



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
τόμος (10), 6 - 16
Δημοσιεύτηκε: 5 Ιουνίου 2012



Inquiries in Sport & Physical Education
Volume (10), 6 - 16
Released: June 5, 2012

www.hape.gr/emag.asp

ISSN 1790-3041

Χρονοεξαρτώμενες Μεταβολές Των Λευκοκυττάρων Μετά Από Έντονη Έκκεντρη Άσκηση Ιωάννης Μιχαηλίδης¹, Αθανάσιος Χατζηνικολάου¹, Δημήτρης Τσοούκας², Γεράσιμος Τερζής³, Δημήτρης Μανδαλίδης³, Σπυρίδων Αθανασόπουλος³, Αθανάσιος Ζ. Τζιαμούρτας⁴, & Ιωάννης Γ. Φατούρος¹

¹Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο
Θράκης, Κομοτηνή, Ελλάδα

² Ιατρική Σχολή, Τμήμα Τοξικολογίας, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

³ Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

⁴ Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας, Τρίκαλα

Περίληψη

Είναι γνωστό ότι η έκκεντρη άσκηση εκτός από τη μυϊκή βλάβη που προκαλεί μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το ανοσοποιητικό σύστημα. Οι επιδράσεις αυτές εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της άσκησης. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογήσει τις μεταβολές στα επίπεδα των λευκοκυττάρων μετά από μια συνεδρία έντονης έκκεντρης άσκησης. Συμμετείχαν 20 υγιείς άνδρες που δεν πραγματοποιούσαν κάποιο είδος συστηματικής άσκησης. Υποβλήθηκαν σε δυο συνθήκες: συνθήκες μία άσκησης και μία ελέγχου, που απείχαν μεταξύ τους έναν μήνα. Το έκκεντρο πρωτόκολλο άσκησης περιλάμβανε 300 συστολές στον τετρακέφαλο μυ (1 πόδι για την κάθε συνθήκη) και είχε διάρκεια περίπου 60 λεπτά. Δειγματοληψίες έγιναν πριν την άσκηση, αμέσως μετά, στις 2 ώρες μετά και 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 και 8 ημέρες μετά το τέλος της άσκησης. Εκτιμήθηκε ο αριθμός των λευκοκυττάρων και των υποπληθυσμών τους (ουδετερόφιλα, λεμφοκύτταρα, μονοκύτταρα, βασεόφιλα, ηωσινόφιλα). Από τη στατιστική ανάλυση φάνηκε ότι αυξήθηκε ο αριθμός των λευκοκυττάρων μετά την άσκηση ($p < .001$) και διατηρήθηκε υψηλός μέχρι και 3 ημέρες μετά. Παρόμοιες μεταβολές εμφανίστηκαν και στα ουδετερόφιλα ($p < .001$) που αυξήθηκαν σημαντικά μέχρι και 3 ημέρες μετά την άσκηση ($p < .05$). Τα λεμφοκύτταρα αυξήθηκαν μετά την άσκηση και έφτασαν το μέγιστο αριθμό τους μια ημέρα μετά ($p < .001$). Τα μονοκύτταρα αυξήθηκαν μέχρι και 2 ώρες μετά την άσκηση ($p < .05$) αλλά δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο συνθηκών. Στα βασεόφιλα δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες μεταβολές ($p > .05$), ενώ τα ηωσινόφιλα μειώθηκαν με τις δυο συνθήκες να διαφέρουν στο δείγμα των 2 ωρών μετά την άσκηση ($p < .05$). Η τιμή της αναλογίας των ουδετερόφιλων με τα λεμφοκύτταρα αυξήθηκε αμέσως μετά την άσκηση και παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα μέχρι και 6 ημέρες μετά το τέλος της άσκησης ($p < .05$). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι το έκκεντρο πρωτόκολλο άσκησης που εφαρμόστηκε προκάλεσε λευκοκυττάρωση κυρίως εξαιτίας της αύξησης των ουδετερόφιλων, χωρίς έντονες μεταβολές στους υπόλοιπους υποπληθυσμούς. Οι μεταβολές αυτές δεν υποδεικνύουν κάποια ανοσοκαταστολή στον οργανισμό των συμμετεχόντων.

Λέξεις κλειδιά: λευκοκύτταρα, ουδετερόφιλα, λεμφοκύτταρα, έκκεντρη άσκηση

Time Depended Changes of White Blood Cells After Intense Eccentric Exercise

Ioannis Michailidis¹, Athanasios Chatzinikolaou¹, Dimitris Tsoukas², Gerasimos Terzis³, Dimitris Mandalidis³, Spiridon Athanasopoulos³, Athanasios Z. Jamurtas⁴, & Ioannis G. Fatouros¹

¹Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of
Thrace, Komotini, Greece

² Medical School, Toxicology Department, Kapodistriako University of Athens.

³Department of Physical Education and Sport Science, Kapodistriako University of
Athens, Greece

⁴Department of Physical Education and Sport Science, University of
Thessaly, Trikala, Greece

Abstract

It is known that eccentric exercise cause muscle damage and significant changes to immune system. These effects depend on the characteristics of the exercise. The aim of the current study was to estimate the changes to the number of the white blood cells after a bout of eccentric exercise. Twenty healthy males, no athletes, participated in the study. They take part to exercise condition and to control condition with a rest period of one month. The exercise protocol concludes 300 muscle contractions of the quadriceps. Blood samples were taken before the exercise, immediately after, 2 hours after and 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8 days after the exercise. Determine the number of white blood cells and the subsets of neutrophils, lymphocytes, monocytes, eosinophils and basophils. The analysis of data indicate significant increases in total white blood cells until 3 days after exercise ($p < .001$). Similar changes observed at neutrophils at first 6 samples ($p < .001$) (3 days after exercise). Monocytes number increased at the sample of 2 hours ($p < .05$) whereas eosinophils decreased 2 hours after exercise ($p < .05$). Basophils number didn't change significantly ($p > .05$). The results indicate that a bout of eccentric exercise induced leukocytosis as a result of the increase number of neutrophils.

Key words: *white blood cells, neutrophils, lymphocyte, eccentric exercise*

Εισαγωγή

Η έντονη άσκηση επιδρά στο ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου και εκδηλώνεται με μεταβολή της συγκέντρωσης των λευκοκυττάρων στο αίμα (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000). Η επίδραση της άσκησης στο ανοσοποιητικό έχει μελετηθεί τόσο μετά από αερόβια άσκηση (Gabriel & Kinderman, 1997; Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000) και από άσκηση με αντιστάσεις (Risoy et al., 2003; Simonson, 2001) όσο και μετά από έκκεντρη άσκηση (Malm, Lenkei & Sjodin, 1999; Pizza et al., 1996).

Η αντίδραση των λευκοκυττάρων και ειδικότερα των υποπληθυσμών τους σε μια συνεδρία φυσικής δραστηριότητας ποικίλλει, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της άσκησης που εφαρμόζεται. Η αύξηση των λευκοκυττάρων που παρατηρείται συνήθως στην κυκλοφορία του αίματος, αλλά και η πρόελευσή τους, δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως, ωστόσο έχει δειχθεί ότι σχετίζεται με ορμονικές αλλαγές (κορτιζόλη και κατεχολαμίνες) και με αλλαγές των συγκεντρώσεων των κυτοκινών στο αίμα και τους μύς (Bruunsgaard, Galbo, Halkjaer-Kristensen, Johansen, MacLean & Pedersen 1997; Fielding, Manfredi, Ding, Fiatarone, Evans & Cannon, 1993). Οι παραπάνω παράγοντες επιδρούν στον μυελό των οστών και προκαλούν την αυξημένη απελευθέρωση ουδετερόφιλων στην κυκλοφορία του αίματος (Risoy et al., 2003). Επίσης έχει αναφερθεί ότι η απελευθέρωση/έκχυση μυϊκών πρωτεϊνών στο αίμα μπορεί να επηρεάσει το ανοσοποιητικό σύστημα (Kayashima, Ohno, Fujioka, Taniguchi & Nagata, 1995) μέσω της αυξημένης έκφρασης των μορίων συγκόλλησης στα λευκοκύτταρα της κυκλοφορίας (Miles, Leach, Kraemer, Dohi, Bush & Mastro, 1998; Pizza et al., 1996).

Τα λευκοκύτταρα διακρίνονται αδρά στις παρακάτω κατηγορίες στα ουδετερόφιλα, στα λεμφοκύτταρα, στα μονοκύτταρα, στα ηωσινόφιλα και στα βασεόφιλα. Από αυτά η πολυπληθέστερη ομάδα είναι τα ουδετερόφιλα που αποτελούν το 50-60% του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων. Τα κύτταρα αυτά, όπως προαναφέρθηκε, παράγονται στο μυελό των οστών και αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας του οργανισμού, καθώς είναι τα πρώτα κύτταρα που φτάνουν στο σημείο της φλεγμονής. Τα λεμφοκύτταρα αποτελούν μονοπύρηνια κύτταρα που είναι υπεύθυνα για πιο εξειδικευμένες ανοσολογικές αντιδράσεις (Janeway, Travers, Walport, & Shlomchik, 2001). Τα μονοκύτταρα είναι τα μεγαλύτερα από τα λευκοκύτταρα και αποτελούν τις πρόδρομες μορφές των μακροφάγων που βρίσκονται στους ιστούς και στα λεμφικά όργανα. Πιο συγκεκριμένα τα κύτταρα αυτά, αφού παραμείνουν στην κυκλοφορία του αίματος για κάποιες ώρες, στη συνέχεια εισέρχονται στους ιστούς και διαφοροποιούνται στα μακροφάγα κύτταρα. Τα ηωσινόφιλα είναι υπεύθυνα για την αντιμετώπιση παρασιτώσεων αλλά και αλλεργικών καταστάσεων. Τέλος τα βασεόφιλα αποτελούν τον μικρότερο υποπληθυσμό των λευκοκυττάρων (λιγότερο από το 1%) και εμπλέκονται κυρίως σε αντιδράσεις άμεσης υπερευαισθησίας (αλλεργίες) (Janeway et al., 2001).

Επίσης η επίδραση της άσκησης στο ανοσοποιητικό σύστημα μελετάται εδώ και πολλές δεκαετίες (Baetjer, 1932) καθώς υπάρχει η άποψη ότι μετά από έντονη άσκηση ο ανθρώπινος οργανισμός είναι

πο επιρρεπής σε μολύνσεις. Το 1999 διατυπώθηκε η ιδέα του «ανοιχτού παραθύρου» (Nieman & Pedersen, 1999), σύμφωνα με την οποία μετά από εξουθενωτική άσκηση το ανοσοποιητικό σύστημα βρίσκεται σε καταστολή, που διαρκεί μέχρι και 3 ημέρες μετά την δραστηριότητα. Επομένως, με βάση τη θεωρία αυτή, ο οργανισμός το διάστημα αυτό είναι περισσότερο ευάλωτος σε μολύνσεις. Από μελέτες σε ζώα έχει δείχθει ότι η επίδραση της άσκησης στην ικανότητα του οργανισμού να ανθίσταται σε μολύνσεις εξαρτάται από το είδος και τη διάρκεια της άσκησης (Cannon & Kluger, 1984; Pback, Crawford, Neufeld & Friman, 1991). Ωστόσο, σε γενικές γραμμές φάνηκε ότι η άσκηση πριν την μόλυνση είτε δεν επηρέασε είτε μείωσε τη νοσηρότητα. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια επώασης της μόλυνσης η άσκηση υπήρχε πιθανότητα να αυξήσει τη σοβαρότητα της μόλυνσης. Αν και τα πειραματικά δεδομένα είναι περιορισμένα, υπάρχουν αρκετές επιδημιολογικές μελέτες που σχετίζουν την έντονη άσκηση με μολύνσεις του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος (π.χ. μαραθώνιος: Nieman, Johansen, Lee, Cermak & Arabatzis, 1990). Αντίθετα υπάρχουν αναφορές ότι η ήπια άσκηση προκαλεί μείωση των συμπτωμάτων (Nieman et al., 1993).

Στην παρούσα μελέτη θα εξετασθεί η μεταβολή των υποπληθυσμών των λευκοκυττάρων μετά από ένα έκκεντρο πρωτόκολλο άσκησης. Επίσης θα εκτιμηθεί αν η μεταβολή αυτή κατέστησε τον οργανισμό των συμμετεχόντων περισσότερο ευάλωτο στις μολύνσεις. Η διαφοροποίηση της παρούσας μελέτης σε σχέση με προηγούμενες, έγκειται στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί ένα από τα πιο επίπονα πρωτόκολλα έκκεντρης άσκησης σε ισοκινητικό μηχάνημα, γεγονός που ενδεχομένως να επηρεάσει την ανοσολογική κατάσταση του οργανισμού. Επιπλέον στην παρούσα μελέτη θα πραγματοποιηθούν δειγματοληψίες για 8 συνεχόμενες ημέρες μετά την άσκηση έτσι ώστε να υπάρχει μια πλήρης απεικόνιση των μεταβολών των υποπληθυσμών των λευκοκυττάρων στον οργανισμό.

Μέθοδος και Διαδικασία

Δείγμα

Στη μελέτη έλαβαν μέρος εθελοντικά 20 υγιείς άντρες, οι οποίοι δε γυμνάζονταν συστηματικά (όχι πάνω από δύο φορές την εβδομάδα), ενώ οκτώ εβδομάδες πριν την έναρξη της μελέτης διέκοψαν κάθε αθλητική δραστηριότητα. Η ηλικία τους ήταν μεταξύ 19 και 25 ετών. Οι εθελοντές ενημερώθηκαν με έντυπα για το σχεδιασμό της έρευνας και υπέγραψαν έντυπο συναίνεσης, όπου τους εξηγούνταν η πειραματική διαδικασία, τα πλεονεκτήματα από τη συμμετοχή τους, οι προσδοκώμενες ωφέλειες και οι υποχρεώσεις τους. Για την έρευνα τηρήθηκαν οι κατευθυντήριες γραμμές του Κώδικα Δεοντολογίας Ερευνών του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης και του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση)

Μεταβλητή	Συνθήκη Άσκησης	Συνθήκη Ελέγχου
Ηλικία (έτη)	22.5 ± 2.5	22.6 ± 2.6
Σωματικό βάρος (Kg)	77.3 ± 9.0	76.8 ± 9.7
Ύψος σε όρθια θέση (m)	1.78 ± 0.1	1.78 ± 0.1
Δείκτης Μάζας Σώματος (Kg*m ⁻²)	24.6 ± 2.2	24.5 ± 2.2
Ποσοστό Σωματικού Λιπών (%)	13.3 ± 3.5	13.2 ± 3.2
Άλλη Σωματική Μάζα (Kg)	63.2 ± 7.0	63.1 ± 7.3

Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με διπλά τυφλό σχεδιασμό σύμφωνα με το παρακάτω πρόγραμμα:

A. Στην πρώτη επίσκεψή τους στο εργαστήριο, οι εθελοντές συμπλήρωσαν το έντυπο συγκατάθεσης και το έντυπο προσωπικών στοιχείων και ιατρικού ιστορικού. Επίσης οι εθελοντές εξοικειώθηκαν με το ισοκινητικό δυναμόμετρο, εκτελώντας υπομέγιστες έκκεντρες επαναλήψεις (2 σετ από 5 επαναλήψεις σε υψηλή ταχύτητα 240ο/sec).

B. Τρεις ημέρες μετά, κατά τη δεύτερη επίσκεψη των εθελοντών στο εργαστήριο, πραγματοποιήθηκαν οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις (σωματικό ύψος, σωματικό βάρος και σωματική σύσταση).

Γ. Μια εβδομάδα αργότερα, οι εθελοντές προσήλθαν στο εργαστήριο μεταξύ 9:00-11:00 π.μ. όπου πραγματοποιήθηκε αιμοληψία Στη συνέχεια, οι εθελοντές εκτέλεσαν το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης στο

ισοκινητικό μηχάνημα. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση του έκκεντρου πρωτοκόλλου και δυο ώρες αργότερα λήφθηκαν δείγματα αίματος.

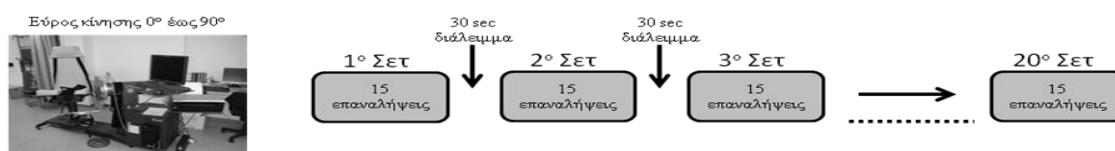
Δ. Για τις επόμενες οκτώ ημέρες οι εθελοντές έρχονταν στο εργαστήριο καθημερινά, στις 9:00 π.μ., όπου λαμβάνονταν δείγματα αίματος.

Ε. Η όλη διαδικασία επαναλήφθηκε με ακριβώς τον ίδιο τρόπο για το κάθε άτομο άλλη μια φορά μετά το πέρας 6 εβδομάδων έτσι ώστε ο κάθε εθελοντής να συμμετάσχει και στις δυο συνθήκες (άσκησης και ελέγχου). Η συμμετοχή των εθελοντών στις δυο συνθήκες έγινε με τυχαία επιλογή.

Πρωτόκολλο άσκησης

Η άσκηση πραγματοποιήθηκε με ένα ισοκινητικό δυναμόμετρο Myoforce III (Microforce Electronics, Greece), με τους εθελοντές σε καθιστή θέση. Η ισοκινητική άσκηση περιλάμβανε 300 έκκεντρες συστολές των εκτεινόντων μυών του γόνατος (15 επαναλήψεις \square 20 σειρές με 30 sec διάλειμμα μεταξύ της κάθε σειράς) (Σχήμα 1), οι οποίες πραγματοποιούνταν μεταξύ πλήρους έκτασης (0°) και 90° κάμψης του γόνατος (εύρος κίνησης 90°), με γωνιακή ταχύτητα $90^\circ/s$. Πριν την ισοκινητική άσκηση κάθε εξεταζόμενος πραγματοποιούσε δεκαπεντάλεπτη προθέρμανση, που περιλάμβανε 8 λεπτά άσκηση σε εργοποδηλάτο Monark (Monark, Vansbro, Sweden) με αντίσταση 50W και με ταχύτητα 70 στροφές το λεπτό, μϊκίες διατάσεις για 3 λεπτά, καθώς και 5-6 έκκεντρες συστολές των εκτεινόντων μυών του γόνατος για να ελεγχτεί η σταθεροποίηση του μέλους. Η ισοκινητική άσκηση πραγματοποιήθηκε στο ένα πόδι για την κάθε συνθήκη, με την επιλογή να είναι τυχαία.

Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση του πρωτοκόλλου άσκησης.



Σωματομετρικές μετρήσεις

Το σωματικό βάρος μετρήθηκε με ακρίβεια μισού κιλού (0,5 kg) χρησιμοποιώντας ένα μηχανικό ζυγό (Beam Balance 710, Seca, UK). Στους εξεταζόμενους δόθηκε η οδηγία να σταθούν στο κέντρο του ζυγού και να κατανεύουν το βάρος τους εξίσου και στα δύο πόδια. Το σωματικό ύψος μετρήθηκε στο πλησιέστερο μισό εκατοστό (0,5 cm) με χρήση αναστημόμετρου (Stadiometer 208, Seca, UK). Η μέτρηση του ύψους έγινε σε όρθια θέση με τις φτέρνες ενωμένες και τα πέλματα να σχηματίζουν γωνία περίπου 60° . Για τον υπολογισμό του Δείκτη Σωματικής Μάζας (ΔΜΣ) χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του ύψους σε μέτρα (m) και του βάρους σε κιλά (kg). Ο υπολογισμός έγινε με βάση τον τύπο $\Delta\text{Μ}\Sigma \text{ (kg/m}^2\text{)} = \text{σωματικό βάρος (kg)} / \text{ύψος}^2 \text{ (m}^2\text{)}$. Η μέτρηση του ποσοστού σωματικού λίπους, της μάζας του λιπώδους ιστού και της μυϊκής μάζας έγινε με τη μέθοδο της απορροφησιμετρίας διπλής ενέργειας ακτίνων Χ (DXA) (Lunar, DPX-MD scanner DXA model DPXL, LUNAR Radiation, Madison, WI, USA) όπως έχει ήδη περιγραφεί από τον Levine και τους συνεργάτες του (Levine et al., 2000).

Όλες οι αξιολογήσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών έγιναν σύμφωνα με τις οδηγίες της Αμερικανικής Αθλητιατρικής Εταιρείας (ACSM, 2002), το πρωί μετά από ολονύκτια νηστεία.

Αιμοληψία και διαχείριση των δειγμάτων

Για κάθε μια από τις συνθήκες (άσκησης και ελέγχου) λήφθηκαν από κάθε εθελοντή έντεκα δείγματα αίματος των 3 mL από τη μεσοβασιλική φλέβα σε καθιστή θέση. Δειγματοληψίες έγιναν πριν την άσκηση (δείγμα ηρεμίας), αμέσως και δυο ώρες μετά την άσκηση και 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 και 8 ημέρες μετά. Τα 3 mL αίματος τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες με EDTA για τη μέτρηση της γενικής αίματος, η οποία πραγματοποιήθηκε εντός 24 ωρών από τη δειγματοληψία. Επίσης σε ένα μέρος της ποσότητας αυτής μετρήθηκε η κρεατινική κινάση (CK).

Ο υπολογισμός της μεταβολής του όγκου του πλάσματος μετά την άσκηση σε σχέση με πριν έγινε σύμφωνα με την εξίσωση των Dill και Costill, (1974).

Γενική αίματος

Η γενική αίματος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του αυτόματου αιματολογικού αναλυτή Sysmex K-1000 autoanalyzer (TOA Electronics, Japan).

Στατιστική ανάλυση

Από το σχεδιασμό της έρευνας υπήρχαν δυο διαφορετικές συνθήκες (άσκησης και ελέγχου) που εξετάστηκαν σε έντεκα χρονικές στιγμές. Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των γενικών αίματος χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δυο παράγοντες (συνθήκη × χρονική στιγμή) εκ των οποίων και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι. Για την εύρεση των στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επιπέδων των παραγόντων εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni.

Για τον έλεγχο της ύπαρξης μεταβολών στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ομάδα). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < .05$ για όλες τις αναλύσεις.

Αποτελέσματα

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Από τη στατιστική ανάλυση δε διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων σε κανένα ανθρωπομετρικό και φυσιολογικό χαρακτηριστικό. Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του δείγματος αναφέρονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση)

Μεταβλητή	Συνθήκη Άσκησης	Συνθήκη Ελέγχου
Ηλικία (έτη)	22.5 ± 2.5	22.6 ± 2.6
Σωματικό βάρος (Kg)	77.3 ± 9.0	76.8 ± 9.7
Ύψος σε όρθια θέση (m)	1.78 ± 0.1	1.78 ± 0.1
Δείκτης Μάζας Σώματος (Kg*m ⁻²)	24.6 ± 2.2	24.5 ± 2.2
Ποσοστό Σωματικού Λιπους (%)	13.3 ± 3.5	13.2 ± 3.2
Άλυτη Σωματική Μάζα (Kg)	63.2 ± 7.0	63.1 ± 7.3

Μεταβολή του όγκου πλάσματος

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η μεταβολή του όγκου πλάσματος δεν ήταν σημαντική ($p > .05$) οπότε δε χρειάστηκε να γίνουν διορθώσεις. Η μεταβολή του όγκου πλάσματος υπολογίστηκε με βάση τη μέθοδο των Dill και Costil (1974). Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των μεταβολών του όγκου πλάσματος στις δύο συνθήκες.

Πίνακας 2. Η μεταβολή του όγκου πλάσματος αμέσως μετά την άσκηση (σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας) στις δύο συνθήκες (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση).

Συνθήκη Ελέγχου	0.99 ± 0.02
Συνθήκη Άσκησης	0.92 ± 0.13

Δείκτης μυϊκής καταστροφής

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που εφαρμόστηκε για την κρεατινική κινάση (CK) διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,40}=5.365$, $p < .001$). Από τα τεστ πολλαπλών συγκρίσεων που εφαρμόστηκαν στις δυο συνθήκες διαπιστώθηκε ότι αυξήθηκε σημαντικά η συγκέντρωση της CK στις 2 ημέρες μετά την άσκηση ($p < .05$). Επίσης τα δείγματα στις 2 ημέρες μετά την άσκηση ήταν αυτά που διέφεραν μεταξύ των δυο συνθηκών ($p < .05$) (Πίνακας 3).

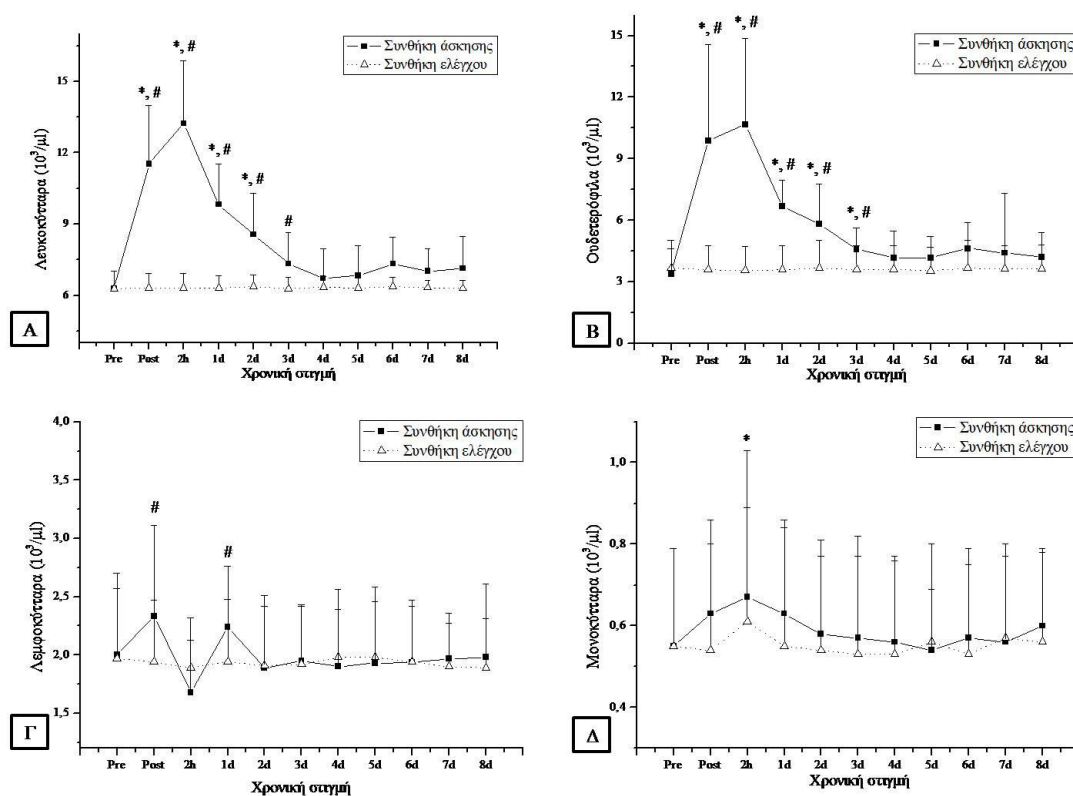
Πίνακας 3. Η μεταβολή της συγκέντρωσης της κρεατινικής κινάσης στις δύο συνθήκες (U/L) (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση).

Χρονική στιγμή	Συνθήκη Ελέγχου	Συνθήκη Άσκησης
Pre	170.8 ± 56.6	161.2 ± 52.7
Post	253.6 ± 95.3	289.8 ± 90.0
2hPost	507.8 ± 201.4	360.6 ± 141.5
1d	460.8 ± 89.6	766.0 ± 240.3
2d	716.2 ± 89.9	1455.0 ± 349.2

3d	1018.8 ± 322.1	1179.2 ± 445.8
4d	1184.2 ± 375.6	1064.0 ± 152.9
5d	772.8 ± 289.5	605.0 ± 146.8
6d	628.0 ± 186.2	531.0 ± 94.7
7d	464.0 ± 171.6	516.4 ± 100.4
8d	400.2 ± 91.3	369.8 ± 78.0

Λευκά αιμοσφαίρια

Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε για τα λευκά αιμοσφαίρια διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,190}=60.236$, $p<.001$). Από τα τεστ πολλαπλών συγκρίσεων που εφαρμόστηκαν στη συνθήκη άσκησης διαπιστώθηκε ότι αυξήθηκε σημαντικά ο αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων αμέσως μετά την άσκηση μέχρι και 2 ημέρες μετά το τέλος αυτής ($p\leq.001$). Στις δυο συνθήκες διέφεραν τα δείγματα αμέσως μετά την άσκηση μέχρι και αυτό της 3^{ης} ημέρας ($p<.001$) (Σχήμα 2Α).



Σχήμα 2. Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στον αριθμό των λευκοκυττάρων και των υποπληθυσμών τους (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση). * Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τη μέτρηση πριν την άσκηση. # Στατιστικά σημαντικές διαφορές τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή με την ομάδα ελέγχου.

Ουδετερόφιλα

Στα ουδετερόφιλα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,190}=28.989$, $p<.001$). Μετά την εφαρμογή των τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni βρέθηκε ότι με τις τιμές ηρεμίας διέφεραν οι μετρήσεις αμέσως μετά την άσκηση μέχρι και 3 ημέρες μετά (με $p<.001$ για τις μετρήσεις μέχρι και τη 2^η ημέρα και $p<.01$ για τη μέτρηση της 3^{ης} ημέρας). Μεταξύ των δυο συνθηκών παρατηρήθηκαν διαφορές στα δείγματα αμέσως μετά την άσκηση μέχρι και αυτό των 3 ημερών ($p<.001$) (Σχήμα 2B).

Λεμφοκύτταρα

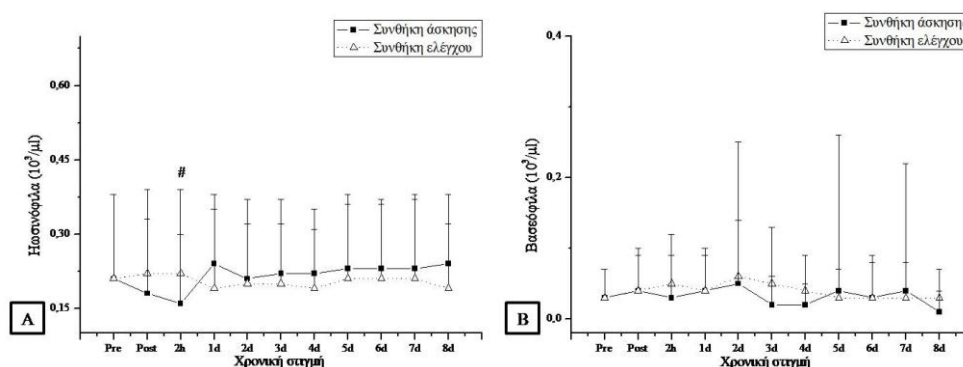
Στα λεμφοκύτταρα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,190}=5.163, p<.001$). Μετά την εφαρμογή των τεστ πολλαπλών συγκρίσεων βρέθηκε ότι στις δυο συνθήκες διέφεραν οι μετρήσεις που έγιναν αμέσως μετά την άσκηση ($p<.05$) και 1 ημέρα μετά ($p<.001$) (Σχήμα 2Γ).

Μονοκύτταρα

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής φάνηκε ότι υπήρχε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,190}=2.283, p<.05$). Από τα τεστ πολλαπλών συγκρίσεων διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των μονοκυττάρων αυξήθηκε στις 2 ώρες μετά την άσκηση ($p<.05$) σε σύγκριση με τα επίπεδα ηρεμίας στα οποία επανήλθε 1 ημέρα μετά (Σχήμα 2Δ).

Ηωσινόφιλα

Από τη στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,190}=4.776, p<.001$). Από την εφαρμογή των τεστ πολλαπλών συγκρίσεων οι δυο συνθήκες βρέθηκε να διαφέρουν στη μέτρηση των 2 ωρών ($p<.05$) όπου τα ηωσινόφιλα μετά την άσκηση εμφάνισαν σημαντική πτώση (Σχήμα 3Α).



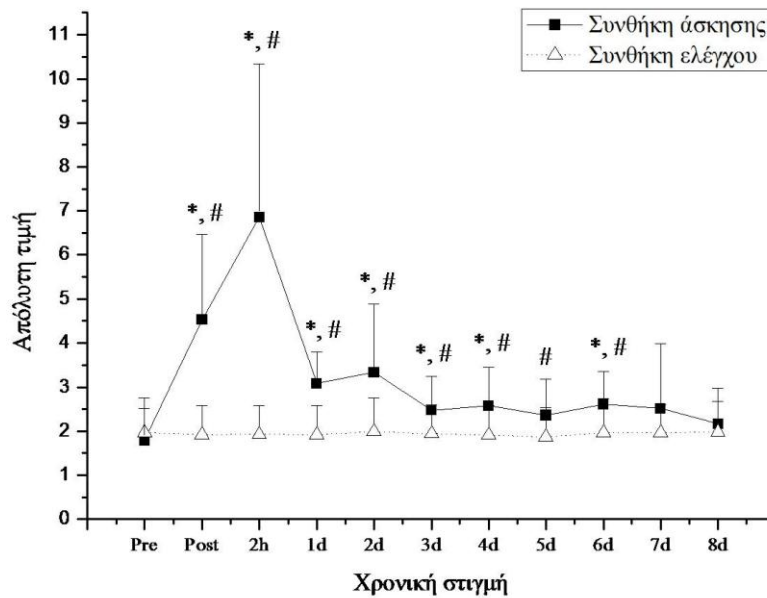
Σχήμα 3. Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στον αριθμό των ηωσινόφιλων και των βασεόφιλων (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση). * Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τη μέτρηση πριν την άσκηση. # Στατιστικά σημαντικές διαφορές τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή με την ομάδα ελέγχου.

Βασεόφιλα

Στα βασεόφιλα δε διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,190}=1.217, p>.05$). Επίσης δεν παρατηρήθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα συνθήκη ($F_{1,19}=0.001, p>.05$), αλλά ούτε και του παράγοντα χρονική στιγμή ($F_{10,190}=1.128, p>.05$) (Σχήμα 3B).

Αναλογία Ουδετεροφίλων/Λεμφοκύτταρα

Στην αναλογία των ουδετεροφίλων με τα λεμφοκύτταρα διαπιστώθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συνθήκη και χρονική στιγμή ($F_{10,190}=21.705, p<.001$). Από την εφαρμογή των τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι οι δυο συνθήκες, άσκησης και ελέγχου, διέφεραν σε όλες τις μετρήσεις μετά την άσκηση τις πρώτες 6 ημέρες (μέχρι την 4^η ημέρα $p<.001$, την 5^η ημέρα $p<.05$ και την 6^η ημέρα $p<.01$) (Σχήμα 8).



Σχήμα 4. Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην αναλογία ουδετερόφιλων με λεμφοκύτταρα (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση). * Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τη μέτρηση πριν την άσκηση. # Στατιστικά σημαντικές διαφορές τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή με την ομάδα ελέγχου.

Συζήτηση

Είναι γνωστό ότι μια σειρά από έκκεντρες επαναλήψεις οδηγεί σε μυϊκή φλεγμονή (Hellsten, Frandsen, Orthenblad, Sjodin & Richter, 1997; Pyne, 1994; Tidball, 1995) και ότι το ανοσοποιητικό σύστημα εμπλέκεται στις διαδικασίες αποκατάστασης του μυός μετά από τέτοιου είδους δραστηριότητες (Evans & Cannon, 1991; Pyne, 1994; Tidball, 1995). Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε ένα έκκεντρο πρωτόκολλο άσκησης 300 μέγιστων συσπάσεων. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι πρόκειται για ένα από τα πιο επίπονα έκκεντρα πρωτόκολλα που έχουν χρησιμοποιηθεί (Paulsen et al., 2005) και είχε ως αποτέλεσμα την πρόκληση σημαντικής μυϊκής βλάβης όπως φάνηκε και από τα αποτελέσματα της CK.

Ο αριθμός των λευκών αιμοσφαιρίων έφτασε στη μέγιστη τιμή του στις 2 ώρες μετά την άσκηση (αυξημένος κατά 111%) και παρέμεινε αυξημένος μέχρι και 3 ημέρες μετά. Είναι γνωστό ότι η λευκοκυττάρωση αποτελεί το πιο συχνά παρατηρούμενο γεγονός μετά από κάποιο είδος άσκησης όσον αφορά στις μεταβολές που παρουσιάζονται στο ανοσοποιητικό σύστημα (Mackinnon, 1999; Malm et al., 1999). Αρχικά στη βιβλιογραφία είχε διατυπωθεί η άποψη ότι η λευκοκυττάρωση είναι αποτέλεσμα της φλεγμονής που παρουσιάζεται στους μύς, ωστόσο πιο πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι η αύξηση του αριθμού των λευκοκυττάρων δεν προκαλείται από τη μυϊκή φλεγμονή (Malm, 2004). Όσον αφορά στη διάρκεια της λευκοκυττάρωσης, έχει αναφερθεί ότι αυτή εξαρτάται από δυο παράγοντες, την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης (Mackinnon, 1999). Στην παρούσα μελέτη η διάρκεια της άσκησης ήταν περίπου 60 λεπτά και η ένταση στο 100%. Σε άλλες μελέτες με έκκεντρη άσκηση η διάρκεια της λευκοκυττάρωσης δεν ξεπέρασε τις 48 ώρες (Malm et al., 2004; Paulsen et al., 2005).

Όπως είναι γνωστό τα ουδετερόφιλα αποτελούν το 50-60% του συνολικού αριθμού των λευκοκυττάρων (Paul, 2003). Η λευκοκυττάρωση που παρατηρήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη μετά την άσκηση οφείλεται κυρίως στα ουδετερόφιλα. Τα ουδετερόφιλα αυξήθηκαν κατά 192% αμέσως μετά την άσκηση και έφτασαν τη μέγιστη τιμή τους στις 2 ώρες μετά (αύξηση κατά 216%). Στη συνέχεια μειώθηκε ο αριθμός τους αλλά εξακολουθούσε να είναι σημαντικά αυξημένος σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας μέχρι και 3 ημέρες μετά την άσκηση. Το εύρημα αυτό συμφωνεί και με τα πορίσματα προηγούμενων ερευνών, που χρησιμοποίησαν έκκεντρη άσκηση ή άσκηση με αντιστάσεις (Nieman et al., 1995; Pizza et al., 1996). Η ουδετεροφιλία μετά την άσκηση φαίνεται να εξαρτάται από την απελευθέρωση των κυττάρων αυτών από τον μυελό των οστών, εξαιτίας της έκκρισης της κορτιζόλης (Pyne, 1994). Επίσης τα ουδετερόφιλα έχει αναφερθεί ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην

επιδιόρθωση του μυϊκού ιστού μετά από έκκεντρη άσκηση (Fielding et al., 1993) μέσω της φαγοκυττάρωσης που επιτελούν, χωρίς ωστόσο να είναι λεπτομερώς εξακριβωμένος ο μηχανισμός ενεργοποίησής τους.

Τα λεμφοκύτταρα αποτελούν τη δεύτερη μεγαλύτερη υποκατηγορία των λευκών αιμοσφαιρίων. Στην παρούσα μελέτη αυξήθηκε ο αριθμός τους, με τις διαφορές να εμφανίζονται στο δείγμα μετά την άσκηση (αυξημένα κατά 17 %) και μια μέρα μετά (αυξημένα κατά 12%). Από τη βιβλιογραφία φαίνεται ότι οι μεταβολές στον αριθμό των κυττάρων αυτών εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της άσκησης. Πιο συγκεκριμένα, μέτριας έντασης άσκηση δείχνει να μη μεταβάλλει τον αριθμό τους (Nieman et al., 1994; Rose & Bloomberg, 1989), ενώ μετά από άσκηση μεγάλης διάρκειας (>3 ώρες) οι συγκεντρώσεις των λεμφοκυττάρων μειώνονται (Nieman et al., 1995; Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000; Tvede, Heilmann, Halkjaer-Kristensen & Pedersen, 1989). Επίσης υπάρχουν αρκετές αναφορές για αύξηση των κυττάρων αυτών μετά από άσκηση υψηλής έντασης (Ali, Ullah & Jan, 2003; Gleeson, Blannin, Sewell & Cave, 1995). Από τη διαφοροποίηση αυτή φαίνεται ότι τα λεμφοκύτταρα που έχουν πιο εξειδικευμένη ανοσολογική υπόσταση για να ενεργοποιηθούν θα πρέπει ο οργανισμός να βρεθεί σε κατάσταση πολύ έντονης πίεσης (άσκηση με υψηλή ένταση).

Τα μονοκύτταρα αυξήθηκαν μετά την άσκηση, φτάνοντας στο μέγιστο αριθμό τους 2 ώρες αργότερα (αύξηση κατά 22 %), πάντα σε σχέση με τις δειγματοληψίες που έγιναν στην παρούσα μελέτη. Στη συνέχεια ακολούθησε μείωση του αριθμού τους, μέχρι που η συγκέντρωσή τους προσέγγισε στα πριν την άσκηση επίπεδα. Παρόμοια ευρήματα αναφέρονται και από άλλους ερευνητές (Malm et al., 2004; Paulsen et al., 2005). Τα κύτταρα αυτά ανήκουν στις μη ειδικές ανοσολογικές αποκρίσεις και ανταποκρίνονται άμεσα στο ερέθισμα της άσκησης (Mackinnon, 1999).

Τα ηωσινόφιλα και βασεόφιλα είναι σημαντικά κύτταρα για την αντιμετώπιση αλλεργικών καταστάσεων και φλεγμονών (Carpon & Desreumaux, 1997; Nolte, 1996). Ωστόσο, λόγω του πολύ μικρού αριθμού τους στο σύνολο των λευκών αιμοσφαιρίων, τα συμπεράσματα για τη μεταβολή τους (όταν αυτές δεν είναι έντονες) μετά την άσκηση μπορούν να χαρακτηρισθούν επισφαλής (Mackinnon, 1999). Στην παρούσα μελέτη παρουσιάστηκε μείωση των ηωσινόφιλων στις 2 ώρες (κατά 24%) και καμιά σημαντική μεταβολή στα βασεόφιλα. Ο Nieman και οι συνεργάτες του (Nieman et al., 1995) αναφέρουν όμοιες μεταβολές για τα ηωσινόφιλα, αλλά και αύξηση του αριθμού των βασεόφιλων αμέσως και 2 ώρες μετά από εξαντλητική άσκηση με αντιστάσεις.

Ο λόγος του αριθμού των ουδετερόφιλων προς τον αριθμό των λεμφοκυττάρων έχει αναφερθεί ως ένας καλός δείκτης εκτίμησης του στρες που προκαλεί η άσκηση στον οργανισμό (Nieman, 1998). Συνήθως η τιμή του λόγου αυτού μετά από μια ήπια φυσική δραστηριότητα επιστρέφει στα επίπεδα ηρεμίας μέσα σε 6 με 9 ώρες μετά την άσκηση. Ωστόσο, όταν η δραστηριότητα είναι ιδιαίτερα παρατεταμένη και έντονη, η αναλογία των κυττάρων αυτών μπορεί να παραμείνει σε υψηλά επίπεδα ακόμη και 24 ώρες μετά (Gleeson, 2002). Στην παρούσα μελέτη η τιμή του λόγου αυξήθηκε κατά 283% στις 2 ώρες μετά την άσκηση. Στη συνέχεια μειώθηκε, παραμένοντας ωστόσο σημαντικά υψηλότερη από την τιμή ηρεμίας για αρκετές ημέρες μετά.

Συμπερασματικά οι 300 μέγιστες έκκεντρες συσπάσεις προκάλεσαν μεταβολές στον αριθμό των υποπληθυσμών των λευκών αιμοσφαιρίων. Η αύξηση του αριθμού των ουδετερόφιλων ήταν αυτή που καθόρισε και τις μεταβολές των λευκοκυττάρων στο σύνολό τους, οι οποίες διατηρήθηκαν μέχρι και 3 ημέρες μετά το τέλος της άσκησης. Επίσης, σύμφωνα με τη μεταβολή της τιμής του λόγου των ουδετερόφιλων με τα λεμφοκύτταρα, το πρωτόκολλο της άσκησης που εφαρμόστηκε ήταν ιδιαίτερα στρεσογόνο για τους συμμετέχοντες.

Η σημασία για τον αγωνιστικό αθλητισμό

Η έκκεντρη άσκηση χρησιμοποιείται στα προγράμματα αθλητών δύναμης για την ιδανική βελτίωση της δύναμής τους. Το είδος αυτό της άσκησης προκαλεί εντονότερο καθυστερημένο μυϊκό πόνο σε σύγκριση με τα άλλα είδη συστολής των μυών και μπορεί να επιδράσει σημαντικά στο ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου. Ωστόσο οι μεταβολές αυτές δεν ήταν τόσο έντονες για να προκληθεί ανοσοκαταστολή του οργανισμού. Δεν υπάρχει κίνδυνος εφαρμογής αυτού του είδους προπόνησης.

Σημασία για την ποιότητα ζωής

Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας φάνηκε ότι η εφαρμογή της έκκεντρης άσκησης επηρεάζει το ανοσοποιητικό σύστημα των ατόμων που την εφαρμόζουν . Ωστόσο οι ασκούμενοι δεν χρειάζεται να λάβουν προστατευτικά μέτρα για την αποφυγή κάποιας αρρώστιας, καθώς δεν προκαλεί ανοσοκαταστολή.

Βιβλιογραφία

- Ali, S., Ullah, F., & Jan, R. (2003). Effects of intensity and duration of exercise on differential leukocyte count. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*, 15(1), 35-37.
- Baetjer, A.M. (1932). The effect of muscular fatigue upon resistance. *Physiological reviews*, 12, 453-468.
- Bruunsgaard, 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, (Lond.)* 499, 833-841.
- Cannon, J.G. & Kluger, M.J. (1984). Exercise enhances survival rate in mice infected with salmonella typhimurium. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 175(4), 518-521.
- Capron, M. & Desreumaux, P. (1997). Immunobiology of eosinophils in allergy and inflammation. *Research in Immunology*, 148, 29-33.
- Dill, D.B. & Costil, D.L. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood plasma, and red blood cells in dehydration. *Journal Applied Physiology*, 37, 247-248.
- Evans, W. J. & Cannon, J.G. (1991). The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 19, 99-125.
- Fielding, R. A., Manfredi, T.J., Ding, W., Fiatarone, M.A., Evans, J., & Cannon, J.G. (1993). Acute phase response in exercise. III. Neutrophil and IL-1 beta accumulation in skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 265 (1 Pt 2), R166-72.
- Gabriel, H. & Kindermann, W. (1997). The acute immune response to exercise: what does it mean? *International Journal of Sports Medicine*, 18 (suppl. 1), S28-S45.
- Gleeson, M. (2002). Biochemical and immunological markers of over-training. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1, 31-41.
- Gleeson, M., Blannin, A.K., Sewell, D.A., & Cave, R. (1995). Short-term changes in the blood leucocyte and platelet count following different durations of high-intensity treadmill running. *Journal of Sport Science*, 13 (2), 115-123.
- Hellsten, Y., Frandsen, U., Orthenblad, N., Sjodin, B., & Richter, E.A. (1997). Xanthine oxidase in human skeletal muscle following eccentric exercise: a role in inflammation. *Journal of Physiology, (Lond.)* 498, 239-248.
- Ilback, N.G., Crawford, D.J., Neufeld, H.A., & Friman, G. (1991). Does exercise stress alter susceptibility to bacterial infections? *Uppsala Journal of Medical Sciences*, 96(1), 63-68.
- Janeway, C., Travers, P., Walport, M., & Shlomchik, M. (2001). *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease*. USA: Garland Publishing, Taylor & Francis Group.
- Kayashima, S., Ohno, H., Fujioka, T., Taniguchi, N., & Nagata, N. (1995). Leucocytosis as a marker of organ damage induced by chronic strenuous physical exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 413-420.
- Levine, J.A., Abboud, L., Barry, M., Reed, J.E., Sheedy, P.F., & Jensen, M.D. (2000). Measuring leg muscle and fat mass in humans: comparison of CT and dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 452-456.
- Mackinnon, L.T. (1999). *Advances in exercise immunology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malm, C., Ekblom, Ö., & Ekblom, B. (2004). Immune system alteration in response to two consecutive soccer games. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180, 143-155.
- Malm, C., Lenkei, R., & Sjodin, B. (1999). Effects of eccentric exercise on the immune system in men. *Journal of Applied Physiology*, 86, 461-468.

- Miles, M. P., Leach, S.K., Kraemer, W.J., Dohi, K., Bush, J.A., & Mastro, A.M. (1998). Leukocyte adhesion molecule expression during intense resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, *84*, 1604-1609.
- Nieman, D.C., Henson, D.A., Sampson, C.S., Herring, J.L., Stulles, J., Conley, M., et al. (1995). The acute immune response to exhaustive resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *16*, 322-328.
- Nieman, D.C., Johansen, L.M., Lee, J.W., Cermak, J., & Arabatzis, K. (1990). Infectious episodes in runners before and after the Los Angeles marathon. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *30*, 316-328.
- Nieman, D.C., Miller, A.R., Henson, D.A., Warren, B.J., Gusewitch, G., Johnson, R.L., Davis, J.M., Butterworth, D.E. & Nehlsen-Cannarella, S.L. (1993). Effect of high- versus moderate-intensity exercise on natural killer cell activity. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, *25*(10), 1126-1134.
- 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. & Pedersen, B. K. (1999). Exercise and immune function: Recent developments. *Sports Medicine*, *27*, 73-80.
- Nolte, H. (1996). The role of mast cells and basophils in immunoregulation. *Allergy Asthma Proceedings*, *17*, 17-21.
- Paul, W.E. (2003). *Fundamental immunology*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins.
- Paulsen, G., Benestad, H.B., Strom-Gundersen, I., Morkrid, L., Lappegard, K.T., & Raastad, T. (2005). Delayed Leukocytosis and Cytokine Response to High-Force Eccentric Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37* (11), 1877-1883.
- Pedersen, B.K. & Hoffman-Goetz, L. (2000). Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiology reviews*, *80*, 1055-1081.
- Pizza, F. X., Davis, B.H., Henrickson, Mitchell, J.B., Pace, J.F., Bigelow, N., DiLauro, P. & Naglieri, T. (1996). Adaptation to eccentric exercise: effect on CD64 and CD11b/CD18 expression. *Journal of Applied Physiology*, *80*, 47-55.
- Pyne, D. B. (1994). Exercise-induced muscle damage and inflammation: a review. *Australian Journal of Science & Medicine in Sport*, *26*, 49-58.
- Risoy, B.A., Raastad, T., Hallen, Lappegård, K.T., Baeverfjord, K., Kravdal, A., Siebke, E.M. & Benestad, H.B. (2003). The delayed leukocytosis after hard strength and endurance exercise: aspect of regulatory mechanisms. *BMC Physiology*, 3-14.
- 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.
- Simonson, S. R. (2001). The immune response to resistance exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *15*, 378-384.
- Tidball, J. G. (1995). Inflammatory cell response to acute muscle injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *27*, 1022-1032.
- Tvede, N., Heilmann, C., Halkjaer-Kristensen, J., & Pedersen, B.K. (1989). Mechanisms of B-lymphocyte suppression induced by acute physical exercise. *Journal of Clinical & Laboratory Immunology*, *30*, 169-173.

Υπεύθυνος έκδοσης: Ελληνική Ακαδημία Φυσικής Αγωγής, **Υπεύθυνος συντακτικής επιτροπής:** Γιάννης Θεοδωράκης.
Συντάκτες: Αγγελούσης Νίκος, Ζήση Βασιλική, Κουρτέσης Θωμάς, Τζιαμούρτας Αθανάσιος. **Μέλη της συντακτικής επιτροπής:**
 Αλμπανίδης Ευάγγελος, Βλαχόπουλος Συμεών, Γούδας Μάριος, Δέρρη Βασιλική, Διγγελίδης Νίκος, Ζαχοπούλου Έρη,
 Κιουμουρτζόγλου Ευθύμης, Μουντάκης Κώστας, Παπαϊωάννου Αθανάσιος, Τζέτζης Γιώργος, Τσαγγαρίδου Νίκη,
 Χατζηγεωργιάδης Αντώνης, Χρόνη Στυλιανή. **Διαχείριση & Επιμέλεια:** Ζήση Βασιλική, **Υπεύθυνη αλληλογραφίας:** Δημητρίου
 Ελένη. **Τεχνική έλεγχος και στοιχειοθεσία:** Γρηγορίου Στεφανία