



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΛΗΨΗ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ (C & E) ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ  
ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΥΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΚΕΝΤΡΕΣ ΜΥΪΚΕΣ  
ΣΥΣΤΟΛΕΣ**

**Βλάχος Αγγελής**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ Τζιαμούρτας Αθανάσιος  
Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.**

**Τρίκαλα 2010**



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

Αριθ. Εισ.: 8624/1  
Ημερ. Εισ.: 15/10/2010  
Δωρεά: \_\_\_\_\_  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ-ΤΕΦΑΑ  
2010  
ΒΛΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000102860

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

1. Περίληψη	3
2. Abstract	4
3. Ευχαριστίες	5
4. Εισαγωγή	6
4.1. Έκκεντρη άσκηση και μυϊκός τραυματισμός	6
4.2. Αμυντικοί Μηχανισμοί	7
4.3. Βιταμίνη E	8
4.4. Βιταμίνη C	9
4.5. Συμπληρωματική λήψη βιταμινών, αντιοξειδωτική δράση και απόδοση	10
5. Σκοπός της εργασίας	11
5.1. Ερευνητικές υποθέσεις	11
5.2. Στατιστικές Υποθέσεις	11
5.2.1. Μηδενικές υποθέσεις	11
5.2.2. Εναλλακτικές υποθέσεις	12
5.3. Περιορισμοί της ερευνάς	12
5.4. Σημασία της εργασίας	12
6. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	13
6.1. Λήψη βιταμινών (C & E) και απόδοση	13
6.2. Λήψη βιταμινών (E &C) και μυϊκός τραυματισμός	15
7. Μεθοδολογία	17
7.1. Συμμετέχοντες	17
7.2. Πειραματικός σχεδιασμός	17
7.3. Ανθρωπομετρικές μετρήσεις	17
7.4. Ισοκινητική έκκεντρη άσκηση	18
7.5. Δείκτες μυϊκού τραυματισμού	19
7.6. Στατιστική ανάλυση	19
8. Αποτελέσματα	20
8.1. Ανθρωπομετρικές μετρήσεις	20
8.2. Δείκτες προσδιορισμού του μυϊκού τραυματισμού.	20
9. Συζήτηση	23
9.1. Χρονική σειρά των λειτουργικών αλλαγών	24
9.2. Συμπεράσματα – προτάσεις για μελλοντικές έρευνες	24
10. Βιβλιογραφία	26

## 1. Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εξετάσει, εάν η συμπληρωματική λήψη βιταμινών C και E επηρεάζει την προσαρμοστικότητα του μυός μετά από έκκεντρη άσκηση. Είκοσι άνδρες συμμετείχαν σε μια διπλά τυφλή ελεγχόμενη με εικονικό συμπλήρωμα (placebo) έρευνα. Οι συμμετέχοντες, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 10 ατόμων η κάθε μια. Η πειραματική ομάδα (ηλικία:  $26,6 \pm 5,3$  .έτη, ύψος:  $174,3 \pm 2,3$  εκ. και βάρος:  $72,8 \pm 4,5$  κιλά) λάμβανε βιταμίνη C (1 gr) και E (268 mg) και η ομάδα ελέγχου (ηλικία:  $26,5 \pm 0.4$  έτη, ύψος:  $173,4 \pm 3,2$  εκ. και βάρος:  $73,8 \pm 7,8$  κιλά) λάμβανε placebo οπτικά όμοιο με τις βιταμίνες, για 4 εβδομάδες. Στην συνέχεια και οι δυο ομάδες εκτέλεσαν ένα πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης που περιελάμβανε 5 σετ των 15 μέγιστων εκούσιων έκκεντρων συστολών από καθιστή θέση ( $120^\circ$  γωνία στο ισχίο), σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Η ισομετρική ροπή, το εύρος της κίνησης (ROM), ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος κατά τη διάρκεια της βάρδιας και κατά την ψηλάφηση (ΚΜΠ) μετρήθηκαν πριν και για 5 συνεχόμενες ημέρες μετά από την έκκεντρη άσκηση ως δείκτες μυϊκής λειτουργίας. Όλοι οι δείκτες που μετρήθηκαν επιβεβαίωσαν ότι η έκκεντρη άσκηση προκάλεσε σοβαρό μυϊκό τραυματισμό που κορυφώθηκε δύο και τρεις μέρες μετά την άσκηση. Παρ' όλα αυτά, τόσο η πορεία του χρόνου όσο και του μεγέθους των αλλαγών της επιλεγμένης λειτουργίας των μυών και των δεικτών που μετρήθηκαν ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο ομάδων. Συμπέρασμα: Η παρούσα μελέτη δείχνει ότι τα συμπληρώματα με βιταμίνη C και βιταμίνη E δεν επηρεάζουν την προσαρμοστικότητα των μυών μετά από σοβαρό ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό των μυών.

## 2. Abstract

The purpose of this study was to examine whether supplementation with vitamins C and E affect the adaptability of muscle after eccentric exercise. Twenty men participated in a double blinded placebo-controlled design. Participants were divided into two groups of 10 persons each. The experimental group (age:  $26,6 \pm 5,3$  years, height:  $174,3 \pm 2,3$  cm and weight:  $72,8 \pm 4,5$  kg) received vitamin C (1 gr) and E (268 mg) and the control group (age:  $26,5 \pm 0.4$  years, height:  $173,4 \pm 3,2$  cm and weight:  $73,8 \pm 7,8$  kg) received a visually identical to the vitamins placebo for 4 weeks. Both groups performed an eccentric exercise protocol that consisted of five sets of 15 maximum voluntary eccentric contractions in the sitting position ( $120^\circ$  angle of the hip) on an isokinetic dynamometer. Isometric torques, range of movement (ROM), delayed-onset of muscle soreness during walking and during palpation (DOMS) were measured before and for 5 consecutive days after eccentric exercise as indices of muscle function. All indices measured confirmed that eccentric exercise induced severe muscle damage peaking at two and three days post exercise. Nevertheless, both the time course and the magnitude of the changes of the selected muscle function indices measured were similar between the two groups. Conclusion: The present study indicates that supplementation with vitamin C and vitamin E does not affect the adaptability of muscle after severe muscle damage.

### **3. Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Τζιαμούρτα για την καθοδήγηση που μου πρόσφερε, τον Τάσο Θεοδώρου για την πολύτιμη και αγαστή βοήθεια του, τον Δημήτρη Οικονόμου για την υποστήριξη του, καθώς και όλους τους ανώνυμους εθελοντές που συμμετείχαν στην μελέτη.

## **4. Εισαγωγή**

### **4.1. Έκκεντρη άσκηση και μυϊκός τραυματισμός**

Η δύναμη είναι η ικανότητα του ανθρώπου να επενεργεί σε εξωτερικές δυνάμεις ή στο ίδιο το βάρος του σώματος και να τις υπερνικά ή να αντιστέκεται. Ο μυς για να παράγει έργο πρέπει να συσπαστεί δηλαδή να έχουμε μυϊκή συστολή. Τα είδη των μυϊκών συστολών είναι τα εξής: μειομετρική (ομόκεντρη), ισομετρική και πλειομετρική (έκκεντρη). Η μυϊκή συστολή εξηγείται μέσω της θεωρίας των συρόμενων μυονηματίων που συνοδεύεται από μια σειρά μοριακών διεργασιών (Ebashi 1991; Holmes και Geeves, 2000). Κατά την έκκεντρη και μειομετρική συστολή ενεργοποιείται ο κύκλος των εγκάρσιων γεφυρών, με τη διάφορα ότι τα μυονημάτια της ακτίνης κατά την έκκεντρη συστολή τραβιούνται μακριά από το κέντρο της Α ζώνης και το σαρκομέριο επιμηκύνεται. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της συστολής είναι ότι απαιτεί λιγότερη ενέργεια από τις άλλες δύο αφού το έργο που απαιτείται είναι μικρότερο. Επίσης ο μυς κατά την έκκεντρη συστολή επιτυγχάνει την μέγιστη δυνατή παραγωγή δύναμης. Ο λόγος είναι ότι κατά την έκκεντρη συστολή μερικές εγκάρσιες γέφυρες δεν εκτελούν τη συνήθη στροφική τους κίνηση αλλά τραβιούνται προς τα πίσω, με αποτέλεσμα η μυοσίνη να μην μετατοπίζεται προς τα εμπρός και να παραμένει προσκολλημένη στην ακτίνη. Παράλληλα, πρόσθετες γέφυρες δραστηριοποιούνται κατά τη διάρκεια έκκεντρης συστολής με αποτέλεσμα να ξεπερνούν σε αριθμό τις αντίστοιχες εγκάρσιες γέφυρες που επιστρατεύονται κατά την μειομετρική και την ισομετρική συστολή και έτσι παράγουν μεγαλύτερα ποσοστά δύναμης (Stauber, 1989). Η ασυνήθιστη και έντονης μορφής άσκηση προκαλεί μυϊκή καταστροφή η οποία παρουσιάζεται στον οργανισμό με το αίσθημα του πόνου (Proske & Allen, 2005). Ο μυϊκός αυτός πόνος δεν προκαλείται κατά τη διάρκεια της άσκησης και συνήθως εκδηλώνεται μερικές ημέρες μετά την άσκηση. Αυτού του είδους η εκδήλωση μυϊκού πόνου χαρακτηρίζεται ως καθυστερημένος μυϊκός πόνος (Aoi et al., 2004). Έρευνες αναφέρουν ότι η αυτή η αίσθηση του πόνου αυξάνεται 24 ώρες μετά από το τέλος της άσκησης, κορυφώνεται μεταξύ των 24 ως 72 ωρών και εξαφανίζεται εντελώς 5 έως 7 ημέρες μετά την άσκηση (Byrnes, & Clarkson, 1986; Cleak & Eston 1992; Gullick, 1996; Jamurtas et al., 2005). Συνέπεια της εκδήλωσης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου είναι η μυϊκή υπερευαισθησία, όπου ο «τραυματισμένος» μυς

επιδεικνύει μεγάλη ευαισθησία σε οποιαδήποτε εξωτερική επιβάρυνση και η παράλληλη μείωση της μυϊκής δύναμης. Η μείωση αυτή κυμαίνεται από 40 έως 50% σε σχέση με την τιμή πριν από την άσκηση και επανακτάται έπειτα από 10 μέρες (Howel, Chleboun, και Conatser, 1993; Ingalls, Warren, και Armstrong, 1998). Το επίπεδο της προπονητικής κατάστασης και ο μέγεθος της ασυνήθιστης μυϊκής προσπάθειας μπορούν να επηρεάσουν το επίπεδο του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (Ross, 1999). Παλαιότερα επικρατούσε η λανθασμένα η αντίληψη ότι ο μυϊκός αυτός πόνος οφειλόταν στο γαλακτικό οξύ που εξακολουθούσε να παράγεται με το τέλος της άσκησης, καθώς και στο ότι η συγκέντρωση υποπροϊόντων του μεταβολισμού οδηγούσε στην μείωση της ικανότητας του μυ για παραγωγή έργου (Armstrong, 1984; Gulick και Kimura, 1996). Εντούτοις είναι γνωστό ότι τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος επιστρέφουν στις αρχικές συγκεντρώσεις μια ώρα μετά το τέλος της άσκησης. Σε έρευνες στις οποίες αξιολογήθηκαν οι συγκεντρώσεις του γαλακτικού οξέος στο αίμα πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση σε επίπεδο και κατηφορικό τρέξιμο, δεν βρέθηκε άμεση συσχέτιση των επιπέδων του γαλακτικού οξέος και της μυϊκής βλάβης (Schwane et al., 1983; Watrous, 1981). Επομένως οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος δεν έχει καμία σχέση με την συσσώρευση γαλακτικού οξέος και την επακόλουθη αύξηση της συγκεντρώσεως ιόντων υδρογόνου, όπως συμβαίνει στο προσωρινό ασκησιογενή μυϊκό πόνο.

## **4.2. Αμυντικοί Μηχανισμοί**

Όσον αφορά την απόκριση του ανθρωπίνου οργανισμού στην εμφάνιση του μυϊκού τραυματισμού, έρευνες έδειξαν ότι μετά από επίπονη άσκηση παρουσιάστηκε σημαντική διείσδυση φαγοκυττάρων στο μυ και εκδήλωση φλεγμονώδους αντίδρασης που συνδέεται με την εμφάνιση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (Aoi et al., 2004). Η φλεγμονώδης αυτή αντίδραση του οργανισμού αναστέλλει αρχικά την αποκατάσταση του μυ σκοπεύοντας στην επούλωση του τραυματισμένου ιστού. Αυξάνεται η συγκέντρωση λευκοκυττάρων στο αίμα και ενδοκυτταρικά σωματίδια πηγαίνουν στο χώρο της βλάβης. Η συγκέντρωση αυτή των λευκοκυττάρων κορυφώνεται 48 ώρες μετά την πρόκληση της βλάβης του ιστού και υποχωρεί στις 72 ώρες μετά (Armstrong, 1983). Στη συνέχεια μακροφάγα εισέρχονται στο μυ,



απομακρύνοντας τα νεκρά μυϊκά κύτταρα μέσω της λειτουργίας της φαγοκυττάρωσης, καθώς συμβάλουν και στην αναγέννηση του μυός (Tidball, 1995; Jones et al., 2004; Close, et al., 2005). Ένα άλλο πάρα πολύ σημαντικό στοιχείο για το μηχανισμό της φλεγμονής είναι ότι το οξειδωτικό στρες άμεσα προκαλεί μυϊκή καταστροφή, αλλά ενεργεί και σαν ρυθμιστής της φλεγμονής (Roebuck, 1999). Επίσης, παρατεταμένη μορφή άσκησης οδηγεί στην δημιουργία δραστικών στοιχείων οξυγόνου (reactive oxygen species, ROS) προερχόμενα από τη μιτοχονδριακή αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων στα μυϊκά κύτταρα διαμέσου μιας αύξησης της κατανάλωσης οξυγόνου (Ji, 1999; Evans, 2000). Άλλες αντίστοιχες έρευνες έχουν δείξει ότι οι ελεύθερες ρίζες επιταχύνουν το ρυθμό της μυϊκής καταστροφής (Barclay et al., 1991), ιδιαίτερα όταν η άσκηση αυτή γίνεται σε θερμό περιβάλλον (Zuo et al., 2000). Αυτό συμβαίνει γιατί οι ελεύθερες ρίζες προκαλούν βλάβη στο σαρκοπλασματικό δίκτυο και στις συσταλτές πρωτεΐνες του μυός, με αποτέλεσμα να λιγοστεύει η απελευθέρωση ασβεστίου και ο αριθμός των εγκάρσιων γεφυρών (Reid et al., 2002). Όπως γίνεται αντιληπτό η επίπονη άσκηση επιταχύνει τη δημιουργία ROS που πάρα πολύ συχνά υπερβαίνουν τους αντιοξειδωτικούς αμυντικούς μηχανισμούς του ανθρώπινου οργανισμού με αποτέλεσμα να έχουμε την εκδήλωση οξειδωτικού στρες (Balakrishnan και Anuradha, 1998). Σύμφωνα με τον Jackson (2000), ακόμη και μικρή διάρκεια άσκησης μπορεί να επιφέρει την ενεργοποίηση για τον σχηματισμό ROS στους ιστούς. Στην βιβλιογραφία οι υπάρχουσες μελέτες διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά τα πειραματικά τους πρότυπα, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να δοθεί μια σαφής εικόνα για την οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος έπειτα από έκκεντρης μορφής άσκηση. Σε μια εργασία στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην οξειδοαναγωγή κατάσταση στο αίμα, βρέθηκαν υψηλότερα επίπεδα οξειδωμένης γλουταθειόνης και χαμηλότερα επίπεδα ανηγμένης γλουταθειόνης (Goldfarb et al., 2005) την στιγμή που άλλες παρόμοιες μελέτες δεν παρουσίασαν καμία ουσιαστική μεταβολή (Close et al., 2005; Lee et al., 2002).

### **4.3. Βιταμίνη E**

Η βιταμίνη E ανακαλύφθηκε το 1920 ως ουσία με λιποδιαλυτή δράση και απαιτείται για την παρεμπόδιση του εμβρυϊκού θανάτου. Αναγνωρίστηκε χημικά την επόμενη δεκαετία και ονομάστηκε τοκοφερόλη από το ελληνικό τόκος (γέννηση) και



το «φέρειν» (φέρω). Η Βιταμίνη E, όπως όλες οι τοκοτριενόλες και οι τοκοφερόλες, αποτελείται από ενώσεις που είναι σημαντικές για τα ζωικά κύτταρα. Η βιταμίνη E συντίθεται αποκλειστικά από φωτοσυνθετικούς ευκαρυωτικούς οργανισμούς και άλλους οξυγονικούς φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, όπως τα κυανοβακτήρια (Colombo, 2010). Η βιταμίνη E δρα στον ανθρώπινο οργανισμό ως αντιοξειδωτικός παράγοντας πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Κύριες πηγές βιταμίνης E είναι τα φυτικά έλαια, μαργαρίνη, πράσινα φυλλώδη λαχανικά, φυτό σιταριού, ολικής άλεσης δημητριακά και ο κρόκος του αυγού. Συμπτώματα έλλειψης είναι αρκετά σπάνια αλλά αν υπάρχουν είναι η διάρρηξη της μεμβράνης των ερυθροκυττάρων και αναιμία. Υπερβολικές δόσης βιταμίνης E προκαλούν κεφαλαλγίες, κόπωση και διάρροια (Williams, 2003).

#### **4.4. Βιταμίνη C**

Η βιταμίνη C απομονώθηκε από τα επινεφρίδια το 1928 από το Ούγγρο βιοχημικό νομπελίστα Άλμπερτ Ζεντ Γκιόργκι και αναγνωρίστηκε σαν παράγοντας θεραπείας του σκορβούτου το 1932. Η ονομασία της ασκορβικό οξύ προέρχεται από την έκφραση αντισκορβουτική βιταμίνη, δηλαδή την βιταμίνη που θεραπεύει και προλαβαίνει το σκορβούτο. Η βιταμίνη C συμμετέχει στον κυτταρικό μεταβολισμό, δρώντας ως μεταφορέας οξυγόνου και σε συνεργασία με άλλες βιταμίνες στην αιμοποίηση και στην άθροιση του γλυκογόνου στους μύες και στο ήπαρ. Η βιταμίνη C ως αντιοξειδωτικό έχει δύο λειτουργίες: πρωταρχικά συμβάλλει άμεσα στην συλλογή υποπροϊόντων, ειδικά δραστικών στοιχείων οξυγόνου (ROS), καθώς και υδροϋπεροξειδίων των λιπιδίων και δευτερευόντως διευκολύνει την ανακύκλωση της βιταμίνης E (Powers και Sen, 2000). Κύριες πηγές βιταμίνης C είναι τα εσπεριδοειδή, τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά, τα μπρόκολα, οι πιπεριές, οι φράουλες και οι πατάτες. Συμπτώματα έλλειψης είναι αρκετά σπάνια ωστόσο πιθανή εκδήλωσης τους σχετίζεται με αδυναμία, τραχύ δέρμα, αργή επούλωση τραυμάτων, σκορβούτο και αιμορραγίες στα ούλα. Υπερβολικές δόσης βιταμίνης C προκαλούν πιθανώς νεφρολιθίαση, αντιδραστικό σκορβούτο και διάρροια. (Williams, 2003).

#### 4.5. Συμπληρωματική λήψη βιταμινών, αντιοξειδωτική δράση και απόδοση.

Η πρόσληψη εξωγενών αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων όπως βιταμινών C και E μπορεί να προσφέρει μια πρώτης τάξεως υποστήριξη στον αντιοξειδωτικό μηχανισμό και να μειώσει την αυξημένη παραγωγή ελευθέρων ριζών. Αυτό συμβαίνει καθώς τα αντιοξειδωτικά, είναι ουσίες που αντιμάχονται την δράση των ελευθέρων ριζών και της αλυσιδωτής οξειδωτικής βλάβης που προκαλούν (Ratnam et al., 2006). Αρκετές έρευνες έχουν επισημάνει μια καθαρά ευεργετική δράση των συμπληρωμάτων στη μείωση του οξειδωτικού στρες (Davison και Gleeson, 2006; Fischer et al., 2004; Jakeman και Maxwell, 1993; Kanter, Nolte, και Holloszy, 1993; Palazzetti, Rousseau, Richard, Favier, και Margaritis, 2004; Rokitzki, Logemann, Huber, Keck, και Keul, 1994; Schroder, Navarro, Tramullas, Mora, και Galiano, 2000). Αντιθέτως άλλες εργασίες δεν εντοπίζουν κάποια επίδραση (Helgheim, Hetland, Nilsson, Ingjer, και Stromme, 1979; McBride, Kraemer, Triplett-McBride, και Sebastianelli, 1998) και μερικές άλλες παρουσιάζουν αρνητικές συνέπειες (Bloomer et al., 2006b; Bryant, Ryder, Martino, Kim, και Craig, 2003; Goldfarb, Bloomer, και McKenzie, 2005). Αυτές οι δυο βιταμίνες επιτελούν ένα φάσμα πολύπλοκων και συνεργατικών βιολογικών δραστηριοτήτων αλληλοσυμπληρώνοντας η μια την άλλη, καθώς η βιταμίνη C βοηθά την E να παραμένει ενεργή (Bloomer et al., 2006b). Η λήψη αυτών των βιταμινών πιθανολογείται ότι είναι πιο σημαντική στους αθλητές καθώς παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες μέσω της υψηλής ενεργειακής δαπάνης, του ιδρώτα και των ούρων. Η βιταμίνη C λειτουργώντας ως αντιοξειδωτικός παράγων εξυπηρετεί την δράση της καταστρέφοντας κατευθείαν τις ελεύθερες ρίζες και έμμεσα αναγεννά την βιταμίνη E (Margaritis et al., 2003). Επίσης ο συνδυασμός τους φαίνεται να είναι αρκετά αποτελεσματικός στην υποστήριξη του αντιοξειδωτικού μηχανισμού (Peake et al., 2006; Urso & Clarkson, 2003) και στην μείωση της οξειδωτικής βλάβης (Goldfarb, 1999; Palazzetti et al., 2004). Ωστόσο, αναφέρεται πως σε ορισμένες περιπτώσεις τα αντιοξειδωτικά συμπληρώματα του ασκορβικού οξέος και της α-τοκοφερόλης, προσλαμβανόμενα ξεχωριστά, είτε σε συνδυασμό, δεν δρουν ενάντια στις ελεύθερες ρίζες αλλά αντιθέτως εμφανίζουν μια προοξειδωτική δραστηριότητα (Davison & Gleeson, 2006; Peake et al., 2006; Ratnam et al., 2006). Ο Bloomer με τους συνεργάτες του (2006), επιβεβαιώνουν αυτόν το συλλογισμό και προσθέτουν ότι η πρόσληψη υψηλών δόσεων αντιοξειδωτικών βιταμινών έχει τη

δυνατότητα να ενεργεί αντίθετα από τον σκοπό για τον οποίο χορηγήθηκαν (Bloomer et al., 2006a). Οι βιταμίνες αυτές παίζουν σπουδαίο ρόλο στην προστασία των κυτταρικών μεμβρανών από τις καταστροφικές επιδράσεις των ελεύθερων ριζών, που παράγονται κατά τον ενεργειακό μεταβολισμό στα μιτοχόνδρια (Κλεισούρας, 2007).

## **5. Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εξετάσει τα αποτελέσματα που επιφέρει η συμπληρωματική λήψη βιταμινών και η επίδραση τους στην προσαρμοστικότητα του μυός μετά από έκκεντρες μυϊκές συστολές σε σχέση με το χρόνο.

### **5.1. Ερευνητικές υποθέσεις**

1. Η έκκεντρης μορφής άσκηση θα προκαλέσει σημαντικό μυϊκό τραυματισμό στους συμμετέχοντες στην άσκηση μύες
2. Ο μυϊκός τραυματισμός θα είναι μικρότερος στην ομάδα που έλαβε το αντιοξειδωτικό σκεύασμα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

### **5.2. Στατιστικές Υποθέσεις**

#### **5.2.1. Μηδενικές υποθέσεις**

1. Μηδενική υπόθεση ( $\mu_1 = \mu_2$ ): Δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων (πριν και μετά την άσκηση), στους δείκτες προσδιορισμού του μυϊκού τραυματισμού.
2. Μηδενική υπόθεση ( $\mu_1 = \mu_2$ ): Δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (πριν και μετά την άσκηση), στους δείκτες προσδιορισμού του μυϊκού τραυματισμού μεταξύ της ομάδας ελέγχου και την πειραματικής ομάδας.

### **5.2.2. Εναλλακτικές υποθέσεις**

1. Εναλλακτική υπόθεση ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ): Θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων (πριν και μετά την άσκηση), στους δείκτες προσδιορισμού του μυϊκού τραυματισμού.
2. Εναλλακτική υπόθεση ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ): Θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (πριν και μετά την άσκηση), στους δείκτες προσδιορισμού του μυϊκού τραυματισμού μεταξύ της ομάδας ελέγχου και την πειραματικής ομάδας.

### **5.3. Περιορισμοί της εργασίας**

Οι περιορισμοί της συγκεκριμένης εργασίας οφείλονται στο γεγονός ότι οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό του μυϊκού τραυματισμού έγιναν μόνο με φυσιολογικούς δείκτες και δεν υπήρξε αξιολόγηση δεικτών μυϊκής βλάβης σε άλλους ιστούς. Επιπλέον, το δείγμα της έρευνας αποτελούσαν μόνο άρρενες.

### **5.4. Σημασία της εργασίας**

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής μας δίνουν τη δυνατότητα να δούμε αν όντως η έκκεντρη μορφή άσκησης μπορεί να επιφέρει σημαντικό μυϊκό τραυματισμό, εκδήλωση καθυστερημένου μυϊκού πόνου ή μείωση της δύναμης του μυός. Ακόμα θα δούμε αν η συμπληρωματική λήψη βιταμινών σχετίζεται, με μικρότερης έντασης, καθυστερημένου μυϊκού πόνου, καθώς και το χρονικό διάστημα που θα διαρκέσουν οι μεταβολές αυτές. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη ότι η λήψη αντιοξειδωτικών σκευασμάτων στο χώρο του αθλητισμού αποτελεί μια συνήθης πρακτική η παρούσα μελέτη θα μας δώσει ξεκάθαρες απαντήσεις αν αυτή η τακτική έχει κάποια θετική ή αρνητική επίδραση στη μυϊκή λειτουργία.

## 6. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

### 6.1. Λήψη βιταμινών (C & E) και απόδοση

Οι αντιοξειδωτικές βιταμίνες C (ασκορβικό οξύ) και E (τοκοφερόλη) είναι από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα συμπληρώματα στον αθλητισμό και συχνά λαμβάνονται σε μεγάλες δόσεις από τους αθλητές σε διάφορα αθλήματα, εξαιτίας της προστατευτικής δράσης τους ενάντια στην πρόκληση μυϊκής βλάβης. Ο Maxwell με τους συνεργάτες του (1993) εκτίμησε την δράση του συνδυασμού βιταμίνη C και E (400 mg/d για 3 εβδομάδες) μετά από πλειομετρική άσκηση διάρκειας μιας ώρας και φανέρωσε μια αύξηση στην TAC και στην μαλονδυαλδεύδη (MDA) στο αίμα στην ομάδα ελέγχου και στην ομάδα λήψης αντιοξειδωτικών. Σε μια άλλη έρευνα σε αθλητές καλαθοσφαίρισης, που έλαβαν συμπλήρωμα με βιταμίνη C και E κατά την διάρκεια μέγιστης άσκησης, φάνηκε ότι η συμπληρωματική λήψη μπορεί να ενισχύσει το αντιοξειδωτικό αμυντικό σύστημα και να μειώσει τα ROS (Nazıroğlu et al., 2010). Στην μελέτη του Haff (2008) εξετάστηκαν οι επιδράσεις της συμπληρωματικής λήψης βιταμινών C και E στους δείκτες του οξειδωτικού στρες, μυϊκού τραυματισμού και της απόδοσης σε ελίτ ποδοσφαιριστές. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι η ομάδα που λάμβανε τις βιταμίνες έδειξε σημαντική μείωση στους δείκτες μυϊκού τραυματισμού σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, σε υψηλής έντασης προσπάθειες, που συνδέονταν με την τεχνική ποδοσφαίρου. Αντιθέτως, δεν υπήρχαν διαφορές στην απόδοση μεταξύ των δύο ομάδων (Haff, 2008).

Σε έρευνα που πραγματοποίησε ο Teixeira και οι συνεργάτες του (2009), εξετάστηκαν οι επιπτώσεις της λήψης αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων για διάστημα τεσσάρων εβδομάδων στην άσκηση που προκαλεί υπεροξειδωση των λιπιδίων, μυϊκό τραυματισμό και φλεγμονή, σε αθλητές του καγιάκ. Η μελέτη αποκάλυψε ότι η τοκοφερόλη και το β-καροτένιο στο πλάσμα είχαν αυξηθεί σημαντικά σε αυτούς που έκαναν καγιάκ. Το κύριο συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι τα αντιοξειδωτικά συμπληρώματα δεν προσφέρουν σημαντική αντιοξειδωτική προστασία γεγονός το οποίο μαρτυρούσε η σημαντική υπεροξειδωση των λιπιδίων και η εκδήλωση φλεγμονής. Οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι η συμπληρωματική λήψη αντιοξειδωτικών μπορεί να εμποδίσει την αποκατάσταση από τον μυϊκό τραυματισμό (Teixeira, et al 2009). Σε μια άλλη έρευνα ο Aguiló και οι συνεργάτες του (2007), χορήγησαν συμπληρώματα αντιοξειδωτικών βιταμινών E και C σε ερασιτέχνες αθλητές με σκοπό να εντοπίσουν πιθανή βελτίωση της αντοχής τους. Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι αυξήθηκε ο χρόνος της δοκιμασίας κατά την αξιολόγηση συγκριτικά με την ομάδα έλεγχου (Aguiló et al., 2007). Οι Lok και Wong (2008) έδειξαν ότι τα συμπληρώματα αντιοξειδωτικών βιταμινών E και C μπορούν να μειώσουν την οξειδωτική βλάβη στο μυ και σε άλλους ιστούς που προκαλείται μετά από την έντονη άσκηση. Ωστόσο, δεν υπήρξε μια ξεκάθαρη εικόνα αναφορικά με τις συνέπειες αυτών των συμπληρωμάτων στην απόδοση (Lok και Wong, 2008). Σύμφωνα με τον Zimmermann (2003), τα αντιοξειδωτικά συμπληρώματα βιταμινών E και C δεν φαίνεται να έχουν ευεργετική επίδραση στην απόδοση και χρειάζονται περισσότερες έρευνες για να αποδειχθεί ότι μακροχρόνια πρόσληψη τους ότι είναι αποτελεσματική και ασφαλής για τον οργανισμό (Zimmermann, 2003). Από τα ερευνητικά αποτελέσματα του Thompson και των συνεργατών του (2001), φαίνεται ότι η συστηματική χορήγηση συμπληρωμάτων βιταμίνης C έχει κάποια μικρά ευεργετικά αποτελέσματα στην αποκατάσταση μετά από ασυνήθιστη μορφή άσκησης (Thompson et al., 2001). Επίσης, σε άλλη έρευνα του Thompson και των συνεργατών του (2003), φάνηκε ότι οι ελεύθερες ρίζες δεν εμπλέκονται στην καθυστέρηση της διαδικασίας αποκατάστασης μετά από μια περίοδο όπου πραγματοποιούνταν ασυνήθιστης μορφής άσκηση. Ακόμα σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα η κατανάλωση βιταμίνης C εξ ολοκλήρου μετά την άσκηση είναι σε θέση να βελτιώσει την ταχύτητα αποκατάστασης.

Σε μια διπλά τυφλή έρευνα της Yfanti και των συνεργατών της (2009), με στόχο την διερεύνηση της γνώσης σχετικά με τις επιπτώσεις της συνδυασμένης λήψης συμπληρωμάτων βιταμίνης C και E σε υγιή άτομα βρέθηκε ότι η χορήγηση των βιταμινών σε άτομα που δεν έχουν προηγούμενο με ανεπάρκεια βιταμινών, δεν έχει καμία επίδραση στις σωματικές προσαρμογές κατά την έντονη αερόβια άσκησης με ποδήλατο (Yfanti et al., 2009). Σε μελέτη του Connolly και των συνεργατών του (2006), έλαβαν μέρος 24 συμμετέχοντες, χωρίστηκαν τυχαία σε 2 ομάδες πειραματική και έλεγχου, η συνολική διάρκεια της μελέτης ήταν 8 ημέρες με σκοπό να εξεταστεί η επίδραση της συμπληρωματικής λήψης βιταμίνης C στην εμφάνιση καθυστερημένου μυϊκού πόνου. Η πειραματική ομάδα λάμβανε (3 \* 1000 mg / ημέρα) βιταμίνης C και η ομάδα έλεγχου (3\*50mg / ημέρα) placebo. Τα αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης έδειξαν ότι έκκεντρη μορφή άσκησης (εκτάσεις του αγκώνα 2 x 20) προκάλεσαν σημαντικές μεταβολές, στο εύρος της κίνησης, στον υποκειμενικό πόνο και στην απώλεια δύναμης χωρίς ωστόσο να

παρουσιαστούν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων. Επομένως, η οξεία χορήγηση συμπληρώματος δεν βοήθησε στην μείωση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (Connolly et al., 2006). Τέλος σε μια άλλη έρευνα του Silva και των συνεργατών του (2010), εξετάστηκαν οι πιθανές επιπτώσεις της συμπληρωματικής λήψης βιταμίνης E στην εμφάνιση μυϊκού τραυματισμού και οξειδωτικού στρες και φλεγμονής μετά έκκεντρη άσκηση σε ανθρώπους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η βιταμίνη E αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την άμυνα κατά του οξειδωτικού στρες και του μυϊκού τραυματισμού αλλά όχι κατά της φλεγμονής (Silva et al., 2010).

## **6.2. Λήψη βιταμινών (E & C) και μυϊκός τραυματισμός.**

Η έρευνα του Avery και των συνεργατών του (2003), έδειξε ότι συμπληρώματα βιταμίνης E δεν ήταν αποτελεσματικά, ώστε να μειώσουν τον τραυματισμό της μεμβράνης των κυττάρων, τους δείκτες οξειδωτικό στρες που αξιολογήθηκαν. Παράλληλα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα συμπληρώματα αντιοξειδωτικών μειώνουν την απόδοση μετά από επαναλαμβανόμενη ομόκεντρή και έκκεντρη άσκηση (Avery et al., 2003). Σε μια τυχαίοποιημένη διπλά τυφλή έρευνα των Nie και Lin (2004), διερευνήθηκε κατά πόσον η βιταμίνη C, μπορεί να επιταχύνει την αποκατάσταση του μυϊκού πόνου μετά από έκκεντρη άσκηση. Στην έρευνα συμμετείχαν δεκαέξι άνδρες οι οποίοι έλαβαν εικονικό σκεύασμα ή βιταμίνη C (800 mg). Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε 10 σετ των 15 επαναλήψεων με πλήρη συσπειρωτικά άλματα σε μέγιστη προσπάθεια και 30 ημικαθίσματα με άλμα και αφού προηγουμένως είχε τοποθετηθεί 10 kg βάρος στη μέση του κάθε δοκιμαζόμενου. Τα αποτελέσματα έδειξαν τα άτομα που λαμβάνουν συμπληρώματα βιταμίνη C μπορούν να προστατευτούν από την μυϊκή βλάβη και το οξειδωτικό στρες που προκαλείται μετά από έκκεντρη άσκηση. Ωστόσο, στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι δεν μειώνεται η αίσθηση του μυϊκού πόνου (Nie & Lin, 2004).

Στη μελέτη του Shafat και των συνεργατών του (2004), εξετάστηκε η επίδραση των αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων με βιταμίνες C και E στους δείκτες της μυϊκής βλάβης. Δώδεκα άνδρες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες πειραματική και ελέγχου. Οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα ελάμβαναν 500 mg βιταμίνης C και 1,200 IU α-τοκοφερόλη καθημερινά και οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου εικονικό σκεύασμα για χρονικό διάστημα 37 ημερών. Μετά από 30 ημέρες



χορήγησης, οι εθελοντές εκτέλεσαν 300 μέγιστες έκκεντρες συστολές, στους εκτεινόντες του γόνατος του ενός ποδιού. Η μέγιστη ισομετρική συστολή καταγράφηκε πριν και μετά την άσκηση, καθώς επίσης την 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> ημέρα μετά την άσκηση. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι και οι δύο ομάδες παρουσίασαν αυξημένο καθυστερημένο μυϊκό πόνο και πρήξιμο μετά την άσκηση. Τα δεδομένα αυτά υποδηλώνουν ότι τα συμπληρώματα διατροφής με αντιοξειδωτικές ουσίες βελτιώνουν την μυϊκή λειτουργία η οποία μειώνεται μετά την έκκεντρη άσκηση των μυών (Shafat, Butler, Jensen, και Donnelly, 2004). Παρόμοια στην μελέτη των Bloomer και των συνεργατών του (2004), εξετάστηκε η επίδραση της αντιοξειδωτικής θεραπείας σε έμμεσους δείκτες μυϊκού τραυματισμού μετά από έκκεντρη άσκηση (EE), όπως: η κρεατινική κινάση στο πλάσμα, ο μυϊκός πόνος, η μέγιστη ισομετρική δύναμη (MIF), καθώς και το εύρος της κίνησης. Δεκαοκτώ γυναίκες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες (ομάδα λήψης αντιοξειδωτικού συμπληρώματος και ομάδα εικονικού σκευάσματος). Οι παραπάνω δείκτες αξιολογήθηκαν πριν και μετά από 14 μέρες από την άσκηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το αντιοξειδωτικό συμπλήρωμα συνέβαλε στο να μην μεταβληθεί σημαντικά η κρεατινική κινάση στο πλάσμα ενώ υπήρξε και κάποια μικρή επίδραση στους δείκτες εύρους κίνησης και στη μέγιστη ισομετρική δύναμη (Bloomer, Goldfarb, McKenzie, You, και Nguyen, 2004). Στην έρευνα του Beaton και των συνεργατών του (2002), δεκαοκτώ άντρες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες, στην μια από τις οποίες χορηγήτο συμπλήρωμα βιταμίνης E ενώ στην δεύτερη εικονικό σκεύασμα (safflower oil). Μετά από 30 ημέρες αγωγής πραγματοποιήθηκε έκκεντρη άσκηση στους εκτεινόντες του γόνατος (24 σετ x 10 επαναλήψεις). Η αξιολόγηση της ροπής πραγματοποιήθηκε πριν, αμέσως μετά και 48 ώρες μετά την άσκηση. Επίσης δείγματα μυός ελήφθησαν 24 ώρες μετά την άσκηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ροπή (ισομετρική και ομόκεντρη) μειώθηκε σημαντικά ( $p < 0,05$ ) συγκριτικά με την μέτρηση πριν την άσκηση και η χάλαση της Z-γραμμής δεν ήταν εκτεταμένη στοιχείο το οποίο δε οφειλόταν στο συμπλήρωμα με βιταμίνη. Συμπερασματικά η συμπληρωματική λήψη βιταμίνης E προκάλεσε έως και 2,8 φορές υψηλότερη συγκέντρωση βιταμίνης E στον ορό ( $p < 0,01$ ), ενώ δεν επηρέασε τους δείκτες της μυϊκής βλάβης (Beaton et al., 2002).

## **7. Μεθοδολογία**

### **7.1. Συμμετέχοντες**

Είκοσι υγιείς άντρες (ηλικία:  $26.5 \pm 5.8$  ετών), προσφέρθηκαν εθελοντικά να συμμετάσχουν στη μελέτη. Το δείγμα που επιλέχθηκε δεν είχε καμία προηγούμενη εμπειρία με έκκεντρη άσκηση για τουλάχιστον έξι μήνες πριν από τη μελέτη. Οι συμμετέχοντες ήταν μη καπνιστές δεν έπασχαν από κάποια οξεία ή χρόνια ασθένεια και δεν ελάμβαναν οποιασδήποτε μορφής συμπληρώματα διατροφής. Όλοι οι συμμετέχοντες στην μελέτη καθοδηγήθηκαν να απέχουν από έντονη άσκηση καθ' όλη τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων.

Παράλληλα οι συμμετέχοντες στην μελέτη υπέγραψαν ότι με τη συγκατάθεση τους συμμετέχουν στο πείραμα αφού πρώτα ενημερώθηκαν για όλους τους κινδύνους, επιπτώσεις και οφέλη που προκύπτουν από τη μελέτη. Όλες οι πειραματικές διαδικασίες εκτελέστηκαν σύμφωνα με τα πρότυπα της επιτροπής βιοηθικής του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη σωστή μεταχείριση ανθρώπων-συμμετεχόντων σε ερευνητικές μελέτες.

### **7.2. Πειραματικός σχεδιασμός**

Οι νεαροί άνδρες συμμετείχαν σε μια διπλά τυφλή μελέτη όπου χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 10 ατόμων η καθεμία. Η πειραματική ομάδα λάμβανε βιταμίνες C (1 gr) και E (268 mg) και η ομάδα έλεγχου εικονικό σκεύασμα (placebo) οπτικά ίδιο με τις βιταμίνες για 4 εβδομάδες. Στην συνέχεια και οι 2 ομάδες εκτέλεσαν ένα πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης σε ισοκινητικό δυναμόμετρο και τις επόμενες μέρες έγιναν μετρήσεις της φυσιολογικής λειτουργίας του μυός.

### **7.3. Ανθρωπομετρικές μετρήσεις**

Το κάθε άτομο που συμμετείχε στο πείραμα παρουσιάστηκε στο εργαστήριο το πρωί έπειτα από μια ολονύκτια νηστεία και αποχή από το αλκοόλ και την καφεΐνη για 24 ώρες. Κατά τη διάρκεια της πρώτης επίσκεψης τους, μετρήθηκε η σωματική μάζα κατά προσέγγιση 0,5 kg (Beam Balance 710, Seca, UK), με τους συμμετέχοντες ελαφρά ντυμένους και ξυπόλητους, το σωματικό ύψος κατά προσέγγιση 0,5cm (Stadiometer 208, Seca, UK) και το ποσοστό σωματικού λίπους με δερματοπτυχόμετρο (Harpenden Skinfold Caliper HSK-BI).

**Πίνακας 1.** Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας (mean  $\pm$  SD).

	Ελέγχου			Λήψη βιταμινών		
Ηλικία (έτη)	26.5	$\pm$	0.4	26.6	$\pm$	5.3
Ύψος (cm)	173.4	$\pm$	3.2	174.3	$\pm$	2.3
Βάρος (kg)	73.8	$\pm$	7.8	72.8	$\pm$	4.5
Σωματικό λίπος (%)	12.7	$\pm$	4.4	13.6	$\pm$	3.9
Αρχική ροπή (Nm)	210.4	$\pm$	13.4	200.1	$\pm$	11.2

#### 7.4. Ισοκινητική έκκεντρη άσκηση

Πριν αρχίσουν την άσκηση, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν μια προθέρμανση που περιείχε ποδηλάτηση για 8 λεπτά σε ποδηλατοεργόμετρο τύπου Monark (Vansbro, Sweden) στις 50 στροφές/λεπτό με αντίσταση 100 W, ακολουθούμενη από 5 λεπτά γνωστών διατακτικών ασκήσεων. Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν το πρωτόκολλο ισοκινητικής άσκησης το οποίο περιελάμβανε άσκηση και με τα δύο πόδια με γωνιακή ταχύτητα των 1.05 rad/s. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να ολοκληρώσουν 5 σετ των 15 μέγιστων εκούσιων έκκεντρων συστολών σε καθιστή θέση (120° γωνία στο ισχίο). Κατά τη διάρκεια της άσκησης υπήρχε διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ των σετ.

Για τους σκοπούς της μελέτης χρησιμοποιήθηκε ένα ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex Norm Lumex, Ronkonkoma, NY, USA) που πρόσφατα είχε χρησιμοποιηθεί σε παρόμοιες μελέτες (Paschalis et al, 2005). Το δυναμόμετρο βαθμονομείτο κάθε εβδομάδα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Οι συμμετέχοντες τοποθετηθήκαν στο δυναμόμετρο ευθυγραμμίζοντας το έξω υπερκονδύλιο κύρτωμα του μηρού με τον άξονα περιστροφής του δυναμόμετρου και σταθεροποιήθηκε το μέλος στην ράχη του ποδιού. Η λειτουργική έκταση της κίνησης για τον κάθε εθελοντή καθορίστηκε ηλεκτρονικά μεταξύ 0° και 120° από την κάμψη του γονάτου για να αποφευχθεί έτσι η υπερβολική έκταση ή κάμψη του γονάτου. Διορθώσεις σχετικά με τη βαρύτητα και την επίδραση που έχει το βάρος των άκρων στη μέτρηση της ροπής έγιναν για αποφυγή οποιασδήποτε πιθανότητας λάθους. Η

ανατροφοδότηση όσον αφορά την έκκεντρη ένταση και διάρκεια της άσκησης παρεχόταν αυτόματα από το ισοκινητικό δυναμόμετρο.

### **7.5. Δείκτες μυϊκού τραυματισμού**

Οι δείκτες μυϊκού τραυματισμού που αξιολογήθηκαν στην έρευνα ήταν η μέγιστη ισομετρική ροπή, το εύρος κίνησης του μυός και η υποκειμενική αντίληψη του καθυστερημένου μυϊκού πόνου. Η εκτίμηση της μέγιστης ισομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γονάτου μυών έγινε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο όπως περιγράφηκε παραπάνω σε 90° κάμψη του γονάτου. Πραγματοποιούνταν τρεις μέγιστες εκούσιες συστολές από τις οποίες καταγράφονταν η μεγαλύτερη. Ο υπολογισμός του εύρους κίνησης του μυός έγινε χειροκίνητα στο ισοκινητικό δυναμόμετρο. Ο ερευνητής μετακινούσε την κνήμη με μια χαμηλή γωνιακή ταχύτητα από την έκταση του γονάτου μέχρι το σημείο που το δείγμα ένοιωθε κάποια ενόχληση. Τα άτομα εκτίμησαν τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο που ένοιωθαν ψηλαφώντας τη γαστέρα του μυός και την ακραία περιοχή των έσω πλατύ μηριαίου, έξω πλατύ και ορθού μηριαίου ενώ ήταν σε καθιστή θέση με τους μύες τους σε χαλάρωση. Η εκτίμηση έγινε σε μια κλίμακα που κυμαινόταν από το 1 (κανονικός) ως το 10 (πολύ έντονος πόνος). Η εκτίμηση της υποκειμενικής αντίληψης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου έγινε και κατά τη διάρκεια της βάρδιας με τη χρήση της ίδιας κλίμακας.

### **7.6. Στατιστική ανάλυση**

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι  $\pm$  SEM. Η κατανομή όλων των εξαρτημένων μεταβλητών εξετάστηκε από το Shapiro Wilk test και δεν διέφερε σημαντικά από την κανονική κατανομή. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης 2 παραγόντων ANOVA (ομάδα  $\times$  χρόνος) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο παράγοντα χρόνο. Αν είχαμε κάποια σημαντική αλληλεπίδραση ή κύρια επίδραση, συνδυασμένες συγκρίσεις γίνονταν μέσω της απλής ανάλυσης της κύριας επίδρασης. Οι διαφορές ανάμεσα στα φυσικά χαρακτηριστικά των δύο ομάδων εξετάστηκαν με την χρήση Student's t-test για ανεξάρτητα δείγματα. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε  $p = 0,05$ . Το στατιστικό πακέτο SPSS έκδοση 17.0 χρησιμοποιήθηκε για όλες τις αναλύσεις (SPSS Inc., USA)



## 8. Αποτελέσματα

### 8.1. Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στις 2 ομάδες ( $P > 0.05$ ; Πίνακας 1).

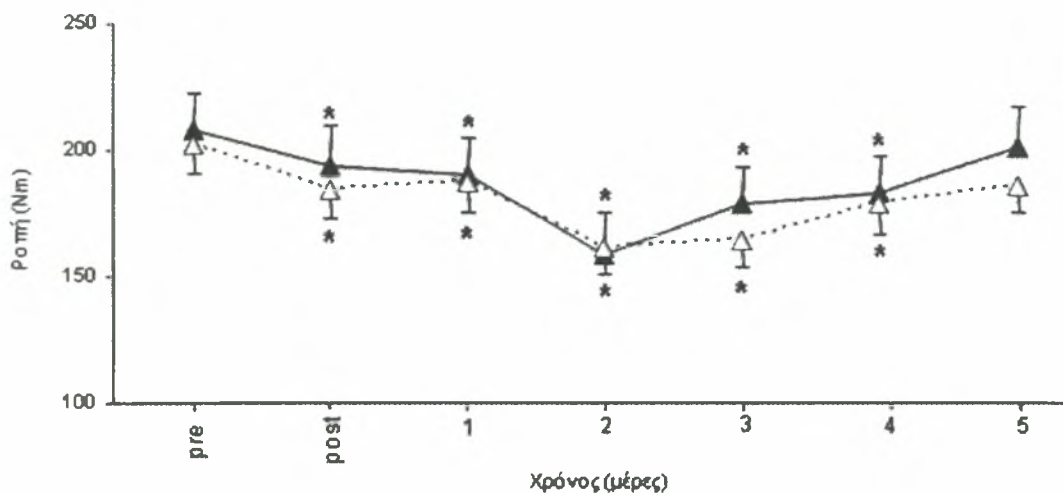
### 8.2. Δείκτες προσδιορισμού του μυϊκού τραυματισμού.

Σε κανένα από τους δείκτες μυϊκού τραυματισμού που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη δεν υπήρξε αλληλεπίδραση μεταξύ της ομάδας και του χρόνου ( $P > 0,05$ ). Όσον αφορά την μέγιστη ισομετρική δύναμη υπήρξε μια σημαντική κύρια επίδραση του χρόνου ( $P < 0,05$ ; Γραφ. 1), με την μέγιστη ισομετρική ροπή να παρουσιάζεται μειωμένη μέχρι και την 4<sup>η</sup> μέρα μετά την άσκηση και στις δύο ομάδες.

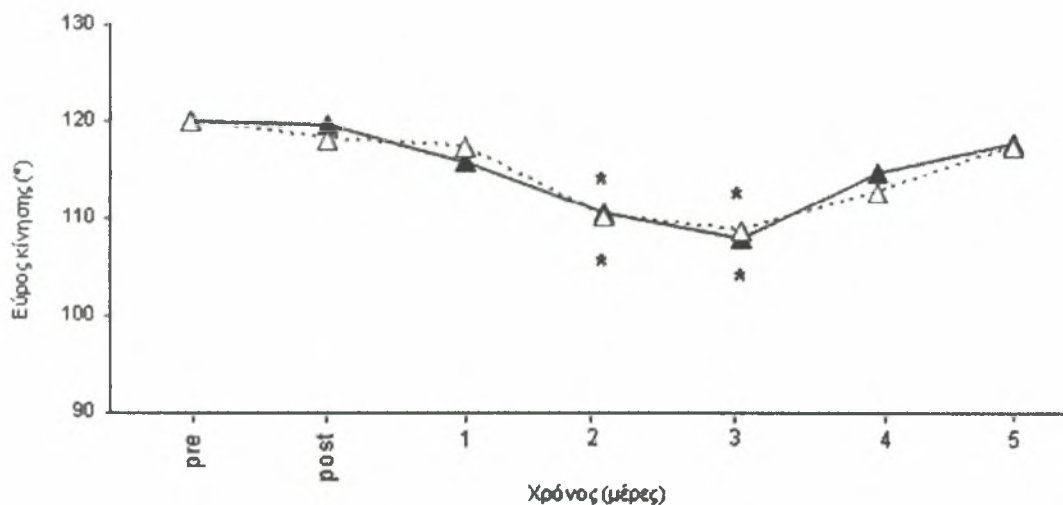
Σχετικά με το ROM υπήρξε σημαντική κύρια επίδραση του χρόνου ( $P < 0,05$ ; Γραφ. 2), με αποτέλεσμα αυτό να παρουσιάζεται στατιστικά σημαντικά μειωμένο την 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> μέρα μετά την έκκεντρη άσκηση και στις 2 ομάδες.

Επιπλέον σημαντική επίδραση του χρόνου υπήρξε και στον καθυστερημένο μυϊκό πόνο βαδίσματος ( $P < 0.05$ ; Γραφ. 3), με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται στατιστικά σημαντικά αυξημένος αμέσως, την 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> μέρα μετά την έκκεντρη άσκηση και στις 2 ομάδες.

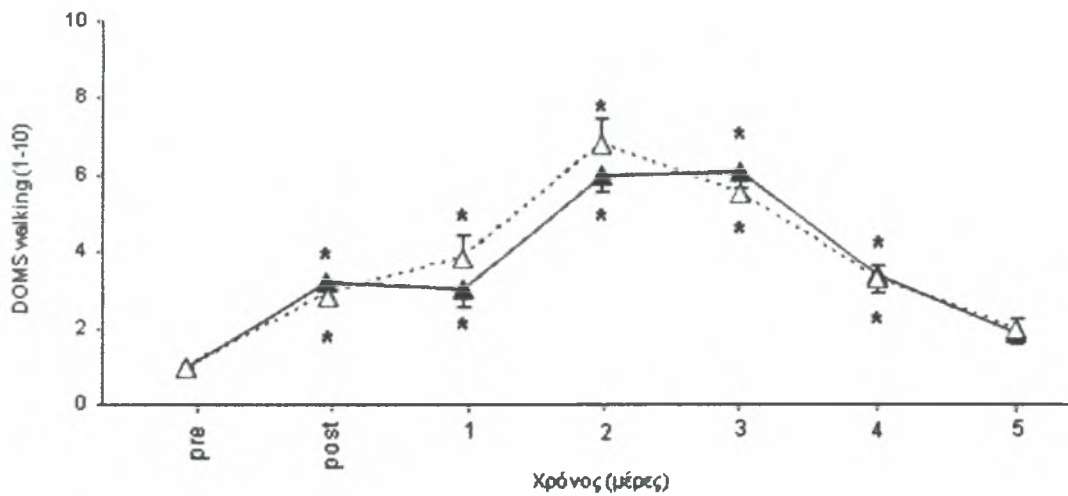
Τέλος σχετικά με τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο ψηλάφησης υπήρξε σημαντική επίδραση του χρόνου ( $P < 0.05$ ; Γραφ. 4), με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται στατιστικά σημαντικά αυξημένος αμέσως, την 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> μέρα μετά την έκκεντρη άσκηση για την ομάδα έλεγχου και την 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> μέρα μετά την έκκεντρη άσκηση για την πειραματική ομάδα.



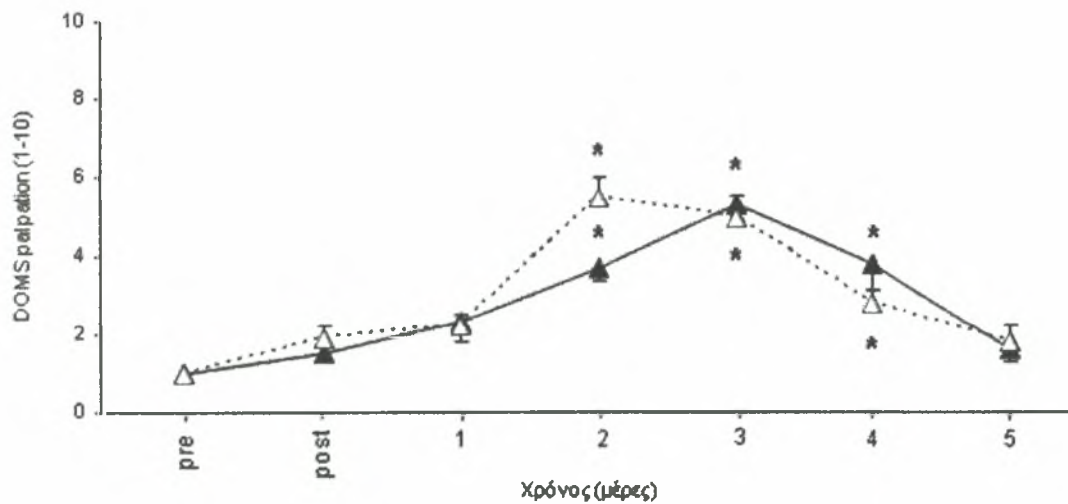
**Γράφημα 1.** Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην μέγιστη ισομετρική ροπή (Isometric Peak Torque, Nm) της ομάδα ελέγχου (μαύρα στίγματα) και της πειραματικής ομάδας (λευκά στίγματα) (mean ± SEM). \* Στατιστικά σημαντική διαφορά από τις προ της άσκησης τιμές ( $P < 0.05$ ).



**Γράφημα 2.** Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στο εύρος κίνησης της ομάδα ελέγχου (μαύρα στίγματα) και της πειραματικής ομάδας (λευκά στίγματα) (mean ± SEM). \* Στατιστικά σημαντική διαφορά από τις προ της άσκησης τιμές ( $P < 0.05$ ).



**Γράφημα 3.** Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στα επίπεδα καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS walking) της ομάδα ελέγχου (μαύρα στίγματα) και της πειραματικής ομάδας (λευκά στίγματα) (mean  $\pm$  SEM). \* Στατιστικά σημαντική διάφορα από τις προ της άσκησης τιμές ( $P < 0.05$ ).



**Γράφημα 4.** Η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στα επίπεδα καθυστερημένου μυϊκού πόνου ψηλάφησης (DOMS palpation) της ομάδα ελέγχου (μαύρα στίγματα) και της πειραματικής ομάδας (λευκά στίγματα) (mean  $\pm$  SEM). \* Στατιστικά σημαντική διάφορα από τις προ της άσκησης τιμές ( $P < 0.05$ ).

## 9. Συζήτηση

Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια να εξεταστεί ένας σημαντικός αριθμός από λειτουργικούς δείκτες που αξιολογούνται κατά την διάρκεια της αποκατάστασης έπειτα από έκκεντρη άσκηση, με σκοπό να μελετηθούν οι μεταβολές που επιφέρει η συμπληρωματική λήψη βιταμινών C και E στον προκληθέντα μυϊκό τραυματισμό. Πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές μετρήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης και δεν έγινε οποιαδήποτε επιπλέον άσκηση από τους συμμετέχοντες στο πείραμα για διάστημα επτά ημερών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η έκκεντρη άσκηση μεταβάλλει τα επίπεδα των επιλεγμένων λειτουργικών δεικτών του μυϊκού τραυματισμού αφού οι δείκτες που επιλέχθηκαν, αυξάνονται ή μειώνονται φτάνοντας στο μέγιστο τους σημείο ακόμα και 3 μέρες μετά την άσκηση και ακολούθως επιστρέφουν στα αρχικά επίπεδα όπου και σταθεροποιούνται.

Η μέτρηση της ροπής δύναμης είναι ένας αξιόπιστος δείκτης για να αξιολογηθεί η πτώση της απόδοσης μετά από άσκηση. Βρήκαμε αμοιβαίες και ποσοτικά παρόμοιες αλλαγές και στις δύο ομάδες, που κορυφώθηκαν δυο μέρες μετά την άσκηση. Τα αποτελέσματα αυτά συμπίπτουν με την υπάρχουσα βιβλιογραφία για το θέμα αυτό, στην οποία δεν αναφέρεται κάποια διαφορά μεταξύ της ομάδας λήψης των συγκεκριμένων αντιοξειδωτικών και της ομάδας ελέγχου μετά από έκκεντρη άσκηση (Beaton et al., 2002; Bloomer et al., 2004; Connolly et al., 2006; Thompson, et al 2004 ; Thompson, et al. 2001 ).

Στην παρούσα μελέτη η έκκεντρη άσκηση μείωσε τα επίπεδα του εύρους κίνησης (μειώθηκαν την 1<sup>η</sup> και την 2<sup>η</sup> μέρα μετά την άσκηση και σταθεροποιήθηκε την 5<sup>η</sup> μέρα). Αντίστοιχες εργασίες που εξέτασαν τις μεταβολές που επιφέρει η έκκεντρη άσκηση στο εύρος κίνησης της άρθρωσης, βρήκαν μια μείωση και στις δύο ομάδες, γεγονός που συνάδει με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας (Bloomer et al., 2004; Connolly et al., 2006). Δύο ακόμα δείκτες που εξετάστηκαν ήταν ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος κατά την βάρδια και την ψηλάφηση. Υπήρξε σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου και στις δύο ομάδες σε παρόμοια ένταση. Οπότε προκύπτει ότι η λήψη αντιοξειδωτικών βιταμινών δεν μείωσε την εμφάνιση του πόνου. Παρεμφερείς έρευνες συμπίπτουν με τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας (Connolly, et al 2006 ; Shafat, Butler, Jensen, & Donnelly, 2004; Nie & Lin,2004).



### **9.1. Χρονική σειρά των λειτουργικών αλλαγών**

Παράλληλα, σε αυτή τη μελέτη έχουμε εξετάσει και τις χρονικές αλλαγές των λειτουργικών δεικτών μετά από οξεία έκκεντρη άσκηση σαν ένα βήμα για να καθορίσουμε το ρολό που κατέχει η εκδήλωση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου στις προσαρμογές του οργανισμού προς την έκκεντρη άσκηση. Οι δείκτες που σχετίζονται με τον βαθμό της μυϊκής καταστροφής, (μέγιστη ισομετρική ροπή, καθυστερημένος μυϊκός πόνος, εύρος κίνησης) βλέπουμε να κορυφώνονται σε διαφορετικά χρονικά σημεία. Η πτώση της μέγιστης ισομετρικής ροπής αμέσως μετά την άσκηση και ο μυϊκός πόνος κορυφώνονται 2 μέρες μετά την άσκηση και η απώλεια στο εύρος κίνησης της άρθρωσης στις 3 μέρες από το τέλος της άσκησης (Jamurtas et al., 2005; Nikolaidis, et al. 2007).

### **9.2. Συμπεράσματα – προτάσεις για μελλοντικές έρευνες**

Το κύριο εύρημα αυτής της εργασίας είναι ότι η συμπληρωματική λήψη βιταμινών (C και E) δεν μπόρεσε να περιορίσει τις μεταβολές που επήλθαν στους λειτουργικούς δείκτες μετά από έκκεντρες μυϊκές συστολές. Το γεγονός αυτό πιθανά οφείλεται σε κάποιους παράγοντες όπως: τα χαρακτηριστικά του δείγματος και τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου ως προς την χρονική διάρκεια και ποσότητα πρόσληψης των αντιοξειδωτικών βιταμινών. Η αποκατάσταση του μυός μετά την έκκεντρη άσκηση ακολουθεί την ίδια πορεία και στα άτομα που λάμβαναν αντιοξειδωτικές βιταμίνες και στην ομάδα ελέγχου. Επίσης, η έκκεντρη άσκηση επιφέρει σημαντικό μυϊκό τραυματισμό, αδυναμία παραγωγής μέγιστης δύναμης και μυϊκό πόνο. Όλα αυτά τα αρνητικά για τον αθλητή ή απλό ασκούμενο στοιχεία εξακολουθούν να υπάρχουν για μέρες μετά την άσκηση. Με τα δεδομένα αυτά καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί τις επόμενες μέρες μιας έντονης προπόνησης με έκκεντρες συστολές. Έπειτα από σημαντικό μυϊκό τραυματισμό θα πρέπει να αποφεύγεται οποιαδήποτε έντονη δραστηριότητα τουλάχιστο για 3 μέρες μετά για επαναφορά του οργανισμού πιο γρήγορα και χωρίς κίνδυνο τραυματισμού στα κανονικά προ της άσκησης φυσιολογικά επίπεδα.

Τελειώνοντας είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ασκήσεις που αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από έκκεντρες συστολές (π.χ τρέξιμο σε κατηφορικό δρόμο), οι οποίες επιφέρουν σημαντική μυϊκή καταστροφή, πρέπει να αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο και αντίληψη από ότι οι άλλες ασκήσεις ισομετρικών και μειομετρικών συστολών εξαιτίας της σημαντικής βλάβης που επιφέρουν στο μυϊκό ιστό, καθώς και του μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος που απαιτείται από τον οργανισμό ώστε να επανέλθει στα προ της άσκησης φυσιολογικά επίπεδα.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί ένα ισχυρό ερέθισμα για την υλοποίηση μελλοντικών ερευνών, οι οποίες θα δώσουν περισσότερες χρήσιμες πληροφορίες όσον αφορά την συμπληρωματική λήψη αντιοξειδωτικών βιταμινών και την σχέση τους, με δείκτες μυϊκού τραυματισμού. Μελλοντικές παρόμοιες εργασίες θα πρέπει:

- Να εκτελούν και αιμοληψίες καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων των λειτουργικών δεικτών. Αυτό θα δώσει τη δυνατότητα για καλύτερη παρακολούθηση των αλλαγών που επέρχονται χρονικά έπειτα από την άσκηση.
- Η ποσότητα και το χρονικό διάστημα πρόσληψης των αντιοξειδωτικών βιταμινών που θα χορηγηθεί, θα πρέπει να διαφοροποιείται, στην προσπάθεια να αποσαφηνιστεί ποιά ποσότητα και για ποιο χρονικό διάστημα, θα μπορεί να προάγει το αντιοξειδωτικό σύστημα του οργανισμού κατά του μυϊκού τραυματισμού.
- Επιπλέον οποιαδήποτε μορφή έντονης άσκησης κατά την διάρκεια της αποκατάστασης, όπου θα γίνονται και οι αιμοληψίες, πρέπει να αποφευχθεί έτσι ώστε οι μετρήσεις να μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες.

Το γενικό συμπέρασμα από την παρούσα έρευνα είναι ότι η συμπληρωματική λήψη αντιοξειδωτικών βιταμινών φαίνεται να μην έχει προστατευτικές επιδράσεις στο μυϊκό ιστό έπειτα από έκκεντρη άσκηση. Επιπλέον, τις μέρες μετά από μυϊκό τραυματισμό η συμπληρωματική λήψη αντιοξειδωτικών βιταμινών δεν επιταχύνει ούτε επιβραδύνει τις διαδικασίες για την αποκατάσταση του μυός. Τέλος τα συμπληρώματα με βιταμίνη C και βιταμίνη E δεν επηρεάζουν την προσαρμοστικότητα των μυών μετά από σοβαρό μυϊκό τραυματισμό των μυών.

## 10. Βιβλιογραφία

- Aguiló, A., Tauler, P., Sureda, A., Cases, N., Tur, J., & Pons, A. (2007). Antioxidant diet supplementation enhances aerobic performance in amateur sportsmen. *Journal of Sports Sciences* 25(11):1203.
- Armstrong, R.B., (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16(6):529-538.
- Armstrong, R.B., Ogilvie, R.W., & Schwane, J.A. (1983). Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 54(1):80-93.
- Aoi, W., Naito, Y., Takanami, Y., Kawai, Y., Sakuma, K., Ichikawa, H., et al. (2004). Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. *Free Radic Biol Med.* 37(4):480-7.
- Avery, NG., Kaiser, JL., Sharman, MJ., Scheett, T.P., Barnes, DM., Gómez, AL., et al. (2003). Effects of vitamin E supplementation on recovery from repeated bouts of resistance exercise. *Strength Cond Res.* 17(4):801-9.
- Balakrishnan, S. D., and Anuradha, C.V. (1998). Exercise, depletion of antioxidants and antioxidant manipulation. *Cell Biochem. Funct.* 16:269 –275.
- Beaton, L. J., Allan, D. A., Tarnopolsky, M. A., Tiidus, P. M., & Phillips, S. M. (2002). Contraction-induced muscle damage is unaffected by vitamin E supplementation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(5):798–805.
- Bloomer, R.J., Falvo, M.J., Fry, A.C., Schilling, B.K., Smith, W.A., & Moore, C.A. (2006). Oxidative stress response in trained men following repeated squats or sprints. *Med Sci Sports Exerc.* 38:1436-42.
- Bloomer, R.J., Goldfarb, A.H., & McKenzie, M.J. (2006). Oxidative Stress Response to Aerobic Exercise: Comparison of Antioxidant Supplements. *Medicine & science in sports & exercise.* 38:1098-105.
- Bloomer, R.J., Goldfarb, A.H., McKenzie, M.J., You, T., & Nguyen, L. (2004). Effects of antioxidant therapy in women exposed to eccentric exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 14(4):377-88.
- Bryant, R.J., Ryder, J., Martino, P., Kim, J., & Craig, B.W. (2003). Effects of vitamin E and C supplementation either alone or in combination on exercise-induced lipid peroxidation in trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 17:792-800.

- Byrnes, W.C., Clarkson, P.M., (1986). Delayed onset muscle soreness and training. *Clin Sports Med.* 5(3):605-14. Review.
- Cleak, M.J., Eston, R.G., (1992). Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management. *J Sports Sci.* 10(4):325-41. Review.
- Close, G.L., Ashton, T., McArdle, A., & MacLaren, D.P. (2005). The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A*,142:257 – 266.
- Colombo, ML. (2010). An update on vitamin E, tocopherol and tocotrienol-perspectives. *Molecules.* 15(4) :2103-13.
- Connolly, D.A., Lauzon, C., Agnew, J., Dunn, M., & Reed, B. (2006). The effects of vitamin C supplementation on symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness.* 46(3):462-7.
- Davison, G., & Gleeson, M.Z. (2006). The effect of 2 weeks vitamin C supplementation on immunoendocrine responses to 2.5 h cycling exercise in man. *Eur J Appl Physiol* 97:454–461.
- Ebashi, S. (1991). Excitation – contraction coupling. *Annual Review of Physiology* 53:1.
- Evans, W.J. (2000). Vitamin E, vitamin C, and exercise. *Am J Clin Nutr.* 72(2):647-52. Review
- Fischer, C., Hiscock, N., Penkowa, M., Basu, S., Vessby, B., Kallner, A., et al. (2004). Vitamin C and E supplementation inhibits the release of interleukin-6 from contracting human skeletal muscle. *J Physiol.* 558:633–45.
- Food and Nutrition Board (1980). Recommended Dietary Allowences, 9<sup>th</sup> ed. *National Academy of Science. Washington, D.C.*
- Goldfarb, A.H. (1999). Nutritional antioxidants as therapeutic and preventive modalities in exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol.* 24:249–266.
- Goldfarb, A.H., Bloomer, R.J., & McKenzie, M.J. (2005). Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 37(2):234-9.

- Gulick, D.T., Kimura, I.F., Sitler, M., Paolone, A., & Kelly, J.D. (1996). Various Treatment Techniques on Signs and Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness. *J Athl Train.* 31(2):145-152.
- Haff, G.G., (2008). Does Vitamin C and E Supplementation Effect High Intensity Performance during Soccer Training? *NSCA's Performance Training Journal* 7(5):9.
- Helgheim, I., Hetland, O., Nilsson, S., Ingjer, F. & Stromme, S., (1979). The effects of vitamin E on serum enzyme levels following heavy exercise. *Eur J Appl Physiol.* 40:283-9.
- Holmes, K.C,& Geeves, M.A. (2000). The structural basis of muscle contraction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B. Biological Sciences* 29:355.
- Howel, J., Chleboun, G., & Conatser, R. (1993). Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise – induced injury in humans. *Journal of Physiology* (London) 464:183.
- Ingalls, C., Warren, G., & Armstrong, R.B. (1998). Dissociation of force production from MHC and actin contents in muscle injured by eccentric contractions. *Journal of Muscle Research and Cellular Motility* 19:215.
- Jackson, M.J. (2000). Exercise and oxygen radical production by muscle. In : Hand book of Oxidants and antioxidants in Exercise. CK Sen , L. Packer, O Hanninen, eds. *Amsterdam Elsevier Science*, 57-68.
- Jakeman, P., & Maxwell, S. (1993). Effect of antioxidant vitamin supplementation on muscle function after eccentric exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 67:426-430.
- Jamurtas, A.Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis V., et al. (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *Eur J Appl Physiol.* 95(2-3):179-85.
- Ji, L. (1999). Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proc Soc Exp Biol Med.* 222:283-292.
- Jones, D., Newham, D., Round, J., & Tolfree, S. (1986). Experimental human damage: Morphological changes in relation to other indices of damage. *Journal of Physiology.* 375:435.



- Kanter, M.M., Nolte, L.A., & Holloszy, J.O. (1993). Effects of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and postexercise. *J. Appl. Physiol.* 74:965-969.
- Lee, J., Goldfarb, A.H., Rescino, M.H., Hegde, S., Patrick, S., & Apperson, K. (2002). Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc.* 34(3):443-8.
- Lok, A.C.M., & Wong, S.H.S. (2001). Antioxidants supplementation and exercise performance. *Journal of Physical Education & Recreation* 7(1):61-65.
- Margaritis, I., Palazzetti, S., Rousseau, A.S., Richard, M.J., & Favier, A. (2003). Antioxidant supplementation and tapering exercise improve exercise-induced antioxidant response. *Journal of the American College of Nutrition.* 22:147–156.
- McBride, J., Kraemer, W., Triplett-McBride, T. & Sebastianelli, W. (1998). Effect of resistance exercise on free radical production. *Med Sci Sports Exerc* 30:67-73.
- McGinley, C., Shafat, A., & Donnelly, A.E. (2009). Does antioxidant vitamin supplementation protect against muscle damage. *J Sports Med.* 39(12):1011-32.
- Naziroğlu, M., Kiliç, F., Uğuz, A.C., Celik, O., Bal, R., Butterworth, P.J., et al. (2010). Oral vitamin C and E combination modulates blood lipid peroxidation and antioxidant vitamin levels in maximal exercising basketball players. *J Cell Biochem Funct.* 28(4):300-5.
- Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Giakas, G., Fatouros, I.G., Koutedakis, Y., Kouretas, D., et al. (2007). Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc* 39(7):1080-9.
- Palazzetti, S., Rousseau, A.S., Richard, M.J., Favier, A., & Margaritis, I., (2004). Antioxidant supplementation preserves antioxidant response in physical training and low antioxidant intake. *British Journal of Nutrition.* 91: 91–100.
- Paschalis, V., Koutedakis, Y., Jamurtas, A.Z., Mougios, V., Baltzopoulos, V. (2005). Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *J Strength Cond Res.* 19(1):184-8.

- Peake, J.M., Suzuki, K., Coombes, S.J. (2006). The influence of antioxidant supplementation on markers of inflammation and the relationship to oxidative stress after exercise. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 18:357-71.
- Powers, S.K., & Sen, C.K., (2000). Physiological antioxidants and exercise training. In: Sen, C.K., Packer, L., & Hänninen, O, editors. Handbook of oxidants and antioxidants in exercise. Amsterdam: Elsevier,: 221-42.
- Proske, U, & Allen, T.J. (2005). Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 33(2):98-104.
- Ratnam, D.V., Ankola, D.D., Bhardwaj, V., Sahana, D.K., & Kumar, M.N.V. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release*. 113:189–207.
- Reid, M., & Durham, W. (2002). Generation of reactive oxygen and nitrogen species in contracting skeletal muscle: potential impact on aging. *Annals of New York Academic Science*. 959:108.
- Roebuck, K.A. (1999). Oxidant stress regulation of IL-8 and ICAM-1 gene expression: differential activation and binding of the transcription factors AP-1 and NF-kappaB. *Int J Mol Med*. 4(3):223-30.
- Rokitzki, L., Logemann, E., Huber, G., Keck, E. & Keul, J. (1994) Alpha-tocopherol supplementation in racing cyclists during extreme endurance training. *Int J Sport Nutr*. 4:253-64.
- Ross, M. (1999). Delayed-onset muscle soreness: work out now, pay later? *Phys Sportsmed*. 27(1):107-8.
- Schroder, H., Navarro, E., Tramullas, A., Mora, J. & Galiano, D., (2000). Nutrition antioxidant status and oxidative stress in professional basketball players: effects of a three compound antioxidative supplement. *Int. J. Sports Med*. 21:146-150.
- Schwane, J.A., Johnson, S.R., Vandenakker, C.B., & Armstrong, R.B. (1983). Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Med Sci Sports Exerc*. 15(1):51-6.
- Shafat, A., Butler, P., Jensen, R.L., & Donnelly, A.E. (2004). Effects of dietary supplementation with vitamins C and E on muscle function during and after eccentric contractions in humans. *Eur J Appl Physiol*. 93(1-2):196-202.

- Silva, L.A., Pinho, C.A., Silveira, P.C., Tuon, T., De Souza, C.T., Dal-Pizzol, F., et al. (2009). Vitamin E supplementation decreases muscular and oxidative damage but not inflammatory response induced by eccentric contraction. *60(1):51-7*.
- Stauber, W.T. (1989). Eccentric action of muscles: physiology, injury, and adaptation. *Exerc Sport Sci Rev. 17:157-85*.
- Teixeira, V.H., Valente, H.F., Casal, S.I., Marques, A.F., & Moreira, P.A., (2009). Antioxidants Do Not Prevent Postexercise Peroxidation and May Delay Muscle Recovery *Medicine & Science in Sports & Exercise 41(9):1752*
- Thompson, D., Bailey, D.M., Hill, J., Hurst, T., Powell, J.R., & Williams, C. (2004). Prolonged vitamin C supplementation and recovery from eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol.;92(1-2):133-8*.
- Thompson, D., Williams, C., McGregor, S.J., Nicholas, C.W., McArdle, F., Jackson, M.J., et al. (2001). Prolonged vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab. 11(4):466-81*.
- Tidball, J.G., (2005). Inflammatory processes in muscle injury and repair. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 288(2):345-53*.
- Watrous, B., Armstrong, R., & Schwane, J. (1981). The role of lactic acid in delaying onset muscular soreness. *Medicine and Science in Sport and Exercise 13:80*.
- Williams, H.M. (2003). *Διατροφή, Υγεία, ευρωστία και αθλητική απόδοση* (Λ. Συντώσης επιμέλεια για την ελληνική έκδοση). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης. (Δημοσίευση πρωτότυπου 1976).
- Yfanti, C., Akerström, T., Nielsen, S., Nielsen, A.R., Mounier, R., Mortensen, O.H., et al. (2009). Antioxidant Supplementation Does Not Alter Endurance Training Adaptation. *Med Sci Sports Exerc. 14*.
- Zimmermann, M.B., (2003). Vitamin and mineral supplementation and exercise performance. *Schweizerische Zeitschrift fuer Sportmedizin & Sporttraumatologie. 51(1):53-57*.
- Zuo, L., Christofi, F., Wright, V., Yu, L., Merola, A., Berliner, L., et al. (2000). Intra and extracellular measurements of reactive oxygen species produced



during heat stress in diaphragm muscle. *American Journal of Physiology and Cell*. 279:1058.

- Κλεισούρας, Β. (2007). Εργοφυσιολογία 2:139 Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.