



ΤΙΤΛΟΣ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ
ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ C & E ΣΤΟ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ ΣΤΡΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟ
ΛΙΠΙΔΑΙΜΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΑΕΡΟΒΙΑ ΑΣΚΗΣΗ**

ΤΟΥ
Σακελλαρίου Γεωργίου

Επιβλέπων Καθηγητής
Τζιαμούρτας Αθανάσιος

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων Καθηγητής: Τζιαμούρτας Αθανάσιος

2^{ος} Επιβλέπων Καθηγητής: Κουτεντάκης Γιάννης

3^{ος} Επιβλέπων Καθηγητής: Φατούρος Ιωάννης

Τρίκαλα
2008



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

Αριθ. Εισ.: 6962/1
Ημερ. Εισ.: 02/04/2009
Δωρεά:
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
612.39
ΣΑΚ



Περίληψη

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ: Η επίδραση της λήψης των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E στο οξειδωτικό στρες και στο λιπιδαιμικό προφίλ μετά από αερόβια άσκηση.

(Υπό την επίβλεψη του Δρ Τζιαμούρτα Αθανάσιου)

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσει αν η χορήγηση των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E μειώνει το οξειδωτικό στρες έπειτα από αερόβια άσκηση καθώς και για το εάν οι ελεύθερες ρίζες που παράγονται μετά την άσκηση αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τις θετικές επιδράσεις που η αερόβια άσκηση επιφέρει στο μεταβολισμό των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών. Για τους σκοπούς της έρευνας, 18 απροπόνητοι άνδρες έλαβαν μέρος. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν δύο συνεδρίες αερόβιας άσκησης αφού πρώτα καθορίστηκε η VO_{2max} . Η συνεδρία αερόβιας άσκησης αποτελούνταν από 45 λεπτά τρέξιμο στο δαπεδοεργόμετρο με ένταση 75% της ταχύτητας της VO_{2max} του κάθε συμμετέχοντα ενώ μετά το πέρας των 45 λεπτών η ένταση αυξήθηκε στο 90% της VO_{2max} όπου και ο ασκούμενος έπρεπε να διατηρήσει το ρυθμό του μέχρι εξάντλησης. Η έρευνα ήταν διπλά τυφλή και το δείγμα χωρίστηκε τυχαία με τη μέθοδο της λοταρίας σε δύο διατροφικές καταστάσεις, τη διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά και τη διατροφική κατάσταση ελέγχου. Τα άτομα που ανήκαν στη διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά έλαβαν ένα αντιοξειδωτικό συμπλήρωμα το οποίο αποτελούνταν από έναν συνδυασμό αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E ενώ τα άτομα που ανήκαν στη διατροφική κατάσταση ελέγχου έλαβαν ένα εικονικό σκεύασμα. Όλοι οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να λάβουν τα συμπλήρωμα διατροφής για μία περίοδο 2 εβδομάδων πριν από κάθε συνεδρία. Ο σχεδιασμός του πειράματος ήταν cross over επομένως τα άτομα που έλαβαν το αντιοξειδωτικό συμπλήρωμα πριν την πρώτη συνεδρία, κατά τη δεύτερη συνεδρία ζητήθηκαν να λάβουν το εικονικό σκεύασμα και το αντίθετο. Αιμοληψίες πάρθηκαν πριν, αμέσως μετά και στη 1 και 24 ώρες μετά την άσκηση.

Για τον καθορισμό μεταβολής του οξειδωτικού στρες μετρήσαμε την συγκέντρωση του ουρικού οξέως (UA), της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ορού (TAC), της καταλάσης (CAT), της ανοιγμένης γλουταθειόνης (GSH), της οξειδωμένης γλουταθειόνης (GSSG), τον λόγο (GSH/GSSG), τα πρωτεϊνικά καρβονύλια (PC) στο πλάσμα και στα ερυθροκύτταρα, καθώς και τη μυελοπεροξειδάση (MPO). Επίσης, αξιολογήσαμε τις μεταβολές στη συγκέντρωση των τριακυλογλυκερολών (TG), της ολικής χοληστερόλης (TC), της HDL χοληστερόλης (HDL), της LDL χοληστερόλης (LDL) και της οξειδωμένης LDL χοληστερόλης (oxLDL) για τον καθορισμό των μεταβολών που επήλθαν στο λιπιδαιμικό προφίλ. Ανάλυση διακύμανσης 2 παραγόντων ANOVA (ομάδα × χρόνος) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δυο παράγοντες χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση όλων των δεικτών. Αν υπήρχε σημαντική αλληλεπίδραση συνδυασμένες συγκρίσεις γίνονταν μέσω της απλής ανάλυσης της κυρίας επίδρασης. Η αερόβια άσκηση επέφερε στατιστικά σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση του UA ($p < 0.05$) (κύρια επίδραση χρόνου και κατάστασης), της TAC ($p < 0.05$) (κύρια επίδραση χρόνου), των PC του πλάσματος ($p < 0.05$) (κύρια επίδραση χρόνου), της GSSG ($p < 0.05$) (κύρια επίδραση χρόνου) και της MPO ($p < 0.001$) (κύρια επίδραση χρόνου), ενώ καμία μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στο λόγο GSH/GSSG ($P > 0.05$), στην δραστικότητα της CAT ($P > 0.05$) και στα PC των ερυθροκυττάρων ($P > 0.05$). Όσον αφορά τα λιπίδια και τις λιποπρωτεΐνες, η άσκηση επέφερε αύξηση στη συγκέντρωση των TG, της TC, της HDL και της oxLDL ($P < 0.01$) (κύρια επίδραση χρόνου). Η LDL μειώθηκε ($P < 0.05$) (κύρια επίδραση χρόνου). Η λήψη των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E δεν επέφερε καμία αντιοξειδωτική προστασία αφού οι δείκτες οξειδωτικής καταστροφής κινήθηκαν με τον ίδιο τρόπο μετά και από τις δύο διατροφικές καταστάσεις με εξαίρεση το UA. Συνεπώς, η έλλειψη μεταβολής της οξειδοαναγωγικής κατάστασης του αίματος δεν μας επέτρεψε να δώσουμε μια ξεκάθαρη απάντηση στο ερώτημα αν η παραγωγή ελευθέρων ριζών συνδέεται με τις θετικές επιδράσεις που επιφέρει η άσκηση στο λιπιδαιμικό προφίλ.



Abstract

SAKELLARIOU GEORGIOS: The effect of vitamin C & E on oxidative stress and blood lipid profile after aerobic exercise.

(Under the supervision of Dr Jamurtas Athanasios)

The aim of this study was to investigate whether antioxidant supplementation of vitamins C & E diminish oxidative stress after aerobic exercise and whether free radical production is essential for the favourable changes observed in blood lipids and lipoproteins. Eighteen untrained men participated in this study. All subjects performed two identical aerobic sessions after VO_{2max} was determined. The aerobic session consisted of a 45 min run on a treadmill with an intensity of 75% VO_{2max} of each individual and after that; the velocity was increased to 90% VO_{2max} whereas the individuals ran until exhaustion. The study was double blind, and the subjects were divided into two equal dietary groups, the antioxidant and the control group. Subjects who belonged to the antioxidant group had to consume an antioxidant cocktail supplement consisted of vit C & E whereas the individuals that belonged to the control group, a placebo pill. All subjects consumed the dietary supplement for a period of two weeks before each trial. The study design was cross over so the individuals that were supplemented with antioxidants before the first exercise trial, were then supplemented with placebo before the second trial. Blood samples were drawn pre, immediately post and at 1 and 4 hours after exercise. Oxidative stress was assessed through the determination of uric acid (UA), total antioxidant capacity (TAC), catalase (CAT) reduced glutathione (GSH), oxidized glutathione (GSSG), protein carbonyls in plasma and erythrocytes (PC) and myeloperoxidase (MPO). We did also determine the concentration of triacylglycerols (TG), total cholesterol (TC), HDL cholesterol (HDL), LDL cholesterol (LDL) and oxidized LDL (oxLDL) in order to assess changes in blood lipid profile. Two way ANOVA (group \times time) with repeated measures on both factors were used to analyzed all indexes. If a significant interaction was obtained, pairwise comparisons were performed through simple main-effects test. The aerobic trials increased significantly UA concentration ($p < 0.05$) (main effect of

time and group), TAC ($p < 0.05$) (main effect of time), plasma PC ($p < 0.05$) (main effect of time), GSSG ($p < 0.05$) (main effect of time) and MPO ($p < 0.001$) (main effect of time), whereas no significant changes were observed in GSH/GSSG ($P > 0.05$), CAT ($P > 0.05$) and PC erythrocytes ($P > 0.05$). Moreover, exercise also increased the concentration of TG, TC, HDL and oxLDL ($P < 0.01$) (main effect of time). LDL decreased ($P < 0.05$) (main effect of time). The antioxidant supplementation of vitamin C & E did not attenuate oxidative damage induced by exercise except for UA. Thus, we were not able to define whether free radical production is essential for the favourable changes observed in blood lipid profile after aerobic exercise.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους, οι οποίοι συνέβαλαν ουσιαστικά στην εκπόνηση και την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής. Θεωρώ τον εαυτό μου πραγματικά τυχερό που είχε την ευκαιρία να συνεργαστεί και να λάβει τη βοήθεια αυτών των ανθρώπων και αναγνωρίζω ότι τους οφείλω πολλά.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον κ Αθανάσιο Τζιαμούρτα. Τον ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθειά του, την καθοδήγησή και συμπαράσταση του όλα αυτά τα χρόνια.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς επιτροπής, τον κ Ιωάννη Φατούρο και τον κ Γιάννη Κουτεντάκη για τη βοήθεια, τις συμβουλές και τις συστάσεις τους.

Πολλά ευχαριστώ οφείλω και στους συνεργάτες και φίλους, του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης, Μιχάλη Νικολαΐδη, Βασίλη Πασχάλη, Θέμη Τσαταλά, Γιάννη Σπυρόπουλο, Δημήτρη Οικονόμου και Αναστάσιο Θεοδώρου για την συνεργασία και τη μέγιστη βοήθειά τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ _____ **ΣΕΛΙΔΑ**

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
2. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
4. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	8
5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
Ερευνητικές υποθέσεις.....	13
Στατιστικές υποθέσεις.....	14
Περιορισμοί της εργασίας.....	15
6. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	16
7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	25
Συμμετέχοντες.....	25
Διατροφικό συμπλήρωμα.....	26
Ανθρωπομετρικές μετρήσεις.....	26
Αερόβια άσκηση.....	27
Συλλογή και χειρισμός αίματος.....	27
Μέτρηση δεικτών οξειδωτικού στρες.....	28
Μέτρηση λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών.....	28
Διαιτητική ανάλυση.....	29
Στατιστική ανάλυση.....	29
8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	30
Δείκτες οξειδωτικού στρες.....	30
Λιπίδια και λιποπρωτεΐνες.....	36
9. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	40
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	43
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45
12. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ - ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Σχεδιασμός πειράματος.....	30
Γράφημα 1: Μεταβολές στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος.....	32
Γράφημα 2: Μεταβολές της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας.....	32
Γράφημα 3: Μεταβολές στη συγκέντρωση της ανηγμένης γλουταθειόνης.....	33
Γράφημα 4: Μεταβολές στη συγκέντρωση της οξειδωμένης γλουταθειόνης.....	34
Γράφημα 5: Μεταβολές του λόγου ανηγμένης/οξειδωμένης γλουταθειόνης.....	34
Γράφημα 6: Μεταβολές στη συγκέντρωση των πρωτεϊνικών καρβονυλίων των ερυθροκυττάρων.....	35
Γράφημα 7: Μεταβολές στη συγκέντρωση των πρωτεϊνικών καρβονυλίων του πλάσματος	35
Γράφημα 8: Μεταβολές της δραστηκότητας της καταλάσης.....	36
Γράφημα 9: Μεταβολές στη συγκέντρωση της μυελοπεροξειδάσης.....	37
Γράφημα 10: Μεταβολές στη συγκέντρωση των τριακυλογλυκερολών.....	38
Γράφημα 11: Μεταβολές στη συγκέντρωση της ολικής χοληστερόλης.....	39
Γράφημα 12: Μεταβολές στη συγκέντρωση της HDL χοληστερόλης.....	39
Γράφημα 13: Μεταβολές στη συγκέντρωση της LDL χοληστερόλης.....	40
Γράφημα 14: Μεταβολές στη συγκέντρωση της οξειδωμένης LDL.....	40

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ελεύθερες ρίζες και το οξειδωτικό στρες

Οι ελεύθερες ρίζες αποτελούν μια κατηγορία ατόμων ή μορίων που περιέχουν ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στοιβάδα, και παράγονται σε όλα τα κύτταρα. Οι περισσότερες ελεύθερες ρίζες προέρχονται από τα δραστικά είδη οξυγόνου ή τα δραστικά είδη αζώτου. Τα δραστικά είδη οξυγόνου περιλαμβάνουν τα μόρια που περιέχουν οξυγόνο, όπως το υπεροξειδίο ($O_2^{\bullet-}$) και το υδροξύλιο (OH^{\bullet}), αλλά και μερικά προϊόντα του οξυγόνου που δεν είναι ρίζες, όπως το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) και το υποχλωρικό οξύ ($HOCl$). Τα δραστικά είδη μπορούν να οξειδώσουν διάφορα βιομόρια λόγω της έντονης χημικής δραστηότητάς τους (Kohen & Nyska, 2002).

Ο όρος οξειδωτικό στρες αναφέρεται σε μια σοβαρή δυσαναλογία μεταξύ της παραγωγής δραστικών ειδών και του αντιοξειδωτικού μηχανισμού του οργανισμού. Έχει οριστεί ως μια διαταραχή στην προοξειδωτική και αντιοξειδωτική ισορροπία του οργανισμού, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή βιομορίων (Halliwell & Whiteman, 2004). Το οξειδωτικό στρες μπορεί να προκαλέσει μείωση των αμυντικών συστημάτων του οργανισμού και οξείδωση μορίων όπως λιπιδίων, πρωτεϊνών, υδατανθράκων και DNA (Halliwell & Whiteman, 2004). Η αποφυγή της δημιουργίας ελευθέρων ριζών από τον ανθρώπινο οργανισμό είναι αδύνατη. Συνεπώς, ένα εύρος αντιοξειδωτικής άμυνας έχει αναπτυχθεί στους οργανισμούς. Υπάρχουν τόσο ενζυμικές όσο και μη ενζυμικές αντιοξειδωτικές ουσίες.

Η επίδραση της αερόβιας άσκησης στο οξειδωτικό στρες

Έρευνες στην βιβλιογραφία δίνουν ξεκάθαρες ενδείξεις ότι η έντονη αερόβια άσκηση μπορεί να αυξήσει την παραγωγή ελευθέρων ριζών και να οδηγήσει σε οξειδωτικό στρες (Bloomer, 2008; Powers & Jackson, 2008). Πιο συγκεκριμένα, κατά την αερόβια άσκηση, λόγω του ότι οι αθλητές καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη παραγωγή των δραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) και συνεπώς την αύξηση του οξειδωτικού στρες (Williams *et al.*, 2006). Πληθώρα ερευνών που χρησιμοποίησαν ως δείγμα ανθρώπους και ζώα έχουν παρατηρήσει αύξηση στην οξειδωτική καταστροφή η οποία και αξιολογήθηκε με τον καθορισμό δεικτών οξειδωτικού στρες όπως τα πρωτεϊνικά καρβονύλια, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα του ορού, η καταλάση, η ανηγμένη γλουταθειόνη, η οξειδωμένη γλουταθειόνη, ουσίες που αντιδρούν με το θειοβαρβιτουρικό οξύ, και τα ισοπροστάνια (Williams *et al.*, 2006; Powers & Jackson, 2008).

Μελέτες αναφέρουν ότι η ασκησιογενής αυτή αύξηση οξειδωτική καταστροφή μπορεί να συνδέεται με ποικίλα παθολογικά προβλήματα, καθώς επίσης και με μείωση της αθλητικής απόδοσης. Επιπρόσθετα κάποιες μελέτες υποστηρίζουν αύξηση στη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα σε άτομα που υποβάλλονται σε πολύωρη και έντονη άσκηση (Williams *et al.*, 2006). Για το λόγο αυτό, πολλοί ερευνητές έχουν στρέψει την προσοχή τους στην επίδραση της χορήγηση αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων με στόχο την ενίσχυση του αντιοξειδωτικού μηχανισμού και συνεπώς την μείωση της οξειδωτικής καταστροφής που προκαλείται από την υπέρμετρη παραγωγή των ελευθέρων ριζών (Vasankari *et al.*, 1998; Dawson *et al.*, 2002; Goldfarb *et al.*, 2005). Βιταμίνες γνωστές για την αντιοξειδωτική τους δράση είναι οι βιταμίνες Α (συμπεριλαμβανομένου και της πρόδρομης ουσίας β-

καροτένιο και λουτεΐνη) C, E, και K ενώ υπάρχουν επίσης και κάποια ανόργανα στοιχεία και ιχνοστοιχεία όπως ο ψευδάργυρος και το σελήνιο (Williams *et al.*, 2006). Αν και πολλές έρευνες έχουν δημοσιευτεί με θέμα την επίδραση των αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων, τα αποτελέσματα των ερευνών ποικίλουν, αφού στο σύνολό τους είναι αντιφατικά. Συγκεκριμένα, υπάρχουν εργασίες που αναφέρουν α) μείωση της οξειδωτικής καταστροφής (Vasankari *et al.*, 1998), καθώς και β) καμία επίδραση στην οξειδωτική καταστροφή (Nieman *et al.*, 2002; Bryant *et al.*, 2003) έπειτα από αερόβια άσκηση. Συνεπώς, δεν έχει εξακριβωθεί αν η χορήγηση αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων μπορεί να μειώσει την οξειδωτική καταστροφή έπειτα από αερόβια άσκηση.

Η επίδραση της αερόβιας άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ

Είναι ευρέως γνωστό ότι η αερόβια άσκηση ασκεί θετικές επιδράσεις στις συγκεντρώσεις των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών του πλάσματος. Πληθώρα ερευνών έχουν εξετάσει την επίδραση της αερόβιας άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ και έχουν αναφέρει σημαντική πτώση στη συγκέντρωση των τριακυλογλυκερολών (TG), στη συγκέντρωση της ολικής χοληστερόλης (TC), στη συγκέντρωση των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL) καθώς και αύξηση στη συγκέντρωση των λιποπρωτεϊνών υψηλής πυκνότητας (HDL) του πλάσματος (Kelley *et al.*, 2004; Kelley *et al.*, 2005; Kiens, 2006). Οι θετικές αυτές μεταβολές που συμβαίνουν μετά από αερόβια άσκηση οφείλονται σε ένα βαθμό στην επιτακτική ανάγκη για ενέργεια. Η ανάγκη για ενέργεια προκαλεί αύξηση στη β οξείδωση, δηλαδή αύξηση στη διάσπαση των λιπαρών οξέων που λαμβάνει μέρος στο μιτοχόνδριο για την ανασύνθεση τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (Hill *et al.*, 2005; Vuorimaa *et al.*,

2005) με αποτέλεσμα την υδρόλυση και μείωση των τριακυλογλυκερολών (Mougiou, 2006). Συνεπώς η επιτακτική ανάγκη για ενέργεια κατά τη διάρκεια αερόβια άσκησης που προέρχεται από το μεταβολισμό των λιπιδίων έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή στη συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών.

Η παραγωγή ελευθέρων ριζών και οι μεταβολές στο λιπιδαιμικό προφίλ

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η αερόβια άσκηση προκαλεί θετικές επιδράσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ καθώς και μια αύξηση στην οξειδωτική καταστροφή. Επιπρόσθετα, έρευνες του εργαστηρίου μας έχουν αναφέρει ότι η έκκεντρης μορφή άσκησης που προκαλεί μυϊκό τραυματισμό μπορεί επίσης να επιφέρει θετικές μεταβολές στο λιπιδαιμικό προφίλ (Nikolaidis *et al.*, 2008) αλλά επίσης και να προκαλέσει οξειδωτικό στρες για ώρες αλλά και ημέρες μετά την άσκηση (Nikolaidis *et al.*, 2007). Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι στις δύο παραπάνω εργασίες, οι οποίες έγιναν στα ίδια άτομα και τα οποία υποβλήθηκαν στο ίδιο ακριβώς πρωτόκολλο άσκησης, οι συγκεντρώσεις των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών κινήθηκαν παρόμοια στο χρόνο με αυτών των δεικτών του οξειδωτικού στρες. Επομένως, υποθέσαμε ότι οι θετικές επιδράσεις που επέφερε η έκκεντρα άσκηση στο λιπιδαιμικό προφίλ ίσως να συνδέονται με το προκαλούμενο οξειδωτικό στρες. Αν και οι θετικές επιδράσεις της άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ συνδέονται κυρίως με την επιτακτική ανάγκη για ενέργεια, δεν έχει ποτέ ερευνηθεί αν οι μεταβολές αυτές μπορεί να συνδέονται επίσης με την αύξηση του οξειδωτικού στρες μιας και η παραγωγή ελευθέρων ριζών συνδέεται με οξείδωση των λιπαρών οξέων. Συνεπώς καμία εργασία δεν έχει εξετάσει το ενδεχόμενο αν οι ελεύθερες ρίζες που παράγονται μετά την αερόβια άσκηση αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τις θετικές

επιδράσεις που η αερόβια άσκηση επιφέρει στο μεταβολισμό των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών.

Σημασία της έρευνας

Η συγκεκριμένη εργασία θα προσπαθήσει να δώσει μια ξεκάθαρη απάντηση στα εξής ερωτήματα 1) μπορεί η χορήγηση των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E να μειώσει το οξειδωτικό στρες στην ηρεμία και έπειτα από αερόβια άσκηση, 2) μπορούν οι ελεύθερες ρίζες που παράγονται μετά την άσκηση να αποτελέσουν απαραίτητη προϋπόθεση για τις θετικές επιδράσεις που η αερόβια άσκηση επιφέρει στο μεταβολισμό των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών, 3) υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της οξειδοαναγωγικής κατάστασης του αίματος με τα λιπίδια και τις λιποπρωτεΐνες του αίματος.

Ερευνητικές υποθέσεις

- i) Η αερόβια άσκηση θα επιταχύνει τη δημιουργία ελευθέρων ριζών, οδηγώντας σε οξειδωτικό στρες.
- ii) Η οξειδωτική καταστροφή θα είναι μικρότερη στην διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά.
- iii) Η αερόβια άσκηση θα μεταβάλει τις συγκεντρώσεις των τριακυλογλυκερολών και των λιποπρωτεϊνών του αίματος.
- iv) Οι θετικές επιδράσεις της άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ θα είναι μεγαλύτερες στην διατροφική κατάσταση εικονικό συμπλήρωμα.

Στατιστικές υποθέσεις

Μηδενικές υποθέσεις

- i) Μηδενική υπόθεση ($\mu_1 = \mu_2$): Δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στους δείκτες προσδιορισμού του οξειδωτικού στρες μεταξύ των δύο διατροφικών καταστάσεων.
- ii) Μηδενική υπόθεση ($\mu_1 = \mu_2$): Δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της διατροφικής κατάστασης εικονικό συμπλήρωμα και αντιοξειδωτικά (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στους δείκτες προσδιορισμού της οξειδωτικής καταστροφής.
- iii) Μηδενική υπόθεση ($\mu_1 = \mu_2$): Δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στις συγκεντρώσεις των τριακυλογλυκερολών και των λιποπρωτεϊνών του αίματος.
- iv) Μηδενική υπόθεση ($\mu_1 = \mu_2$): Δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο διατροφικών καταστάσεων εικονικό συμπλήρωμα και αντιοξειδωτικά (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στις συγκεντρώσεις των τριακυλογλυκερολών και των λιποπρωτεϊνών του πλάσματος.

Εναλλακτικές υποθέσεις

- i) Εναλλακτική υπόθεση ($\mu_1 \neq \mu_2$): Θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στους

δείκτες προσδιορισμού του οξειδωτικού στρες μεταξύ των δύο διατροφικών καταστάσεων.

- ii) Εναλλακτική υπόθεση ($\mu_1 \neq \mu_2$): Θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της διατροφικής κατάστασης εικονικό συμπλήρωμα και αντιοξειδωτικά (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στους δείκτες προσδιορισμού της οξειδωτικής καταστροφής.
- iii) Εναλλακτική υπόθεση ($\mu_1 \neq \mu_2$): Θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στις συγκεντρώσεις των τριακυλογλυκερολών και των λιποπρωτεϊνών του αίματος.
- iv) Εναλλακτική υπόθεση ($\mu_1 \neq \mu_2$): Θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο διατροφικών καταστάσεων εικονικό συμπλήρωμα και αντιοξειδωτικά (πριν και μετά την αερόβια άσκηση), στις συγκεντρώσεις των τριακυλογλυκερολών και των λιποπρωτεϊνών του πλάσματος.

Περιορισμοί της έρευνας

Περιοριστικό στοιχείο της έρευνας αποτελεί το γεγονός ότι όλες οι μετρήσεις προσδιορισμού του οξειδωτικού στρες και του λιπιδαιμικού προφίλ έγιναν μόνο στο αίμα. Επίσης, ένα ακόμη περιοριστικό στοιχείο είναι η έλλειψη απαραίτητου εξοπλισμού για τον καθορισμό της συγκέντρωσης της βιταμίνης C και E του πλάσματος.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η επίδραση της αερόβιας άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ

Στην επιστημονική κοινότητα είναι γνωστό ότι η αερόβια άσκηση μεταβάλλει θετικά τις συγκεντρώσεις TG, TC, HDL και LDL του αίματος (Pronk, 1993). Πολλές επιδημιολογικές μελέτες υποστηρίζουν ότι η συστηματική αερόβια άσκηση επιφέρει μια σειρά σταδιακών, θετικών αλλαγών στα επίπεδα των λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών του αίματος τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες. Πιο συγκεκριμένα, αρκετά δεδομένα από μελέτες αναφέρουν χαμηλότερα επίπεδα TG σε φυσικά δραστήρια άτομα, και κυρίως σε αθλητές αντοχής, σε σύγκριση με άτομα που το άθλημα τους δεν περιλαμβάνει αερόβια άσκηση (Aellen *et al.*, 1993; Pronk, 1993; Durstine & Haskell, 1994; Houmard *et al.*, 1994). Επιπρόσθετα, επιδημιολογικές μελέτες των τελευταίων δεκαετιών που εξέτασαν τις επιδράσεις της αερόβιας άσκησης αναφέρουν ότι αυτού του είδους άσκηση μειώνει τις συγκεντρώσεις της TC και της LDL κατά 14 με 31mg/dl αντίστοιχα. Υπάρχουν επίσης ισχυρές ενδείξεις για υψηλότερα επίπεδα HDL στα άτομα που ασκούνται αερόβια σε σχέση με άτομα που το πρωτόκολλο άσκησης τους δεν περιλαμβάνει αερόβια άσκηση. Τα επίπεδα της HDL στο αίμα είναι κατά 4 έως 24mg/dl υψηλότερα σε άτομα που γυμνάζονται αερόβια ή υποβάλλονται σε εργασία που απαιτεί φυσική δραστηριότητα σε σχέση με λιγότερο δραστήρια άτομα (Lakka & Salonen, 1992; Kokkinos *et al.*, 1995).

Τα τελευταία χρόνια οι έρευνες που εξέτασαν την επίδραση της συστηματικής αερόβιας άσκησης στα λιπίδια και στις λιποπρωτεΐνες του αίματος είναι πάρα πολλές. Το γεγονός αυτό έχει επιτρέψει στους επιστήμονες να πραγματοποιήσουν αρκετές μετά-αναλύσεις από τις οποίες προκύπτουν και πιο ασφαλή δεδομένα. Λόγω των

θετικών επιδράσεων που επιφέρει η αερόβια άσκηση, πολλοί ερευνητές έχουν στρέψει την προσοχή τους σε κλινικούς πληθυσμούς. Σε μια μετά-ανάλυση εξετάστηκε η επίδραση της συστηματικής αερόβιας άσκησης στα λιπίδια και λιποπρωτεΐνες σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες (Kelley *et al.*, 2005). Οι επιδράσεις της άσκησης ήταν θετικές αφού παρατηρήθηκε βελτίωση στο λιπιδαιμικό προφίλ και στις δυο ομάδες, με τα παχύσαρκα άτομα να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες θετικές επιδράσεις. Σε μια άλλη έρευνα μετά-ανάλυσης εξετάστηκε η επίδραση της αερόβιας άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ ενηλίκων με καρδιαγγειακή νόσο (Kelley *et al.*, 2004). Από τα αποτελέσματα δέκα ερευνών, με συνολικά 1260 συμμετέχοντες παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική μείωση των TG κατά 11% και μια αύξηση της HDL κατά 9% μετά το παρεμβατικό αερόβιο πρωτόκολλο άσκησης.

Συνεπώς οι παραπάνω μελέτες επισημαίνουν τον πρωταρχικό ρόλο της επίδρασης της αερόβιας άσκησης στη συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών τόσο σε υγιείς αλλά και σε κλινικούς πληθυσμούς.

Πιθανός παράγοντας βελτίωσης του λιπιδαιμικού προφίλ έπειτα από αερόβια άσκηση

Η μείωση των τριακυλογλυκερολών και των λιποπρωτεϊνών εκτός της HDL μετά από αερόβια άσκηση οφείλεται σε ένα βαθμό στην αύξηση της β οξειδωσης, δηλαδή στη διάσπαση των λιπαρών οξέων που λαμβάνει μέρος στο μιτοχόνδριο (Hill *et al.*, 2005; Vuorimaa *et al.*, 2005). Κατά την αερόβια άσκηση, η επιτακτική ανάγκη για ενέργεια προκαλεί την υδρόλυση των τριακυλογλυκερολών σε λιπαρά οξέα τα οποία και εισέρχονται στο μιτοχόνδριο για την ανασύνθεση τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (Mougiou, 2006). Συνεπώς η επιτακτική ανάγκη για ενέργεια που

προέρχεται από το μεταβολισμό των λιπιδίων έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή στη συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών.

Ωστόσο, η αερόβια άσκηση εκτός του ότι προκαλεί θετικές επιδράσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ του αίματος, προκαλεί επίσης και αύξηση στο οξειδωτικό στρες. Το γεγονός ότι η οξειδωτική καταστροφή μπορεί να προκαλέσει οξείδωση των λιπαρών οξέων, εύλογα γενάτε το ερώτημα αν ενδέχεται να υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ του ασκησιογενούς οξειδωτικού στρες και των μεταβολών στα λιπίδια και τις λιποπρωτεΐνες έπειτα από αερόβια άσκηση. Καμία μελέτη δεν έχει εξετάσει μέχρι σήμερα αν οι θετικές επιδράσεις της άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ μπορεί να έγκεινται στην αύξηση του οξειδωτικού στρες. Συνεπώς, ένας από τους στόχους της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει αν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της παραγωγής των ελευθέρων ριζών και των μεταβολών του λιπιδαιμικού προφίλ.

Ελεύθερες ρίζες και οξειδωτικό στρες

Ελεύθερες ρίζες

Οι ελεύθερες ρίζες, που αποτελούν μια κατηγορία ατόμων ή μορίων που περιέχουν ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στοιβάδα, παράγονται σε όλα τα κύτταρα. Οι περισσότερες ελεύθερες ρίζες που συναντώνται in vivo είναι ή προέρχονται από τα δραστικά είδη οξυγόνου ή τα δραστικά είδη αζώτου. Τα δραστικά είδη οξυγόνου περιλαμβάνουν τις ελεύθερες ρίζες που έχουν ως βάση το οξυγόνο όπως το ανιόν υπεροξειδίου ($O_2^{\cdot-}$), το υδροξύλιο (H_2^{\cdot}), το αλκοξύλιο (RO^{\cdot}), το υπεροξύλιο (ROO^{\cdot}), και το υδροπεροξύλιο ($ROOH^{\cdot}$). Άλλα δραστικά είδη οξυγόνου (για παράδειγμα, το υπεροξείδιο του υδρογόνου και τα υπεροξειδία των

λιπιδίων) μπορούν να μετατραπούν σε ελεύθερες ρίζες από μεταβατικά μέταλλα και εν συνεχεία να βρίσκονται ελεύθερα στο κύτταρο ή δεσμευμένα με πρωτεΐνες. Τα δραστικά είδη αζώτου περιλαμβάνουν τις ελεύθερες ρίζες: νιτρικό οξείδιο ($\text{NO}\cdot$) και διοξείδιο του αζώτου ($\text{NO}_2\cdot$) (Cooper *et al.*, 2002).

Οξειδωτικό στρες

Ο όρος οξειδωτικό στρες αναφέρεται ως μια σοβαρή δυσαναλογία μεταξύ της παραγωγής δραστικών ειδών (οξυγόνου και αζώτου) και του αντιοξειδωτικού μηχανισμού του οργανισμού και ορίζεται ως η αύξηση των ελευθέρων ριζών. Έχει επίσης οριστεί ως μια διαταραχή στην προοξειδωτική και αντιοξειδωτική ισορροπία του οργανισμού, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή διαφόρων βιομορίων (Halliwell & Whiteman, 2004). Το οξειδωτικό στρες μπορεί να προκαλέσει μείωση των αμυντικών συστημάτων του οργανισμού και οξείδωση των μορίων του. Οι ελεύθερες ρίζες έχουν την ικανότητα να αντιδρούν με μια ποικιλία χημικών ουσιών, καθιστώντας τις ιδανικές για ένα μεγάλο εύρος βιολογικών λειτουργιών όπως την κυτταρική σηματοδότηση και τη ρύθμιση της δραστηριότητας πολλών ενζύμων. Η πλειονότητα των ελευθέρων ριζών που παράγονται στο ζωντανό κύτταρο είναι οξειδωτικές ουσίες, οι οποίες είναι σε θέση να οξειδώσουν διάφορα είδη βιολογικών μορίων, όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπαρά οξέα και νουκλεοτίδια. Δεδομένου ότι είναι αδύνατο να αποφύγουμε την υπέρμετρη παραγωγή των ελευθέρων ριζών, δεν αποτελεί έκπληξη ότι ένας ενδογενής αντιοξειδωτικός μηχανισμός έχει αναπτυχθεί στους οργανισμούς. Υπάρχουν ενζυμικές και μη ενζυμικές αντιοξειδωτικές ουσίες. Τα αντιοξειδωτικά ένζυμα περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων το υπεροξειδίο της δισμουτάσης, την υπεροξειδάση της γλουταθειόνης και την

καταλάση. Οι κύριες μη ενζυματικές αντιοξειδωτικές ουσίες είναι η ανηγμένη γλουταθειόνη, οι βιταμίνες (C, E, A, και K), τα καροτένια (β-καροτένιο και λουτεΐνη) και κάποια στοιχεία όπως ο ψευδάργυρος και το σελήνιο (Williams *et al.*, 2006). Η αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού είναι συνήθως επαρκής για να αποτρέψει την καταστροφή των ιστών σε σημαντικό βαθμό. Ωστόσο, η υπέρμετρη παραγωγή ελευθέρων ριζών ή/και η μείωση του επιπέδου του αντιοξειδωτικού μηχανισμού μπορεί να οδηγήσει σε μια ανισορροπία και να προκαλέσει βλαβερές συνέπειες, μια κατάσταση που όπως προανέφερα είναι γνωστή ως οξειδωτικό στρες. Επιπρόσθετα, υπάρχουν ξεκάθαρες ενδείξεις ότι η άσκηση έχει την ικανότητα να αυξάνει την παραγωγή ελευθέρων ριζών και να οδηγεί σε οξειδωτικό στρες (Cooper *et al.*, 2002).

Ασκησιογενές οξειδωτικό στρες

Το 1978 ο Dillard και οι συνεργάτες του ήταν οι πρώτοι που έδειξαν ότι η άσκηση μπορεί να προκαλέσει οξειδωτικό στρες. Παρατήρησαν αύξηση κατά 1,8 φορές στα εκπνεόμενα επίπεδα πεντανίου, ένα πιθανό υποπροϊόν της οξειδωτικής καταστροφής των λιπιδίων, μετά από μέτριας έντασης άσκηση. Από τότε, ένας διαρκώς αυξανόμενος όγκος δεδομένων έχει συσσωρευτεί, που υποστηρίζει ότι η άσκηση μπορεί να αυξήσει την παραγωγή ελευθέρων ριζών και να οδηγήσει σε οξειδωτικό στρες. Έρευνα της επιστημονικής μας ομάδας (Michailidis *et al.*, 2007) έχει δείξει ότι η έντονη αερόβια άσκηση μπορεί να αυξήσει σημαντικά την παραγωγή ελευθέρων ριζών μετά το τέλος της άσκησης με κορύφωση τρεις ώρες μετά το τέλος αυτής. Το οξειδωτικό στρες, στην προκειμένη περίπτωση, εκτιμήθηκε με βάση τις μεταβολές που επήλθαν σε δείκτες οξειδωτικής βλάβης διαφόρων βιολογικών ουσιών του οργανισμού και αλλαγών που επήλθαν σε αντιοξειδωτικές ουσίες και ένζυμα του

οργανισμού. Ο άμεσος καθορισμός των ελευθέρων ριζών είναι πολύ δύσκολος εξαιτίας του μικρού χρόνου ζωής τους. Γι' αυτό το λόγο, πολλές μελέτες που ερεύνησαν τις επιδράσεις της άσκησης στο οξειδωτικό στρες έχουν επικεντρώσει την προσοχή τους σε δείκτες καταστροφής βιολογικών ουσιών από ελεύθερες ρίζες. Η αυξημένη οξειδωτική καταστροφή λιπιδίων, πρωτεϊνών και DNA μετά από άσκηση είναι πλέον καλά τεκμηριωμένη (Cooper *et al.*, 2002). Αρκετές μελέτες, επίσης, έχουν προσδιορίσει τις ανταποκρίσεις των αντιοξειδωτικών ουσιών που προκάλεσε η άσκηση δηλαδή την ανταπόκριση του αμυντικού μηχανισμού του οργανισμού απέναντι στο οξειδωτικό στρες. Τα αντιοξειδωτικά μέσα που διαθέτει ένας οργανισμός, όπως προαναφέραμε, χωρίζονται στους ενζυμικούς και μη ενζυμικούς μηχανισμούς.

Άσκηση υψηλής έντασης φαίνεται να αυξάνει τη δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών ενζύμων. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένας αμυντικός μηχανισμός του κυττάρου απέναντι στο οξειδωτικό στρες αφού η αύξηση δραστηριότητας αυτών των ενζύμων πιθανός να σχετίζεται με την άμεση ανάγκη να αποφευχθεί μεγάλη οξειδωτική καταστροφή. Επίσης, ιδιαίτερα έντονη άσκηση μεγάλης διάρκειας έχει αναφερθεί ότι μπορεί να προκαλέσει παροδική μείωση των επιπέδων της βιταμίνης E και της ανηγμένης γλουταθειόνης σε διάφορους ιστούς (Banerjee *et al.*, 2003). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι μόνο υψηλής έντασης ή/και μεγάλης διάρκειας άσκηση φαίνεται να οδηγεί σε αρκετά μεγάλες αυξήσεις στην παραγωγή ελευθέρων ριζών, σε τέτοιο βαθμό που να υπερβαίνουν τον αντιοξειδωτικό μηχανισμό του οργανισμού. Ο Lovlin και οι συνεργάτες του για παράδειγμα, έδειξαν ότι τρέξιμο στον τάπητα μέχρι εξάντλησης αύξησε τα επίπεδα της μαλονδιαλδεύδης, έναν δείκτη λιπιδικής υπεροξειδωσης (Lovlin *et al.*, 1987). Αντίθετα, τρέξιμο με μέτρια ένταση (70% της VO_2max) απέτυχε να προκαλέσει ένα τέτοιο αποτέλεσμα, ενώ τρέξιμο χαμηλής

έντασης (40% της VO_{2max}) προκάλεσε ακόμα και μείωση των επιπέδων της μαλονδιαλδεϋδης (Lovlin *et al.*, 1987).

Αερόβια άσκηση και οξειδωτικό στρες

Οι επιδράσεις της αερόβιας άσκησης στην εκδήλωση οξειδωτικού στρες σε διάφορους ιστούς έχει ερευνηθεί εκτενώς (Bloomer *et al.*, 2004; Vollaard *et al.*, 2005; Finaud *et al.*, 2006). Με βάση τις έρευνες αυτές έχει αποδειχθεί ότι η έντονη αερόβια άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγής ελευθέρων ριζών και κατόπιν στην εκδήλωση του οξειδωτικού στρες (Close *et al.*, 2005; Vollaard *et al.*, 2005).

Πιο συγκεκριμένα, στην αερόβια άσκηση, λόγω του ότι οι αθλητές καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη παραγωγή των δραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) και συνεπώς αύξηση του οξειδωτικού στρες (Williams *et al.*, 2006). Κατά τη διάρκεια κανονικών μεταβολικών διαδικασιών, το οξυγόνο χρησιμοποιείται μέσα στα μιτοχόνδρια για την παραγωγή αδενοσινωτριφωσφορικού οξέως. Ενώ η πλειοψηφία του οξυγόνου μειώνεται για να δημιουργήσει νερό, ένας μικρό ποσοστό (4%-5%) δεν μειώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ROS, όπως το υπεροξειδίο του υδρογόνου και το υποχλωρικό οξύ. Τα αίτια παραγωγής των ROS κατά τη διάρκεια αερόβιας άσκησης είναι ποικίλα. Η ενεργοποίηση των φαγοκυττάρων, ο μεταβολισμός υποξανθίνης, οι θειόλες και οι κατεχολαμίνες καθώς και η μυελοπεροξειδάση αποτελούν κάποιες από τις αιτίες παραγωγής ROS. Έχει αναφερθεί ότι η παρατεταμένη και μεγάλης εντάσεως αερόβια άσκηση μπορεί να προκαλέσει υπέρμετρη παραγωγή ROS με αποτέλεσμα να υπερβεί τις αντιοξειδωτικές αμυντικές ικανότητες του οργανισμού και να οδηγήσει σε καταστροφή των λιπιδίων, των

πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και του DNA, τα οποία επιδρούν αρνητικά στη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης και του σαρκοπλασματικού δικτύου (Powers & Jackson, 2008).

Η επίδραση της λήψης αντιοξειδωτικών βιταμινών E & C

Η αύξηση του οξειδωτικού στρες έχει συνδεθεί με ποικίλα παθολογικά προβλήματα όπως, οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο καρκίνος, η μυϊκή δυστροφία και ο διαβήτης (Williams *et al.*, 2006). Κάποιες επιδημιολογικές μελέτες αναφέρουν ότι ενδέχεται να υπάρχει σύνδεση μεταξύ του ασκησιογενούς οξειδωτικού στρες και διαφόρων ασθενειών. Μελέτες επίσης υποστηρίζουν αύξηση στη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα σε άτομα που υποβάλλονται σε πολύωρη και έντονη άσκηση. Η χορήγηση αντιοξειδωτικών ουσιών έχει αναφερθεί ότι μπορεί να μειώσει την παραγωγή ελευθέρων ριζών και συνεπώς να μειώσει την οξειδωτική καταστροφή. Λόγω της σύνδεσης του ασκησιογενούς οξειδωτικού στρες με τα ποικίλα παθολογικά προβλήματα, πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την επίδραση των αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων. Οι περισσότερες έρευνες που υπάρχουν στη βιβλιογραφία έχουν χρησιμοποιήσει α-τοκοφερόλη (βιταμίνη E), ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) και β καροτένιο. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτές τις εργασίες ήταν ποικίλα αφού κάποιες εργασίες ανέφεραν μείωση του οξειδωτικού στρες (Vasankari *et al.*, 1998), και άλλες καμία επίδραση (Nieman *et al.*, 2002; Bryant *et al.*, 2003). Συνεπώς, η έλλειψη ομοφωνίας ως προς τις επιδράσεις των αντιοξειδωτικών στο οξειδωτικό στρες, καθιστούν αδύνατον να έχουμε μια ξεκάθαρη εικόνα για την πραγματική επίδραση της χορήγησης βιταμινών στο οξειδωτικό στρες σε άτομα που εκτελούν αερόβια άσκηση.

Από την παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση φαίνεται ότι δεν υπάρχουν επαρκή ερευνητικά δεδομένα στη γενικότερη εικόνα της επίδρασης των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E στο οξειδωτικό στρες έπειτα από αερόβια άσκηση. Περαιτέρω, καμία εργασία δεν έχει εξετάσει το ενδεχόμενο αν οι ελεύθερες ρίζες που παράγονται μετά από αερόβια άσκηση αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τις θετικές επιδράσεις που η αερόβια άσκηση επιφέρει στο μεταβολισμό των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών. Συνεπώς, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει την επίδραση των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E:

- στην οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος πριν αλλά και αμέσως μετά την αερόβια άσκηση αλλά και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, όπως αυτή προσδιορίζεται από διάφορες αιματολογικές βιοχημικές παραμέτρους.
- στον μεταβολισμό των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών πριν και μετά την άσκηση, αλλά και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, όπως αυτή προσδιορίζεται από διάφορους βιολογικούς δείκτες στο αίμα.

Συμπερασματικά, πιστεύουμε ότι η προτεινόμενη έρευνα θα μπορέσει να απαντήσει στο ερώτημα αν α) οι αντιοξειδωτικές βιταμίνες μειώνουν το ασκησιογενές οξειδωτικό στρες καθώς επίσης και να διαπιστωθεί αν β) ο κόσμος των ελευθέρων ριζών συνδέεται με αυτόν του μεταβολισμού των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών σε περιβάλλον άσκησης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα έλαβαν μέρος δεκαοκτώ απροπόνητοι άνδρες (ηλικία: 22 ± 2 ετών, ύψος: 177 ± 5 εκ, σωματικό βάρος: 75 ± 6 κιλά, και ποσοστό λίπους $12 \pm 3\%$). Κανένα από τα άτομα του δείγματος, δεν κάπνιζε, δεν έπασχε από οποιαδήποτε οξεία ή χρόνια ασθένεια ή πάθηση και κανένας δεν έπαιρνε οποιαδήποτε φάρμακα ή διαιτητικά-διατροφικά συμπληρώματα. Οι συμμετέχοντες επισκέφτηκαν το εργαστήριο τρεις φορές. Κατά την πρώτη τους επίσκεψη υποβλήθηκαν σε ένα μέγιστο τεστ για τον καθορισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και κατά τις άλλες δύο επισκέψεις, το δείγμα εκτέλεσε το πρωτόκολλο αερόβιας άσκησης (Σχήμα 1). Ο καθορισμός της VO_{2max} έγινε σύμφωνα με το πρωτόκολλο που έχει χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες μελέτες του εργαστηρίου μας (Nikolaidis *et al.*, 2006; Michailidis *et al.*, 2007). Για τον καθορισμό δεικτών λιπιδαιμικού προφίλ και οξειδωτικού στρες, αιμοληψίες πάρθηκαν πριν την εκτέλεση άσκησης, αμέσως μετά, και στις 1 και 24 ώρες μετά την άσκηση. Όλοι οι συμμετέχοντες στην μελέτη καθοδηγήθηκαν να απέχουν από έντονη άσκηση τρεις μέρες πριν τη μελέτη καθώς και μετά, κατά τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων. Στους συμμετέχοντες δόθηκε ένα έγγραφο συναίνεσης για τη συμμετοχή τους στην έρευνα, αφού πρώτα ενημερώθηκαν για όλους τους κινδύνους, επιπτώσεις και οφέλη που μπορεί να προκύψουν από τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Όλες οι πειραματικές διαδικασίες έγιναν σύμφωνα με τη διακήρυξη του Ελσίνκι του 1975 και εγκρίθηκαν από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Διατροφικό συμπλήρωμα

Η έρευνα ήταν διπλά τυφλή και το δείγμα χωρίστηκε τυχαία με τη μέθοδο της λωταρίας σε δύο διατροφικές καταστάσεις. Τη μία διατροφική κατάσταση την ονομάσαμε αντιοξειδωτικά και την άλλη κατάσταση ελέγχου. Κατά την αντιοξειδωτική κατάσταση, οι συμμετέχοντες έλαβαν ένα αντιοξειδωτικό συμπλήρωμα ενώ κατά την κατάσταση ελέγχου, οι συμμετέχοντες έλαβαν ένα εικονικό σκεύασμα. Το αντιοξειδωτικό συμπλήρωμα αποτελούνταν από ένα μίγμα αντιοξειδωτικών βιταμινών αποτελούμενο από 1gr βιταμίνη C και 800IU βιταμίνη E (δ-α-τοκοφερόλη) ενώ το εικονικό σκεύασμα από σκληρά καψάκια τα οποία περιείχαν μικρή ποσότητα ζάχαρης. Οι συμμετέχοντες ζητήθηκαν να λάβουν το διατροφικό συμπλήρωμα για δύο εβδομάδες πριν από κάθε παρεμβατική άσκηση καθημερινά πριν το μεσημεριανό τους γεύμα. Ο σχεδιασμός του πειράματος ήταν cross over επομένως τα άτομα που έλαβαν το αντιοξειδωτικό συμπλήρωμα πριν την πρώτη συνεδρία, κατά τη δεύτερη συνεδρία ζητήθηκαν να λάβουν το εικονικό συμπλήρωμα και το αντίθετο. Μεταξύ των δύο παρεμβατικών ασκήσεων υπήρξε μία περίοδος αποχής (2 εβδομάδες) την οποία ονομάσαμε wash out περίοδο έτσι ώστε να εξαλειφθούν οι τυχόν επιδράσεις των διαφορετικών διατροφικών συμπληρωμάτων.

Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Το κάθε άτομο που συμμετείχε στο πείραμα παρουσιάστηκε στο εργαστήριο το πρωί έπειτα από μια ολονύκτια νηστεία και αποχή από αλκοόλ και καφεΐνη για 24 ώρες. Κατά τη διάρκεια και των τριών επισκέψεών 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).

Αερόβια άσκηση

Πριν αρχίσουν το πρωτόκολλο αερόβιας άσκησης, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν μια προθέρμανση που περιείχε τρέξιμο στο δαπεδοεργόμετρο για 8 λεπτά ακολουθούμενη από 10 λεπτά γνωστών διατακτικών ασκήσεων. Το πρωτόκολλο άσκησης περιλάμβανε 45λεπτά τρέξιμο στο δαπεδοεργόμετρο με ένταση 75% της VO_{2max} . Μετά το πέρας των 45 λεπτών, η ένταση αυξήθηκε στο 90% της VO_{2max} όπου και οι ασκούμενοι έτρεξαν μέχρι εξάντλησης. Το πρωτόκολλο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί σε άλλες πρόσφατες έρευνες του εργαστηρίου μας (Michailidis *et al.*, 2007), (Nikolaidis *et al.*, 2006).

Συλλογή και χειρισμός του αίματος

Το αίμα τοποθετήθηκε σε σωληνάρια EDTA, φυγοκεντρήθηκε αμέσως στα 1,370 g για 10 λεπτά και συλλέχτηκε το πλάσμα. Στην συνέχεια έγινε αιμόλυση των ερυθροκυττάρων με 1:1 (v/v) με απιονισμένο νερό στο σωληνάριο, αναδεύτηκαν σθεναρά και φυγοκεντρήθηκαν στα 4,020 g για 15 λεπτά. Στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν στους $-80^{\circ}C$ μέχρι να γίνουν οι βιοχημικές μετρήσεις.

Μέτρηση δεικτών οξειδωτικού στρες

Το ουρικό οξύ (UA) και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC), μετρήθηκαν στο πλάσμα φασματοφωτομετρικά όπως περιγράφεται (Nikolaidis *et al.*, 2007). Η καταλάση (CAT), η ανηγμένη γλουταθειόνη (GSH) και η οξειδωμένη γλουταθειόνη (GSSG) μετρήθηκαν σε ερυθροκυτταρικό αιμόλυμα (Nikolaidis *et al.*, 2007) ενώ τα πρωτεϊνικά καρβονύλια (PC) μετρήθηκαν στο πλάσμα και σε ερυθροκυτταρικό αιμόλυμα επίσης φασματοφωτομετρικά όπως περιγράφεται (Nikolaidis *et al.*, 2007). Η Μυελοπεροξειδάση (MPO) μετρήθηκε στο πλάσμα με ενζυμικό ανοσοπροσδιορισμό χρησιμοποιώντας το διαθέσιμο κιτ του εμπορίου (Hycult biotechnology, Netherlands). Όλες οι βιοχημικοί παράμετροι προσδιορίστηκαν εις τριπλούν.

Μέτρηση λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών

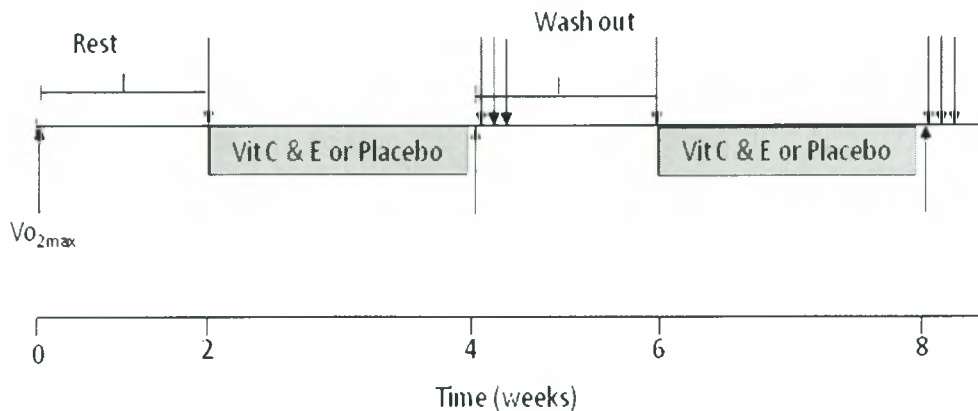
Οι τριακυλογλυκερόλες (TG) και η ολική χοληστερόλη (TC) μετρήθηκαν με ενζυμικές φωτομετρικές μεθόδους χρησιμοποιώντας το διαθέσιμο κιτ εμπορίου (Zafeiropoulos, Greece). Η HDL χοληστερόλη (HDL) προσδιορίστηκε όπως η TC μετά την καθίζηση των λιποπρωτεϊνών πολύ χαμηλής πυκνότητας χρησιμοποιώντας το διαθέσιμο κιτ εμπορίου (Zafeiropoulos, Greece). Η LDL χοληστερόλη (LDL) υπολογίστηκε με την εξίσωση του Friedwald και η οξειδωμένη LDL (oxLDL) καθορίστηκε με ενζυμικό ανοσοπροσδιορισμό χρησιμοποιώντας το διαθέσιμο κιτ του εμπορίου (ALPCO, US). Όλοι οι δείκτες λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών προσδιορίστηκαν στο πλάσμα. Όλες οι βιοχημικοί παράμετροι προσδιορίστηκαν εις τριπλούν.

Διαιτητική ανάλυση

Για τον έλεγχο των επιδράσεων της διατροφής του δείγματος στα αποτελέσματα των μετρήσεων της έρευνας, ζητήθηκε από το δείγμα να καταγράψει τη διαιτητική του κατανάλωση τρεις μέρες πριν από την πρώτη παρεμβατική άσκηση αλλά και μία μέρα μετά την παρεμβατική άσκηση, κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Οι συμμετέχοντες ζητήθηκαν να ακολουθήσουν το ίδιο ακριβώς διατροφικό πρόγραμμα κατά την δεύτερη συνεδρία άσκησης με στόχο να μην υπάρξει διαφορετική επίδραση της διατροφής στους δείκτες που αξιολογήσαμε. Σε κάθε συμμετέχοντα χορηγήθηκαν γραπτές οδηγίες για τον έλεγχο της διαιτητικής τους κατανάλωσης και ένα φύλο καταγραφής των τροφικών τους προσλήψεων.

Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι \pm SEM. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης 2 παραγόντων ANOVA (διατροφική κατάσταση \times χρόνος) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο. Αν είχαμε κάποια σημαντική αλληλεπίδραση ή κύρια επίδραση, συνδυασμένες συγκρίσεις γίνονταν μέσω της απλής ανάλυσης της κύριας επίδρασης. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε $\alpha = 0.05$. Το στατιστικό πακέτο SPSS έκδοση 15.0 χρησιμοποιήθηκε για όλες τις αναλύσεις (SPSS Inc., USA).



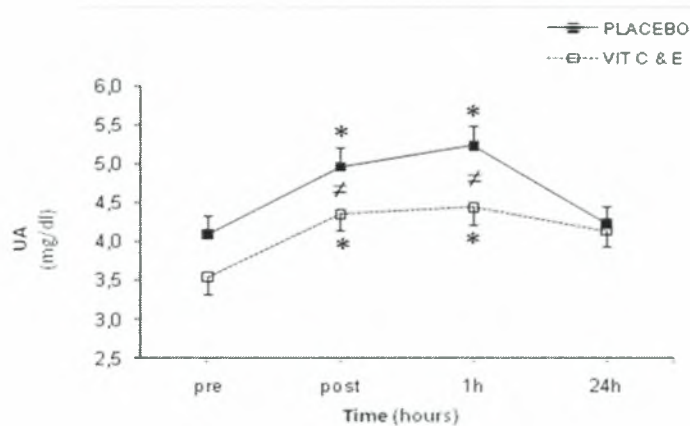
Σχήμα. Σχεδιασμός πειράματος. Τα άνω βέλη (↑) υποδεικνύουν τις συνεδρίες άσκησης και τα κάτω βέλη (↓) τις αιμοληψίες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Δείκτες οξειδωτικού στρες

Η αερόβια άσκηση επέφερε μεταβολή του UA και στις δύο διατροφικές καταστάσεις αμέσως μετά και στη μια ώρα μετά την άσκηση ($P < 0.01$) (Γράφ 1). Υπήρξε επίσης αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο καταστάσεων, με την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά να εμφανίζει μικρότερες τιμές στην συγκέντρωση UA κατά τα ίδια χρονικά σημεία ($P < 0.05$) (Γράφ 1). Η μεταβολή της TAC ήταν επίσης σημαντική και για τις δυο καταστάσεις αμέσως μετά την άσκηση ($P < 0.05$) (Γράφ 2). Ωστόσο αλληλεπίδραση δεν υπήρξε. Καμία μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στην συγκέντρωση της GSH ($P > 0.05$) (Γράφ 3) ενώ αντιθέτως η GSSG αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά αμέσως μετά την άσκηση και στις δυο διατροφικές καταστάσεις ($P < 0.05$) (Γράφ 4). Καμία μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στο λόγο GSH/GSSG ($P > 0.05$) (Γράφ 5). Καμία μεταβολή δεν παρατηρήθηκε επίσης στη

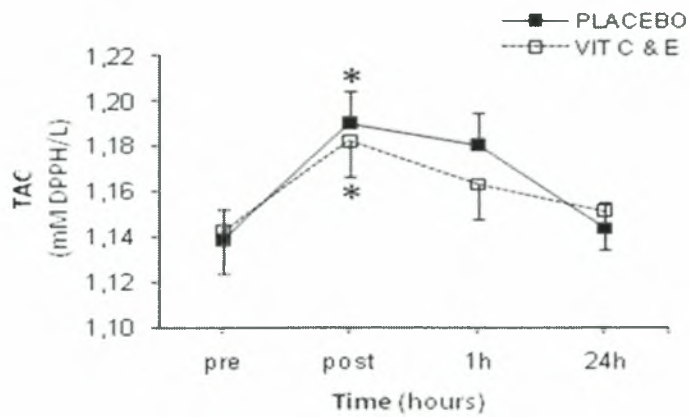
συγκέντρωση των PC στα ερυθροκύτταρα αν και υπήρξε υψηλή τάση ($P > 0.05$) (Γράφ 6) ενώ στη συγκέντρωση των PC του πλάσματος, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου αμέσως μετά την άσκηση και στις δύο καταστάσεις ($P < 0.05$) (Γράφ 7). Καμία μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στην δραστικότητα της CAT σε καμία από τις δύο διατροφικές καταστάσεις ($P > 0.05$) (Γράφ 8). Κύρια επίδραση του χρόνου υπήρξε στη συγκέντρωση της MPO με τις δύο διατροφικές καταστάσεις να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές αμέσως μετά την άσκηση ($P < 0.01$) (Γράφ 9).



Γράφημα 1. Μεταβολές στη συγκέντρωση του ουρικού οξέως (UA) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

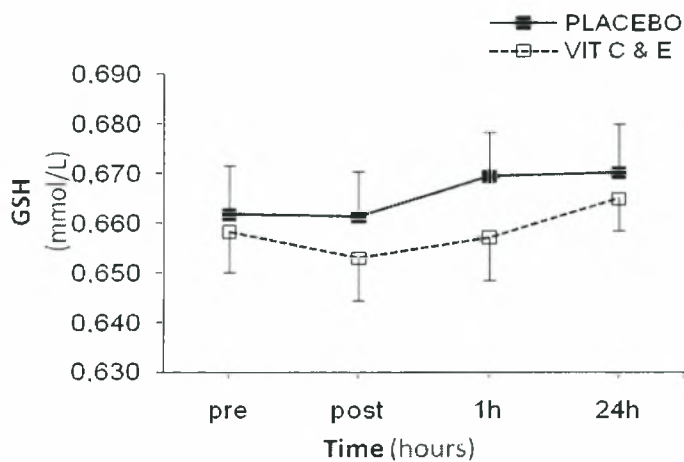
* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.01$).

≠ Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο διατροφικών καταστάσεων για το συγκεκριμένο χρονικό σημείο ($P < 0.05$).

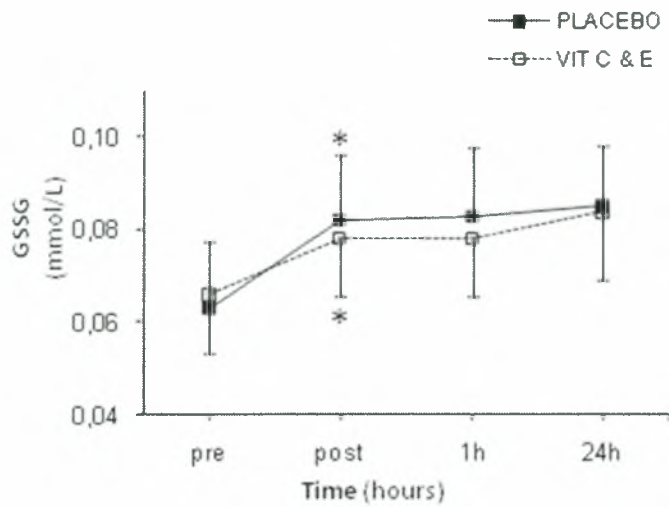


Γράφημα 2. Μεταβολές στη στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα του ορού (TAC) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.01$).

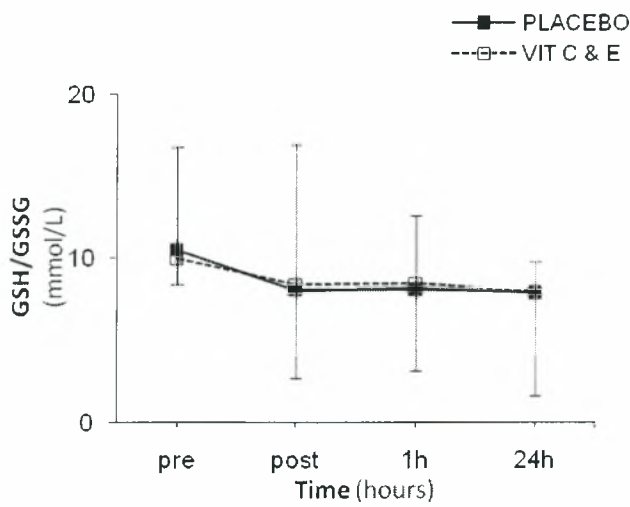


Γράφημα 3. Μεταβολές στη συγκέντρωση της ανηγμένης γλουταθειόνης (GSH) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

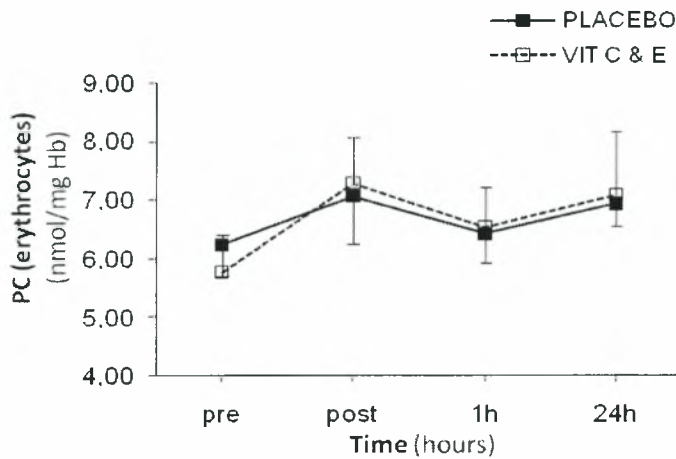


Γράφημα 4. Μεταβολές στη συγκέντρωση της οξειδωμένης γλουταθειόνης (GSSG) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

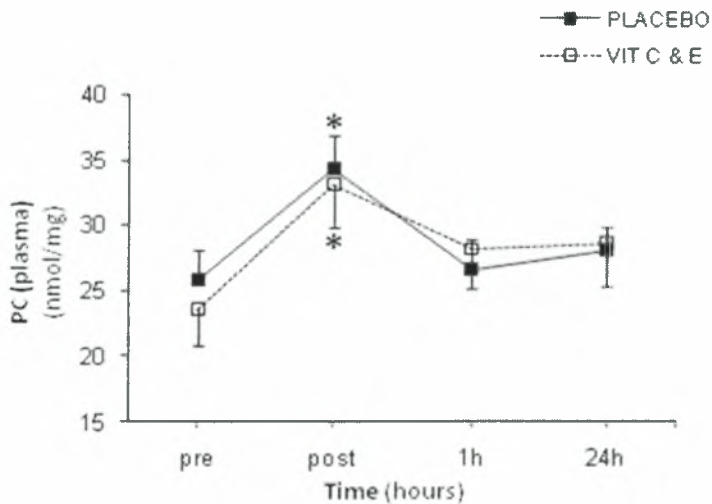
* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.05$).



Γράφημα 5. Μεταβολές στη στο λόγο ανηγμένης / οξειδωμένης γλουταθειόνης (GSH/GSSG) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

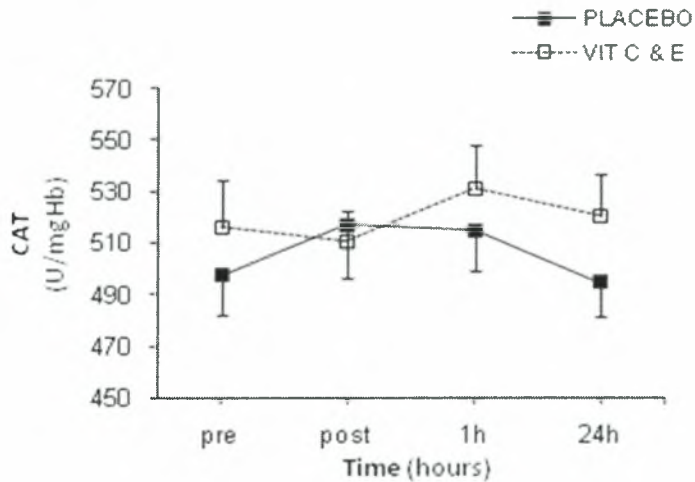


Γράφημα 6. Μεταβολές στη συγκέντρωση των πρωτεϊνικών καρβονυλίων των ερυθροκυττάρων (PC-erythrocytes) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

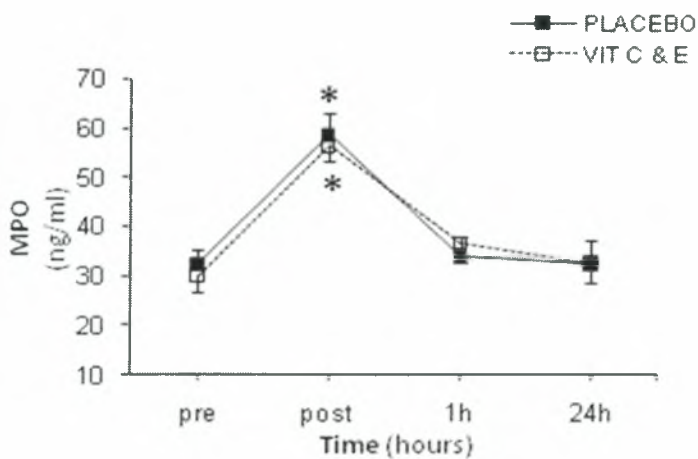


Γράφημα 7. Μεταβολές στη συγκέντρωση των πρωτεϊνικών καρβονυλίων του πλάσματος (PC-plasma) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.05$).



Γράφημα 8. Μεταβολές στη δραστικότητα της καταλάσης (CAT) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

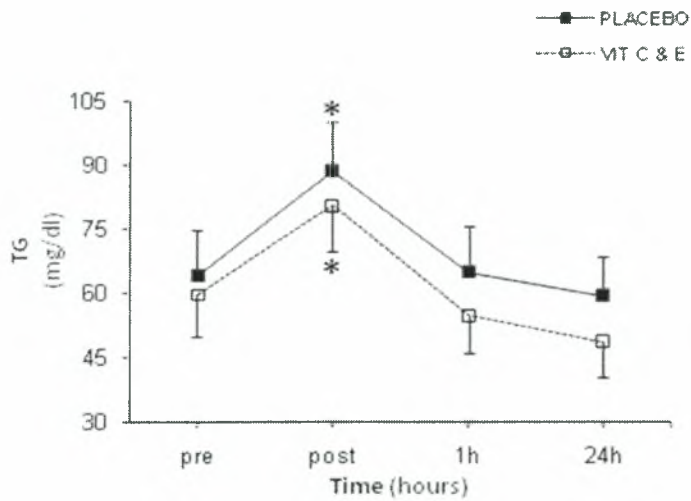


Γράφημα 9. Μεταβολές στη συγκέντρωση της Μυελοπεροξειδάσης (ΜΡΟ) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.01$).

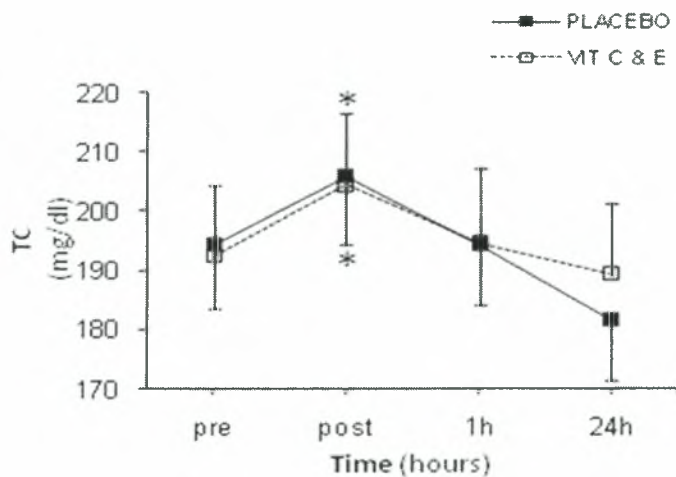
Λιπίδια και λιποπρωτεΐνες

Η αερόβια άσκηση επέφερε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση των TG και στις δύο διατροφικές καταστάσεις αμέσως μετά την άσκηση ($P < 0.01$) (Γράφ 10). Κύρια επίδραση του χρόνου υπήρξε επίσης και στη συγκέντρωση της TC. Η συγκέντρωση της TC αυξήθηκε σημαντικά αμέσως μετά την άσκηση και στις δυο διατροφικές καταστάσεις ($P < 0.01$) (Γράφ 11). Παρομοίως μεταβλήθηκαν και οι τιμές της HDL (Γράφ 12). Η συγκέντρωση της HDL αμέσως μετά την άσκηση διέφερε στατιστικά σημαντικά και στις δύο καταστάσεις σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας ($P < 0.01$) (Γράφ 12) Η συγκέντρωση της LDL μειώθηκε λόγω της επίδρασης του χρόνου και στις δύο καταστάσεις στις 24 ώρες μετά την άσκηση ($P < 0.05$) (Γράφ 13) ενώ η συγκέντρωση της oxLDL αυξήθηκε και στις δύο διατροφικές καταστάσεις αμέσως μετά την άσκηση ($P < 0.05$). Αλληλεπίδραση δεν υπήρξε μεταξύ των δύο καταστάσεων (Γράφ 14).



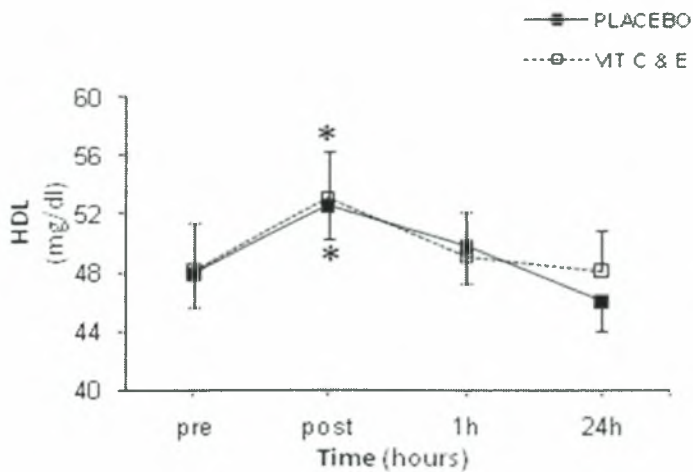
Γράφημα 10. Μεταβολές στη συγκέντρωση των τριακυλογλυκερολών (TG) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.01$).



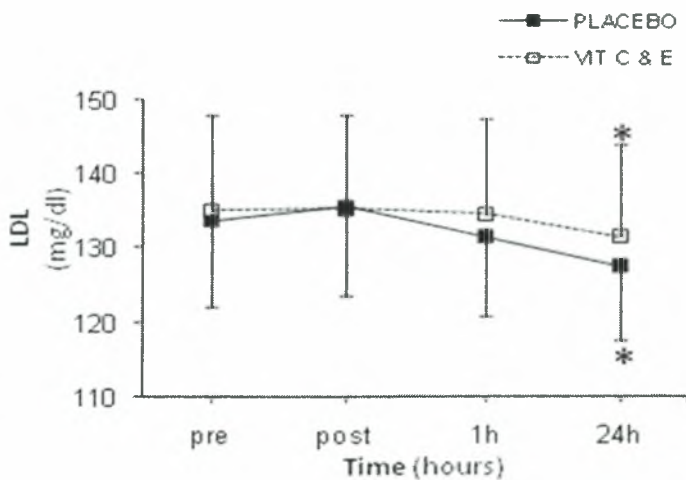
Γράφημα 11. Μεταβολές στη συγκέντρωση της ολικής χοληστερόλης (TC) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.01$).



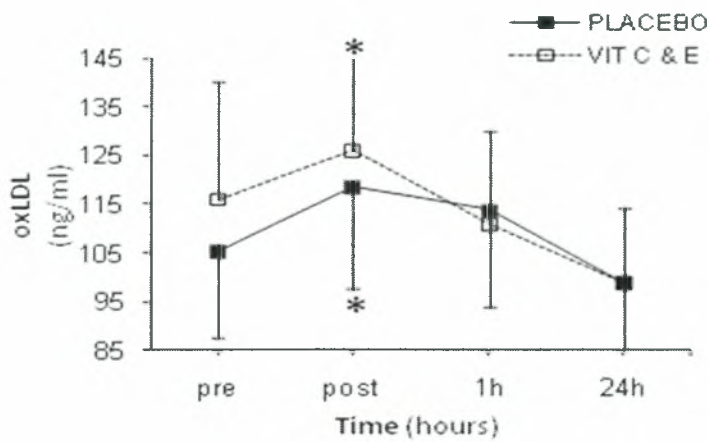
Γράφημα 12. Μεταβολές στη συγκέντρωση της HDL (HDL) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.01$).



Γράφημα 13. Μεταβολές στη συγκέντρωση της LDL (LDL) για τη διατροφική κατάσταση ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.05$)



Γράφημα 14. Μεταβολές στη συγκέντρωση της οξειδωμένης LDL (oxLDL) για τη διατροφική ελέγχου (μαύρο) και την διατροφική κατάσταση αντιοξειδωτικά (λευκό) έπειτα από την αερόβια άσκηση.

* Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συγκεκριμένου χρονικού σημείου και της τιμής ηρεμίας ($P < 0.05$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια να εξεταστούν οι επιδράσεις της χορήγησης των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E έπειτα από αερόβια άσκηση στο οξειδωτικό στρες και στο λιπιδαιμικό προφίλ. Οι σκοποί της μελέτης ήταν να διερευνηθούν πρώτα απ' όλα οι πιθανές διαφορετικές απαντήσεις του οργανισμού σε δείκτες οξειδωτικής καταστροφής μετά από δύο διαφορετικές διατροφικές καταστάσεις καθώς και η επίδραση των δύο αυτών διατροφικών καταστάσεων στη συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών. Κατά τη μία διατροφική κατάσταση, οι συμμετέχοντες έλαβαν εικονικό σκεύασμα ενώ κατά την άλλη διατροφική κατάσταση οι συμμετέχοντες έλαβαν έναν συνδυασμό αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E. Εκτελέστηκαν αιμοληψίες και αξιολογήθηκαν δείκτες οξειδωτικής καταστροφής στο πλάσμα και στα ερυθροκύτταρα καθώς επίσης αξιολογήθηκε και η συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών του πλάσματος για τον καθορισμό των μεταβολών του λιπιδαιμικού προφίλ. Οι μετρήσεις των δεικτών αυτών έγιναν καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης μετά το παρεμβατικό αερόβιο πρωτόκολλο άσκησης. Δεν έγινε οποιαδήποτε επιπλέον άσκηση από τους συμμετέχοντες στο πείραμα κατά τη διάρκεια αυτή έτσι ώστε να μην επηρεαστεί κανένας από τους παραπάνω δείκτες που αξιολογήσαμε. Η πρώτη μας υπόθεσή ήταν ότι η οξειδωτική καταστροφή που αξιολογήθηκε στο πλάσμα και στα ερυθροκύτταρα έπειτα από την αερόβια άσκηση θα ήταν μικρότερη μετά τη λήψη των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E σε σχέση με την διατροφική κατάσταση ελέγχου. Η δεύτερη υπόθεση που κάναμε ήταν ότι οι θετικές επιδράσεις της αερόβιας άσκησης στη συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών θα περιορίζονταν μετά τη λήψη των αντιοξειδωτικών με την διατροφική κατάσταση ελέγχου να εμφανίζει τις μεγαλύτερες

θετικές επιδράσεις. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας θα μπορούσαν να δώσουν μια ξεκάθαρη απάντηση στο ερώτημα αν η χορήγηση των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E μειώνουν το ασκησιογενές οξειδωτικό στρες έπειτα από αερόβια άσκηση καθώς και για το εάν η μεγαλύτερη αύξηση του ασκησιογενούς οξειδωτικού στρες σχετίζεται θετικά με τις ευνοϊκές επιδράσεις που επιφέρει η αερόβια άσκηση στο λιπιδαιμικό προφίλ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αερόβια άσκηση που υποβλήθηκαν οι συμμετέχοντες αύξησε τους δείκτες του οξειδωτικού στρες στατιστικά σημαντικά αμέσως μετά την άσκηση. Ωστόσο, καμία σημαντική διαφορά δεν υπήρξε μεταξύ των δυο διατροφικών καταστάσεων με εξαίρεση το UA, όπου οι συμμετέχοντες μετά τη λήψη των αντιοξειδωτικών βιταμινών εμφάνισαν μικρότερες τιμές UA κατά τα χρονικά σημεία: πριν, αμέσως μετά και στη μία ώρα μετά την άσκηση συγκριτικά με τη διατροφική κατάσταση ελέγχου. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με άλλες εργασίες, οι οποίες ανέφεραν έλλειψη επίδρασης των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E μετά από αερόβια άσκηση (Nieman *et al.*, 2002; Bryant *et al.*, 2003). Η χαμηλότερη συγκέντρωση του UA που εμφανίστηκε μετά τη λήψη των αντιοξειδωτικών βιταμινών ίσως να στηρίζεται στην μείωση της δραστηριότητας της οξειδάσης της ξανθίνης, του ενζύμου που μετατρέπει την υποξανθίνη σε ξανθίνη και κατόπιν σε UA. Συνεπώς, ενδέχεται η συνεργιστική δράση των βιταμινών C και E να λειτουργεί ως αναστολέας της οξειδάσης της ξανθίνης.

Κύριο εύρημα της παρούσας εργασίας ήταν η αύξηση της MPO στο πλάσμα. Η δραστηριότητα του ενζύμου αυτού αυξήθηκε περίπου 100% και για τις δύο διατροφικές καταστάσεις αμέσως μετά την άσκηση. Η σημαντική αυτή αύξηση ισχυροποίησε τα δεδομένα ότι η παρεμβατική άσκηση που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα μελέτη προκάλεσε σημαντικές μεταβολές στην οξειδοαναγωγική

κατάσταση του αίματος αφού η αύξηση της MPO συνεπάγεται αύξηση στη παραγωγή του υποχλωρικού οξέως, ενός δραστικού είδους, το οποίο προέρχεται από το υπεροξειδίο του υδρογόνου κατά τη διάρκεια της φαγοκυττάρωσης (Heinecke *et al.*, 1993).

Όσον αφορά τη συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών, η αερόβια άσκηση επέφερε σημαντικές μεταβολές σε όλους τους δείκτες που αξιολογήσαμε. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με πλήθος ερευνών που εξέτασαν την επίδραση τις αερόβιας άσκησης στο μεταβολισμό των λιπιδίων (Allen *et al.*, 1993; Pronk, 1993; Durstine & Haskell, 1994; Houmard *et al.*, 1994). Ωστόσο, καμία σημαντική διαφορά δεν υπήρξε μεταξύ των δύο διατροφικών καταστάσεων αν και υπήρξε μεγάλη τάση, μετά τη χορήγηση των αντιοξειδωτικών βιταμινών τα άτομα να εμφανίζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση oxLDL στις τιμές ηρεμίας. Εξαιτίας αυτού, ενδεχομένως η συνεργιστική δράση των βιταμινών C και E να επιδρά αρνητικά στη συγκέντρωση της oxLDL κατά την ηρεμία. Επιπρόσθετα, η αύξηση που παρατηρήθηκε αμέσως μετά την άσκηση και για τις δυο διατροφικές καταστάσεις είναι ενδεικτικό της αύξησης της οξειδωτικής καταστροφής που παρατηρήθηκε μετά την άσκηση. Δεδομένου του ότι η oxLDL αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη αθηροσκλήρωσης, οι τιμές της oxLDL στις 24 μετά την άσκηση και για τις δύο καταστάσεις μειώθηκαν περισσότερο από τις τιμές ηρεμίας, το οποίο διαβεβαιώνει τις θετικές επιδράσεις που επιφέρει η αερόβια άσκηση στο μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών.

Στη βιβλιογραφία δεν υπάρχει καμία σχετική αναφορά που να μελετά το ενδεχόμενο η μεταβολή στην οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος να μεταβάλλει τις συγκεντρώσεις των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών με διαφορετικό τρόπο. Για πρώτη φορά προσπαθήσαμε να εξετάσουμε αν η οξειδοαναγωγική

κατάσταση του αίματος συνδέεται με τις μεταβολές του λιπιδαιμικού προφίλ. Ωστόσο δεν μπορέσαμε να απαντήσουμε το ερώτημα αυτό διότι η χορήγηση των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E δεν μετέβαλλε την οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος ούτε στην ηρεμία αλλά και ούτε μετά την άσκηση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Το κύριο εύρημα της παρούσας εργασίας είναι ότι η χορήγηση των αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E δεν μείωσε το οξειδωτικό στρες που εκδηλώθηκε αμέσως μετά την άσκηση. Η παρατήρηση αυτή είναι σύμφωνη με αναφορές άλλων ερευνητών που βρήκανε παρόμοια συμπεράσματα, ενώ υπάρχουν επίσης και εργασίες που υποστηρίζουν ότι οι συγκεκριμένες βιταμίνες έχουν αντιοξειδωτική δράση. Ένας άλλος σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσουμε αν οι θετικές επιδράσεις της αερόβιας άσκησης στη συγκέντρωση των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών συνδέονται με την αύξηση του οξειδωτικού στρες που εμφανίζεται μετά το τέλος της άσκησης. Ωστόσο, η μη αλλαγή στην οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος μετά τη χορήγηση των βιταμινών δεν μας επέτρεψε να απαντήσουμε σε αυτό το ερώτημα δηλ. αν ο κόσμος των ελευθέρων ριζών συνδέεται με αυτόν του μεταβολισμού των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών σε περιβάλλον άσκησης.

Μελλοντικές εργασίες θα πρέπει να εξετάσουν την υπόθεση που κάναμε στην παρούσα εργασία, θα πρέπει να δώσουν μια όσο το δυνατόν πιο ξεκάθαρη εικόνα για το εάν η βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ έπειτα από άσκηση συνδέεται με την αύξηση της οξειδωτικής καταστροφής που προκαλείται από την παραγωγή των ελευθέρων ριζών. Συνεπώς για να εξεταστεί αν αυτή η υπόθεση ισχύει, έρευνες θα

πρέπει να εξετάσουν πιθανούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να τροποποιηθεί η οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος. Επιπρόσθετα, μελλοντικές εργασίες θα πρέπει να εξετάσουν αν η λήψη των αντιοξειδωτικών αυτών βιταμινών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ενδεχομένως να επιδράσουν διαφορετικά στο προκαλούμενο οξειδωτικό στρες. Επίσης, δεδομένου ότι οι αντιοξειδωτικές βιταμίνες μειώσανε σημαντικά τη συγκέντρωση του ουρικού οξέως κατά την ηρεμία αλλά και μετά την άσκηση, μια ενδιαφέρουσα εργασία θα ήταν να εξετάσει την επίδραση αυτών των βιταμινών σε άτομα που πάσχουν από ουρική αρθρίτιδα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aellen R, Hollmann W & Boutellier U. (1993). Effects of aerobic and anaerobic training on plasma lipoproteins. *Int J Sports Med* **14**, 396-400.
- Banerjee AK, Mandal A, Chanda D & Chakraborti S. (2003). Oxidant, antioxidant and physical exercise. *Mol Cell Biochem* **253**, 307-312.
- Bloomer RJ. (2008). Effect of exercise on oxidative stress biomarkers. *Adv Clin Chem* **46**, 1-50.
- Bloomer RJ, Goldfarb AH, McKenzie MJ, You T & Nguyen L. (2004). Effects of antioxidant therapy in women exposed to eccentric exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **14**, 377-388.
- Bryant RJ, Ryder J, Martino P, Kim J & Craig BW. (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.
- Close GL, Kayani A, Vasilaki A & McArdle A. (2005). Skeletal muscle damage with exercise and aging. *Sports Med* **35**, 413-427.
- Cooper CE, Vollaard NB, Choueiri T & Wilson MT. (2002). Exercise, free radicals and oxidative stress. *Biochem Soc Trans* **30**, 280-285.
- Dawson B, Henry GJ, Goodman C, Gillam I, Beilby JR, Ching S, Fabian V, Dasig D, Morling P & Kakulus BA. (2002). Effect of Vitamin C and E supplementation on biochemical and ultrastructural indices of muscle damage after a 21 km run. *Int J Sports Med* **23**, 10-15.
- Durstine JL & Haskell WL. (1994). Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exerc Sport Sci Rev* **22**, 477-521.
- Finaud J, Lac G & Filaire E. (2006). Oxidative stress : relationship with exercise and training. *Sports Med* **36**, 327-358.
- Goldfarb AH, Bloomer RJ & McKenzie MJ. (2005). Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* **37**, 234-239.
- 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? *Br J Pharmacol* **142**, 231-255.
- Heinecke JW, Li W, Francis GA & Goldstein JA. (1993). Tyrosyl radical generated by myeloperoxidase catalyzes the oxidative cross-linking of proteins. *J Clin Invest* **91**, 2866-2872.

- Hill S, Birmingham MA & Knight PK. (2005). Lipid metabolism in young men after acute resistance exercise at two different intensities. *J Sci Med Sport* **8**, 441-445.
- Houmard JA, Bruno NJ, Bruner RK, McCammon MR, Israel RG & Barakat HA. (1994). Effects of exercise training on the chemical composition of plasma LDL. *Arterioscler Thromb* **14**, 325-330.
- Kelley GA, Kelley KS & Tran ZV. (2004). Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Womens Health (Larchmt)* **13**, 1148-1164.
- Kelley GA, Kelley KS & Vu Tran Z. (2005). Aerobic exercise, lipids and lipoproteins in overweight and obese adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Obes (Lond)* **29**, 881-893.
- Kiens B. (2006). Skeletal muscle lipid metabolism in exercise and insulin resistance. *Physiol Rev* **86**, 205-243.
- Kohen R & Nyska A. (2002). Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicol Pathol* **30**, 620-650.
- Kokkinos PF, Holland JC, Narayan P, Colleran JA, Dotson CO & Papademetriou V. (1995). Miles run per week and high-density lipoprotein cholesterol levels in healthy, middle-aged men. A dose-response relationship. *Arch Intern Med* **155**, 415-420.
- Lakka TA & Salonen JT. (1992). Physical activity and serum lipids: a cross-sectional population study in eastern Finnish men. *Am J Epidemiol* **136**, 806-818.
- Lovlin R, Cottle W, Pyke I, Kavanagh M & Belcastro AN. (1987). Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **56**, 313-316.
- Michailidis Y, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Fatouros IG, Koutedakis Y, Papassotiriou I & Kouretas D. (2007). Sampling time is crucial for measurement of aerobic exercise-induced oxidative stress. *Medicine and science in sports and exercise* **39**, 1107-1113.
- Nieman DC, Henson DA, McAnulty SR, McAnulty L, Swick NS, Utter AC, Vinci DM, Opiela SJ & Morrow JD. (2002). Influence of vitamin C supplementation on oxidative and immune changes after an ultramarathon. *J Appl Physiol* **92**, 1970-1977.
- Nikolaidis MG, Jamurtas AZ, Paschalis V, Kostaropoulos IA, Kladi-Skandali A, Balamitsi V, Koutedakis Y & Kouretas D. (2006). Exercise-induced oxidative stress in G6PD-deficient individuals. *Med Sci Sports Exerc* **38**, 1443-1450.

- Nikolaidis MG, Paschalis V, Giakas G, Fatouros IG, Koutedakis Y, Kouretas D & Jamurtas AZ. (2007). Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc* **39**, 1080-1089.
- Nikolaidis MG, Paschalis V, Giakas G, Fatouros IG, Sakellariou GK, Theodorou AA, Koutedakis Y & Jamurtas AZ. (2008). Favorable and prolonged changes in blood lipid profile after muscle-damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc* **40**, 1483-1489.
- Powers SK & Jackson MJ. (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev* **88**, 1243-1276.
- Pronk NP. (1993). Short term effects of exercise on plasma lipids and lipoproteins in humans. *Sports Med* **16**, 431-448.
- Vasankari T, Kujala U, Sarna S & Ahotupa M. (1998). Effects of ascorbic acid and carbohydrate ingestion on exercise induced oxidative stress. *J Sports Med Phys Fitness* **38**, 281-285.
- Vollaard NB, Shearman JP & Cooper CE. (2005). Exercise-induced oxidative stress: myths, realities and physiological relevance. *Sports Med* **35**, 1045-1062.
- Vuorimaa T, Ahotupa M, Irjala K & Vasankari T. (2005). Acute prolonged exercise reduces moderately oxidized LDL in healthy men. *Int J Sports Med* **26**, 420-425.
- Williams SL, Strobel NA, Lexis LA & Coombes JS. (2006). Antioxidant requirements of endurance athletes: implications for health. *Nutr Rev* **64**, 93-108.

Τίτλος Έρευνας: Η επίδραση της λήψης αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E στο οξειδωτικό στρες και στο λιπιδαιμικό προφίλ μετά από αερόβια άσκηση..

Ερευνητής: Σακελλαρίου Γεώργιος Μεταπτυχιακός Φοιτητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Υπεύθυνος έρευνας: Δρ Τζιαμούρτας Αθανάσιος, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Παρακαλώ να τσεκάρετε τα κουτάκια και να τυπώσετε το ονοματεπώνυμό σας στην παρακάτω γραμμή στην ένδειξη «ονοματεπώνυμο Συμμετέχοντα»:

1. Βεβαιώνω ότι διάβασα και κατανόησα το ενημερωτικό φυλλάδιο για την παρούσα έρευνα και είχα την ευκαιρία να κάνω ερωτήσεις
2. Κατανοώ ότι η συμμετοχή μου είναι εθελοντική και μπορώ ανά πάσα στιγμή να αποσυρθώ από τις μετρήσεις
3. Δέχομαι να συμμετάσχω στην παρούσα έρευνα και να ακολουθώ τις οδηγίες που αφορούν στη διεξαγωγή της.

Ονοματεπώνυμο Συμμετέχοντα

Ημερ/νια

Υπογραφή

Ονοματεπώνυμο Μάρτυρα

Ημερ/νια

Υπογραφή

Ονοματεπώνυμο Ερευνητή

Ημερ/νια

Υπογραφή

ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ

Τίτλος Έρευνας: Η επίδραση της λήψης αντιοξειδωτικών βιταμινών C & E στο οξειδωτικό στρες και στο λιπιδαιμικό προφίλ μετά από αερόβια άσκηση.

1. Σκοπός της ερευνητικής εργασίας

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η αερόβια άσκηση επηρεάζει το μεταβολισμό των λιπιδίων. Πιο συγκεκριμένα, η αερόβια άσκηση έχει προταθεί ως η πιο κατάλληλη άσκηση για τη βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ. Έρευνες έχουν δείξει ότι η παρατεταμένη αερόβια άσκηση μπορεί να μειώσει την ολική χοληστερόλη, την <<κακή>> χοληστερόλη, τη συγκέντρωση τριακυλογλυκερολών, καθώς και να αυξήσει την <<καλή>> χοληστερόλη. Η βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ μετά από αερόβια άσκηση οφείλεται σε ένα βαθμό στην αύξηση της β οξειδωσης, δηλαδή στη διάσπαση των λιπαρών οξέων που λαμβάνει μέρος στο μιτοχόνδριο. Επιπρόσθετα, η αερόβια άσκηση μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία δραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) που συχνά υπερβαίνουν την αντιοξειδωτική ικανότητα του οργανισμού, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση οξειδωτικού στρες. Καμία έρευνα μέχρι σήμερα δεν έχει εξετάσει αν η βελτίωση στα λιπίδια του αίματος έγκειται στην εμφάνιση οξειδωτικού στρες. Συνεπώς, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξεταστεί αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ οξειδωτικού στρες και λιπιδαιμικού προφίλ.

2. Διαδικασία μετρήσεων

Θα χρειαστεί να επισκεφτείς το εργαστήριο τρεις φορές. Την πρώτη φορά θα πραγματοποιήσεις ένα μέγιστο τεστ για τον καθορισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σου. Στις άλλες δύο επισκέψεις θα υποβληθείς σε ένα πρωτόκολλο άσκησης το οποίο θα περιλαμβάνει 45 λεπτά τρέξιμο στο δαπεδοεργόμετρο με μία ένταση της τάξης του 70 - 75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Δύο εβδομάδες πριν από τις δύο αυτές παρεμβατικές προπονήσεις, θα καταναλώσεις τη μία φορά αντιοξειδωτικά και την άλλη (εικονικό) συμπλήρωμα μια φορά ημερησίως. Το αντιοξειδωτικό συμπλήρωμα θα περιλαμβάνει 294mg βιταμίνη E, 1000mg βιταμίνη C και θα καταναλώνεται 30 λεπτά πριν το μεσημεριανό γεύμα. Για τον καθορισμό δεικτών λιπιδαιμικού προφίλ και οξειδωτικού στρες, αιμοληψίες (10ml από φλέβα του χεριού) θα ληφθούν πριν την εκτέλεση του πρωτόκολλου άσκησης, αμέσως μετά, και στις 1 και 24 ώρες μετά την άσκηση.

3. Κίνδυνοι και ενοχλήσεις

Κατά την διάρκεια της δοκιμασίας μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου υπάρχει ένας μικρός κίνδυνος τραυματισμού, καθώς επίσης να εκλυθούν διάφορες διαταραχές ρυθμού. Ακόμα υπάρχει ένας πολύ μικρός κίνδυνος δημιουργίας μικρού αιματώματος στην περιοχή της αιμοληψία. Θα γίνει κάθε προσπάθεια να ελαχιστοποιηθούν αυτοί οι κίνδυνοι με την προκαταρκτική εξέταση και με παρατηρήσεις κατά την διάρκεια του μέγιστου τεστ. Υπάρχει πρόβλεψη πρώτων βοηθειών και εκπαιδευμένο προσωπικό για κάθε ενδεχόμενο.

4. Προσδοκώμενες ωφέλειες

Πρώτα απ' όλα, σου δίνεται η δυνατότητα να έχεις μία πλήρη εικόνα του λιπιδαιμικού σου προφίλ. Τέλος, θα ενημερωθείς για τα συμπεράσματα της έρευνάς μας και την κλινική τους εφαρμογή στην καθημερινότητά σου.

5. Δημοσίευση δεδομένων – αποτελεσμάτων

Η συμμετοχή σου στην έρευνα συνεπάγεται ότι συμφωνείς με τη δημοσίευση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της, με την προϋπόθεση ότι οι πληροφορίες θα είναι ανώνυμες και δε θα αποκαλυφθούν τα ονόματα των συμμετεχόντων. Τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν θα κωδικοποιηθούν με αριθμό, ώστε το όνομα σου δε θα φαίνεται πουθενά

6. Πληροφορίες

Μη διστάσεις να κάνεις ερωτήσεις γύρω από το σκοπό, τον τρόπο πραγματοποίησης της εργασίας ή τον υπολογισμό της λειτουργικής σου ικανότητας. Αν έχεις κάποιες αμφιβολίες ή ερωτήσεις, ζήτησέ μας να σου δώσουμε πρόσθετες εξηγήσεις.

7. Επικοινωνία

Εάν έχετε οποιαδήποτε ερώτηση σχετικά με την έρευνα παρακαλώ να επικοινωνήσετε με τον **Δρ Τζιαμούρτα Αθανάσιο**, Επίκουρο Καθηγητή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο τηλέφωνο: 24310 47054 ή στην ηλεκτρονική διεύθυνση ajamurt@pe.uth.gr

ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟΥ 24ΩΡΟΥ:

- Ονοματεπώνυμο :
- Ημερομηνία :

ΓΕΥΜΑΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΤΡΟΦΗΣ	<u>ΠΟΣΟΤΗΤΑ (gr)</u>
ΠΡΩΪΝΟ		
ΔΕΚΑΤΙΑΝΟ		
ΜΕΣΗΜΕΡΙΑΝΟ		
ΑΠΟΓΕΥΜΑΤΙΝΟ		
ΒΡΑΔΙΝΟ		
ΠΡΟ ΤΟΥ ΥΠΝΟΥ		

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΥ ΣΤΡΕΣ

ID	Placebo				Vit C & E			
	UA (mg/dl)				UA (mg/dl)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	3,11	3,99	4,01	3,25	1,84	2,85	2,81	3,11
12	4,06	5,07	5,74	4,65	3,49	4,15	4,12	4,10
15	6,25	7,48	8,09	6,71	5,18	6,02	6,86	5,36
20	3,56	4,53	4,53	3,11	3,67	5,56	5,40	3,28
19	5,23	6,30	6,63	5,23	3,68	4,18	4,23	4,64
13	4,56	5,58	5,38	4,79	3,87	5,06	4,85	3,97
4	5,10	5,67	5,56	4,56	5,22	5,84	5,72	5,45
2	3,46	4,94	5,04	4,36	3,31	4,20	4,35	4,49
16	3,99	4,20	4,22	3,96	3,63	3,94	2,99	4,33
10	3,54	4,33	4,38	3,38	3,28	4,35	4,29	3,74
1	2,88	3,02	3,67	3,49	3,60	3,77	4,30	3,88
5	4,11	4,75	5,02	4,28	3,47	4,86	4,67	3,93
9	2,25	3,98	4,63	3,81	2,18	3,25	4,00	3,32
14	4,28	5,58	5,86	4,58	3,49	4,39	4,72	4,86
8	5,63	6,24	6,40	5,05	4,57	5,12	5,27	4,83
11	4,61	5,17	5,43	4,33	3,41	3,80	4,00	3,43
17	4,31	4,84	5,04	3,43	3,56	3,76	4,15	5,60
21	2,72	3,71	4,64	3,28	2,18	3,28	3,36	2,32

ID	Placebo				Vit C & E			
	TAC (mM DPPH/L)				TAC (mM DPPH/L)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	1,04	1,08	1,07	1,04	1,03	1,06	1,07	1,04
12	1,09	1,16	1,18	1,10	1,11	1,12	1,11	1,09
15	1,15	1,20	1,20	1,20	1,12	1,20	1,20	1,10
20	1,12	1,16	1,14	1,12	1,14	1,20	1,19	1,16
19	1,12	1,21	1,22	1,13	1,10	1,10	1,11	1,14
13	1,15	1,22	1,15	1,13	1,16	1,26	1,09	1,11
4	1,14	1,18	1,18	1,16	1,17	1,19	1,20	1,15
2	1,09	1,13	1,13	1,10	1,03	1,11	1,08	1,11
16	1,03	1,05	1,06	1,05	0,95	1,05	1,04	0,99
10	1,13	1,16	1,17	1,11	1,14	1,18	1,16	1,14
1	1,11	1,16	1,10	1,21	1,26	1,24	1,25	1,23
5	1,17	1,25	1,21	1,17	1,20	1,25	1,21	1,22
9	1,16	1,23	1,21	1,18	1,13	1,19	1,19	1,17
14	1,19	1,23	1,25	1,12	1,21	1,24	1,19	1,24
8	1,25	1,25	1,23	1,18	1,24	1,24	1,25	1,20
11	1,20	1,28	1,24	1,22	1,19	1,21	1,22	1,19
17	1,23	1,25	1,27	1,19	1,23	1,25	1,23	1,28
21	1,13	1,22	1,22	1,16	1,14	1,20	1,15	1,18

ID	Placebo				Vit C & E			
	GSH (mmol/L)				GSH (mmol/L)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	55,97	59,60	61,14	59,15	59,42	59,65	59,60	64,31
12	66,30	65,49	68,12	64,04	64,22	62,14	63,77	64,13
15	72,55	69,11	68,84	69,29	69,29	70,83	71,20	69,38
20	62,50	63,04	61,59	61,23	62,77	62,50	62,05	63,68
19	63,04	63,06	66,03	63,49	62,77	61,14	60,14	63,68
13	64,07	61,99	63,98	64,98	62,26	63,17	63,71	66,07
4	62,08	57,46	59,45	58,54	60,72	59,63	60,63	60,63
2	63,89	67,06	69,24	69,51	66,16	66,25	66,16	67,70
16	69,78	69,51	71,32	70,69	63,17	61,72	63,26	65,61
10	66,61	65,98	66,16	66,61	65,25	61,36	64,89	67,79
1	68,96	66,79	68,24	71,50	69,69	69,51	69,87	66,61
5	65,19	65,83	63,92	66,19	66,73	65,83	66,19	66,01
9	67,70	70,14	69,42	70,14	69,69	69,51	68,88	71,59
14	71,59	66,25	71,95	69,33	70,59	65,70	67,42	67,24
8	66,34	70,42	70,60	71,87	69,06	68,88	70,96	66,61
11	63,47	64,38	65,37	70,00	65,65	65,19	67,28	66,01
17	72,08	69,90	70,81	68,82	68,00	66,19	67,37	70,27
21	68,82	70,99	68,73	70,63	69,36	70,45	69,27	69,18

ID	Placebo				Vit C & E			
	GSSG (mmol/L)				GSSG (mmol/L)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	0,052	0,048	0,053	0,054	0,060	0,043	0,050	0,053
12	0,048	0,030	0,049	0,050	0,030	0,040	0,046	0,049
15	0,027	0,025	0,023	0,028	0,037	0,022	0,034	0,027
20	0,123	0,113	0,125	0,120	0,060	0,020	0,118	0,125
19	0,090	0,052	0,093	0,093	0,092	0,075	0,050	0,091
13	0,007	0,030	0,080	0,020	0,030	0,006	0,024	0,007
4	0,215	0,215	0,219	0,223	0,204	0,178	0,206	0,218
2	0,066	0,043	0,040	0,069	0,064	0,074	0,064	0,067
16	0,114	0,080	0,109	0,118	0,100	0,089	0,110	0,116
10	0,052	0,040	0,060	0,047	0,066	0,043	0,050	0,053
1	0,048	0,060	0,060	0,050	0,047	0,040	0,030	0,049
5	0,027	0,020	0,027	0,028	0,026	0,022	0,026	0,027
9	0,123	0,113	0,125	0,127	0,137	0,102	0,118	0,125
14	0,090	0,083	0,010	0,093	0,070	0,045	0,076	0,091
8	0,007	0,003	0,012	0,040	0,040	0,032	0,007	0,007
11	0,215	0,187	0,230	0,223	0,199	0,178	0,158	0,218
17	0,066	0,041	0,068	0,069	0,087	0,058	0,064	0,067
21	0,114	0,130	0,105	0,080	0,120	0,125	0,106	0,116

ID	Placebo				Vit C & E			
	PC- eryth (nmol/mg Hb)				PC- eryth (nmol/mg Hb)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	4,71	12,02	10,45	6,94	11,88	8,91	9,53	4,68
12	10,66	9,46	7,85	10,25	11,21	14,22	12,29	5,63
15	7,79	4,22	5,70	6,40	1,60	8,09	3,47	4,03
20	8,90	8,72	8,07	7,18	6,51	10,33	3,58	10,65
19	6,55	3,75	6,90	9,07	6,08	3,91	4,56	8,43
13	2,95	4,12	5,87	7,80	3,89	7,43	5,77	6,25
4	4,89	3,87	4,23	3,85	3,33	4,70	3,58	3,86
2	6,14	5,17	4,91	4,50	6,44	15,36	12,50	20,44
16	6,08	4,89	5,29	8,20	5,63	4,89	4,99	4,97
10	7,83	7,07	8,80	6,99	4,28	3,92	7,33	4,19
1	6,07	5,34	5,31	8,71	6,46	8,30	6,96	4,73
5	6,62	8,82	6,18	5,80	6,37	6,34	9,59	17,03
9	4,68	4,96	5,38	6,12	4,25	5,17	4,31	3,45
14	4,88	8,25	5,64	7,10	5,81	4,84	6,56	4,97
8	2,31	14,80	6,09	6,23	3,45	4,91	7,08	6,46
11	6,91	4,72	4,24	7,17	4,89	6,71	4,35	4,66
17	10,53	12,67	11,10	7,32	9,02	8,75	3,87	7,80
21	3,87	4,14	3,55	5,09	2,86	4,16	7,35	4,96

ID	Placebo				Vit C & E			
	PC - plasma (nmol/mg Hb)				PC - plasma (nmol/mg Hb)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	23,05	48,11	47,61	30,57	43,60	41,05	41,09	21,55
12	45,10	44,10	32,57	43,10	53,12	60,14	53,00	45,86
15	32,57	31,07	27,06	27,56	7,02	33,08	25,00	22,05
20	40,15	41,09	41,09	38,09	37,08	50,11	42,00	57,13
19	32,07	34,41	31,07	41,59	26,06	23,16	27,06	40,59
13	13,03	20,05	26,56	35,08	21,05	35,58	32,07	33,58
4	21,55	22,05	18,54	19,04	14,53	21,55	17,04	17,54
2	28,56	30,53	22,55	20,05	27,06	69,16	56,63	29,40
16	22,62	33,28	19,69	29,74	20,53	37,28	20,11	18,85
10	28,90	45,20	33,51	27,23	16,34	23,74	19,00	19,27
1	22,20	32,94	20,95	31,00	24,30	27,23	23,88	22,87
5	26,39	40,63	23,88	20,53	22,62	23,46	23,00	61,16
9	18,43	23,00	19,27	21,36	15,50	20,11	16,76	13,15
14	18,43	26,49	19,69	28,07	21,78	23,00	24,72	20,36
8	9,22	53,62	22,20	22,20	13,41	18,43	25,97	24,72
11	26,39	28,00	16,34	25,55	17,59	27,40	15,92	18,01
17	41,05	45,24	41,89	26,81	31,00	36,73	15,08	29,40
21	14,24	17,00	14,24	17,59	10,89	24,76	28,07	19,69

Placebo					Vit C & E			
ID	CAT (U/mg Hb)				Pre	CAT (U/mg Hb)		
	Pre	Post	1	24		Post	1	24
3	446	413	455	396	402	412	418	477
12	428	417	541	539	571	529	555	482
15	567	551	598	553	536	492	591	673
20	551	576	607	479	635	556	680	538
19	639	782	622	616	613	648	651	655
13	445	571	550	540	596	475	501	590
4	493	493	517	501	429	516	515	517
2	479	512	485	526	496	507	514	449
16	489	456	493	424	457	471	471	459
10	485	461	455	437	470	515	507	584
1	493	485	516	494	541	487	491	532
5	511	635	520	481	537	547	642	521
9	545	501	484	476	496	479	433	422
14	362	510	512	540	577	555	553	534
8	453	405	452	433	538	489	492	458
11	443	479	349	464	338	452	468	472
17	582	569	575	548	536	532	563	480
21	541	495	538	456	525	525	512	526

Placebo					Vit C & E			
ID	MPO (ng/ml)				Pre	MPO (ng/ml)		
	Pre	Post	1	24		Post	1	24
3	42	58	51	20	59	63	32	32
12	31	51	30	27	31	52	36	32
15		73	21	19	12	69	25	12
20	19	58	23	23	29	66	33	26
19	27	52	17	14	25	37	16	12
13	36	85	44	40	38	86	40	50
4	50	95	43	41	40	61	43	49
2	55	81	79	31	30	53	49	51
16	29	37	32	34	33	40	40	37
10	31	59	31	30	28	56	32	36
1	32	53	48	50	33	53	53	31
5	5	31	15	2	6	46	10	13
9	42	55	35	97	35	55	35	46
14	40	66	49	43	44	69	85	41
8	30	35	15	11	5	33	26	15
11	38	71	40	50	45	66	45	68
17	16	41	15	27	13	44	21	10
21	26	58	24	24	34	64	36	24

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΛΙΠΙΔΑΙΜΙΚΟΥ ΠΡΟΦΙΛ

ID	Placebo				Vit C & E			
	oxLDL (ng/ml)				oxLDL (ng/ml)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	36	40	32	30	38	41	38	33
12	165	145	130	111	133	128	131	112
15	66	75	66	58	49	57	46	44
20	244	300	224	223	402	442	295	198
19	40	39	37	29	29	31	22	22
13	85	111	88	71	102	122	81	93
4	140	165	140	133	171	178	159	128
2								
16	10	11	11	8	15	14	9	6
10	153	160	146	142	146	184	132	135
1	134	151	130	132	149	177	143	142
5	91	117	92	72	91	118	76	86
9	133	148	130	129	125	137	117	114
14	11	47	13	10	19	25	20	12
8	16	14	112	112	14	13	117	118
11	32	43	36	34	36	44	38	37
17	248	307	350	204	275	260	260	235
21	92	106	76	75	98	111	93	89

ID	Placebo				Vit C & E			
	TRI (mg/dl)				TRI (mg/dl)			
	Pre	Post	1	24	Pre	Post	1	24
3	49	54	28	31	39	33	18	21
12	27	70	43	31	25	31	18	27
15	110	150	119	62	65	102	67	86
20	165	197	165	147	187	213	165	120
19	67	74	63	51	34	50	42	25
13	64	94	62	43	52	49	18	31
4	27	73	36	62	46	90	46	27
2	115	126	97	116	70	94	62	32
16	40	59	39	93	40	59	35	66
10	19	47	26	11	26	51	32	17
1	20	51	32	19	25	53	29	11
5	139	191	160	93	88	129	79	55
9	42	59	44	38	44	64	48	50
14	56	58	40	56	38	52	42	27
8	56	76	65	36	105	132	99	73
11	110	125	99	110	103	127	93	134
17	34	54	33	52	47	67	56	45
21	13	36	13	9	28	52	35	25

ID	Placebo				Vit C & E			
	Pre	TC (mg/dl)			Pre	TC (mg/dl)		
		Post	1	24		Post	1	24
3	177	196	175	166	202	205	196	191
12	173	177	175	151	167	178	172	150
15	181	195	191	175	142	151	143	139
20	146	170	157	154	169	188	181	157
19	220	246	217	188	168	177	170	177
13	162	185	153	152	149	179	160	168
4	165	193	171	170	192	204	199	195
2	257	244	251	222	215	226	217	218
16	290	315	285	297	300	317	318	300
10	166	156	162	147	174	168	163	167
1	186	184	189	168	165	175	164	157
5	189	208	183	158	194	211	182	178
9	190	211	197	194	178	199	185	198
14	148	131	151	129	178	172	172	161
8	247	264	240	220	266	290	262	260
11	137	147	140	142	126	139	131	123
17	281	281	277	254	306	307	318	296
21	186	203	186	181	173	195	169	171

ID	Placebo				Vit C & E			
	Pre	HDL (mg/dl)			Pre	HDL (mg/dl)		
		Post	1	24		Post	1	24
3	57	66	59	55	73	74	70	69
12	66	69	69	60	74	78	76	66
15	55	62	60	52	52	57	52	53
20	43	51	42	44	39	45	40	38
19	59	62	64	58	49	49	46	50
13	47	55	47	43	52	61	51	53
4	48	53	49	47	54	60	55	54
2	47	55	56	49	43	58	51	58
16	46	53	48	47	42	48	45	42
10	47	47	46	46	47	48	46	46
1	28	31	28	29	22	23	22	22
5	42	48	42	36	49	58	51	49
9	39	44	41	39	30	34	32	34
14	57	56	62	58	68	67	66	59
8	46	50	46	42	43	48	44	42
11	33	37	36	35	37	41	40	36
17	45	45	47	39	42	43	43	41
21	57	62	55	51	52	61	53	54

ID	Placebo				Vit C & E			
	Pre	LDL (mg/dL)			Pre	LDL (mg/dL)		
		Post	1	24		Post	1	24
3	110	119	111	105	121	124	122	119
12	102	94	98	85	87	94	93	79
15	104	103	107	111	77	73	78	68
20	70	80	82	80	93	100	107	95
19	148	169	140	120	113	119	115	122
13	102	111	94	100	61	108	105	109
4	111	125	114	110	129	125	135	136
2	187	163	175	150	158	149	154	153
16	236	251	229	231	250	257	266	245
10	115	100	111	99	122	110	111	118
1	153	142	154	136	138	141	136	133
5	119	122	109	104	128	127	116	118
9	143	155	147	148	139	152	143	154
14	80	63	81	77	102	94	98	96
8	190	199	181	171	202	216	198	204
11	82	85	85	86	68	73	73	60
17	230	225	224	205	255	250	263	246
21	126	134	128	128	115	124	109	112