



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
Τόμος 11 (3), 66 - 78
Δημοσιεύτηκε: Νοέμβριος 2013



Inquiries in Sport & Physical Education
Volume 11 (3), 66 - 78
Released: November 2013

www.pe.uth.gr/emag

ISSN 1790-3041



Η Επίδραση της Λήψης Αντιοξειδωτικών στο Λιπιδαιμικό Προφίλ μετά από Έκκεντρη Άσκηση
Αναστάσιος Θεοδώρου^{1,2}, Μιχάλης Νικολαΐδης², Βασιλης Πασχάλης^{1,2}, Στυλιανός Κούτσιας³, Γιώργος Πα-
ναγιώτου⁴, Ιωάννης Φατούρος⁵, Γιάννα Διαμαντή¹, Γιάννης Κουτεντάκης^{1,2} & Αθανάσιος Τζιαμούρτας^{1,2}

¹ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

²Ινστιτούτο Σωματικής Απόδοσης και Αποκατάστασης, Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας & Ανάπτυξης Θεσσα-
λίας, Τρίκαλα

³Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Λάρισας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λάρισα

⁴Εργαστήριο Άσκησης, Υγείας και Σωματικής Απόδοσης-Κέντρο Έρευνας, Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο Κύ-
πρου, Λευκωσία, Κύπρος

⁵ΤΕΦΑΑ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Κομοτηνή

Περίληψη

Η λήψη βιταμινών σαν διατροφικό συμπλήρωμα αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη τακτική στο χώρο του αθλητισμού με σκοπό την αντιστάθμιση της αυξημένης παραγωγής ελεύθερων ριζών που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια αυξημένος αριθμός ερευνών αναφέρει ότι η λήψη βιταμινών εμποδίζει την εμφάνιση προπονητικών προσαρμογών. Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να εξετάσει την επίδραση που έχει η συμπληρωματική λήψη βιταμινών C και E σε δείκτες απόδοσης, μυϊκής βλάβης και λιπιδίων του αίματος μετά την πραγματοποίηση μιας προπονητικής συνεδρίας με έκκεντρες συστολές. Μέσω μίας διπλά τυφλής διαδικασίας, οι συμμετέχοντες έλαβαν είτε 1 g βιταμίνης C και 400 IU βιταμίνης E ($n=14$) ή εικονικό σκεύασμα ($n=14$), καθημερινά για τέσσερις εβδομάδες. Μετά το τέλος αυτής της περιόδου οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν ένα πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. Πριν την έκκεντρη άσκηση, καθώς και την 1^η, 2^η, 3^η, 4^η και 5^η μέρα μετά από αυτήν, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μυϊκής απόδοσης καθώς και συλλογή αίματος για τον προσδιορισμό του λιπιδαιμικού προφίλ. Οι δείκτες μυϊκής απόδοσης και μυϊκής βλάβης που μετρήθηκαν ήταν η μέγιστη έκκεντρη ροπή και η υποκειμενική αντίληψη του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS). Οι δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ που αξιολογήθηκαν ήταν οι τριακυλογλυκερόλες (TG), η ολική χοληστερόλη (TC), η HDL χοληστερόλη, η LDL χοληστερόλη και ο λόγος TC/HDL. Τα αποτελέσματα από την παρούσα μελέτη απέτυχαν να υποστηρίξουν οποιαδήποτε επίδραση της χορήγησης του αντιοξειδωτικού συμπληρώματος. Η έκκεντρη άσκηση προκάλεσε παρόμοιες αλλαγές στους δείκτες μυϊκής απόδοσης, μυϊκής βλάβης και στο λιπιδαιμικό προφίλ τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην πειραματική ομάδα. Αυτό συνέβη παρά το γεγονός ότι το πρωτόκολλο άσκησης που χρησιμοποιήθηκε επέφερε σημαντικές αλλαγές τόσο στους δείκτες μυϊκής απόδοσης, μυϊκής βλάβης όσο και στο λιπιδαιμικό προφίλ οι οποίες διήρκεσαν για μέρες.

Λέξεις κλειδιά: *ελεύθερες ρίζες, μυϊκός τραυματισμός, προπονητικές προσαρμογές*

The Effect of Antioxidant Supplementation on Blood Lipid Profile after Eccentric Exercise

Anastasios Theodorou^{1,2}, Michalis Nikolaidis², Vassilis Paschalis^{1,2}, Stilianos Koutsias³, George Panayiotou⁴, Ioannis Fatouros⁵, Gianna Diamanti¹, Yiannis Koutedakis^{1,2} & Athanasios Jamurtas^{1,2}

¹Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Trikala, Hellas

²Institute of Human Performance and Rehabilitation, Center for Research & Technology of Thessaly, Trikala, Hellas

³University Hospital of Larissa, University of Thessaly, Larissa, Hellas

⁴Laboratory of Exercise, Health and Human Performance-Research Center, European University of Cyprus, Nicosia,

⁵Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, Komotini, Hellas

Abstract

Antioxidant supplementation is quite often among athletes in an attempt to counteract the increased production of free radicals during exercise. Recently an increasing number of studies reported negative effects of antioxidant supplementation on the exercise adaptations. The purpose of this study was to examine the effects of vitamin C and E supplementation on indices of muscle performance, muscle damage and blood lipids after an acute session of eccentric exercise. In a double-blinded fashion, participants received either a daily oral supplementation of vitamin C and vitamin E ($n=14$) or placebo ($n=14$) for four weeks. Following that period, participants performed a single session of eccentric exercise. Pre exercise and at day 1, 2, 3, 4, and 5 post exercise muscle performance and muscle damage indices were evaluated and blood samples were collected. Maximum eccentric torque and the delayed onset muscle soreness (DOMS) were used as muscle performance and muscle damage indices, respectively. Triacyl-glycerols (TG), total cholesterol (TG), HDL cholesterol, LDL cholesterol and the ratio TC/HDL were also evaluated. The results of the present study failed to support any effect of antioxidant supplementation. Eccentric exercise similarly modified all variables assessed in both control and experimental groups. This happened despite the fact that eccentric exercise induced significant changes in muscle performance and muscle damage indices and blood lipid profile for several days post exercise.

Key words: *Free radicals, muscle damage, training adaptations*

Εισαγωγή

Η λήψη βιταμινών σαν διατροφικό συμπλήρωμα αποτελεί μια τακτική ευρέως διαδεδομένη στο χώρο του αθλητισμού (Sen, 2001). Ο κύριος λόγος λήψης βιταμινών σαν διατροφικό συμπλήρωμα από άτομα που ασχολούνται με τον αθλητισμό είναι για να αντισταθμίσουν την αυξημένη παραγωγή δραστικών στοιχείων οξυγόνου και αζώτου (RONS) που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της άσκησης (Urso & Clarkson, 2003). Η αυξημένη παραγωγή RONS μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή βιομορίων όπως λιπίδια και πρωτεΐνες (Halliwell & Gutteridge, 1999), μείωση των αμυντικών συστημάτων του οργανισμού (Halliwell & Whiteman, 2004) και μυϊκή κόπωση (Reid, Shoji, Moody & Entman, 1992).

Η μεμονωμένη ή συνδυαστική λήψη βιταμίνης C και E έχει αναφερθεί ότι εμποδίζει τον σχηματισμό αθηρωματικών πλακών (Martin & Frei, 1997) εξαιτίας του περιορισμού της οξείδωσης της LDL χοληστερόλης (Rifici & Khachadurian, 1993). Ο σχηματισμός των αθηρωματικών πλακών αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα για την πρόκληση καρδιαγγειακών παθήσεων (Pryor, 2000). Σήμερα, παρά τον ευρέως αποδεκτό αρνητικό ρόλο που διαδραματίζει η οξειδωμένη LDL χοληστερόλη στην παθογένεια της αθηρογένεσης (Polidori & Mecocci, 2002; Tsuzura, et al., 2004), δεν έχει διευκρινιστεί ακόμη η σημαντικότητα αυτής στην πρόκληση της αθηροσκλήρυνσης αφού και άλλοι παράγοντες πέραν της οξείδωσης της LDL χοληστερόλης φαίνεται να είναι εξίσου σημαντικοί (Hazen, 2000).

Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει ήδη ανεπτυγμένο ένα ενδογενές σύστημα ενζυματικών και μη ενζυματικών αντιοξειδωτικών μηχανισμών για την προστασία του (Ji, 2003). Το ενδογενές αντιοξειδωτικό σύστημα ενισχύεται και από την δράση εξωγενών αντιοξειδωτικών μορίων που προσλαμβάνονται μέσω της διατροφής, όπως, για παράδειγμα οι βιταμίνες C και E (Ji, 2003). Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αύξηση των ερευνών που αποδίδουν αρνητικές επιδράσεις της εξωγενής χορήγησης αντιοξειδωτικών βιταμινών στην υγεία και την απόδοση (Gomez-Cabrera, et al., 2005; Gomez-Cabrera, et al., 2008; Ristow, et al., 2009;

Wray, Uberoi, Lawrenson, Bailey, & Richardson, 2009). Το ανησυχητικό από τα ευρήματα αυτών των ερευνών είναι ότι η εξωγενής χορήγηση αντιοξειδωτικών βιταμινών περιόρισε ή εξουδετέρωσε τις θετικές προσαρμογές της άσκησης σε παράγοντες που σχετίζονται με την σωματική υγεία και επιδιώκονται μέσω αυτής (Gomez-Cabrera, et al., 2005; Gomez-Cabrera, et al., 2008; Ristow, et al., 2009; Wray, Uberoi, Lawrenson, Bailey & Richardson, 2009).

Η σωματική άσκηση και δραστηριότητα αποτελεί ένα σημαντικό αποτρεπτικό παράγοντα για την ανάπτυξη καρδιαγγειακών παθήσεων (Booth, Gordon, Carlson & Hamilton, 2000). Αυτό οφείλεται, μεταξύ πολλών άλλων θετικών επιδράσεων, στην ευνοϊκή επίδραση που έχει η άσκηση στην συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών του αίματος (Durstine & Haskell, 1994). Αρκετές έρευνες αναφέρουν θετικές επιδράσεις της οξείας (Nikolaidis, et al., 2008; Paschalis, et al., 2010a) και χρόνιας έκκεντρης άσκησης (Paschalis et al., 2010b) σε παράγοντες της υγείας, όπως η βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ. Το γεγονός αυτό καθιστά την έκκεντρη άσκηση ως ένα νέο υποσχόμενο είδος άσκησης για αντιμετώπιση δυσλιπιδαιμιών και άλλων χρόνιων παθήσεων εξαιτίας της αποτελεσματικότητας της σε σχέση με άλλα είδη άσκησης (Paschalis, et al., 2010b). Από τα παραπάνω γεννιέται το ερώτημα αν θα μπορούσε το λιπιδαιμικό προφίλ να επηρεαστεί περαιτέρω με ένα συνδυασμό έκκεντρης άσκησης και λήψης αντιοξειδωτικών βιταμινών.

Συνεπώς, σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξεταστεί εάν ο συνδυασμός της έκκεντρης άσκησης που είναι ένα μοντέλο άσκησης γνωστό για τις σημαντικές και παρατεταμένες αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ, με την παράλληλη χορήγηση αντιοξειδωτικών βιταμινών C και E για τέσσερις εβδομάδες μπορεί να επηρεάσει το λιπιδαιμικό προφίλ

Μέθοδος και Διαδικασία

Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά 28 απροπόνητοι άνδρες με φυσιολογικό δείκτη μάζας σώματος. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, την πειραματική ($n=14$), που έλαβε το συμπλήρωμα βιταμινών και την ομάδα ελέγχου ($n=14$), που έλαβε το εικονικό σκεύασμα. Μεταξύ των δύο ομάδων δεν υπήρχαν διαφορές στην ηλικία, στον δείκτη μάζας σώματος και στη μέγιστη ισομετρική ροπή (Πίνακας 1). Κατά τη διάρκεια της πρώτης επίσκεψης των συμμετεχόντων στο εργαστήριο, μετρήθηκε η σωματική τους μάζα (Beam Balance 710; Seca, Birmingham, UK) και το σωματικό ύψος (Stadiometer 208, Seca) με τους συμμετέχοντες ελαφρώς ντυμένους και ξυπόλυτους. Το ποσοστό λίπους υπολογίστηκε με βάση την μέτρηση επτά δερματοπιπυχών (μέσος όρος 2 μετρήσεων) με τη χρήση δερματοπιπυχομέτρου (John Bull, St. Albans, UK). Για τον υπολογισμό του ποσοστού του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση του Siri (Ταξιλδάρης, Τζιαμούρτας, Φατούρος 2007). Η μέγιστη έκκεντρη ροπή των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γόνατος και των δύο ποδιών μετρήθηκε σε ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex, Ronkonkoma, NY). Σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκε ένα ενημερωτικό έντυπο και ένα έντυπο συναίνεσης για τη συμμετοχή τους στην έρευνα, αφού προηγουμένως ενημερώθηκαν λεπτομερώς για όλους τους κινδύνους που ελλοχεύουν από τη συμμετοχή τους. Όλες οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν ήταν σε πλήρη συνάρτηση με τη διακήρυξη του Ελσίνκι του 1975, όπως αυτή αναδιαμορφώθηκε το 2000, ενώ έγκριση για την διεξαγωγή της έρευνας χορηγήθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας (μέσος όρος \pm SEM)

	Ομάδα ελέγχου	Πειραματική ομάδα
Ηλικία (yr)	25.6 \pm 1.2	26.2 \pm 1.5
Ύψος (cm)	174.7 \pm 1.1	175.6 \pm 0.9
Σωμ. βάρος (kg)	74.2 \pm 2.1	73.8 \pm 1.1
BMI (Kg/m ²)	24.3 \pm 0.6	23.9 \pm 0.5
Σωμ. λίπος (%)	11.8 \pm 1.4	12.3 \pm 1.1
Ροπή (Nm)	221 \pm 10.4	216 \pm 8.6

Πειραματικός σχεδιασμός

Μέσω μιας διπλά τυφλής διαδικασίας οι συμμετέχοντες της πειραματικής ομάδας έλαβαν 1 g βιταμίνης C (ascorbic acid, Lamberts Healthcare Ltd, UK) και 400 IU βιταμίνης E (d-alpha tocopherol, Lamberts Healthcare Ltd, UK), καθημερινά για τέσσερις εβδομάδες. Οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου έλαβαν

εικονικό σκεύασμα τις ίδιες χρονικές στιγμές με την πειραματική. Σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκε η οδηγία να λαμβάνουν τα συμπληρώματα μια φορά την μέρα μαζί με το πρωινό τους γεύμα. Πριν την λήψη των συμπληρωμάτων πραγματοποιήθηκε αιμοληψία (10 ml) στον κάθε συμμετέχοντα. Τις επόμενες 4 εβδομάδες ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αποφύγουν την συμμετοχή τους σε δραστηριότητες έντονης σωματικής άσκησης. Μετά το τέλος της περιόδου αυτής οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν ένα πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. Πριν από την έκκεντρη άσκηση, καθώς και την 1^η, 2^η, 3^η, 4^η και 5^η μέρα μετά την άσκηση, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της μυϊκής απόδοσης, καθώς και συλλογή αίματος από τους συμμετέχοντες.

Έκκεντρη άσκηση

Το πρωτόκολλο της έκκεντρης άσκησης περιλάμβανε 5 σετ των 15 μέγιστων εκούσιων έκκεντρων συστολών των εκτεινόντων μυών του γόνατου από καθιστή θέση (120° γωνία στο ισχίο). Η άσκηση πραγματοποιήθηκε και με τα δύο πόδια στο ισοκινητικό δυναμόμετρο. Πριν από το πρωτόκολλο της έκκεντρης άσκησης, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν προθέρμανση 8 λεπτών σε ποδηλατοεργόμετρο Monark (Vansbro, Sweden) στις 70 rpm με αντίσταση 50 W, ακολουθούμενη από 5 λεπτά διατακτών ασκήσεων των κύριων μυϊκών ομάδων. Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν την άσκηση των έκκεντρων συστολών (5 σετ x 15 επαναλήψεις) με διάλειμμα δυο λεπτών μεταξύ των σετ. Το ισοκινητικό δυναμόμετρο βαθμονομούνταν κάθε εβδομάδα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Οι συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν στο δυναμόμετρο ευθυγραμμίζοντας το έξω υπερκονδύλιο κόρυτρωμα του μηρού με τον άξονα περιστροφής του δυναμομέτρου και σταθεροποιήθηκε το μέλος στην ράχη του ποδιού. Η λειτουργική έκταση της κίνησης για τον κάθε δοκιμαζόμενο καθορίστηκε ηλεκτρονικά μεταξύ 0° και 120° από την κάμψη του γόνατος, για να αποφευχθεί έτσι η υπερβολική έκταση ή κάμψη του γόνατου. Διορθώσεις σχετικά με τη βαρύτητα και την επίδραση που έχει το βάρος των άκρων στη μέτρηση της ροπής πραγματοποιήθηκαν για αποφυγή οποιασδήποτε πιθανότητας λάθους. Η ανατροφοδότηση, όσον αφορά στην ένταση και τη διάρκεια της άσκησης, γινότανε αυτόματα από το ισοκινητικό δυναμόμετρο. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια το συγκεκριμένο πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές έρευνες του εργαστηρίου μας (Nikolaidis, et al., 2007; Paschalis, et al., 2010b; Theodorou, et al., 2010).

Δείκτες μυϊκής απόδοσης και μυϊκής βλάβης

Οι δείκτες μυϊκής απόδοσης και μυϊκής βλάβης που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα ήταν η μέγιστη έκκεντρη ροπή του δυνατού τους ποδιού και η υποκειμενική αντίληψη του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS), αντίστοιχα. Η εκτίμηση της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατου μυών έγινε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο σε 90° κάμψη του γόνατου. Για την αξιολόγηση της μέγιστης ροπής χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος από τρεις μέγιστες εκούσιες συστολές. Σε περίπτωση που η διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης με της υψηλότερης τιμής υπερέβαινε το 10%, τότε η μέτρηση επαναλαμβανόταν. Μεταξύ των προσαθειών για την εκτίμηση της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατου υπήρχε δίλειπτο διάλειμμα. Για τη μέτρηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να βαθμολογήσουν τον μυϊκό πόνο που ένιωθαν ψηλαφώντας τη γαστέρα του μύος και την ακραία περιοχή του έσω πλατύ μηριαίου, του έξω πλατύ και του ορθού μηριαίου, ενώ ήταν σε καθιστή θέση με τους μύες τους σε χαλάρωση. Η εκτίμηση έγινε σε κλίμακα που κυμαινόταν από το 1 (καθόλου πόνος) ως το 10 (πολύ έντονος πόνος).

Συλλογή και χειρισμός του αίματος

Αιμοληψίες σε όλους τους συμμετέχοντες πραγματοποιήθηκαν πριν την λήψη των συμπληρωμάτων, πριν την έκκεντρη άσκηση (αρχή εβδομάδας 5), καθώς και την 1^η, 2^η, 3^η, 4^η και 5^η μέρα μετά την άσκηση. Το αίμα τοποθετήθηκε σε σωληνάκια EDTA και φυγοκεντρήθηκε αμέσως σε 1.370 g για 10 λεπτά για τη συλλογή του πλάσματος. Στη συνέχεια τα δείγματα αποθηκεύτηκαν στους -80 °C μέχρι να γίνουν οι βιοχημικές μετρήσεις. Τα δείγματα αποψύχθηκαν μόνο μια φορά για την πραγματοποίηση όλων των μετρήσεων.

Βιοχημική ανάλυση

Για την αξιολόγηση του λιπιδαιμικού προφίλ μετρήθηκαν οι τριακυλογλυκερόλες (TG), η ολική χοληστερόλη (TC), η HDL χοληστερόλη, η LDL χοληστερόλη και ο λόγος TC/HDL. Οι δείκτες προσδιορισμού του λιπιδαιμικού προφίλ μετρήθηκαν σε αυτόματο βιοχημικό αναλυτή Cobas Integra Plus 400 (Roche diagnostics, Germany). Η LDL χοληστερόλη υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση του Friedwald (Friedewald, Levy & Fredrickson, 1972).

Διαιτητική ανάλυση

Οι συμμετέχοντες κατέγραφαν καθημερινά τη διαίτα τους κατά τη διάρκεια της εβδομάδας που πραγματοποιήθηκαν οι αιμοληψίες. Η καταγραφή γινόταν σε τυποποιημένο έντυπο που τους είχε δοθεί μαζί με ένα ενημερωτικό έντυπο και τις κατευθυντήριες οδηγίες. Τα έντυπα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το σύστημα διατροφικής ανάλυσης Science Fit Diet 200A (Sciencefit, Greece).

Στατιστική ανάλυση

Η κατανομή όλων των εξαρτημένων μεταβλητών εξετάστηκε από το Shapiro-Wilk test και δεν διέφερε σημαντικά από την κανονική κατανομή. Οι διαφορές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ των ομάδων εξετάστηκαν με τη χρήση Student's t-test για ανεξάρτητα δείγματα. Για την ανάλυση της επίδρασης της λήψης αντιοξειδωτικών βιταμινών για 4 συνεχόμενες εβδομάδες στους δείκτες μυϊκής απόδοσης, μυϊκής βλάβης καθώς και στα λιπίδια και τις λιποπρωτεΐνες του πλάσματος ακολουθήθηκε ανάλυση διακύμανσης 2 παραγόντων [συμπλήρωμα (εικονικό σκεύασμα και βιταμίνες) × χρόνος (πριν την λήψη συμπληρωμάτων και 4 εβδομάδες μετά την λήψη)]. Για την ανάλυση της επίδρασης της έκκεντρης άσκησης στους δείκτες μυϊκής απόδοσης καθώς και στα λιπίδια και τις λιποπρωτεΐνες του πλάσματος ακολουθήθηκε ανάλυση διακύμανσης 2 παραγόντων [συμπλήρωμα (εικονικό σκεύασμα και βιταμίνες) × χρόνος (πριν την άσκηση, 1, 2, 3, 4, και 5 μέρες μετά)] με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον χρόνο. Στην περίπτωση σημαντικής αλληλεπίδρασης ή κύριας επίδρασης, συνδυασμένες συγκρίσεις γίνονταν μέσω του Sidak test. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε $\alpha = 0.05$. Το στατιστικό πακέτο SPSS έκδοση 15.0 χρησιμοποιήθηκε για όλες τις αναλύσεις (SPSS Inc., USA).

Αποτελέσματα

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και διατροφική ανάλυση

Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο ομάδων όσον αφορά στα ανθρωπομετρικά τους χαρακτηριστικά κατά την έναρξη της έρευνας (Πίνακας 1). Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο ομάδων δεν βρέθηκαν ούτε στην ενεργειακή και μακρομοριακή πρόσληψη κατά τη διάρκεια της εβδομάδας όπου πραγματοποιήθηκαν οι αιμοληψίες (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Ανάλυση της καθημερινής ενεργειακής πρόσληψης της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας κατά τη διάρκεια των αιμοληψιών (μέσος όρος \pm SEM)

	Ομάδα ελέγχου	Πειραματική ομάδα
Ενέργεια (kcal)	2851 \pm 133	2912 \pm 139
Υδατάνθρακες (% ενέργ.)	56.3 \pm 3.8	54.7 \pm 3.7
Λίπη (% ενέργειας)	27.4 \pm 3.6	28.8 \pm 2.8
Πρωτεΐνες (% ενέργειας)	16.3 \pm 1.4	16.5 \pm 1.6
Βιταμίνη A (mg, RE)	1.04 \pm 0.19	1.12 \pm 0.14
Βιταμίνη C (mg)	128 \pm 12	132 \pm 17
Βιταμίνη E (mg, α -TE ^t)	7.7 \pm 0.6	8.9 \pm 1
Selenium (μ g)	41.8 \pm 3.6	43.2 \pm 2.9

RE, ισοδύναμα ρετινόλης; α -TE, ισοδύναμα α -τοκοφερόλης.

Επίδραση της χορήγησης αντιοξειδωτικών βιταμινών για 4 εβδομάδες στη μυϊκή απόδοση, μυϊκή βλάβη και στα λιπίδια και τις λιποπρωτεΐνες του πλάσματος

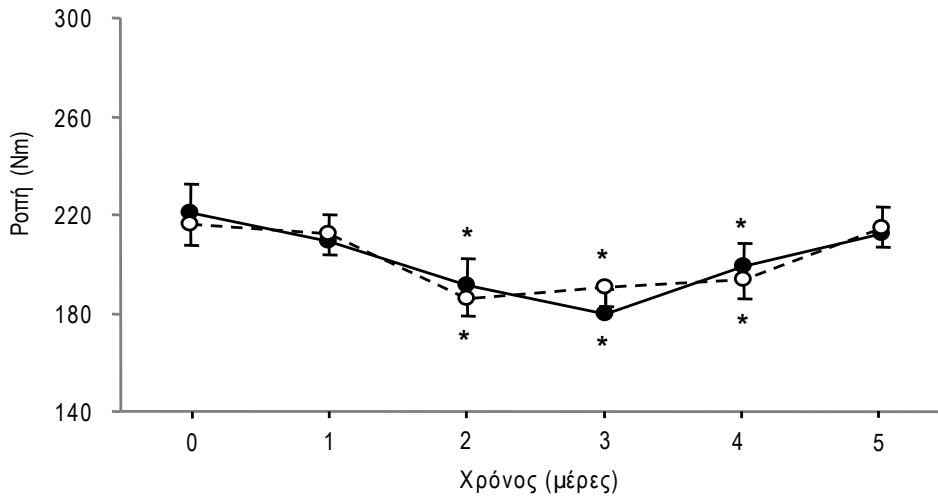
Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συμπλήρωμα και χρόνος ή κύρια επίδραση του συμπληρώματος ή του χρόνου.

Δείκτες μυϊκής απόδοσης

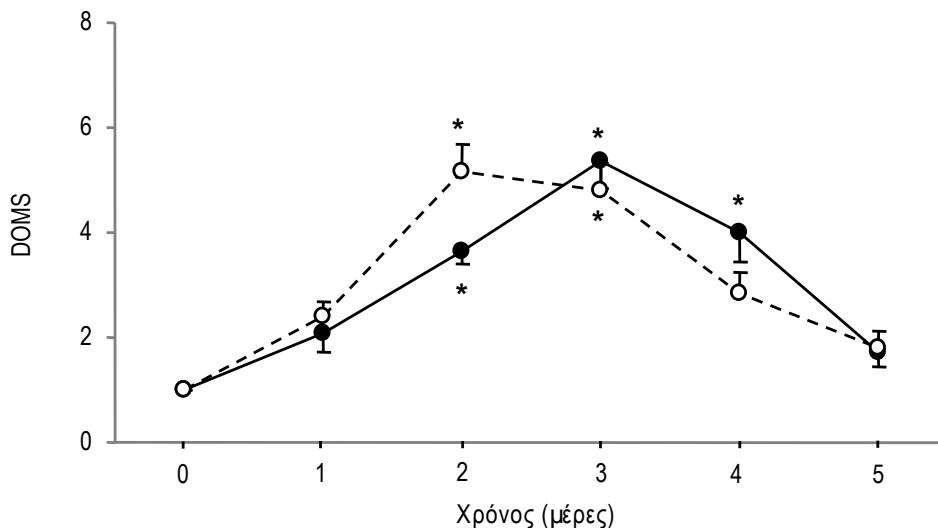
Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συμπλήρωμα και χρόνος ή κύρια επίδραση του παράγοντα συμπλήρωμα σε κανένα από τους δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ. Εντούτοις, υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του χρόνου στους δείκτες μυϊκής απόδοσης

και μυϊκής βλάβης που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη ($P < 0.001$).

Συγκεκριμένα, σε σχέση με την τιμή ηρεμίας, η μέγιστη έκκεντρη ροπή παρουσιάστηκε μειωμένη σε σχέση με την τιμή ηρεμίας από την 2^η μέχρι και την 4^η μέρα και στις δύο ομάδες (Γράφημα 1). Η υποκειμενική αντίληψη του καθυστερημένου μυϊκού πόνου αυξήθηκε σε σχέση με την τιμή ηρεμίας την 3 και 4 μέρα στην ομάδα ελέγχου και την 2 και 3 μέρα στην πειραματική ομάδα (Γράφημα 2).



Γράφημα 1. Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην μέγιστη έκκεντρη ροπή στην ομάδα ελέγχου (μαύροι κύκλοι, $n=14$) και στην πειραματική ομάδα (λευκοί κύκλοι, $n=14$, $\text{mean} \pm \text{SEM}$). * Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας στην ίδια ομάδα ($p < 0.05$)



Γράφημα 2. Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην υποκειμενική αντίληψη του καθυστερημένου μυϊκού πόνου στην ομάδα ελέγχου (μαύροι κύκλοι, $n=14$) και στην πειραματική (λευκοί κύκλοι, $n=14$, $\text{mean} \pm \text{SEM}$).

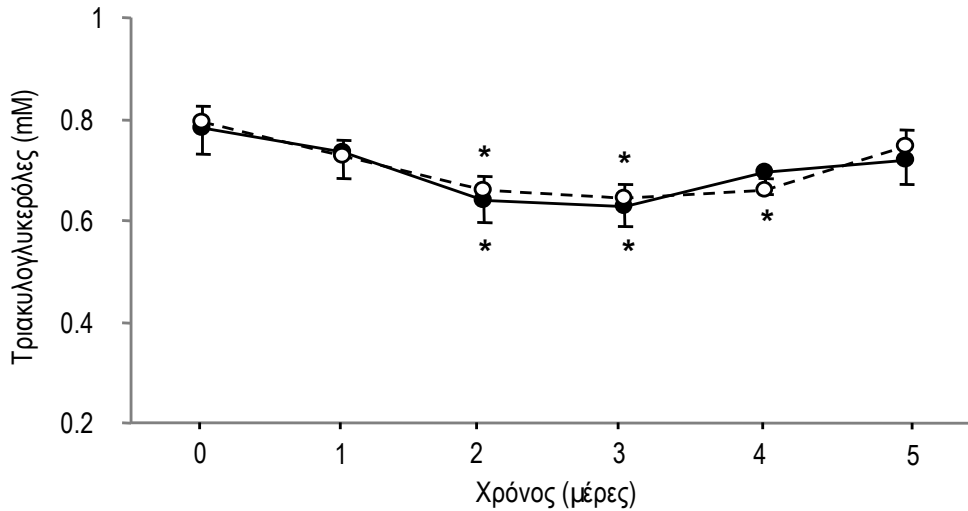
* Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας στην ίδια ομάδα ($p < 0.05$)

Λιπιδαιμικό προφίλ

Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συμπλήρωμα και χρόνος ή κύρια επίδραση του παράγοντα συμπλήρωμα σε κανέναν από τους δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ. Εντούτοις, υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του χρόνου σε όλους τους δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη ($P < 0.001$).

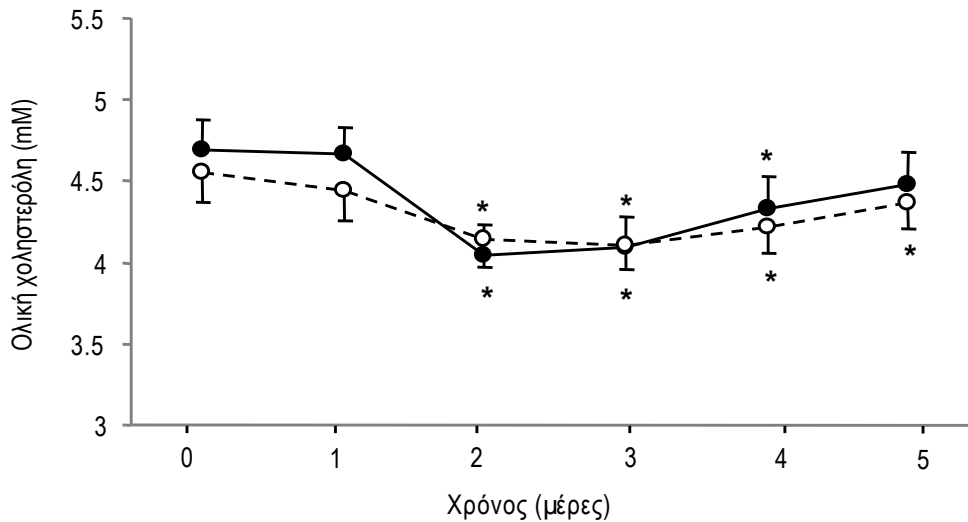
Συγκεκριμένα, σε σχέση με την τιμή ηρεμίας, η έκκεντρη άσκηση προκάλεσε μείωση στις τριακυλογλυκερόλες την 2^η και 3^η μέρα στην ομάδα ελέγχου και την 2^η, 3^η και 4^η μέρα στην πειραματική ομάδα (Γράφημα 3). Επίσης, προκάλεσε μείωση στην ολική χοληστερόλη 2^η, 3^η και 4^η μέρα μετά την άσκηση στην ομάδα ελέγχου και την 2^η, 3^η, 4^η και 5^η μέρα στην πειραματική ομάδα (Γράφημα 4). Η HDL-χοληστερόλη αυξήθηκε

σε σχέση με την τιμή ηρεμίας μετά το τέλος της έκκεντρης άσκησης και στις δυο ομάδες την 2η και 3η μέρα (Γράφημα 5). Η LDL-χοληστερόλη μειώθηκε τις μέρες μετά το τέλος της άσκησης την 2^η, 3^η και 4^η μέρα και στις δυο ομάδες. (Γράφημα 6). Όσον αφορά τον λόγο ολικής προς HDL-χοληστερόλης παρουσιάστηκε μειωμένος την 2^η και 3^η μέρα μετά την έκκεντρη άσκηση στην ομάδα ελέγχου και την 2^η, 3^η και 4^η μέρα στην πειραματική ομάδα (Γράφημα 7).



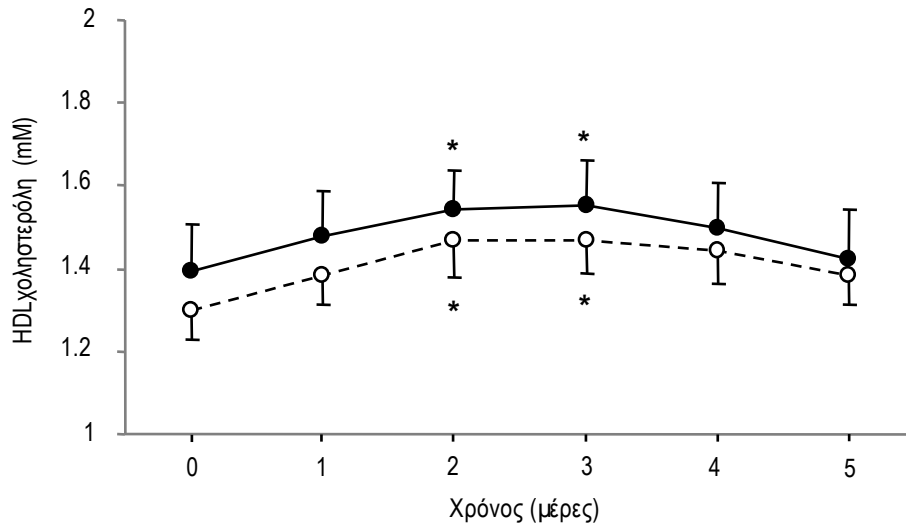
Γράφημα 3. Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην συγκέντρωση των τριακυλογλυκερών στην ομάδα ελέγχου (μαύροι κύκλοι, $n=14$) και στην πειραματική ομάδα (λευκοί κύκλοι, $n=14$, mean \pm SEM).

* Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας στην ίδια ομάδα ($p < 0.05$).



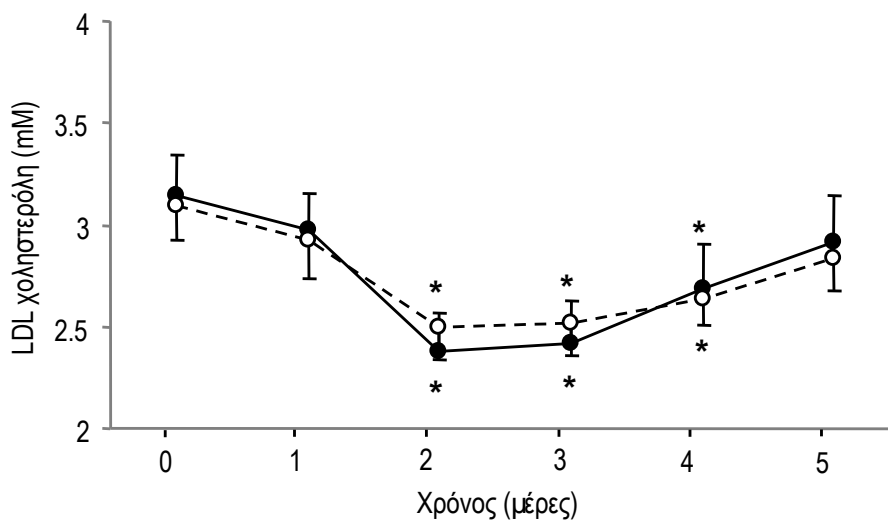
Γράφημα 4. Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην συγκέντρωση της ολικής χοληστερόλης στην ομάδα ελέγχου (μαύροι κύκλοι, $n=14$) και στην πειραματική ομάδα (λευκοί κύκλοι, $n=14$, mean \pm SEM).

* Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας στην ίδια ομάδα ($p < 0.05$).



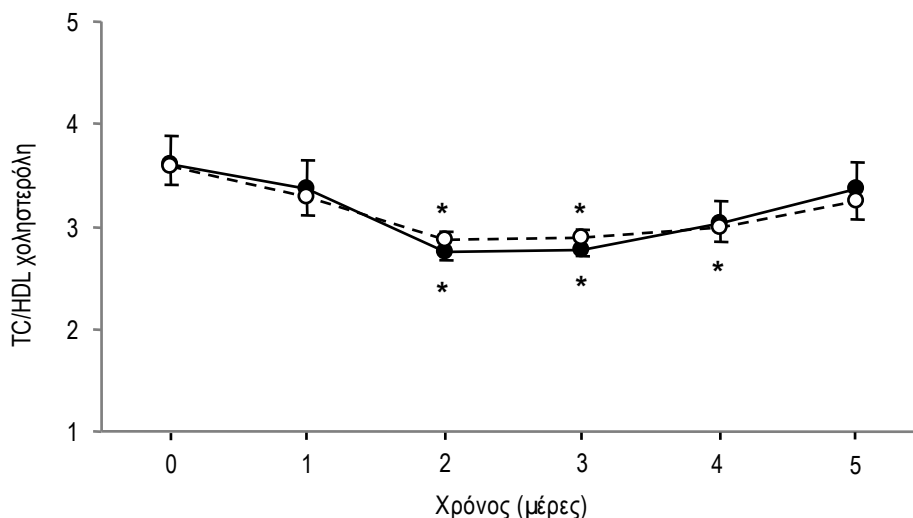
Γράφημα 5. Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην συγκέντρωση της HDL χοληστερόλης στην ομάδα ελέγχου (μαύροι κύκλοι, n=14) και στην πειραματική ομάδα (λευκοί κύκλοι, n=14, mean ± SEM).

* Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας στην ίδια ομάδα (p< 0.05)



Γράφημα 6. Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην συγκέντρωση της LDL χοληστερόλης στην ομάδα ελέγχου (μαύροι κύκλοι, n=14) και στην πειραματική ομάδα (λευκοί κύκλοι, n=14, mean ± SEM).

* Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας στην ίδια ομάδα (p< 0.05)



Γράφημα 7. Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην αναλογία ολικής/HDL χοληστερόλης στην ομάδα ελέγχου (μαύροι κύκλοι, n=14) και στην πειραματική ομάδα (λευκοί κύκλοι, n=14, mean ± SEM).

* Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας στην ίδια ομάδα ($p < 0.05$). TC ολική χοληστερόλη

Συζήτηση

Από την ενδελεχή ανάγνωση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι αυτή είναι η πρώτη ερευνητική μελέτη που εξετάζει την επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης αντιοξειδωτικών βιταμινών C και E στο λιπιδαιμικό προφίλ για μερικές μέρες μετά από οξεία έκκεντρη άσκηση. Τα αποτελέσματα από την παρούσα μελέτη υποδεικνύουν ότι η συμπληρωματική λήψη βιταμινών C και E, με παράλληλη συμμετοχή σε έκκεντρη άσκηση, δεν μεταβάλλει σημαντικά το λιπιδαιμικό προφίλ. Η έκκεντρη άσκηση επέφερε παρόμοιες αλλαγές στους δείκτες μυϊκής απόδοσης, μυϊκής βλάβης και στο λιπιδαιμικό προφίλ τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην πειραματική ομάδα. Αυτό συνέβη παρά το γεγονός ότι το συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης που χρησιμοποιήθηκε επέφερε σημαντικές αλλαγές που διήρκεσαν για μέρες μετά την άσκηση.

Δείκτες μυϊκής απόδοσης και μυϊκής βλάβης

Το πρωτόκολλο άσκησης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη επέφερε σημαντικές και παρατεταμένες αλλαγές στους δείκτες μυϊκής απόδοσης και μυϊκής βλάβης για μέρες μετά το τέλος της άσκησης, υποδηλώνοντας την πρόκληση μυϊκού τραυματισμού. Συγκεκριμένα, και οι δυο δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν παρουσίασαν τις μεγαλύτερες αλλαγές σε σχέση με την τιμή ηρεμίας την 2^η και 3^η μέρα μετά την άσκηση και στις δύο ομάδες. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε απόλυτη συμφωνία με προηγούμενες εργασίες της ερευνητικής μας ομάδας όπου χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο πρωτόκολλο για την πρόκληση μυϊκού τραυματισμού (Nikolaidis, et al., 2007; Paschalis, et al., 2010; Theodorou, et al., 2010). Παράλληλα η χορήγηση αντιοξειδωτικών βιταμινών για 4 εβδομάδες δεν είχε οποιαδήποτε επίδραση στους δείκτες μυϊκής απόδοσης και μυϊκής βλάβης.

Λιπιδαιμικό προφίλ

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι οι έκκεντρες συστολές επέφεραν παρόμοιες αλλαγές σε όλους τους δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ που μετρήθηκαν τις μέρες μετά την άσκηση. Το γεγονός αυτό έρχεται να επιβεβαιώσει προηγούμενη παρατήρηση του εργαστηρίου μας ότι η οξεία έκκεντρη άσκηση επιφέρει θετικές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ (Nikolaidis, et al., 2008; Paschalis, et al., 2010). Συγκεκριμένα, είχαμε θετικές αλλαγές σε όλους τους δείκτες από την 2 μέχρι και την 4 μέρα και στις δύο ομάδες. Το γεγονός αυτό ενισχύει την άποψη ότι η έκκεντρη άσκηση μπορεί να αποτελέσει ένα μη φαρμακολογικό παράγοντα καταπολέμησης των δυσλιπιδαιμιών (Paschalis, et al., 2010). Ο λόγος είναι ότι με μόνο μια συνεδρία έκκεντρης άσκησης διάρκειας περίπου 30 λεπτών είχαμε σημαντικές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ για μέρες μετά το τέλος της άσκησης. Επίσης δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση στο λιπιδαιμικό προφίλ εξαιτίας της καθημερινής λήψης συνδυασμού βιταμινών κατά την ηρεμία για διάστημα τεσσάρων εβδομάδων.

Απουσία επιδράσεων της λήψης αντιοξειδωτικών στο λιπιδαιμικό προφίλ

Το πιο σημαντικό νέο εύρημα της συγκεκριμένης έρευνας είναι ότι η χορήγηση αντιοξειδωτικών βιταμινών C και E για τέσσερις εβδομάδες δεν επηρέασε το λιπιδαιμικό προφίλ στην ηρεμία ή μετά από άσκηση. Αυτό συνέβη παρά το γεγονός ότι το πρωτόκολλο άσκησης που χρησιμοποιήθηκε επέφερε σημαντικές και παρατεταμένες αλλαγές στα λιπίδια και στις λιποπρωτεΐνες.

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές σε *in vitro* πειράματα όπου η διαιτητική πρόσληψη αντιοξειδωτικών βιταμινών οδήγησε σε μείωση της οξειδωσης της LDL χοληστερόλης (Harats, et al., 1998; Mosca, et al., 1997) που αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα για την πρόκληση αθηροσκλήρυνσης (Pryor, 2000). Θεωρητικά η δράση αυτή είναι πολύ θετική για την υγεία και για τον κίνδυνο πρόκλησης αθηροσκλήρυνσης. Σε συνάφεια με τις παρατηρήσεις αυτές, επιδημιολογικές μελέτες χορήγησης βιταμίνης E σε ανθρώπους έδειξαν μείωση του κινδύνου πρόκλησης αθηροσκλήρυνσης (Rimm, et al., 1993; Stampfer, et al., 1993; Stephens, et al., 1996). Εντούτοις, παρά την ύπαρξη αυτών των ερευνών, νεότερες μεγάλης έκτασης επιδημιολογικές έρευνες για την χρήση αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων βιταμίνης E και την επίδραση τους στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων δεν έχουν δείξει τα ανάλογα αποτελέσματα (Shihabi, Li, Miller, & Weintraub, 2002). Συγκεκριμένα, δυο μεγάλες επιδημιολογικές έρευνες (Marchioli & Investigators, 1999; Yusuf, Dagenais, Rogue, Bosch & Sleight, 2000) δεν αναφέρουν οποιεσδήποτε θετικές επιδράσεις της λήψης βιταμίνης E σε παράγοντες που σχετίζονται με την πρόκληση καρδιαγγειακών παθήσεων. Επιπλέον, ούτε ο ρόλος της βιταμίνης C στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων έχει αποσαφηνιστεί, αφού μερικές επιδημιολογικές έρευνες αναφέρουν συσχετίσεις μεταξύ της λήψης βιταμίνης C και των περιστατικών καρδιαγγειακών παθήσεων, ενώ άλλες το αντίθετο (Institute of Medicine, 2000; Lynch, Gaziano, & Frei, 1996).

Πιθανοί μηχανισμοί μέσω των οποίων η έκκεντρη άσκηση προκαλεί εννοϊκές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ

Οι πιθανοί μηχανισμοί μέσω των οποίων το συγκεκριμένο πρωτόκολλο επέφερε θετικές και παρατεταμένες αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ πιθανώς να σχετίζονται με πολλούς και διάφορους παράγοντες που είναι δύσκολο να αποσαφηνιστούν με ασφάλεια. Πιθανώς η μείωση των τριακυλογλυκερολών να οφείλεται σε αυξημένη δραστηριότητα της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης η οποία επιδρά στις λιποπρωτεΐνες ελευθερώνοντας ελεύθερα λιπαρά οξέα τα οποία μπορεί να ληφθούν από τους σκελετικούς μύες και είτε να εστεροποιηθούν σε φωσφολιπίδια και ενδομυϊκές τριακυλογλυκερόλες ή να οξειδωθούν στα μιτοχόνδρια. Η αυξημένη δραστηριότητα της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης μπορεί να οφείλεται εν μέρει στην αυξημένη ζήτηση των μυϊκών κυττάρων για λιπαρά οξέα ως πηγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης, αλλά και για την αναπλήρωση των μυϊκών φωσφολιπιδίων και των αποθεμάτων τριακυλογλυκερολών με λιπαρά οξέα για την αναδόμηση των κατεστραμμένων μυϊκών κυττάρων (Oscai, Essig, & Palmer, 1990; Ren, Henriksson, Katz, & Sahlin, 1988). Επιπλέον, τα μειωμένα επίπεδα τριακυλογλυκερολών τις μέρες μετά την έκκεντρη άσκηση ίσως να οφείλονται και στην αυξημένη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας που παρατηρείται τις μέρες μετά από έκκεντρη άσκηση (Dolezal, Potteiger, Jacobsen, & Benedict, 2000).

Η αύξηση της HDL χοληστερόλης μετά την άσκηση μπορεί επίσης να οφείλεται εν μέρει στην αυξημένη δραστηριότητα της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης. Αυτό υποστηρίζεται και από τα χαμηλότερα επίπεδα των τριακυλογλυκερολών που παρατηρήθηκαν τις μέρες μετά την άσκηση. Η υποβάθμιση αυτή των τριακυλογλυκερολών από τις λιποπρωτεΐνες πολύ χαμηλής πυκνότητας πιθανώς να προκάλεσε και την συρρίκνωση των λιποπρωτεϊνών. Αυτό στην συνέχεια πιθανώς να δημιουργεί ένα πλεόνασμα λιπιδίων τα οποία κατά κύριο λόγο να μεταφέρονται στη HDL χοληστερόλη (Frayn, 2003).

Τέλος, η μείωση της ολικής χοληστερόλης και της LDL χοληστερόλης τις μέρες μετά την άσκηση ίσως οφείλεται στην εκροή της χοληστερόλης από το πλάσμα στο μυ, παρέχοντας έτσι ένα υπόστρωμα για τη σύνθεση νέων κυτταρικών μεμβρανών μετά τον μυϊκό τραυματισμό που προήλθε από την έκκεντρη άσκηση. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι η χοληστερόλη αποτελεί το 13% των μυϊκών μεμβρανών (Gurr et al., 2002) και τα σημάδια αναδόμησης των μυϊκών κυττάρων αρχίζουν να εμφανίζονται μετά τις πρώτες 36 ώρες μετά το τέλος της άσκησης (Friden, Sjöstrom, & Ekblom, 1983).

Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η άσκηση αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση πολλών χρόνιων παθήσεων που μαστιάζουν σήμερα τον δυτικό κόσμο. Παράλληλα η χορήγηση αντιοξειδωτικών διαιτητικών συμπληρωμάτων αποτελεί μια ιδιαίτερα συχνή τακτική των ατόμων που συμμετέχουν σε προγράμματα άσκησης. Συνεπώς, η έρευνα αυτή προσφέρει νέα γνώση ιδιαίτερα σημαντική για την ποιότητα ζωής, αφού ο αναγνώστης οδηγείται σε σημαντικά συμπεράσματα όσο αφορά στην χρησιμότητα της λήψης ή όχι αντιοξειδωτικών βιταμινών. Συγκεκριμένα, η λήψη διαιτητικών συμπληρωμάτων βιταμινών C και E, δεν φαίνεται να έχει καμία θετική ή αρνητική επίδραση στην προκληθείσα μυϊκή βλάβη και στις θετικές αλλαγές που παρατηρούνται στο λιπιδαιμικό προφίλ μετά από οξεία έκκεντρη άσκηση. Τέλος, η έκκεντρη άσκηση επέφερε σημαντικές θετικές αλλά πρόσκαιρες προσαρμογές στο λιπιδαιμικό προφίλ των ασκούμενων.

Βιβλιογραφία

- Booth, F. W., Gordon, S. E., Carlson, C. J., & Hamilton, M. T. (2000). Waging war on modern chronic diseases: primary prevention through exercise biology. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 774-787.
- Dolezal, B.A., Potteiger, J.A., Jacobsen, D.J. & Benedict, S.H. (2000). Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7), 1202-1207.
- Durstine, J.L. & Haskell, W.L. (1994). Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22, 477-521.
- Frayn, K. (2003). *Metabolic Regulation: A Human Perspective*. (2 ed.). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Friden, J., Sjoström, M. & Ekblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, 4(3), 170-176.
- Friedewald, W.T., Levy, R.I. & Fredrickson, D.S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499-502.
- Gomez-Cabrera, M.C., Borrás, C., Pallardo, F.V., Sastre, J.L. & Vina, J. (2005). Decreasing xanthine oxidase-mediated oxidative stress prevents useful cellular adaptations to exercise in rats. *Journal of Physiology*, 567(Pt 1), 113-120.
- Gomez-Cabrera, M.C., Domenech, E., Romagnoli, M., Arduini, A., Borrás, C. & Pallardo, F.V. (2008). Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(1), 142-149.
- Gurr W, Yavari R, Wen L, Shaw M, Mora C, Christa L & Sherwin RS. A Reg family protein is overexpressed in islets from a patient with new-onset type 1 diabetes and acts as T-cell autoantigen in NOD mice. *Diabetes*. 2002 Feb;51(2):339-46.
- Halliwell, B. & Gutteridge, J.M. (1999). *Free Radicals in Biology and Medicine*. New York: Oxford University Press.
- Halliwell, B. & Whiteman, M. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? *British Journal of Pharmacology*, 142(2), 231-255.
- Harats, D., Chevion, S., Nahir, M., Norman, Y., Sagee, O. & Berry, E.M. (1998). Citrus fruit supplementation reduces lipoprotein oxidation in young men ingesting a diet high in saturated fat: presumptive evidence for an interaction between vitamins C and E in vivo. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67(2), 240-245.
- Hazen, S.L. (2000). Oxidation and atherosclerosis. *Free Radic Biol Med*, 28(12), 1683-1684.
- Institute of Medicine (2000). *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. Washington: National Academy Press.
- Ji, L.L. (2003). Antioxidants and Oxidative Stress in Exercise *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 222(3), 283-292.
- Lynch, S.M., Gaziano, J.M., & Frei, B. (1996). *Ascorbic acid and atherosclerotic cardiovascular disease*. New York: Plenum Press.
- Marchioli, R. & Investigators, G.P. (1999). Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto miocardico. *Lancet*, 354(9177), 447-455.
- Martin, A. & Frei, B. (1997). Both intracellular and extracellular vitamin C inhibit atherogenic modification of LDL by human vascular endothelial cells. *Thrombosis and Vascular Biology*, 17, 1583-1590.

- Mosca, L., Rubenfire, M., Mandel, C., Rock, C., Tarshis, T. & Tsai, A. (1997). Antioxidant nutrient supplementation reduces the susceptibility of low density lipoprotein to oxidation in patients with coronary artery disease. *American College of Cardiology*, 30(2), 392-399.
- Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Giakas, G., Fatouros, I.G., Koutedakis, Y. & Kouretas, D. (2007). Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(7), 1080-1089.
- Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Giakas, G., Fatouros, I.G., Sakellariou, G.K. & Theodorou, A.A. (2008). Favorable and prolonged changes in blood lipid profile after muscle-damaging exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(8), 1483-1489.
- Oscai, L.B., Essig, D.A. & Palmer, W.K. (1990). Lipase regulation of muscle triglyceride hydrolysis. *Journal of Applied Physiology*, 69(5), 1571-1577.
- Paschalis, V., Nikolaidis, M.G., Giakas, G., Theodorou, A.A., Sakellariou, G.K. & Fatouros, I.G. (2010). Beneficial changes in energy expenditure and lipid profile after eccentric exercise in overweight and lean women. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), e103-111.
- Paschalis, V., Nikolaidis, M.G., Theodorou, A.A., Panayiotou, G., Fatouros, I. G. & Koutedakis, Y. (2011). A Weekly Bout of Eccentric Exercise Is Sufficient To Induce Health-Promoting Effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 43(1):64-73.
- Polidori, M.C. & Mecocci, P. (2002). Plasma susceptibility to free radical-induced antioxidant consumption and lipid peroxidation is increased in very old subjects with Alzheimer disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 4(6), 517-522.
- Pryor, W.A. (2000). Vitamin E and heart disease: basic science to clinical intervention trials. *Free Radical Biology and Medicine*, 28(1), 141-164.
- Reid, M.B., Shoji, T., Moody, M.R. & Entman, M.L. (1992). Reactive oxygen in skeletal muscle. II. Extracellular release of free radicals. *Journal of Applied Physiology*, 73(5), 1805-1809.
- Ren, J.M., Henriksson, J., Katz, A. & Sahlin, K. (1988). NADH content in type I and type II human muscle fibres after dynamic exercise. *Biochemical Journal*, 251(1), 183-187.
- Rifici, V.A. & Khachadurian, A.K. (1993). Dietary supplementation with vitamins C and E inhibits in vitro oxidation of lipoproteins. *The Journal of the American College of Nutrition*, 12(6), 631-637.
- Rimm, E.B., Stampfer, M.J., Ascherio, A., Giovannucci, E., Colditz, G.A. & Willett, W.C. (1993). Vitamin E consumption and the risk of coronary heart disease in men. *New England Journal of Medicine*, 328(20), 1450-1456.
- Ristow, M., Zarse, K., Oberbach, A., Kloting, N., Birringer, M. & Kiehnopf, M. (2009). Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106(21), 8665-8670.
- Sen, C.K. (2001). Antioxidants in exercise nutrition. *Sports Medicine*, 31(13), 891-908.
- Shihabi, A., L.W.G., Miller, F.J.Jr. & Weintraub, N.L. (2002). Antioxidant therapy for atherosclerotic vascular disease: the promise and the pitfalls. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, 282(3), H797-802.
- Stampfer, M.J., Hennekens, C.H., Manson, J.E., Colditz, G.A., Rosner, B. & Willett, W.C. (1993). Vitamin E consumption and the risk of coronary disease in women. *New England Journal of Medicine*, 328(20), 1444-1449.
- Stephens, N.G., Parsons, A., Schofield, P.M., Kelly, F., Cheeseman, K. & Mitchinson, M.J. (1996). Randomised controlled trial of vitamin E in patients with coronary disease: Cambridge Heart Antioxidant Study (CHAOS). *Lancet*, 347(9004), 781-786.
- Theodorou, A.A., Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Sakellariou, G.K., Fatouros, I.G. & Koutedakis, Y. (2010). Comparison between glucose-6-phosphate dehydrogenase-deficient and normal individuals after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1113-1121.
- Tsuzura, S., Ikeda, Y., Suehiro, T., Ota, K., Osaki, F. & Arii, K. (2004). Correlation of plasma oxidized low-density lipoprotein levels to vascular complications and human serum paraoxonase in patients with type 2 diabetes. *Metabolism*, 53(3), 297-302.
- Urso, M.L. & Clarkson, P.M. (2003). Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*, 189(1-2), 41-54.
- Wray, D.W., Uberoi, A., Lawrenson, L., Bailey, D.M. & Richardson, R.S. (2009). Oral antioxidants and cardiovascular health in the exercise-trained and untrained elderly: a radically different outcome. *Clinical Science (Lond)*, 116(5), 433-441.
- Yusuf, S., Dagenais, G., Pogue, J., Bosch, J. & Sleight, P. (2000). Vitamin E supplementation and cardiovascular events in high-risk patients. The Heart Outcomes Prevention Evaluation Study

A. Θεοδώρου, κ.ά. / Αναζητήσεις στη Φ.Α. & τον Αθλητισμό, 11, (2013), 66 - 78

Investigators. *New England Journal of Medicine*, 342(3), 154-160.

Ταξιλάρης, Κ., Τζιαμούρτας, Α. & Φατούρος, Ι. (2007). *Κατευθύνσεις Σχεδιασμού Προγραμμάτων άσκησης και Αξιολόγησης* (7^η εκ). Αθήνα: Εκδόσεις Αθλότυπο.