



Οξειδοαναγωγική Κατάσταση του Αίματος σε Άνδρες και Γυναίκες κατά την Ηρεμία

Δημήτριος Οικονόμου, Μαρία Μισαηλίδη, Αναστάσιος Θεοδώρου, Γιώργος Σακελλαρίου, Βασίλης Πασχάλης, Μιχάλης Νικολαΐδης, Βασίλης Αλεξίου, & Αθανάσιος Τζιαμούρτας
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Ινστιτούτο Σωματικής Απόδοσης & Αποκατάστασης, Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής μελέτης ήταν να εξετάσει εάν υπάρχουν διαφορές στα επίπεδα δεικτών οξειδωτικού στρες στο αίμα μεταξύ νεαρών γυναικών και ανδρών κατά την ηρεμία. Σαράντα τέσσερις υγιείς αγύμναστοι άνδρες και γυναίκες συμμετείχαν στην έρευνα. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ισάριθμες ομάδες με βάση το φύλο. Ποσότητα αίματος συλλέχθηκε και μετρήθηκαν η ανηγμένη γλουταθειόνη (GSH), η οξειδωμένη γλουταθειόνη (GSSG), τα πρωτεϊνικά καρβονύλια, οι ουσίες που αντιδρούν με το θειβαρβιτουρικό οξύ (TBARS), η καταλάση και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC). Η λήψη αίματος στη ομάδα των γυναικών πραγματοποιήθηκε κατά την θυλακοειδή φάση. Από την στατιστική ανάλυση που έγινε στα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές στους δείκτες οξειδωτικού στρες ($p > .05$) μεταξύ ανδρών και γυναικών. Συμπερασματικά, δεν βρέθηκαν διαφορές στα επίπεδα οξειδωτικού στρες στο αίμα μεταξύ ανδρών και γυναικών όπως αυτό εκφράζεται από τους συγκεκριμένους δείκτες που χρησιμοποιήσαμε στη παρούσα μελέτη. Συνεπώς το φύλο δεν φαίνεται να επηρεάζει την οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος κατά την ηρεμία.

Λέξεις κλειδιά: *οξειδωτικό στρες, ελεύθερες ρίζες, φύλο, διατροφή*

Blood Redox Status in Men and Women at Rest

Dimitris Oikonomou, Anastasios Theodorou, Giorgos Sakellariou, Vasilis Paschalis, Michalis Nikolaidis, Vassilis Alexiou, & Athanasios Jamurtas

Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Institute of Human Performance & Rehabilitation, Centre for Research and Technology -Thessaly

Abstract

The aim of the present study was to examine selected blood redox status indices in young women and men at rest. Forty four healthy untrained men and women were equally divided into two groups by sex. Blood samples were obtained and analyzed for reduced glutathione (GSH), oxidized glutathione (GSSG), GSH/GSSG ratio, protein carbonyls, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), catalase and total antioxidant capacity (TAC). Blood was collected from women while they were in luteal phase at their menstrual cycle. Statistical analysis did not demonstrate any significant differences in the selected blood redox status indices ($p > .05$) between men and women. In conclusion, this study did not reveal differences in blood redox status between men and women suggesting that gender does not affect blood redox status.

Key words: *oxidative stress, free radicals, gender, nutrition*

Εισαγωγή

Τα δραστικά είδη οξυγόνου περιλαμβάνουν όχι μόνο τα μόρια που περιέχουν οξυγόνο, όπως το υπεροξειδίο ($O_2^{\cdot-}$) και η ρίζα υδροξυλίου (OH^{\cdot}), αλλά και μερικά προϊόντα του οξυγόνου που δεν είναι ρίζες, όπως το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) και το υποχλωρικό οξύ ($HOCl$). Ο όρος δραστικά είδη αζώτου περιλαμβάνει τις ρίζες αζώτου όπως τη ρίζα νιτρικού οξέος (NO^{\cdot}) και τις μη ρίζες αζώτου όπως η ρίζα του περοξονιτρίτη ($ONOO^{\cdot}$). Τα δραστικά είδη οξυγόνου και αζώτου (RONS) αποτελούν προϊόντα του αερόβιου μεταβολισμού που σχηματίζονται κατά την ηρεμία ή μετά από έκθεση σε ποικίλες περιβαλλοντολογικές επιδράσεις (πχ. διατροφή πλούσια σε λίπη, κάπνισμα) (Bloomer & Fisher-Wellman, 2008). Τα RONS παίζουν θεμελιώδη ρόλο σε αρκετά ενδοκυτταρικά μεταβολικά μονοπάτια ενώ η οξείδωση των μορίων αποτελεί έναν τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των κυττάρων (Forman, Fukuto, & Torres, 2004). Επιπλέον, τα RONS είναι απαραίτητα καθώς ενεργοποιούν διαδικασίες αποκατάστασης για τον οργανισμό. Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί ότι η δημιουργία RONS είναι απαραίτητη έτσι ώστε να επέλθουν ευνοϊκές προσαρμογές στο μυϊκό ιστό, όπως για παράδειγμα παράγοντες που έχουν σχέση με τη μεταγραφή γονιδίων, όπως ο NF-κβ. (Jackson, 1999; Peake, Suzuki, & Coombes, 2006).

Ο όρος οξειδωτικό στρες αναφέρεται σε μια σοβαρή δυσαναλογία μεταξύ της παραγωγής RONS 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). Για την αξιολόγηση του βαθμού υπεροξειδωσίας των λιπιδίων μετράται η μηλονοδιαλδεΐδη, οι ουσίες που αντιδρούν με το θειοβαρβιτουρικό οξύ (TBARS) και τα λιπιδικά υπεροξειδία (Mylonas & Kouretas, 1999), ενώ για την καταστροφή των πρωτεϊνών και του DNA χρησιμοποιούνται τα πρωτεϊνικά καρβονύλια και η 8-υδροξυδεοξυγουανοσίνη (8-OHdG), αντίστοιχα (Vincent & Taylor, 2006).

Η αντιοξειδωτική ικανότητα του οργανισμού προστατεύει τα κύτταρα από την υπερβολική παραγωγή RONS (Urso & Clarkson, 2003). Για τη ρύθμιση της συγκέντρωσης των RONS σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς υπάρχουν αρκετοί αμυντικοί αντιοξειδωτικοί μηχανισμοί οι οποίοι μειώνουν αλλά δεν εξαλείφουν την οξειδωτική βλάβη που προκαλούν τα RONS (Halliwell, 2001).

Το αντιοξειδωτικό σύστημα αποτελείται από αντιοξειδωτικά ένζυμα, όπως η καταλάση, η δισμουτάση του υπεροξειδίου, και η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης καθώς και μη ενζυμικές αντιοξειδωτικές ουσίες, όπως το ουρικό οξύ, η γλουταθειόνη και η χολερυθρίνη (Ratnam, Ankola, Bhardwaj, Sahana, & Kumar, 2006; Urso & Clarkson, 2003).

Στη βιβλιογραφία αρκετές έρευνες έχουν συγκρίνει το οξειδωτικό στρες και την αντιοξειδωτική ικανότητα ανδρών και γυναικών. Οι περισσότερες από αυτές έχουν εστιάσει στο οξειδωτικό στρες που προκαλείται εξαιτίας της άσκησης και λιγότερο στα επίπεδα οξειδωτικού στρες κατά την ηρεμία. Κάποιες μελέτες που εξέτασαν την οξειδοαναγωγική κατάσταση προπονημένων ανδρών και γυναικών σε ηρεμία δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα σε δύο έρευνες στις οποίες συμμετείχε ένας σημαντικός αριθμός από αερόβια και αναερόβια προπονημένους άνδρες και γυναίκες, διαπιστώθηκε ότι οι τιμές των TBARS, των πρωτεϊνικών καρβονυλίων και της 8-OHdG δεν διέφεραν σε σχέση με το φύλο και τον τύπο φυσικής δραστηριότητας (Bloomer & Fisher-Wellman, 2008; Rousseau et al., 2004). Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με τα αποτελέσματα του Kaikkonen και των συνεργατών του (2002), οι οποίοι αξιολόγησαν δείκτες λιπιδικής υπεροξειδωσίας ηρεμίας σε 46 μαραθωνοδρόμους και δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών (Kaikkonen et al., 2002).

Ωστόσο, άλλες ερευνητικές ομάδες παραθέτουν μια διαφορετική εικόνα όσον αφορά την οξειδοαναγωγική κατάσταση ηρεμίας των ανδρών και των γυναικών. Εργασίες στις οποίες συμμετείχαν προπονημένα άτομα και των δυο φύλων, έδειξαν ότι οι γυναίκες είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε αρκετά αντιοξειδωτικά μόρια έναντι των ανδρών (Balog et al., 2006; Ilhan Nevin, Kamanli, Ozmerdivenli, & Ilhan, 2004; Watson, MacDonald-Wicks, & Garg, 2005). Πιο συγκεκριμένα έδειξαν ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν πιο έντονη αντιοξειδωτική ενζυμική δραστηριότητα και ως αποτέλεσμα αυτού μικρότερη οξειδωτική βλάβη προκαλούμενη από τα RONS. Τα δεδομένα αυτά έρχονται σε αντίθεση με τις προηγούμενες έρευνες (Bloomer & Fisher-Wellman, 2008; Kaikkonen et al., 2002; Rousseau et al., 2004) οι οποίες δεν διέκριναν σημαντικές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών. Μια πιθανή αιτία για την διαφορά στην οξειδοαναγωγική κατάσταση μεταξύ ανδρών και γυναικών φαίνεται ότι είναι τα οιστρογόνα. Εικάζεται πως τα οιστρογόνα δρουν ως αντιοξειδωτικά in vitro (Ruiz-Larrea, Leal, Martin, Martinez, & Lacort, 1997) και περιορίζουν την υπερβολική παραγωγή ελευθέρων ριζών που δημιουργούνται λόγω αυξημένης δραστηριότητας των μιτοχονδρίων (Borras et al., 2003).

Οδηγούμαστε επομένως σε μια όχι και τόσο

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά 22 ανδρών και 22 γυναικών. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τη Μέση Τιμή ± Τυπικό Σφάλμα.

Χαρακτηριστικά	Ανδρες (n = 22)		Γυναίκες (n = 22)	
Ηλικία (έτη)	21	± 0.6	20	± 0.4
Ύψος (cm)	175	± 1.2	164	± 1.4
Βάρος (kg)	72	± 1.5	56	± 0.8
Σωματικό λίπος (%)	14	± 1.3	27	± 1.2

ξεκάθαρη εικόνα αναφορικά με την επιδεκτικότητα των ανδρών και των γυναικών στο οξειδωτικό στρες και τις πιθανές αιτίες που συμβάλουν σε αυτό. Σκοπός λοιπόν της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να αξιολογήσει την οξειδοαναγωγική κατάσταση απροπόνητων νεαρών γυναικών και να τη συγκρίνει με αυτή νεαρών ανδρών. Υποθέσαμε πως οι γυναίκες εξαιτίας της επίδρασης των ορμονών του φύλου, θα έχουν ένα καλύτερα αναπτυγμένο αντιοξειδωτικό σύστημα ενάντια στα RONS, γεγονός που θα αποτυπώνεται στους δείκτες οξειδωτικού στρες στο αίμα.

Μεθοδολογία

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 22 απροπόνητοι άνδρες και 22 απροπόνητες γυναίκες (με φυσιολογικό κύκλο εμμήνου ρύσης) φοιτητές του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι συμμετέχοντες δεν ήταν καπνιστές και δεν λάμβαναν οποιαδήποτε φαρμακευτική αγωγή ή διαιτητικά συμπληρώματα για τουλάχιστο τέσσερις εβδομάδες πριν την έναρξη της έρευνας. Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Διαδικασίες

Οι υποψήφιοι συμμετέχοντες κατά την πρώτη επίσκεψη τους στο εργαστήριο βιοχημείας της άσκησης του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο το οποίο περιελάμβανε πληροφορίες όσον αφορά το οικογενειακό ιστορικό ασθενειών των ίδιων και των συγγενών τους καθώς επίσης και στοιχεία σχετικά με το επίπεδο της φυσικής τους δραστηριότητας. Επιπλέον τους δόθηκε ενημερωτικό υλικό και πληροφορίες σχετικά με τους σκοπούς της έρευνας, τις διαδικασίες, τους κινδύνους, τις υποχρεώσεις, τη νέα γνώση που θα παραχθεί καθώς και τις ωφέλειες που θα προκύψουν από την έρευνα. Εφόσον οι εθελοντές επιθυμούσαν τη συμμετοχή του στην έρευνα τότε υπέγραφαν ένα έντυπο με την έγγραφη συγκατάθεση συμμετοχής τους στο πείραμα.

Όλες οι πειραματικές μετρήσεις έγιναν σε συμφωνία και έγκριση από την Επιτροπής Βιοηθικής και Δεοντολογίας (ΕΒΔ) του ΤΕΦΑΑ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Αιμοληψίες και αναλύσεις

Εντός ενός μηνός από την πρώτη ενημερωτική επίσκεψη οι συμμετέχοντες επέστρεψαν στο εργαστήριο βιοχημείας για την απαιτούμενη αιμοληψία. Υποθέτοντας πως τα οιστρογόνα μπορούν να επηρεάσουν τις εξαρτημένες μεταβλητές, οι γυναίκες επιλέχθηκαν να προσέλθουν κατά την πρώτη φάση της περιόδου της εμμήνου ρύσης (1 - 5 ημέρα) όπου αρχίζουν να αυξάνονται τα επίπεδα της ωοθυλακιοτρόπου ορμόνης (FSH) και χωρίς να παρατηρείται σημαντική αύξηση στα επίπεδα των οιστρογόνων. Επίσης, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν να μην πραγματοποιήσουν κανέναν είδους έντονη εργασία ή άσκηση τουλάχιστον 72 ώρες πριν την αιμοληψία, έτσι ώστε να μην επηρεαστούν οι μετρούμενες παράμετροι.

Με την άφιξη των συμμετεχόντων στο εργαστήριο (μεταξύ 9-11 π.μ) γινόταν αιμοληψία φλεβικού αίματος από τη βασιλική ή μεσοβασιλική ή κεφαλική φλέβα των άνω άκρων ενώ οι συμμετέχοντες βρισκόταν σε ύπτια θέση. Τηρούνταν όλοι οι προβλεπόμενοι κανόνες ασηψίας και αντισηψίας και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν μιας χρήσης. Για τη συλλογή του αιμολύματος, σε ολικό αίμα που συλλέχθηκε σε σωληνάριο με EDTA προστέθηκε 5% τριχλωροξικό οξύ (1:1 v/v), ακολούθησε ισχυρή ανάδευση και φυγοκέντρηση στις 4,000 × g για 10 λεπτά στους 4°C. Το υπερκείμενο αφαιρέθηκε και υποβλήθηκε σε άλλη μία φυγοκέντρηση στις 28,600 × g για 5 λεπτά στους 4°C. Το καθαρό υπερκείμενο μεταφέρθηκε σε φιαλίδια Eppendorf™ και χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της ανηγμένης (GSH) και οξειδωμένης γλουταθειόνης (GSSG). Για τη συλλογή του ορού, ποσότητα αίματος συλλέχθηκε σε απλά σωληνάκια, αφήθηκε για 20 min να πήξει και κατόπιν φυγοκεντρήθηκε σε 4,000 × g στροφές για 10 λεπτά στους 4°C.

Μετρήσεις δεικτών οξειδωτικού στρες

Η μέτρηση της GSH έγινε σύμφωνα με τους Reddy, Murthy, Krishna και Prabhakar (2004) και

της GSSG σύμφωνα με τον Tietze (1969). Η μέτρηση των TBARS έγινε σύμφωνα με τους Keles, Taysi, Sen, Aksoy και Akcay (2001), τα πρωτεϊνικά καρβονύλια του ορού σύμφωνα με την μέθοδο των Patsoukis και των συνεργατών του (2004) και η δραστηριότητα της καταλάσης σύμφωνα με τον Aebi (1984). Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα του ορού μετρήθηκε σύμφωνα με τους Janaszewska και Bartosz (2002).

Όλες οι μετρήσεις στο ολικό αιμόλυμα και στον ορό έγιναν εις τριπλούν και σε διάστημα μικρότερο των τριών μηνών από την αιμοληψία, ούτως ώστε να αποκλειστούν τυχόν μεταβολές στην κατάσταση των δειγμάτων. Τα αντιπροσωπευτικά δείγματα του αίματος αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία -80 °C και αφέθηκαν να ξεπαγώσουν μόνο μια φορά πριν την μέτρηση.

Διαιτητική ανάλυση

Στους συμμετέχοντες στη μελέτη ζητήθηκε να καταγράψουν τη διατροφή τους για τρεις ημέρες πριν την πραγματοποίηση της αιμοληψίας. Σε κάθε δοκιμαζόμενο είχαν χορηγηθεί γραπτές οδηγίες για έλεγχο της διαιτητικής κατανάλωσης και ένα φύλο καταγραφής για την καταγραφή των διατροφικών προσληψεων. Τα διατροφικά στοιχεία αναλύθηκαν με την χρήση του συστήματος ανάλυσης Science Fit Diet 200A (Sciencefit, Greece) και τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα παρουσιάζονται σαν μέσες τιμές ± τυπικό σφάλμα. Για την στατιστική ανάλυση των δεικτών οξειδωτικού στρες χρησιμοποιήθηκε t-test

για ανεξάρτητα δείγματα. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < .05$. Το στατιστικό πακέτο SPSS έκδοση 15.0 χρησιμοποιήθηκε για όλες τις αναλύσεις (SPSS Inc., USA).

Αποτελέσματα

Διαιτητική ανάλυση

Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο ομάδων όσον αφορά την διατροφή τους τις μέρες που προηγήθηκαν της αιμοληψίας ($p < .05$).

Κατάσταση της γλουταθειόνης

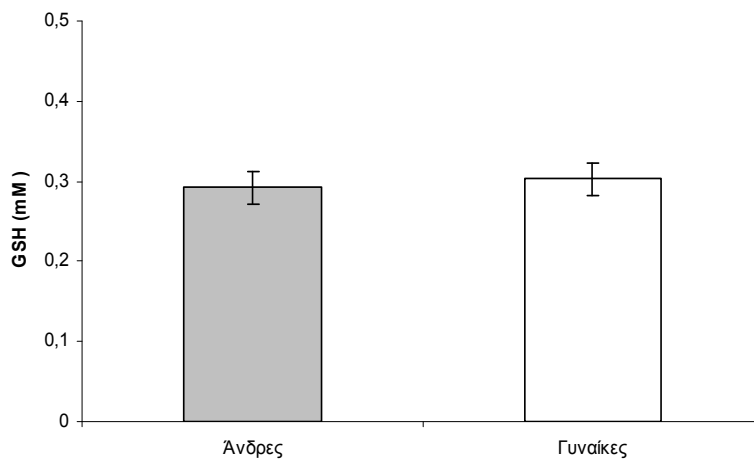
Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές ηρεμίας στη συγκέντρωση της GSH ($t_{42}=36.07$, $p = .618$, $\eta^2=0.06$) και της GSSG ($t_{42}=40.22$, $p = .106$, $\eta^2=0.61$) ανάμεσα στους άνδρες και στις γυναίκες (Σχήματα 1 - 2 αντίστοιχα). Ως εκ τούτου η αναλογία GSH/GSSG δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($t_{42}=42$, $p = .542$, $\eta^2=0.09$) ανάμεσα στις δυο ομάδες (Σχήμα 3).

Πρωτεϊνικά καρβονύλια, TBARS, καταλάση και TAC

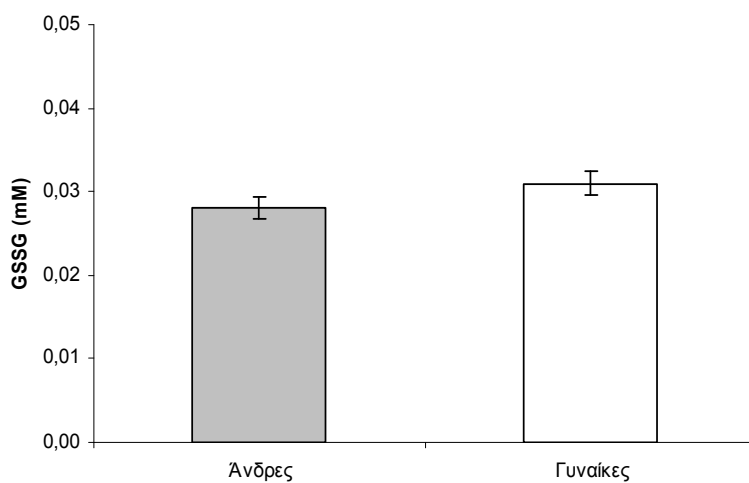
Οι τιμές ηρεμίας για τα πρωτεϊνικά καρβονύλια, τα TBARS, την καταλάση και τη TAC δεν διέφεραν σημαντικά στους άνδρες και στις γυναίκες (Σχήματα 4 -7). Συγκεκριμένα, καμία διαφορά δεν παρουσιάστηκε στις τιμές ηρεμίας των πρωτεϊνικών καρβονύλιων ($t_{42}=35.99$, $p = .188$, $\eta^2=0.04$) των TBARS ($t_{42}=41.51$, $p = .773$, $\eta^2=0.02$), της καταλάσης ($t_{42}=41.83$, $p = .506$, $\eta^2=0.01$) και της TAC ($t_{42}=36.07$, $p = .233$, $\eta^2=0.03$).

Πίνακας 2. Ανάλυση της διατροφής των ανδρών και γυναικών. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τη Μέση Τιμή ± το Τυπικό Σφάλμα.

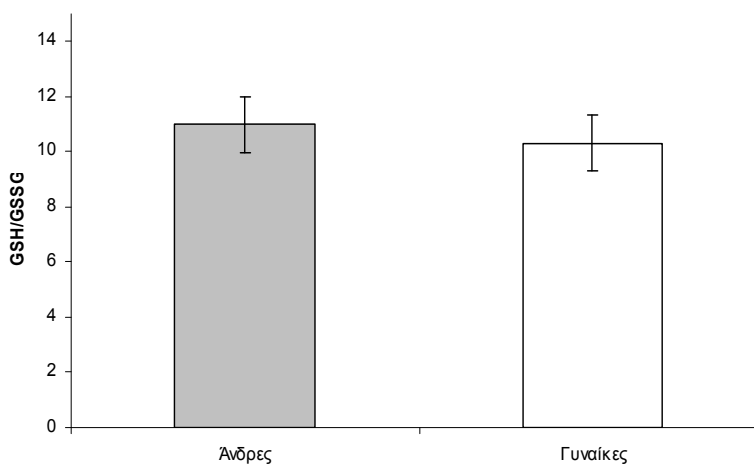
Μεταβλητές	Ανδρες (n =22)		Γυναίκες (n =22)	
Θερμίδες (kcal)	1924	± 27	1692	± 35
Πρωτεΐνες (g)	68	± 1.5	64	± 1.5
Πρωτεΐνες (% ενέργεια)	14	± 0.2	14	± 0.2
Υδατάνθρακες (g)	251	± 2.05	242	± 4.7
Υδατάνθρακες (% ενέργεια)	53	± 0.6	52	± 0.2
Λίπη (g)	72	± 1.4	52	± 0.2
Λίπη (% ενέργεια)	33	± 0.4	34	± 0.2
Βιταμίνη C (mg)	45	± 2.1	73	± 2.1
Βιταμίνη E (mg)	4	± 0.2	6	± 0.3
Βιταμίνη A (RE)	539	± 31.3	832	± 26.6



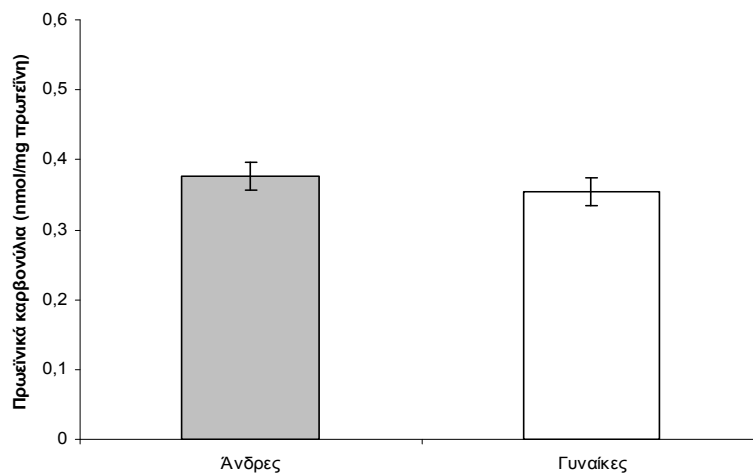
Σχήμα 1. Συγκέντρωση GSH στους άνδρες και τις γυναίκες (ΜΤ ± Τυπικό Σφάλμα).



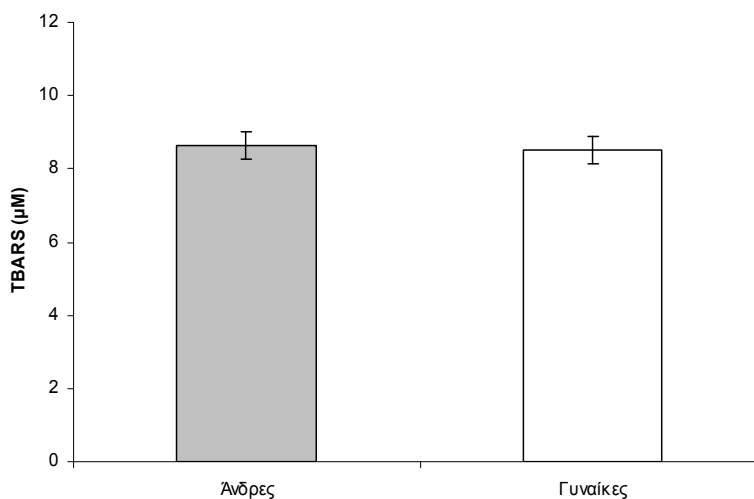
Σχήμα 2. Συγκέντρωση GSSG στους άνδρες και τις γυναίκες (ΜΤ ± Τυπικό Σφάλμα)



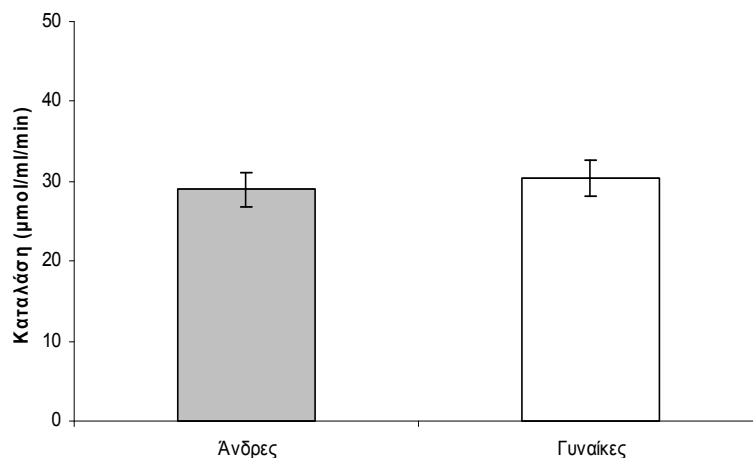
Σχήμα 3. Λόγος GSH/GSSG στους άνδρες και τις γυναίκες (ΜΤ ± Τυπικό Σφάλμα).



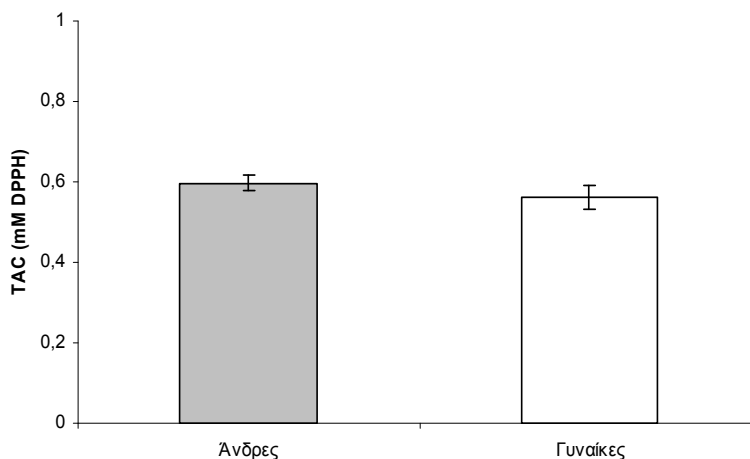
Σχήμα 4. Συγκέντρωση των πρωτεϊνικών καρβονυλίων στους άνδρες και τις γυναίκες (MT ± Τυπικό Σφάλμα).



Σχήμα 5. Συγκέντρωση των TBARS στους άνδρες και τις γυναίκες (MT ± Τυπικό Σφάλμα).



Σχήμα 6. Συγκέντρωση της καταλάσης στους άνδρες και τις γυναίκες (MT ± τυπικό σφάλμα).



Σχήμα 7. Συγκέντρωση της TAC στους άνδρες και τις γυναίκες (ΜΤ ± τυπικό σφάλμα).

Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε ένας σημαντικός αριθμός δεικτών οξειδωτικού στρες στην ηρεμία, με σκοπό να αποκαλυφθούν πιθανές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών όσον αφορά την οξειδωαναγωγική τους κατάσταση στο αίμα. Έγινε αιμοληψία κατά τη διάρκεια της ηρεμίας χωρίς να έχει προηγηθεί οποιαδήποτε μορφή άσκησης από τους συμμετέχοντες κατά τις τελευταίες 72 ώρες πριν από την αιμοληψία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα επίπεδα των επιλεγμένων δεικτών οξειδωτικού στρες δεν διέφεραν μεταξύ ανδρών και των γυναικών.

Η γλουταθειόνη όπως είναι γνωστό αποτελεί την πιο άφθονη θειόλη ενώ η αναλογία GSH/GSSG αποτελεί έναν από τους πιο ευαίσθητους δείκτες οξειδωτικού στρες (Elokda & Nielsen, 2007; Mylonas & Kouretas, 1999). Τα TBARS αποτελούν δείκτη υπεροξειδωσης των λιπιδίων, ενώ η αντίστοιχη οξείδωση που προκαλείται στις πρωτεΐνες ανιχνεύεται μέσω των πρωτεϊνικών καρβονυλίων. Η καταλάση είναι ένα κύριο αντιοξειδωτικό ένζυμο και η TAC αντιπροσωπεύει τη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα του πλάσματος (Cao, Alessio, & Cutler, 1993; Sacheck & Blumberg, 2001; Urso, & Clarkson, 2003).

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η οξειδωαναγωγική κατάσταση της γλουταθειόνης, οι τιμές των TBARS, της καταλάσης, των πρωτεϊνικών καρβονυλίων και της TAC. Βρήκαμε παρόμοια επίπεδα GSH και GSSG στους άνδρες και στις γυναίκες και ως αποτέλεσμα αυτού η αναλογία GSH/GSSG ήταν και παρόμοια και στις δυο ομάδες. Επίσης παρόμοιες ήταν και οι τιμές των TBARS, της καταλάσης, των πρωτεϊνικών καρβονυλίων και της TAC, εύρημα που συμφωνεί με δεδομένα προηγούμενων ερευνών που έχουν συγκρίνει αγύμναστους άνδρες και γυναίκες (Elokda & Nielsen, 2007; Rodriguez, Rosenfeld, & Tarnopolsky, 2003;

Rousseau et al., 2004).

Ωστόσο, άλλες πηγές στη βιβλιογραφία παραθέτουν αντίθετη άποψη υποστηρίζοντας ότι το οξειδωτικό στρες των ανδρών διαφέρει από αυτό των γυναικών. Έρευνες οι οποίες υποστηρίζουν αυτή την άποψη αναφέρουν ως κύριες αιτίες για τις αποκλίσεις των αποτελεσμάτων ανάμεσα στα δυο φύλα τις διαφορές στο ορμονικό προφίλ μεταξύ των δυο φύλων, στα επίπεδα της GSH σε ηρεμία, στο επίπεδο φυσικής δραστηριότητας μεταξύ ανδρών και γυναικών, στην υψηλότερη μεταβολική δραστηριότητα των ανδρών (Balog et al., 2006; Ilhan et al., 2004) και περιορισμούς όσον αφορά την μεθοδολογία που υιοθετήθηκε (Watson et al., 2005).

Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα κανένας από τους δείκτες της οξειδωαναγωγικής κατάστασης του αίματος σε ηρεμία δεν διέφεραν σημαντικά στους άνδρες και στις γυναίκες. Αρχικά, υποθέσαμε πως οι γυναίκες θα είχαν ένα καλύτερα αναπτυγμένο αντιοξειδωτικό σύστημα έναντι των ανδρών, εξαιτίας της παρουσίας των οιστρογόνων. Ωστόσο, η παρούσα έρευνα δεν επιβεβαιώνει αυτόν τον συλλογισμό. Η αυξημένη συγκέντρωση των οιστρογόνων στις γυναίκες δεν οδήγησε σε αύξηση των δεικτών που υποδηλώνουν οξειδωτική βλάβη από τα RONS.

Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ως προς το φύλο υποθέτουμε ότι οφείλεται στις παρόμοιες τιμές, της GSH, της καταλάσης και της TAC στο αίμα οι οποίες δρουν προστατεύοντας τα κύτταρα από την οξειδωτική βλάβη προκαλούμενη από τα RONS (Cao et al., 1993; Sacheck & Blumberg, 2001; Urso & Clarkson, 2003). Μια άλλη πιθανή εξήγηση για τα παρόμοια επίπεδα οξειδωτικού στρες μεταξύ ανδρών και γυναικών αποτελεί η ποσότητα των εξωγενών αντιοξειδωτικών ουσιών (βιταμίνες A, E και C) οι οποίες προσλαμβάνονται μέσω της τροφής και βοηθούν το αντιοξειδωτικό σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού (Powers, Deruisseau,

Quindry, & Hamilton, 2004). Η υπόθεση αυτή ε-νισχύεται αν αναλογιστούμε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στη διατροφή των ανδρών και των γυναικών όσον αφορά την πρόσληψη βιταμίνης Α, Ε και C.

Συμπεράσματα – Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Το κύριο εύρημα αυτής της εργασίας είναι ότι τα επίπεδα των δεικτών οξειδωτικού στρες και κατά συνέπεια η παραγωγή RONS δεν διαφέρουν μεταξύ αγύμναστων νεαρών ανδρών και γυναικών. Οι δείκτες αντιοξειδωτικής ικανότητας και οξειδωτικής βλάβης παρουσίασαν μη σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δυο ομάδες. Πιθανή αιτία για αυτό είναι οι παρόμοιες τιμές γλουταθειόνης, καταλάσης και TAC όπως μετρήθηκαν στο αίμα μετά από ένα διάστημα ελεγχόμενης διατροφής και αποχής από έντονη δραστηριότητα. Με τα δεδομένα αυτά καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πιθανά οι ορμόνες του φύλου δεν διαφοροποιούν την δεκτικότητα των ανδρών και των γυναικών στο οξειδωτικό στρες σε συνθήκες ηρεμίας.

Εντούτοις, η ερμηνεία αυτών των συμπερασμάτων θα πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή καθώς πλην της συγκέντρωσης της GSH, της καταλάσης και της TAC δεν προσδιορίστηκαν άλλες αντιοξειδωτικές ουσίες. Επιπλέον, η απουσία μέτρησης

της συγκέντρωσης των οιστρογόνων αποτελεί τον σημαντικότερο περιορισμό αυτής της έρευνας. Ως εκ τούτου, η κατανόηση της σχέσης που είναι πιθανόν να υπάρχει μεταξύ του φύλου, των αντιοξειδωτικών ουσιών και του οξειδωτικού στρες σε ηρεμία, χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί ένα ερέθισμα για την υλοποίηση μελλοντικών ερευνών, οι οποίες θα δώσουν περισσότερο χρήσιμες πληροφορίες όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα των γυναικών στην ωχρινική φάση του καταμήνιου κύκλου σε ηρεμία και της πιθανής υπεροχής του αντιοξειδωτικού τους συστήματος έναντι των ανδρών. Μελλοντικές παρόμοιες εργασίες θα πρέπει: α) να εκτελούν πολλαπλές αιμοληψίες κατά την φάση της αποχής από οποιαδήποτε έντονη φυσική δραστηριότητα και λήψη αντιοξειδωτικών ουσιών β) οι συμμετέχοντες θα πρέπει να απέχουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από αυτό των 48 ωρών από οποιαδήποτε φυσική δραστηριότητα γ) επιπλέον το δείγμα που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να απέχει από οποιαδήποτε συμπληρωματική λήψη αντιοξειδωτικών ουσιών για διάστημα μεγαλύτερο του 1 μήνα δ) προς κατανόηση του ρόλου των οιστρογόνων και των ανδρογόνων ορμονών θα πρέπει να μετρηθούν άμεσα τα επίπεδα τους στο αίμα.

Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η συγκεκριμένη έρευνα σύγκρινε την οξειδοαναγωγική κατάσταση του αίματος των ανδρών και των γυναικών σε ηρεμία. Η γνώση των συγκεκριμένων πληροφοριών δίνει τη δυνατότητα στον αναγνώστη να κατανοήσει την επίδραση του φύλου στην αντιοξειδωτική ικανότητα του οργανισμού και τους πιθανούς μηχανισμούς που δρουν μειώνοντας την οξειδωτική βλάβη που προκαλείται από τα RONS. Παράλληλα, δίνεται η ευκαιρία στον αναγνώστη να έρθει σε επαφή με ένα θέμα σχετικά άγνωστο στο ευρύ κοινό και με ένα σύγχρονο πεδίο εντατικής έρευνας το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την υγεία και την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Μια περαιτέρω διερεύνηση της πιθανής σχέσης μεταξύ των ορμονών του φύλου και του οξειδωτικού στρες θα δώσει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτό το θέμα στους ερευνητές που ασχολούνται με την επιστήμη της βιοχημείας της άσκησης, αλλά και σε επαγγελματίες που ασχολούνται με θέματα υγείας και ποιότητας ζωής όπως γιατροί, διαιτολόγοι και καθηγητές φυσικής αγωγής.

Βιβλιογραφία

- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126.
- Balog, T., Sobocanec, S., Sverko, V., Krolo, I., Rocić, B., Marotti, M., et al. (2006). The influence of season on oxidant-antioxidant status in trained and sedentary subjects. *Life Sciences*, 23, 1441-1447.
- Bloomer, R.J., & Fisher-Wellman, K.H. (2008). Blood oxidative stress biomarkers: Influence of sex, training status, and dietary intake. *Gender Medicine*, 5, 218-28.
- Borras, C., Sastre, J., Garcia-Sala, D., Lloret, A., Pallardo, F.V., & Vina, J. (2003). Mitochondria from females exhibit higher antioxidant gene expression and lower oxidative damage than males. *Free Radical Biology and Medicine*, 34, 546-552.
- Cao, G., Alessio, H.M., & Cutler, R.G. (1993). Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, 14, 303-311.
- Elokda, A.S., & Nielsen, D.H. (2007). Effects of exercise training on the glutathione antioxidant system. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 14, 630-637.
- Forman, H.J., Fukuto, J.M., & Torres, M. (2004).

- Redox signaling: Thiol chemistry defines which reactive oxygen and nitrogen species can act as second messengers. *American Journal of Physiology. Cell Physiology*, 287, 246-256.
- Halliwell, B. (2001). *Free radicals and other reactive species in disease. Encyclopedia of Life Sciences.* (pp. 11-17) Chichester: John Wiley & Sons.
- Halliwell, B., & Whiteman, M. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: How should you do it and what do the results mean? *British Journal of Pharmacology*, 142, 231-255.
- Ilhan, N., Kamanli, A., Ozmerdivenli, R. & Ilhan, N. (2004). Variable effects of exercise intensity on reduced glutathione, thiobarbituric acid reactive substance levels, and glucose concentration. *Archives of Medical Research*, 35, 294-300.
- Jackson, J.M. (1999). Free radicals in skin and muscle: damaging agents or signals for adaptation? *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 673-676.
- Janaszewska, A., & Bartosz, G. (2002). Assay of total antioxidant capacity: comparison of four methods as applied to human blood plasma. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 62, 231-236.
- Kaikkonen, J., Porkkala-Sarataho, E., Tuomainen, T.P., Nyysönen, K., Kosonen, L., Ristonmaa, U., Lakka, H.M., et al. (2002). Exhaustive exercise increases plasma/serum total oxidation resistance in moderately trained men and women, whereas their VLDL + LDL lipoprotein fraction is more susceptible to oxidation. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 62, 599-607.
- Keles, M.S., Taysi, S., Sen, N., Aksoy, H., & Akcay, F. (2001). Effect of corticosteroid therapy on serum and CSF malondialdehyde and antioxidant proteins in multiple sclerosis. *The Canadian Journal of Neurological Sciences. Le journal canadien des sciences neurologiques*, 28, 141-143.
- Mylonas, C., & Kouretas, D. (1999). Lipid peroxidation and tissue damage. *In Vivo*, 13, 295-309.
- Patsoukis, N., Zervoudakis, G., Panagopoulos, N.T., Georgiou, C.D., Angelatou, F., & Matsokis, N.A. (2004). Thiol redox state (TRS) and oxidative stress in the mouse hippocampus after pentylene tetrazolol-induced epileptic seizure. *Neuroscience Letters*, 357, 83-86.
- 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., Deruisseau, K.C., Quindry, J. & Hamilton, K.L. (2004). Dietary antioxidants and exercise. *Journal of Sports Sciences*, 22, 81- 94.
- Ratnam, D.V., Ankola, D.D., Bhardwaj, V., Sahana, D.K., & Kumar, M.N. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release*, 113, 189-207.
- Reddy, Y., Murthy, S., Krishna, D., & Prabhakar, M. (2004). Role of free radicals and antioxidants in tuberculosis patients. *The Indian Journal of Tuberculosis*, 51, 213-218.
- Rodriguez, M.C., Rosenfeld, J., & Tarnopolsky, M.A. (2003). Plasma malondialdehyde increases transiently after ischemic forearm exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1859-1865.
- Rousseau, A.S., Hininger, I., Palazzetti, S., Faure, H., Roussel, A.M., & Margaritis, I. (2004). Antioxidant vitamin status in high exposure to oxidative stress in competitive athletes. *British Journal of Nutrition*, 92, 461-468.
- Ruiz-Larrea, M.B., Leal, A.M., Mart'ın, C., Martinez, R., & Lacort, M. (1997). Antioxidant action of estrogens in rat hepatocytes. *Revista Española de Fisiología*, 53, 225-230.
- Sacheck, J.M., & Blumberg, J.B. (2001). Role of Vitamin E and Oxidative Stress in Exercise. *Nutrition*, 17, 809-814.
- Tietze, F. (1969). Enzymic method for quantitative determination of nanogram amounts of total and oxidized glutathione: applications to mammalian blood and other tissues. *Analytical Biochemistry*, 27, 502- 522.
- Urso, M.L. & Clarkson, P.M. (2003). Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*, 15, 41-54.
- Vincent, H.K., & Taylor, A.G. (2006). Biomarkers and potential mechanisms of obesity-induced oxidant stress in humans. *International Journal of Obesity*, 30, 400-418.
- Watson, T.A, MacDonald-Wicks, L.K, & Garg, M.L. (2005). Oxidative stress and antioxidants in athletes undertaking regular exercise training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15, 131-146.

