτά που αναφέρονται πιο πάνω)
- Καπνίζω (τσιγάρα/ημέρα: _____)
- Πίνω αλκοολούχα ποτά (ποσότητα/εβδομάδα: _____)
- Μου έχουν συστήσει να μην συμμετάσχω σε αθλητικές δραστηριότητες για κάποια χρονική περίοδο (δώστε λεπτομέρειες):

- Φορώ γυαλιά όταν αγωνίζομαι
- Φορώ φακούς επαφής όταν αγωνίζομαι

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ - ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ

Υπογράφοντας το παρόν έντυπο συγκατάθεσης στις προτεινόμενες εργομετρικές μετρήσεις (γράψτε ονοματεπώνυμο) _____

συμφωνώ με τους παρακάτω όρους:

1. Έχω διαβάσει προσεκτικά την επεξήγηση των μεθόδων εργομετρικής αξιολόγησης η οποία επισυνάπτεται και κατανόησα αυτά που πρέπει να κάνω και να υποβληθώ.
2. Κατανοώ ότι θα υποβληθώ σε διαδικασία άσκησης υψηλής ή μέγιστης έντασης η οποία θα με φέρει πολύ κοντά ή και στα φυσιολογικά μου όρια και ικανότητες και ότι υπάρχει πιθανός κίνδυνος σε τέτοιο επίπεδο, δηλαδή επεισόδια προσωρινής ζαλάδας ή απώλειας των αισθήσεων, λιποθυμίας, υψηλής αρτηριακής πίεσης, πιθανή ενόχληση στο στήθος και ναυτία. Κατανοώ ότι αυτά μπορούν να συμβούν έστω και αν το επιστημονικό προσωπικό του εργαστηρίου θα πάρει τα απαραίτητα μέτρα και προφυλάξεις κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και αναλαμβάνω όλη την ευθύνη.
3. Κατανοώ ότι μπορώ να αποσύρω την συγκατάθεσή μου, ελεύθερα και χωρίς προκατάληψη, οποιαδήποτε στιγμή πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη μέτρηση.
4. Έχω αναφέρει στον υπεύθυνο των μετρήσεων για τυχόν ασθένειες ή φυσικές ενοχλήσεις/αδυναμίες που έχω και είναι πιθανόν να αυξήσουν το ποσοστό του κινδύνου που προαναφέρθηκε.
5. Κατανοώ ότι οι πληροφορίες και τα δεδομένα που θα συλλεχθούν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θα χρησιμοποιηθούν με εχεμύθεια και εμπιστευτικότητα και με κατοχυρωμένο το απόρρητο των συγκεκριμένων πληροφοριών και δεδομένων. Παρόλα αυτά, οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για στατιστικούς ή επιστημονικούς σκοπούς αλλά με τη διατήρηση του απόρρητου. (Έχω συμφωνήσει επίσης όπως αυτές οι πληροφορίες δοθούν στον προπονητή μου ή τον υπεύθυνο της Ομάδας μου).

6. Απαλλάσσω τόσο το εργαστήριο όσο και τους εργαζόμενους σε αυτό από οποιαδήποτε ευθύνη για πιθανό τραυματισμό ή ασθένεια μπορεί να υποστώ κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ή μετά από αυτές.
7. Συμφωνώ ότι θα παρουσιασθώ για τις μετρήσεις στην κατάσταση η οποία μου ζητήθηκε από το εργαστήριο (όσον αφορά διατροφή, κόπωση και άλλους παράγοντες).

Όνοματεπώνυμο αθλήτριας: _____

Υπογραφή αθλήτριας:

Ημερομηνία: / /

Όνοματεπώνυμο γονέα/κηδεμόνα (αν η αθλήτρια είναι κάτω των 18 ετών):

Υπογραφή γονέα/κηδεμόνα:

Ημερομηνία: / /

B. Καταγραφή δεδομένων

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
 ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
 Κατεύθυνση Εργοφυσιολογίας
 Υπεύθυνοι μετρήσεων: Σάββας Τοκμακίδης, Καθηγητής
 Ελένη Δούδα, Επίκουρος Καθηγήτρια
 Πραγματοποίηση μετρήσεων: Αλεξάνδρα Αυλωνίτη, Υποψήφια Διδάκτωρ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΡΤΕΛΑ ΑΘΛΗΤΡΙΑΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ :

ΑΘΛΗΜΑ :

ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ :

ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Βάρος (kg)		Μήκος πήχη	
Ύψος από όρθια θέση (cm)		Μήκος παλάμης	
Ύψος από καθιστή θέση (cm)		Μήκος πήχη & παλάμης	
Εκταση των χεριών στο πλάι (cm)		Μήκος μηρού	
Μήκος βραχιόνιου		Μήκος κνήμης	

ΔΕΡΜΑΤΟΠΤΥΧΕΣ (mm)

ΔΕΡΜΑΤΟΠΤΥΧΕΣ	
Δικέφαλος βραχιόνιος	
Τρικέφαλος βραχιόνιος	
Υποπλάτιος	
Λαγόνιος	
Κοιλιακός	
Μηριαίος	
Γαστροκνήμιος	
Μεσομασχαλιαίος	
Θωρακικός	

ΔΙΑΜΕΤΡΟΙ (0.1 cm)

- αμφιακρωμιακή	
- θωρακική	
- πλάτος θώρακα	
- αμφυλαγόνια	
- αμφοιτροχαντηριακή	

	Δεξιό άκρο	Αριστερό άκρο
- γονάτων		
- αγκώνων		
- αστραγάλων		
- καρπών		

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ (0.1 cm)

- ώμου	
- στήθους	
- μέσης	
- κοιλιάς	
- ισχίου	

	Δεξιό άκρο	Αριστερό άκρο
- δικέφαλου		
- πήχη		
- καρπού		
- μηρού		
- proximal		
- midthigh		
- distal		
- γαστροκνημίου		
- αστραγάλου		

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Κατεύθυνση Εργοφυσιολογίας

Υπεύθυνοι μετρήσεων: Σάββας Τοκμακίδης, Καθηγητής

Ελένη Δούδα, Επίκουρος Καθηγήτρια

Πραγματοποίηση μετρήσεων: Αλεξάνδρα Αυλωνίτη, Υποψήφια Διδάκτωρ

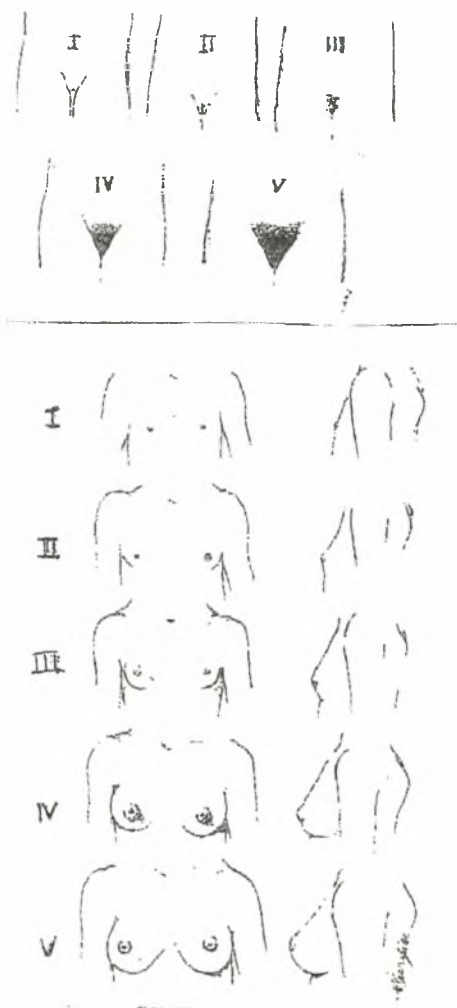
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ :

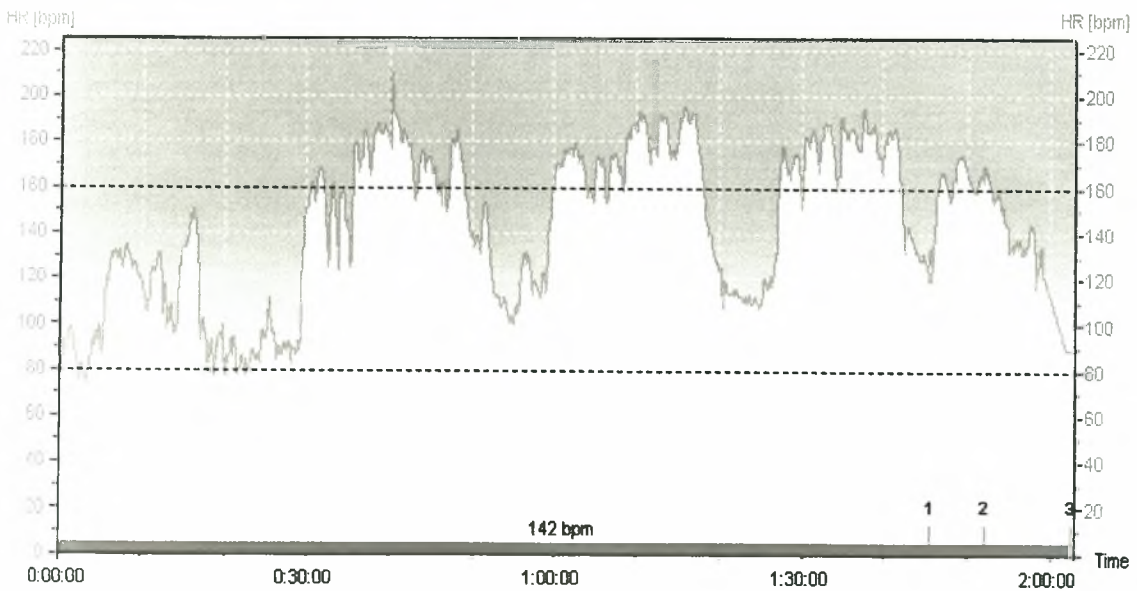
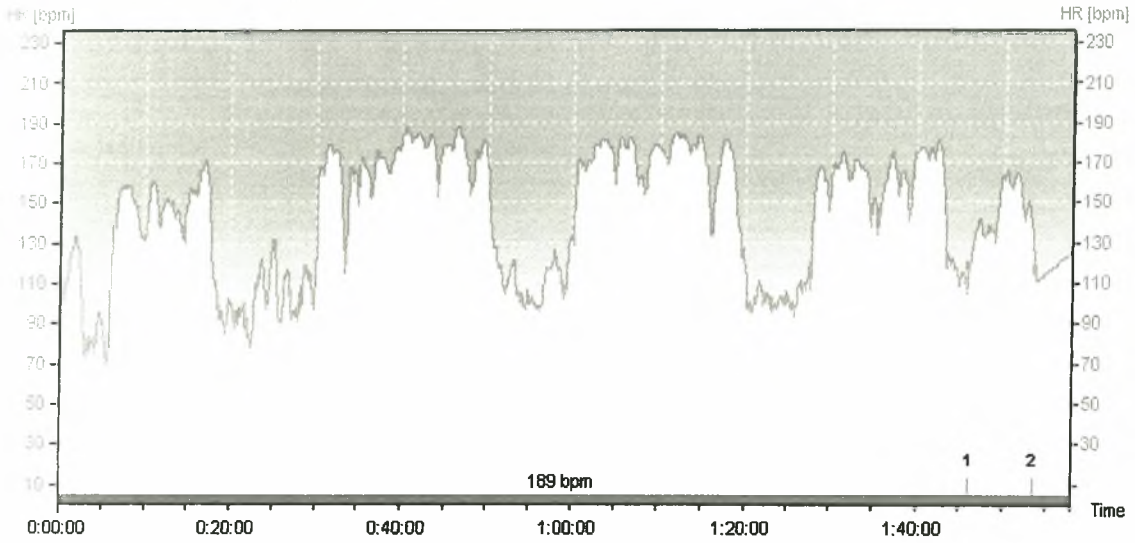
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ :

ΚΛΙΜΑΚΑ TANNER

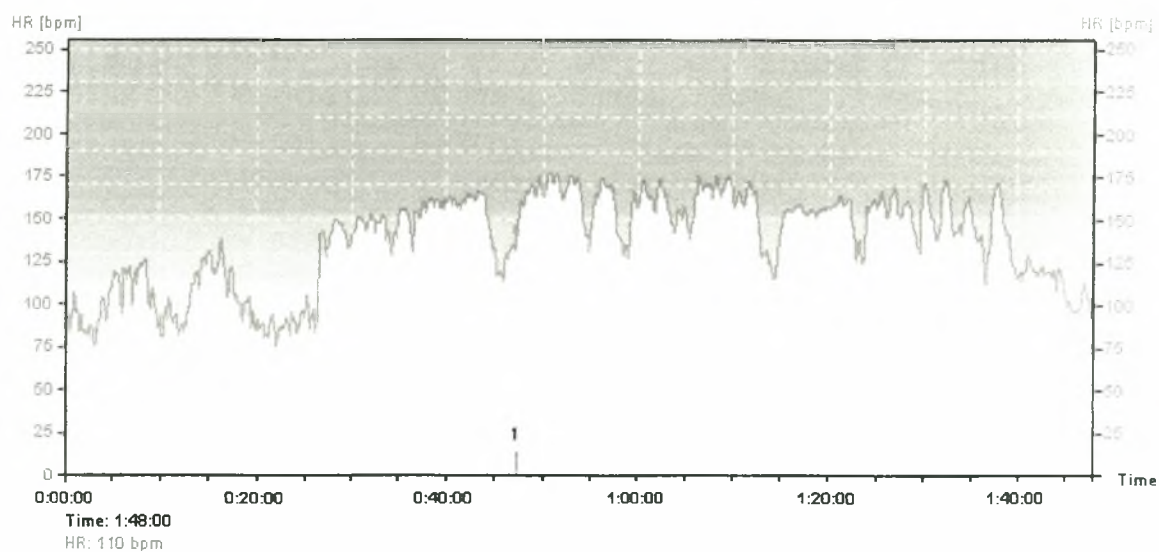
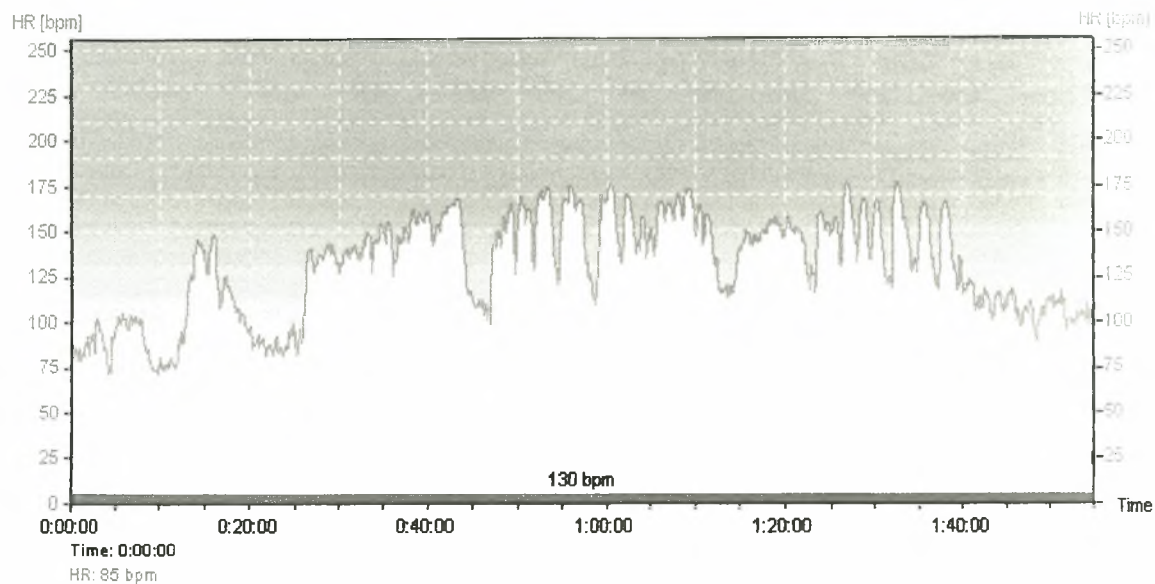


Γ. Παρουσίαση ερευνητικών δεδομένων

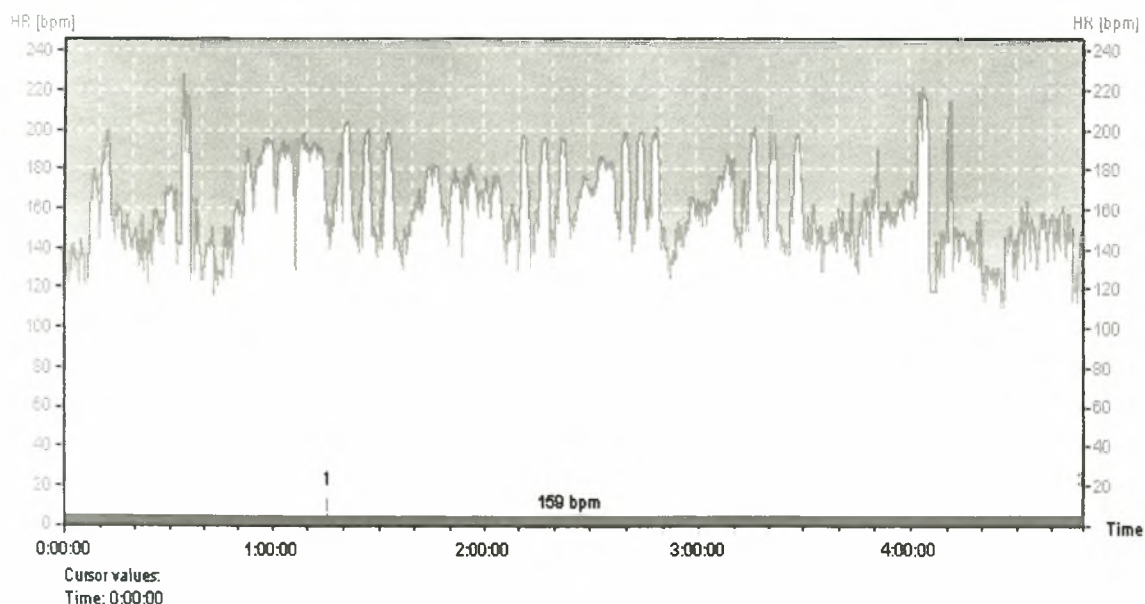
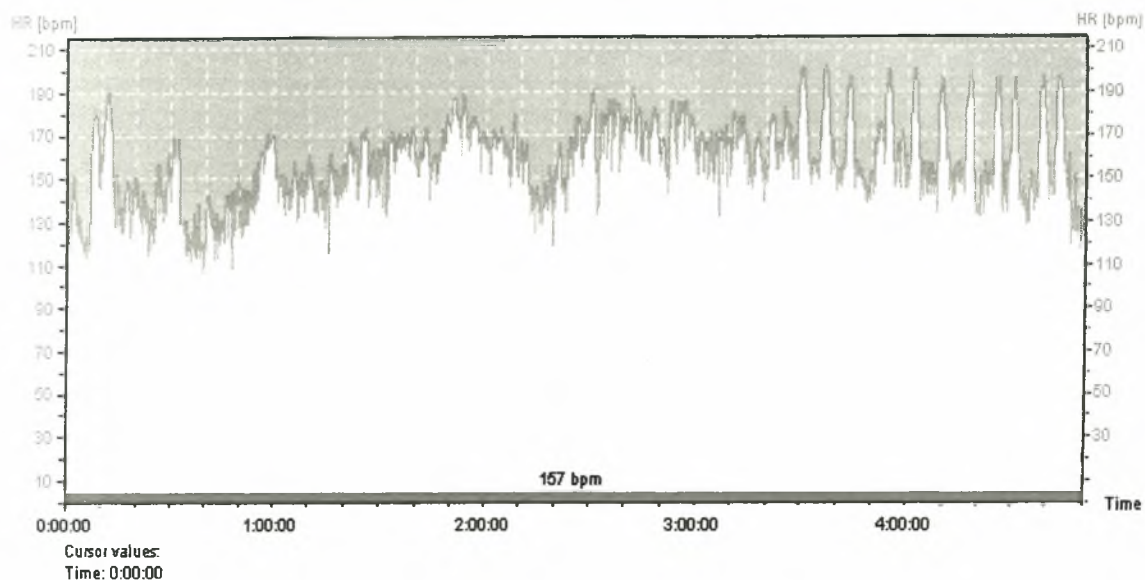
ΑΤΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΘΛΗΤΡΙΩΝ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ



ΑΤΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΘΛΗΤΡΙΩΝ ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ

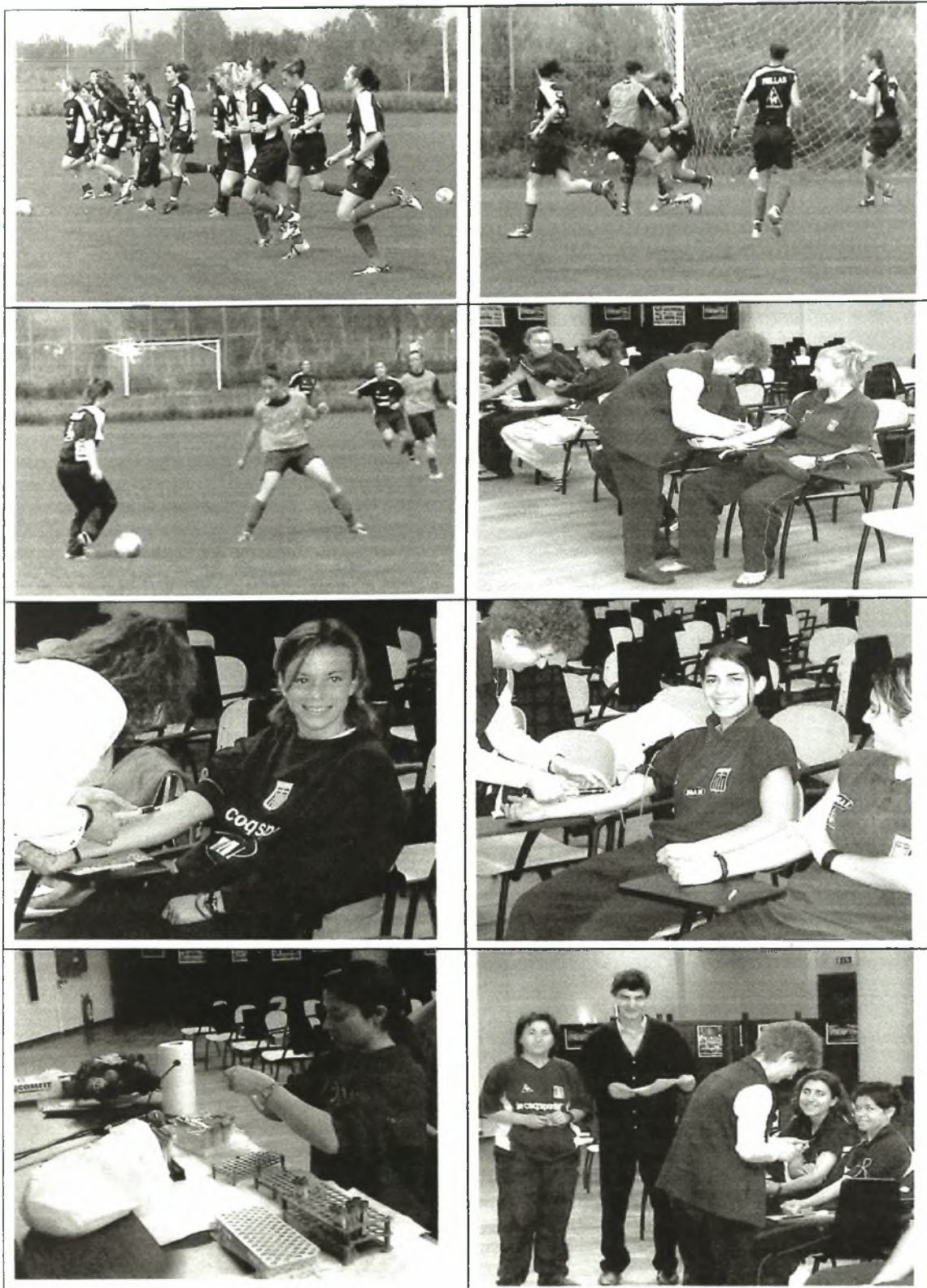


ΑΤΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ
 ΤΩΝ ΑΘΛΗΤΡΙΩΝ ΡΥΘΜΙΚΗΣ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑ
 ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ



Δ. Φωτογραφικό υλικό μετρήσεων

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟΥ ΓΥΝΑΙΚΩΝ
(Ξάνθη 2004)



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΓΥΝΑΙΚΩΝ
(Νάουσα 2004)



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
ΟΜΑΔΑΣ ΡΥΘΜΙΚΗΣ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗΣ
(ΑΘΗΝΑ 2005)

