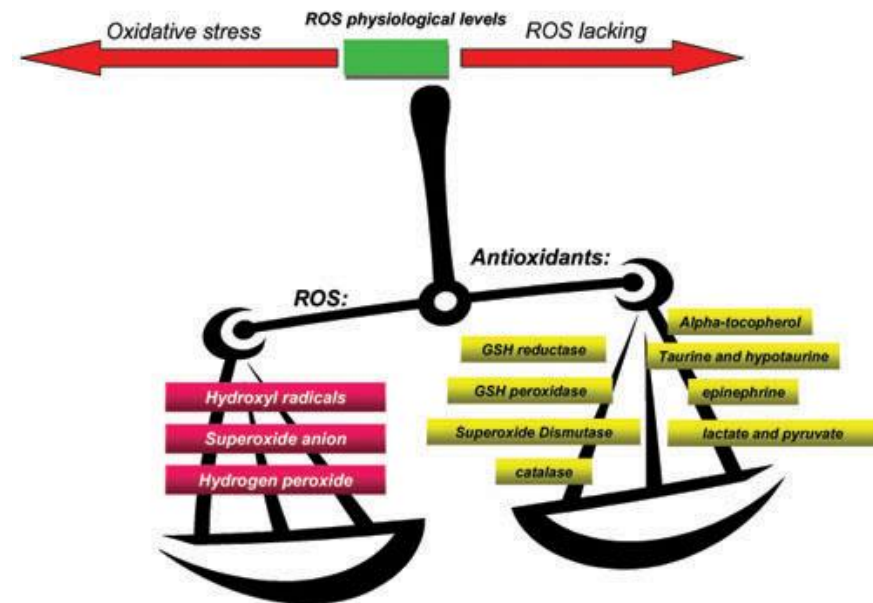


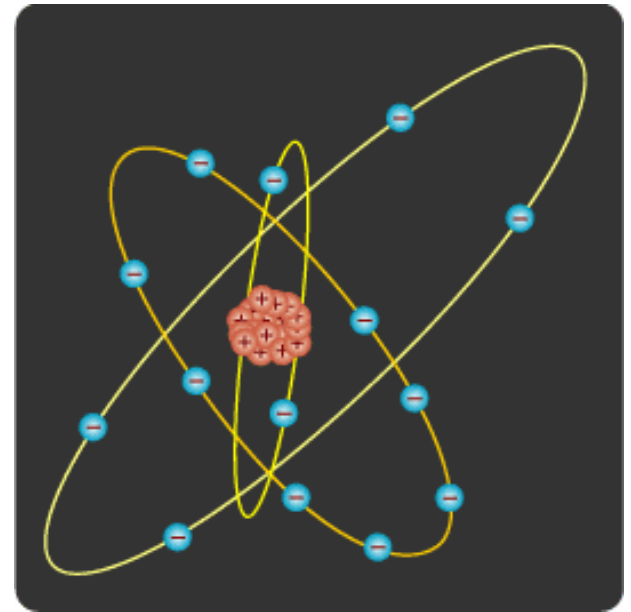
Οξειδωτικό Stress, άσκηση και υπερπροπόνηση

Οξειδωτικό στρες

- Γενικός όρος ο οποίος αναφέρεται στην ανισορροπία μεταξύ της δημιουργίας δραστικών ειδών οξυγόνου και αζώτου και της απομάκρυνσης αυτών διαμέσου του αντιοξειδωτικού συστήματος
- Τα δραστικά είδη οξυγόνου και αζώτου είναι γνωστά και ως ελεύθερες ρίζες



- Είναι γνωστό από τη φυσική ότι το άτομο κάθε στοιχείου αποτελείται από τον πυρήνα και τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια που περιστρέφονται σε συγκεκριμένες τροχιές γύρω από αυτόν.



Τι είναι ελεύθερες ρίζες;

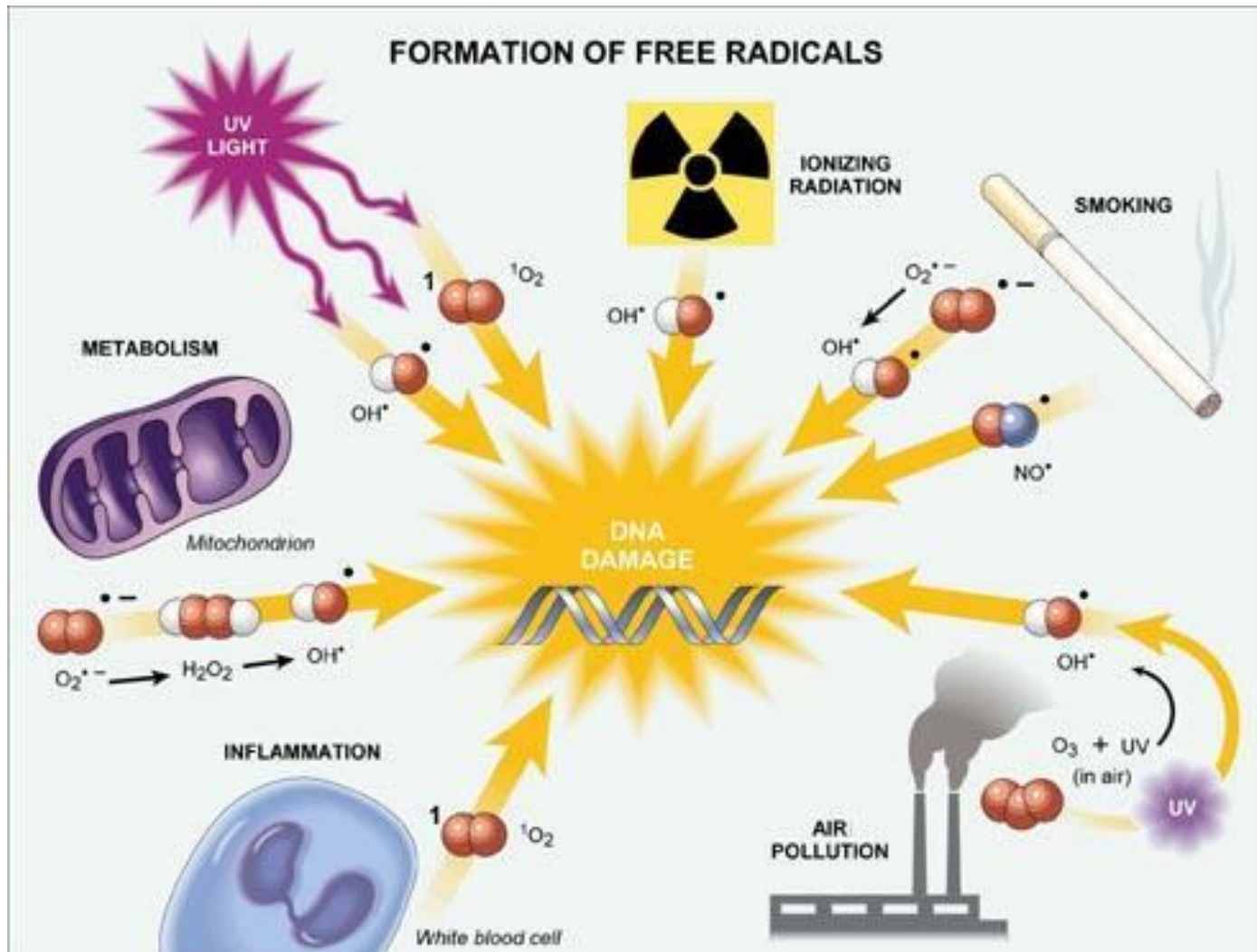
- Ουσίες οι οποίες έχουν ένα **αζευγάρωτο ηλεκτρόνιο** στην εξωτερική τους στιβάδα.
- Τα αζευγάρωτα ηλεκτρόνια είναι πολύ ασταθή και αντιδρούν πολύ εύκολα με άλλα άτομα ή μόρια. Είναι πολύ επικίνδυνα για ουσίες του σώματος, όπως τα **λιπίδια, οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες και το DNA.**



Ελεύθερες Ρίζες

- **Ανιόν υπεροξειδίου** ή superoxide radical (O_2^-).
- **Υπεροξείδιο του υδρογόνου** ή hydrogen peroxide (H_2O_2), το οποίο παράγεται από το ανιόν του υπεροξειδίου.
- **Ρίζες υδροξυλίου** ή hydroxyl radical (OH^*). Δημιουργείται από τη διάσπαση του H_2O_2 , το οποίο αν διασπαστεί στη μέση δίνει δύο ρίζες υδροξυλίου.
- **Ρίζες νιτρικού οξέος** ή nitric oxide (NO^*) (J. Karlsson, 1997).

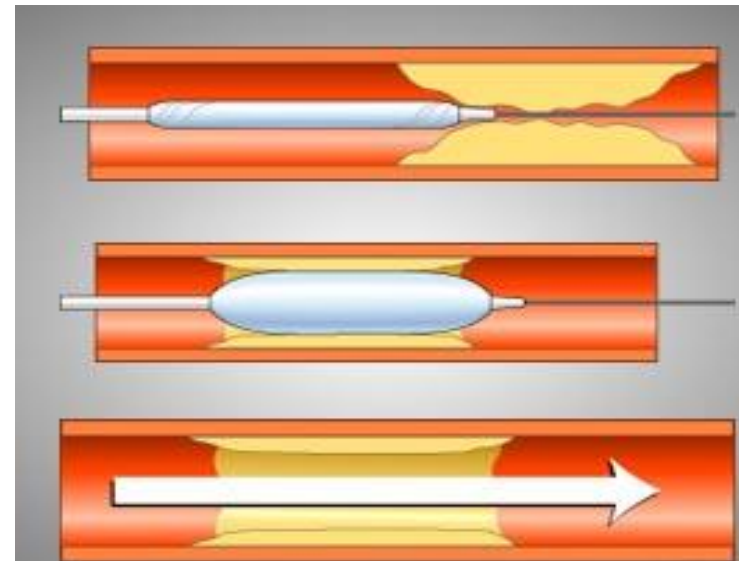
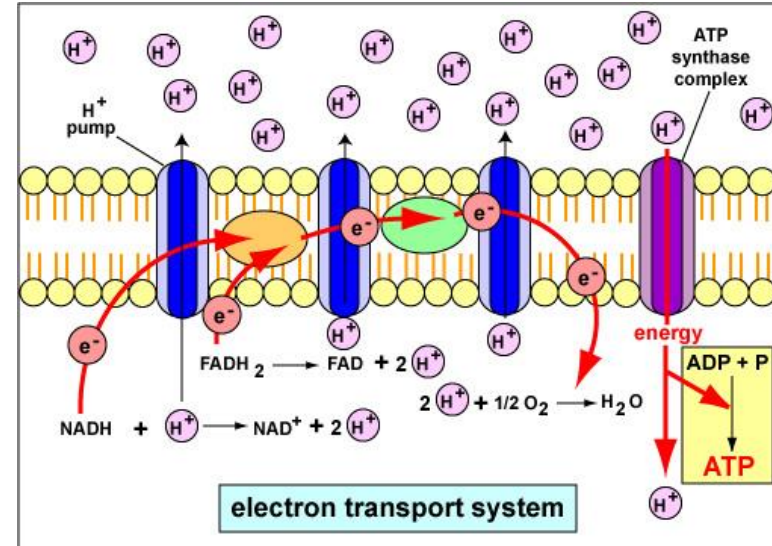
Παράγοντες δημιουργίας ελευθέρων ριζών



Η αυξημένη παραγωγή ελευθέρων ριζών πραγματοποιείται διαμέσου διαφορετικών τρόπων

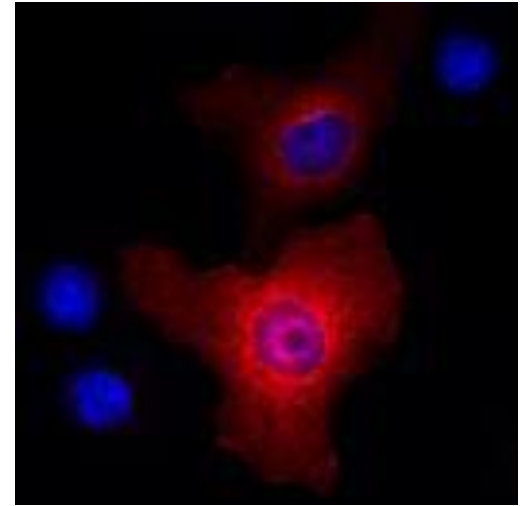
1. Αποβολή των ηλεκτρονίων της αναπνευστικής αλυσίδας στο επίπεδο των κυτοχρωμάτων. Μία ποσότητα 2-5% του O_2 το οποίο προσλαμβάνουμε δεν ανάγεται σε νερό αλλά δημιουργεί οξειδωτικές ρίζες. Κυττοχρώματα

2. Μεταβολή στην αιματική ροή των μυών και στην απελευθέρωση O_2 , (underperfusion -reperfusion). Εμφράγματα

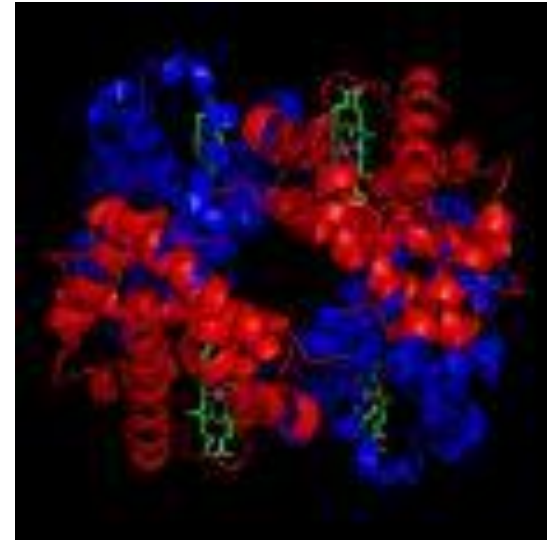


Η αυξημένη παραγωγή ελευθέρων ριζών πραγματοποιείται διαμέσου διαφορετικών τρόπων

3. Ουδετερόφιλα και μακροφάγα κατά την καταστροφή «βλαβερών» ουσιών του οργανισμού (oxidative burst).



4. Οξείδωση αιμοσφαιρίνης, μυοσφαιρίνης και κατεχολαμινών



Ο καλός και κακός ρόλος των ελευθέρων ριζών

- Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η παρουσία των ελευθέρων ριζών κρίνεται απαραίτητη για την επιβίωση του κυττάρου (ωρίμανση και την κινητικότητα του κυττάρου, αποπομπή τοξικών προϊόντων, διαδικασία της γονιμοποίησης).
- Ακόμα παίζουν σημαντικό ρόλο στην άμυνα του οργανισμού εναντίον της εισβολής παρασίτων και ιών και στην αντιμετώπιση των καρκινικών κυττάρων

Ο καλός και κακός ρόλος των ελευθέρων ριζών

- Παθογένεια μη συγκεκριμένων αλλαγών της κανονικής λειτουργίας του οργανισμού που τελικά οδηγούν στην αντικανονική κυτταρική λειτουργία, γρηγορότερο ρυθμό **γήρανσης** και τελικώς στον θάνατο.
- **Ισορροπία μεταξύ του καλού και του κακού ρόλου των ελευθέρων ριζών**

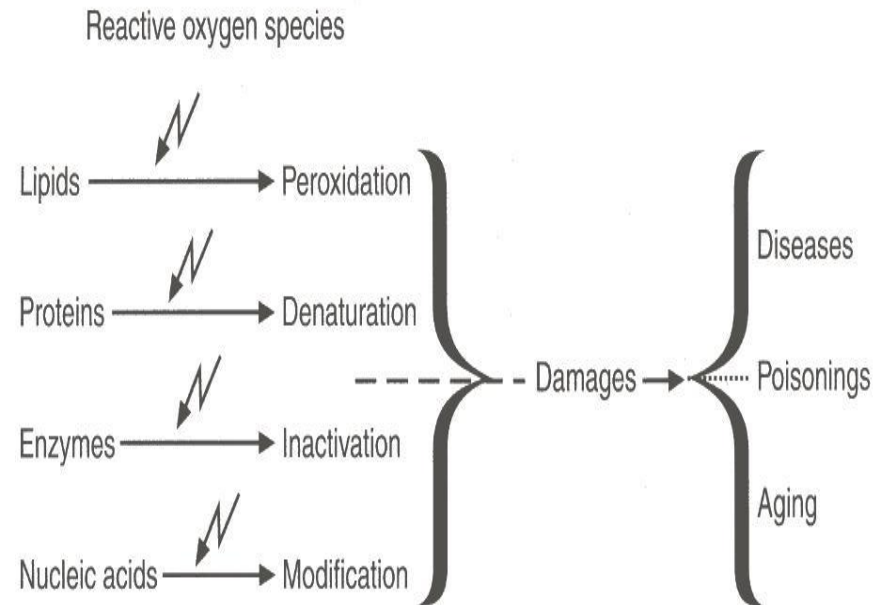
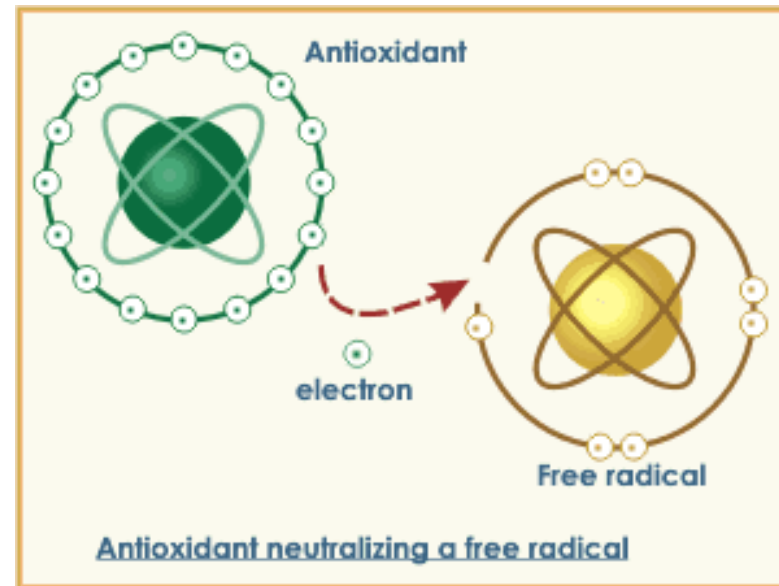


Figure 1.1 Damage of biomolecules due to reactive oxygen species.

Αντιοξειδωτικές ουσίες

- Μηχανισμός για την αντιμετώπιση των ελευθέρων ριζών
- Ενζυμικό σύστημα και μη-ενζυμικό σύστημα



Ενζυμικό Αντιοξειδωτικό Σύστημα

- Δισμουτάση του υπεροξειδίου



- Καταλάση



- Υπεροξειδάση της γλουταθειόνης



Μη Ενζυμικό Αντιοξειδωτικό Σύστημα

- Βιταμίνη E
- Βιταμίνη C
- Βιταμίνη A ή ρετινόλη
- Συνένζυμο Q10
- Πρωτεΐνες θερμικού σοκ
- Φεριτίνη
- Αλβουμίνη
- Χολερυθρίνη
- Σερουλοπλασμίνη
- Φλαβινοειδή
- Ουρικό οξύ
- Θειόλες (γλουταθειόνη)



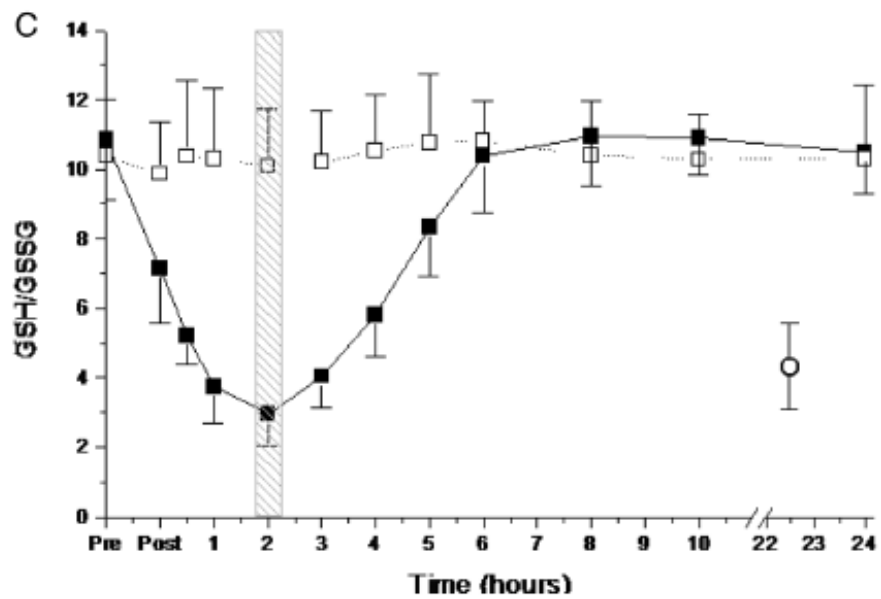
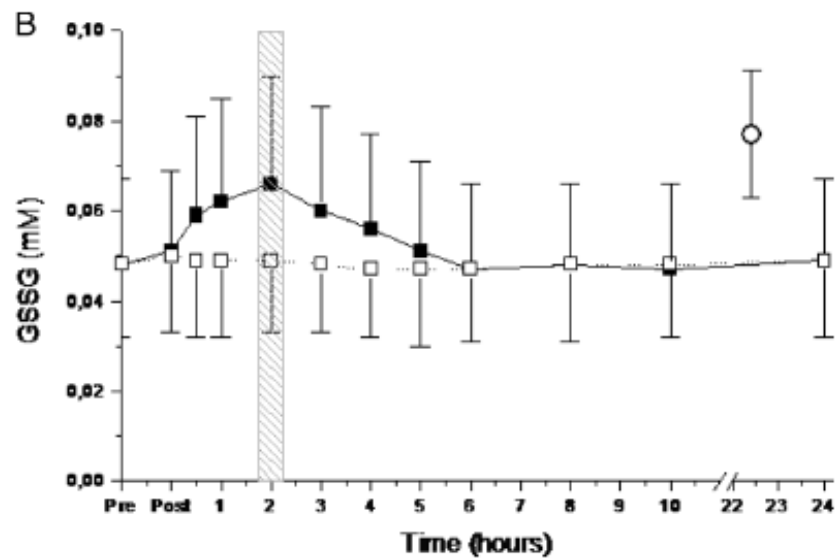
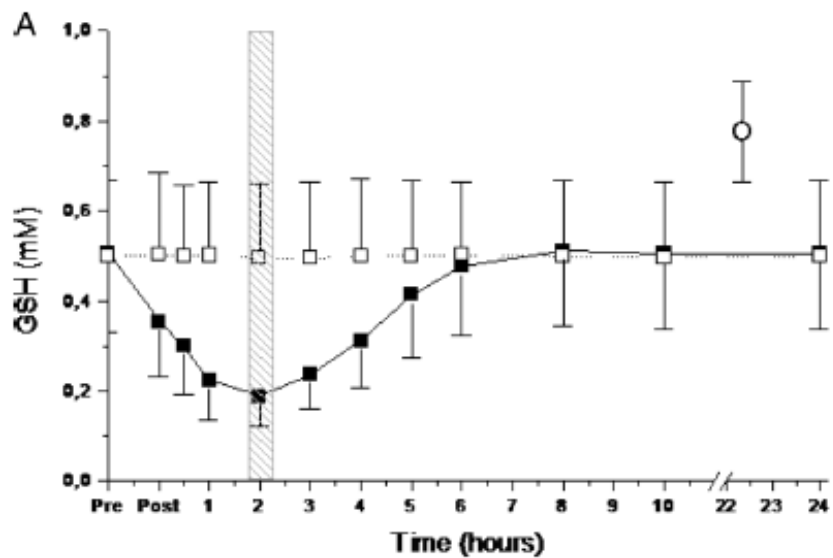
Ελεύθερες ρίζες και άσκηση

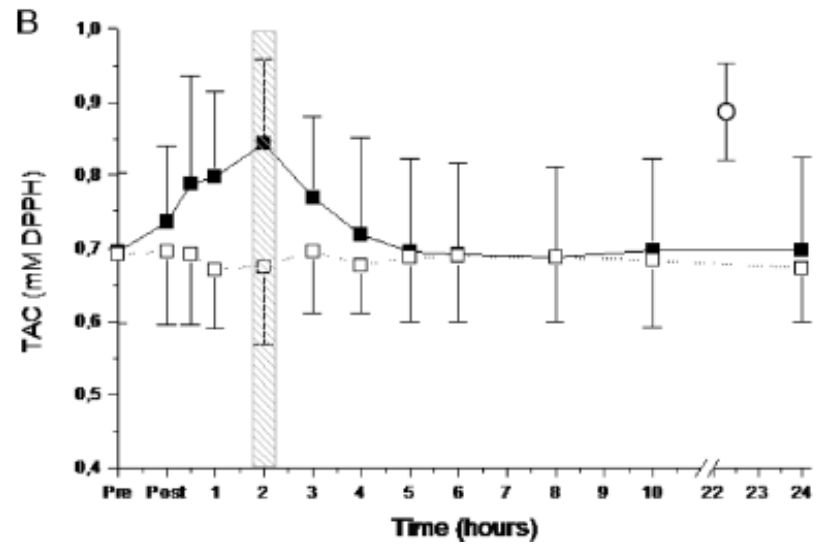
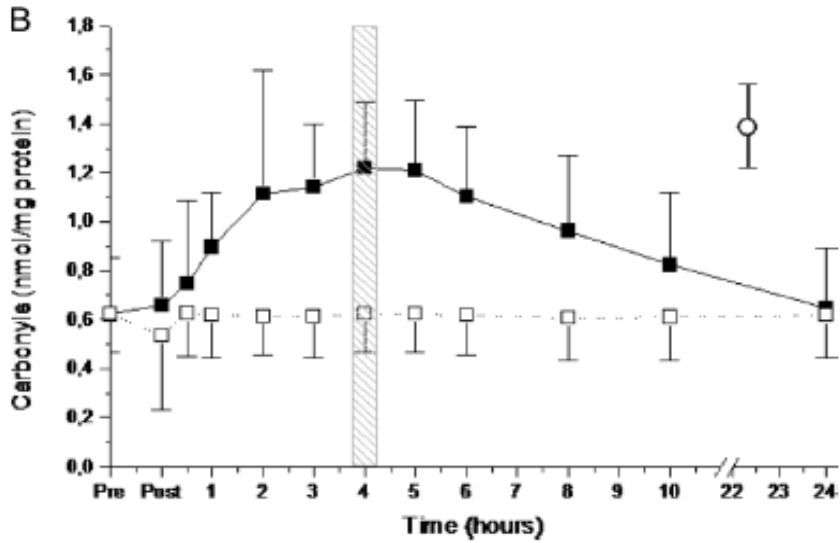
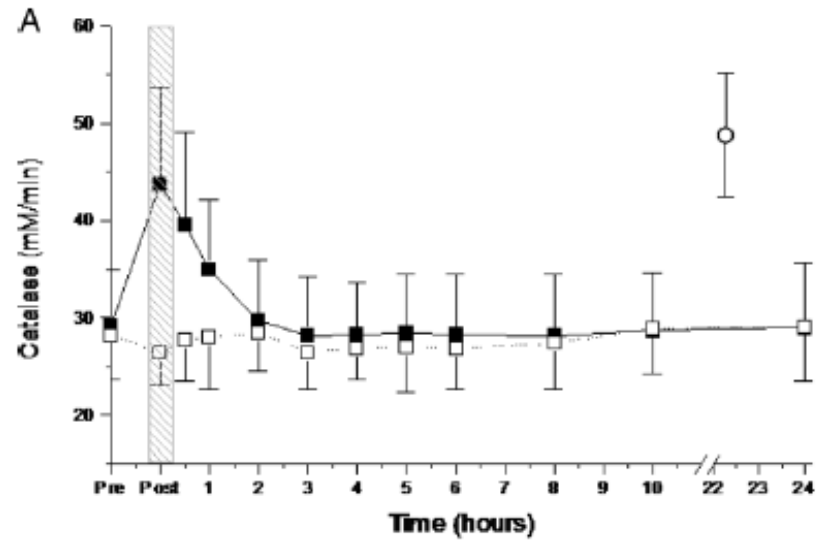
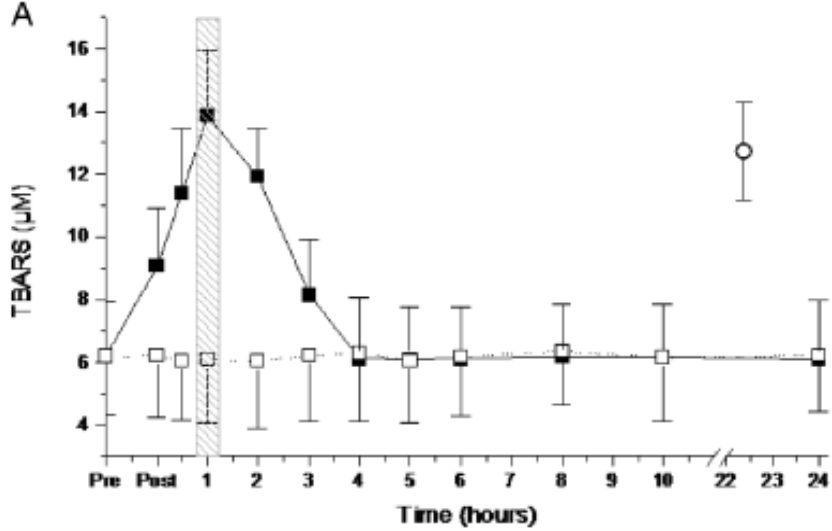
- Το 1982 αναφέρθηκε για πρώτη φορά ότι ελεύθερες ρίζες εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της άσκησης (Davies et al. 1982)
- Αερόβια άσκηση
- Ένταση της άσκησης (>50% VO_2max)
- Αναερόβια άσκηση – Άσκηση με βάρη

- Είναι ομοιόμορφη η μεταβολή των δεικτών οξειδωτικού στρες μετά την άσκηση;

Sampling Time is Crucial for Measurement of Aerobic Exercise-Induced Oxidative Stress

- 11 απροπόνητα άτομα
- 45 λεπτά 70-75% VO_{2max} και έπειτα 90% VO_{2max}
- Συλλογή δείγματος πριν, αμέσως μετά, και 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, και 24 ώρες μετά το τέλος της άσκησης
- GSH, GSSG, ratio, TBARS, TAC, καταλάση, πρωτεϊνικά καρβονύλια





Συμπεράσματα

- Δεν υπάρχει η καλύτερη χρονική στιγμή για τη μέτρηση όλων των δεικτών που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες μετά από αερόβια άσκηση
- Αμέσως μετά την άσκηση = καταλάση
- 1 ώρα μετά = TBARS,
- 2 ώρες μετά = TAC, GSH, και GSSG
- 4 ώρες μετά = πρωτεϊνικά καρβονύλια

- Ποια είναι η απόκριση μετά από έντονη άσκηση με αντιστάσεις;

- Άλλη διάλεξη!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

- Οξειδωτικό στρες και υπερπροπόνηση

Σύνδρομο υπερπροπόνησης

- Λιγότερο από 0.1% του γενικού πληθυσμού αναπτύσσουν συμπτώματα συνδρόμου υπερπροπόνησης αλλά πάνω από 37% των ελίτ αθλητών σε κάποια φάση της καριέρας τους θα αναπτύξουν συμπτώματα που σχετίζονται με αυτό το σύνδρομο

Original Contribution

Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis

Konstantinos Margonis^a, Ioannis G. Fatouros^{a,b,*}, Athanasios Z. Jamurtas^{b,c},
Michalis G. Nikolaidis^{b,c,d}, Ioannis Douroudos^a, Athanasios Chatzinikolaou^a, Asimina Mitrakou^e,
George Mastorakos^f, Ioannis Papassotiriou^g, Kiriakos Taxildaris^a, Dimitrios Kouretas^{d,h}

^a Department of Physical Education and Sports Science, Democritus University of Thrace, Komotini 69100, Greece

^b Institute of Human Performance and Rehabilitation, Centre for Research and Technology-Thessaly, Trikala, 42100, Greece

^c Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Thessaly, Trikala 42100, Greece

^d Department of Biochemistry and Biotechnology, University of Thessaly, 41221, Larissa, Greece

^e Department of Internal Medicine, Hery Danant Hospital, Athens 11527, Greece

^f Endocrine Unit, Second Department of Obstetrics and Gynecology, "Aretoleon" Hospital, Athens University Medical School, Athens 11526, Greece

^g Department of Clinical Biochemistry, "Aghia Sophia" Children's Hospital, Athens 11527, Greece

Received 30 January 2007; revised 7 May 2007; accepted 17 May 2007

Available online 23 May 2007

Abstract

Overtraining syndrome is characterized by declining performance and transient inflammation following periods of severe training with major health implications for the athletes. Currently, there is no single diagnostic marker for overtraining. The present investigation examined the responses of oxidative stress biomarkers to a resistance training protocol of progressively increased and decreased volume/intensity. Twelve males (21.3 ± 2.3 years) participated in a 12-week resistance training consisting of five 3-week periods (T1, 2 tones/week; T2, 8 tones/week; T3, 14 tones/week; T4, 2 tones/week), followed by a 3-week period of complete rest. Blood/urine samples were collected at baseline and 96 h following the last training session of each period. Performance (strength, power, jumping ability) increased after T2 and declined thereafter, indicating an overtraining response. Overtraining (T3) induced sustained leukocytosis, an increase of urinary isoprostanes (7-fold), TBARS (56%), protein carbonyls (73%), catalase (96%), glutathione peroxidase, and oxidized glutathione (GSSG) (25%) and a decline of reduced glutathione (GSH) (31%), GSH/GSSG (56%), and total antioxidant capacity. Isoprostanes and GSH/GSSG were highly ($r=0.764-0.911$) correlated with performance drop and training volume increase. In conclusion, overtraining induces a marked response of oxidative stress biomarkers which, in some cases, was proportional to training load, suggesting that they may serve as a tool for overtraining diagnosis.

© 2007 Elsevier Inc. All rights reserved.

Keywords: Overtraining; Resistance exercise; Antioxidant status; Oxidative stress biomarkers

Abbreviations: OHS, overtraining syndrome; RT, resistance training; ROS, reactive oxygen species; TBARS, thiobarbituric acid-reactive substances; F₂isoP, isoprostanes; PC, protein carbonyls; CAT, catalase; TAC, total antioxidant capacity; GPX, glutathione peroxidase; GSH, reduced glutathione; GSSG, oxidized glutathione; 1RM, one repetition maximal; AP, average power output; DOMS, delayed onset of muscle soreness; KRM, knee joint range of motion.

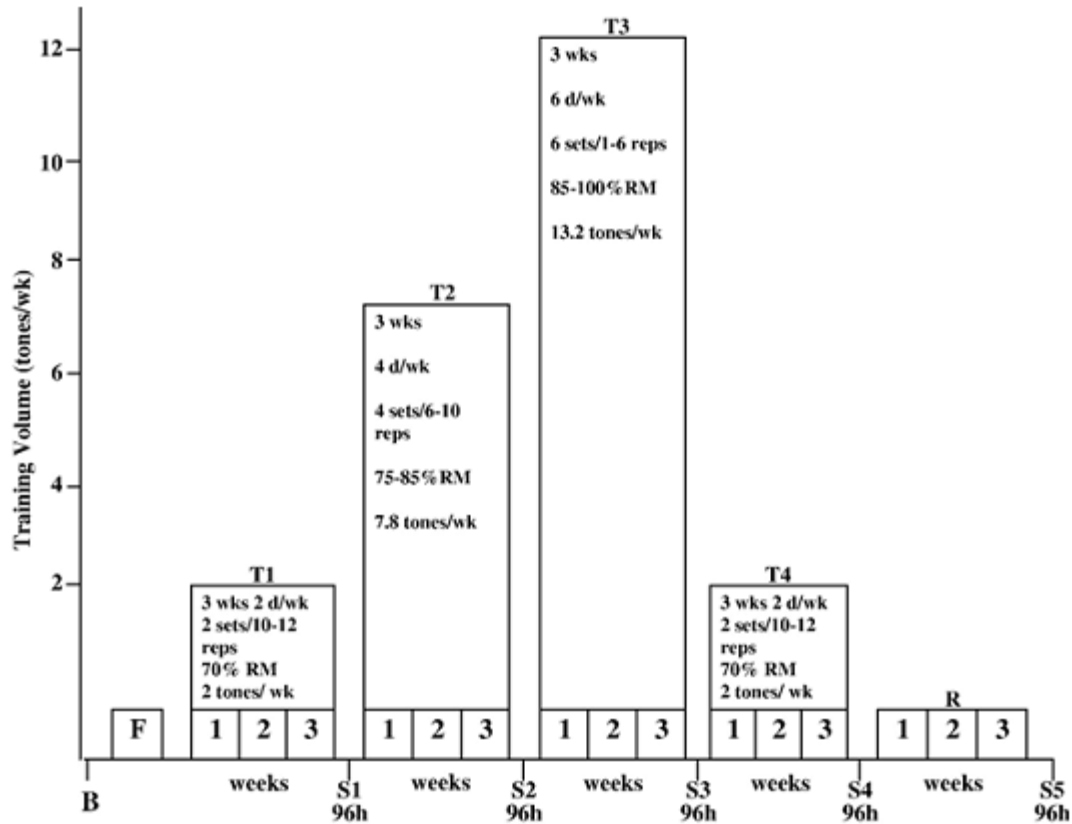
* Corresponding author. I.G. Fatouros is to be contacted at Department of Physical Education and Sports Sciences, Ekteneopol, Politichnion Str., Parodos 3, Bldg. 1, 69100 Komotini, Greece. Fax: +30 25310 39623. D. Kouretas, Department of Biochemistry and Biotechnology, University of Thessaly, 41221, Larissa, Greece. Fax: +30 2410 562290.

E-mail addresses: fatouros@phyed.duth.gr (I.G. Fatouros), dkouret@duth.gr (D. Kouretas).

Introduction

Regular physical training is associated with a mild tissue trauma followed by recovery [1]. When adequate recovery is allowed, there is an adaptation and athletic performance improves, a process often called "adaptive microtrauma" [1]. However, when exercise volume and/or intensity are increased, usually abruptly, and the athlete is not sufficiently recovered, a mild trauma could develop into a more chronic, severe form of tissue trauma. Athletes often develop a transient inflammation-like reaction following very intense acute exercise [2] or a

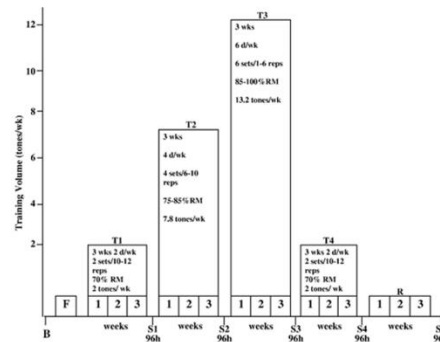
Προπονητικός Όγκος



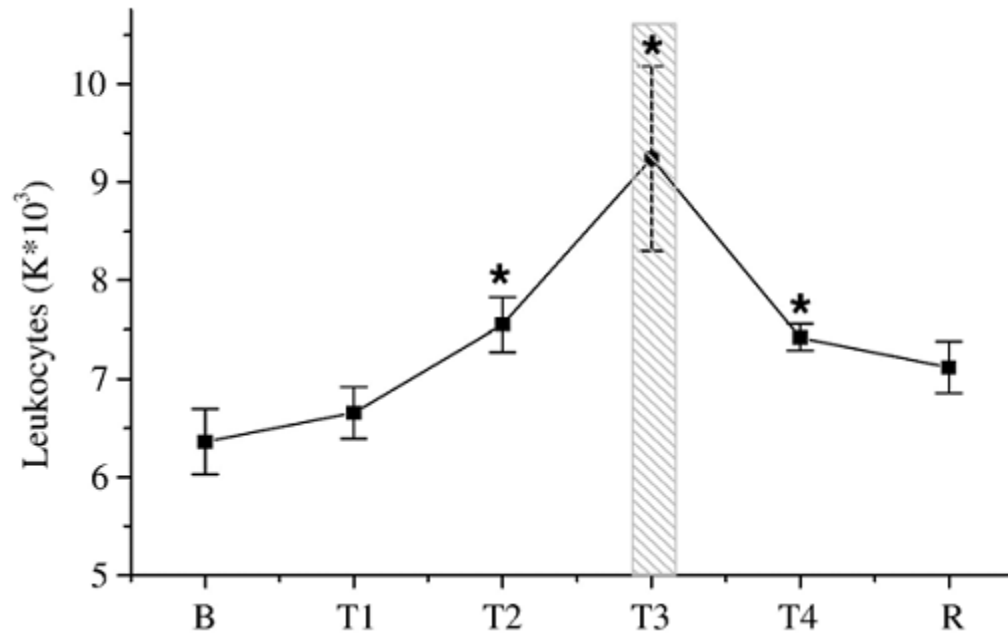
Μεταβολές σε παραμέτρους απόδοσης

Table 1
Training volume and performance changes at baseline (B), and following low- (T1 and T4), high- (T2), and very-high-volume (T3) resistance training as well as the recovery period (R)

	B	T1	T2	T3	T4	R
Mean training volume (tonnage/week) ¹	N/A	2.1±0.4	7.6±0.9 ^{b,c}	14.2±1.2 ^{c,e}	1.8±0.2 ^d	N/A
Maximal strength (kg) ²	70.2±10.4	74.9±9.5 ^a	83.2±8.6 ^{a,b}	77.8±9.6 ^{a,b,c}	78.3±8.8 ^{a,b,c}	73.9±10.0 ^{a,c,d,e}
Jumping ability (cm)	40.6±3.8	41.0±3.6	42.6±3.3 ^{a,b}	38.5±4.2 ^c	40.0±3.8 ^c	40.5±3.6 ^c
Anaerobic power (Watt/kg)	9.3±0.7	9.5±0.7 ^a	10.1±1.1 ^{a,b}	9.8±0.9 ^{a,b,c}	9.7±0.8 ^{a,b,c}	9.5±1.0 ^{a,b,c,d,e}
DOMS	0.0±0.0	0.5±0.5	2.3±1.4 ^{a,b}	7.2±1.6 ^{a,b,c,d,e}	3.8±1.7 ^{a,b,d}	1.1±0.4 ^c
Knee range of motion (degrees)	141.3±7.7	140.1±8.9	38.3±6.4 ^{a,b}	135.4±9.6 ^{a,b,c}	137.7±10.2 ^{a,b,d}	140.2±12.2 ^{d,e}

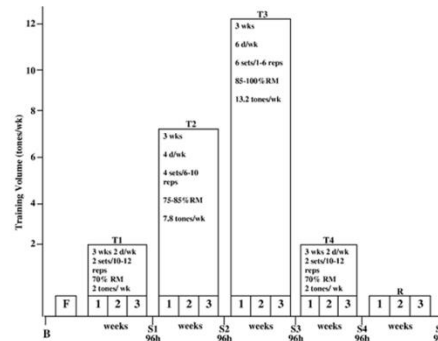


Μεταβολές στα λευκά αιμοσφαίρια

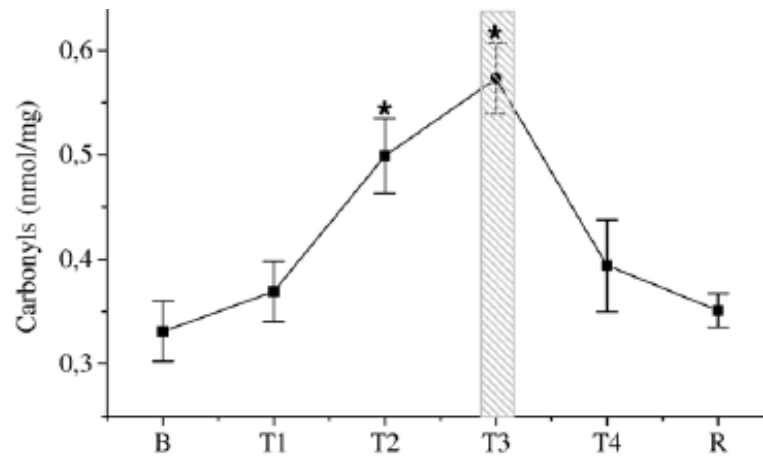
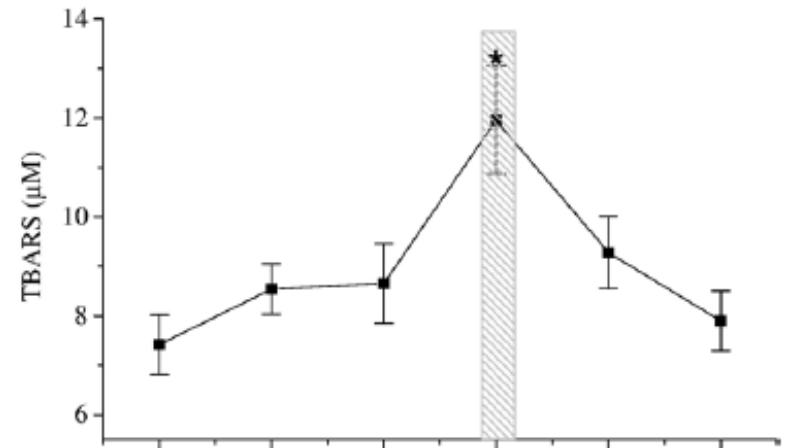
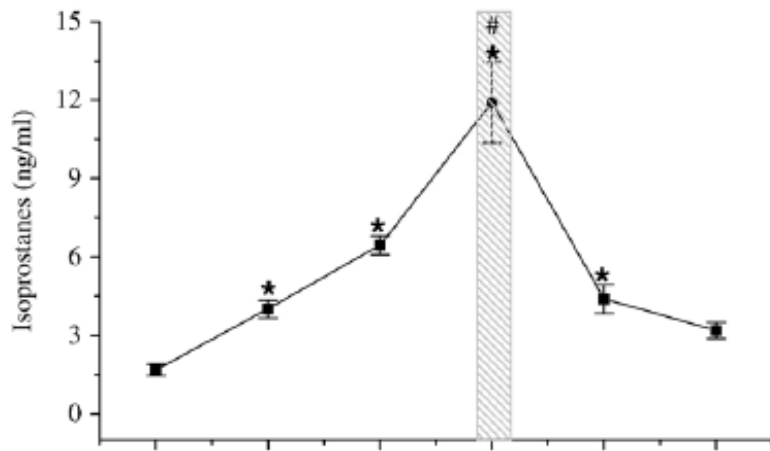


Μεταβολές στην ανηγμένη (GSH) και οξειδωμένη γλουταθειόνη (GSSG)

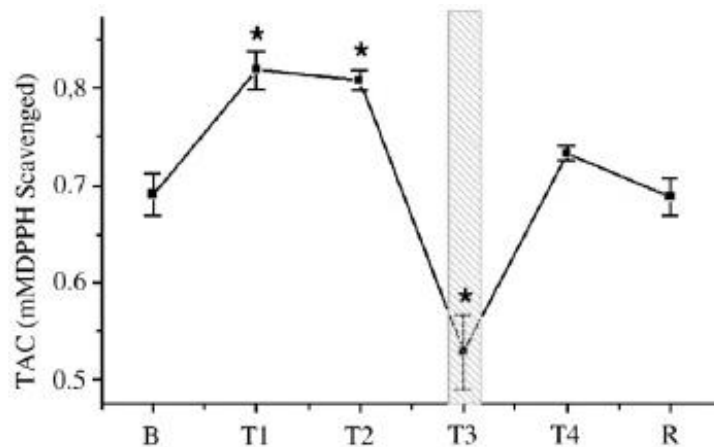
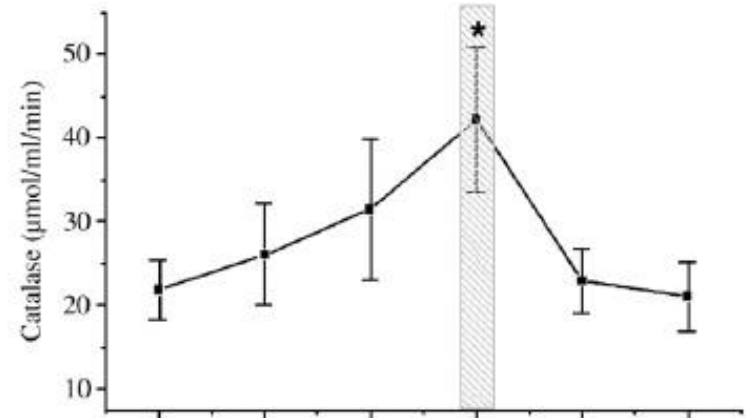
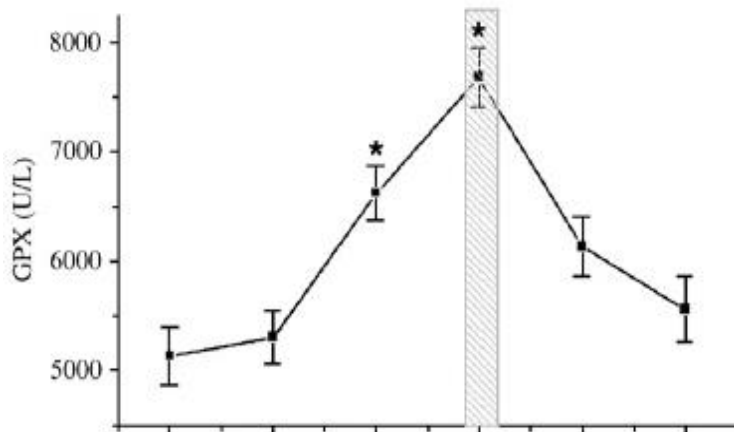
- Μείωση κατά 31% της GSH
- Αύξηση κατά 25% GSSG
- Μείωση κατά 56% του λόγου GSH/GSSG



Μεταβολές στα ισοπροστάνια, TBARS και πρωτεϊνικά καρβονύλια



Μεταβολές στην υπεροξειδάση της γλουταθειόνης, καταλάση και ολική αντιοξειδωτική ικανότητα



Συσχετίσεις μεταξύ μεταβολών στην απόδοση και δεικτών οξειδωτικού στρες

Table 2

Correlation coefficients of oxidative stress biomarkers with the magnitude of change in exercise volume during overtraining, and the magnitude of decline in each performance variable following overtraining (compared to T2)

	TBARS	F ₂ -IsoP	PC	GSH	GSSG	GSH/GSSG	TAC	CAT	GPX
Exercise volume (tonnage lifted/week)	$r=0.391$ $P<0.298$	$r=0.812^*$ $P<0.026$	$r=0.236$ $P<0.573$	$r=0.060$ $P<0.899$	$r=-0.743$ $P<0.071$	$r=-0.809^*$ $P<0.026$	$r=0.318$ $P<0.487$	$r=-0.208$ $P<0.592$	$r=0.233$ $P<0.546$
CMJ drop	$r=-0.612$ $P<0.180$	$r=0.786^*$ $P<0.036$	$r=0.374$ $P<0.361$	$r=-0.103$ $P<0.826$	$r=0.808^*$ $P<0.028$	$r=0.911^*$ $P<0.004$	$r=-0.577^*$ $P<0.134$	$r=-0.156$ $P<0.688$	$r=0.062$ $P<0.856$
MP drop	$r=-0.428$ $P<0.250$	$r=0.773^*$ $P<0.041$	$r=-0.482$ $P<0.227$	$r=0.092$ $P<0.844$	$r=-0.710$ $P<0.074$	$r=0.856^*$ $P<0.014$	$r=-0.670$ $P<0.069$	$r=-0.035$ $P<0.929$	$r=0.015$ $P<0.966$
Chest Press 1RM	$r=-0.469$ $P<0.203$	$r=0.568$ $P<0.184$	$r=-0.602$ $P<0.114$	$r=-0.227$ $P<0.624$	$r=-0.705$ $P<0.077$	$r=0.764^*$ $P<0.046$	$r=-0.406^*$ $P<0.312$	$r=0.073$ $P<0.853$	$r=0.006$ $P<0.986$
Power clean 1RM	$r=-0.250$ $P<0.516$	$r=0.928^*$ $P<0.003$	$r=-0.639$ $P<0.088$	$r=0.050$ $P<0.916$	$r=-0.665$ $P<0.103$	$r=0.894^*$ $P<0.007$	$r=-0.686$ $P<0.081$	$r=-0.175$ $P<0.652$	$r=-0.022$ $P<0.949$

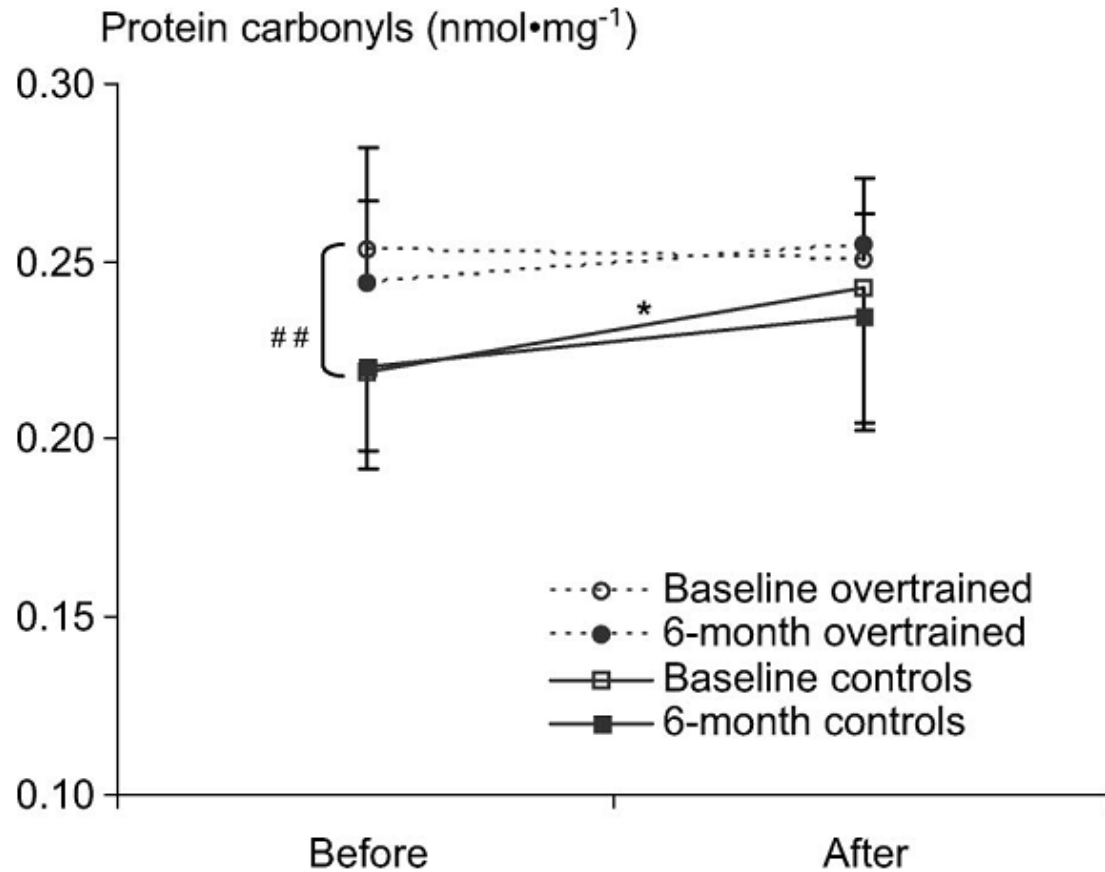
- Τι γίνεται με τη χρόνια κόπωση;

Σύνδρομο Χρόνιας Κόπωσης και Πρωτεϊνικά καρβονύλια

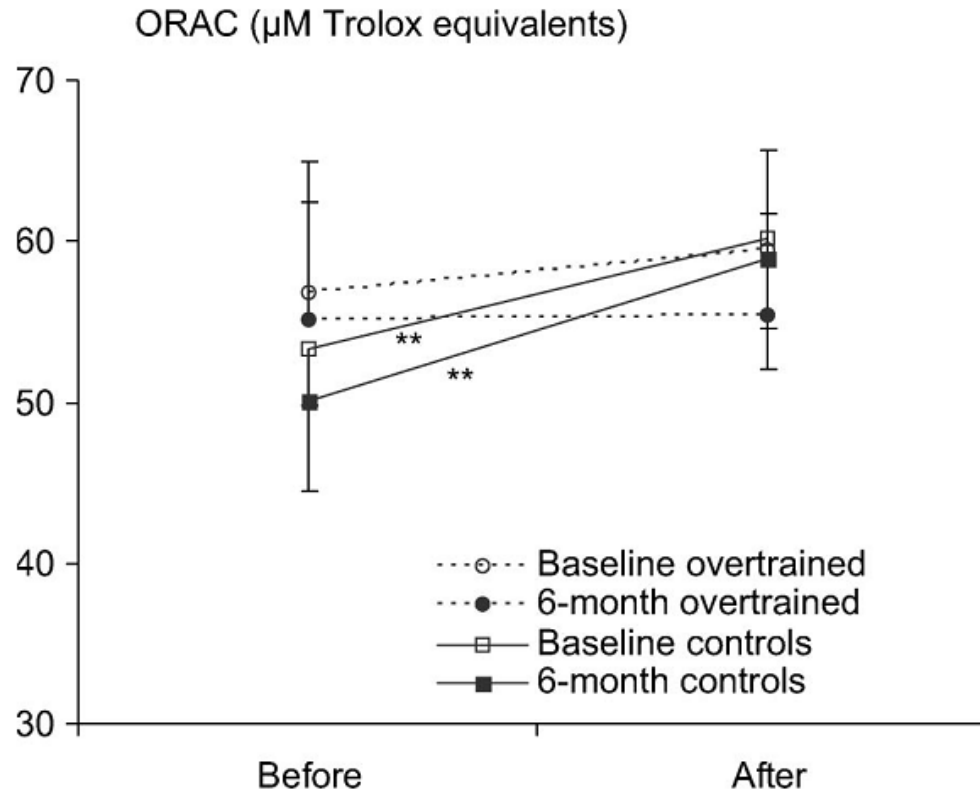
Table 1. Protein carbonyl levels in the sera of chronic fatigue syndrome patients and controls

	CFS patients	Controls
Number of serum samples	36	16
Protein carbonyl levels (nmoles/ml of serum)	16.79 ± 2.69	13.88 ± 2.18
Serum protein (mg/ml of serum)	34.11 ± 1.66	34.34 ± 2.98
Protein carbonyl levels (nmoles/mg protein)	0.492 ± 0.0747	0.409 ± 0.800

Πρωτεϊνικά καρβονύλια και υπερπροπόνηση



Αντιοξειδωτική ικανότητα και υπερπροπόνηση



Οξειδωτικό στρες και υπερπροπόνηση

- Η άσκηση προκαλεί οξειδωτικό στρες το οποίο είναι απαραίτητο για προπονητικές προσαρμογές
- Η συστηματική προπόνηση επάγει το αντιοξειδωτικό σύστημα
- Η υπερβολική προπόνηση σε συνδυασμό με την πλημμελή αποκατάσταση μεταβάλλουν δείκτες του οξειδωτικού στρες

Οξειδωτικό στρες και υπερπροπόνηση

- Φαίνεται πως δείκτες που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες και το αντιοξειδωτικό σύστημα είναι ευαίσθητοι:
 - Για να μπορέσουν να αποκαλύψουν φαινόμενα συνδρόμου υπερπροπόνησης
 - Για να καθορίσουν την ανάγκη για ορθολογική αποκατάσταση
- Συχνή και προγραμματισμένη αξιολόγηση καθ' όλη τη διάρκεια της προπονητικής χρονιάς