



## Άσκηση και Αντιοξειδωτική Ικανότητα του Ουρικού Οξέος

Σοφία Τσαλουχίδου, Ανατολή Πετρίδου, & Βασίλης Μούγιος  
ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

### Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες το οξειδωτικό στρες αποτελεί συνηθισμένο θέμα συζήτησης και έρευνας στο χώρο της αθλητικής επιστήμης, καθώς η τακτική άσκηση φαίνεται να βελτιώνει το αντιοξειδωτικό σύστημα του οργανισμού ως προσαρμογή στο οξειδωτικό στρες. Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι να εξετάσει την επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση ενός από τα κυριότερα αντιοξειδωτικά του αίματος, του ουρικού οξέος, που παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα να προκαλεί ουρική αρθρίτιδα σε υψηλές συγκεντρώσεις. Όπως φαίνεται από την πλειονότητα των σχετικών μελετών, η οξεία άσκηση αυξάνει τη συγκέντρωση του ουρικού οξέος λόγω αυξημένης διάσπασης του ΑΤΡ, τελικό προϊόν της οποίας είναι το ουρικό οξύ. Η αύξηση του ουρικού οξέος μετά την άσκηση διαρκεί το πολύ μια ημέρα χωρίς να προκαλεί συνήθως υπερουριχαιμία (συγκέντρωση πάνω από το φυσιολογικό). Από τις λίγες έρευνες στις οποίες μελετήθηκε η προσαρμογή του ουρικού οξέος σε συστηματική μακρόχρονη άσκηση φαίνεται ότι οι προπονημένοι έχουν υψηλότερη συγκέντρωση ουρικού οξέος σε κατάσταση ηρεμίας και μετά από άσκηση σε σύγκριση με μη αθλούμενους. Φαρμακευτικοί χειρισμοί (αλλοπουρινόλη) που μειώνουν το ουρικό οξύ σε παθολογικές καταστάσεις εμποδίζουν την αύξησή του με την άσκηση, ενώ είναι αμφίβολο αν υπάρχουν διατροφικοί χειρισμοί που να επηρεάζουν την ανταπόκριση του ουρικού οξέος στην άσκηση. Συμπερασματικά, η άσκηση μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση του ουρικού οξέος στο πλάσμα χωρίς να προκαλεί υπερουριχαιμία. Η αύξηση αυτή μπορεί να συμβάλει στην αντιοξειδωτική ικανότητα του οργανισμού.

Λέξεις κλειδιά: *ουρικό οξύ, πλάσμα.*

### Exercise and Antioxidant Capacity of Uric Acid

Sofia Tsalouhidou, Anatoli Petridou, & Vassilis Mougios  
Department of Physical Education and Sports Sciences, Aristotle University, Thessaloniki, Hellas

### Abstract

In the past decades oxidative stress has become a common subject of discussion and research in the area of sports science, since regular exercise seems to improve the antioxidant system of the body as an adaptation to oxidative stress. The aim of the present review is to examine the effect of exercise on the concentration of one of the predominant blood antioxidants, uric acid, which has the feature of causing gout at high concentrations. As the majority of the relevant studies show, acute exercise elevates the uric acid concentration as a result of increased ATP degradation, of which uric acid is the final product. The increase in uric acid after exercise lasts one day at the most, usually without causing hyperuricemia (concentration above normal). The few studies that examined the adaptation of uric acid to regular long-term exercise have found that trained individuals have higher uric acid concentration at rest and after exercise than non-exercising persons. Pharmacological treatments (allopurinol) that reduce uric acid in pathological conditions prevent its increase with exercise, whereas it is doubtful whether dietary treatments exist that affect the response of uric acid to exercise. In conclusion, exercise can increase the plasma concentration of uric acid without causing hyperuricemia. This increase may contribute to the antioxidant capacity of the body.

Key words: *uric acid, plasma*

## Γενική εισαγωγή

Η έντονη ή/και παρατεταμένη άσκηση προκαλεί αυξημένη παραγωγή ελευθέρων ριζών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει τον οργανισμό σε μια κατάσταση ανισορροπίας μεταξύ των οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών μηχανισμών υπέρ των πρώτων, μια κατάσταση που αποκαλείται οξειδωτικό στρες. Για την αντιμετώπιση του οξειδωτικού στρες ο οργανισμός διαθέτει ένα πολύπλοκο αντιοξειδωτικό σύστημα που περιλαμβάνει αντιοξειδωτικά ένζυμα, όπως η δισμουτάση του υπεροξειδίου, η καταλάση και η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης, και μη ενζυμικά αντιοξειδωτικά, όπως η α-τοκοφερόλη (βιταμίνη E), το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), τα καροτενοειδή (βιταμίνη A), η γλουταθειόνη και το ουρικό οξύ (Aguilo et al. 2005). Η τακτική άσκηση φαίνεται να βελτιώνει το αντιοξειδωτικό σύστημα του οργανισμού ως προσαρμογή στο οξειδωτικό στρες (Møller, Wallin, & Knudsen, 1996).

Το ουρικό οξύ αποτελεί το τελικό προϊόν οξείδωσης των πουρινών. Πρόκειται για χημικές ενώσεις όπως η αδενίνη και η γουανίνη, που υπάρχουν στο DNA (δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ), στο RNA (ριβονουκλεϊκό οξύ) και στο ATP (τριφωσφορική αδενοσίνη). Το ουρικό οξύ παράγεται κατά το μεγαλύτερο μέρος στο ήπαρ και στη συνέχεια απεκκρίνεται από τους νεφρούς. Υψηλές συγκεντρώσεις του ανιχνεύονται στα ούρα, στα οποία οφείλει και το όνομά του.

Όταν οι σκελετικοί μύες συστέλλονται, το ATP μετατρέπεται σε ADP (διφωσφορική αδενοσίνη). Στη συνέχεια το ADP αποδομείται σε AMP (αδενυλικό οξύ) και αυτό με τη σειρά του σε IMP (μονοφωσφορική ινοσίνη). Το IMP μετατρέπεται σε ινοσίνη και έπειτα σε υποξανθίνη. Η υποξανθίνη περνά στο αίμα και προσλαμβάνεται από το ήπαρ, όπου, με τη δράση της οξειδάσης της ξανθίνης, υφίσταται δυο διαδοχικές οξειδώσεις προς ξανθίνη και ουρικό οξύ (Mougiou, 2006, Σχήμα 1). Κάποιοι ερευνητές θεωρούν ότι η υψηλή συγκέντρωση ουρικού οξέος στο αίμα μετά την άσκηση αντανακλά ενδοκυτταρικό ενεργειακό έλλειμμα και μπορεί να αποτελεί δείκτη προπονητικού στρες (Kraemer et al., 2006).

Το ουρικό οξύ μετριέται εύκολα με φωτομετρική μέθοδο. Στον ανθρώπινο ορό τα διαστήματα αναφοράς του είναι 4.4 - 7.6 mg/dl (262 - 452 μmol/l) για τους άντρες και 2.3 - 6.6 mg/dl (137 - 393 μmol/l) για τις γυναίκες (Wu, 2006).

Το ουρικό οξύ αποτελεί ένα άφθονο υδατοδιαλυτό αντιοξειδωτικό, το οποίο υπολογίζεται ότι ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος της αντιοξειδωτικής ικανότητας του ανθρώπινου πλάσματος (Maxwell, Jakeman, Thomason, Leguen, & Thorpeet, 1993). Οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην αντιοξειδωτική ικανότητα του ουρικού οξέος είναι οι ακόλουθοι: 1) Αντιδρά με τις ελεύθερες ρίζες, τις εξουδετερώνει και οξειδώνεται σε αλλαντοΐνη, οξονικό οξύ και παραβανικό οξύ.

ATP



ADP



AMP



IMP



Ινοσίνη



Υποξανθίνη



Ξανθίνη



Ουρικό οξύ

**Σχήμα 1.** Μετατροπές ουσιών που οδηγούν στην παραγωγή ουρικού οξέος κατά την άσκηση

2) Σχηματίζει σύμπλοκο με τον τρισθενή σίδηρο ( $Fe^{3+}$ ), δεσμεύοντάς τον και αναστέλλοντας την οξείδωση του ασκορβικού οξέος από αυτόν (Mikami, Yoshino, & Ito, 2000). Το ουρικό οξύ ασκεί την αντιοξειδωτική του δράση τόσο σε κυτταρικό επίπεδο (κυτταρικές μεμβράνες), όσο και σε γενετικό (DNA) (Hellsten, Sjödin, Richter, & Bangsbo, 1998). Επιπλέον κάποιοι ερευνητές θεωρούν ότι προστατεύει από οξείδωση και τα λιπίδια του πλάσματος (Yanai & Morimoto, 2004).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το ουρικό οξύ αποτελεί ένα από τα κυριότερα αντιοξειδωτικά του αίματος. Ωστόσο υψηλές συγκεντρώσεις του συνδέονται με την ουρική αρθρίτιδα, μια μεταβολική πάθηση που χαρακτηρίζεται από εναπόθεση ουρικού οξέος σε κάποιες αρθρώσεις, με αποτέλεσμα φλεγμονή και έντονο πόνο. Οι δυο αυτές αντίθετες, ως προς την επίδραση στην υγεία, πλευρές του προκαλούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι να παρουσιαστούν τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα για την επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος στο πλάσμα και να διερευνηθεί

ο ρόλος της ανταπόκρισης αυτής στον ανθρώπινο οργανισμό. Επιπλέον, εξετάζεται η επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων στην ανταπόκριση του ουρικού οξέος στην άσκηση.

### Ανασκόπηση σχετικών ερευνών

*Οξεία επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση ουρικού οξέος στο πλάσμα*

*Αερόβια άσκηση.* Αρκετές έρευνες έχουν επικεντρώσει το ενδιαφέρον τους στην οξεία επίδραση της αερόβιας άσκησης στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος (Πίνακας 1). Αύξηση του ουρικού οξέος έχει βρεθεί μετά από αερόβια προσπάθεια μέχρι εξάντληση (Sahlin, Tonkonogi, & Soderlund, 1999), τρέξιμο στο 50-85% της  $VO_{2max}$  (Hellsten-Westing, Norman, Balsom, & Sjodin, 1993), άσκηση σε κυκλοεργόμετρο (Hellsten-Westing, Kaijser, Ekblom,

& Sjodin, 1994), ποδηλασία μέχρι εξάντληση (Hellsten, Tullson, Richter, & Bangsbo, 1997; Hellsten et al., 2001), ποδηλασία 171, 172 ή 509 km (Aguilo et al., 2005; Neumayr et al., 2003; Tauler et al., 2006), αερόβια κολύμβηση (Haralambie & Senser, 1980), αγώνα διάθλου (Tauler et al., 2003), αγώνα τριάθλου (Suzuki et al., 2006), αγώνα ανώμαλου εδάφους με μηχανή (Ascensão et al., 2006), τρέξιμο μέχρι εξάντληση (Kargotich et al., 1997), δρόμο 800 m (Hellsten-Westing, Sollevi, & Sjodin, 1991), αγώνα δρόμου 5, 21, 42 ή 48 km (Benitez et al., 2002; Duthie, Robertson, Maughan, & Morrice, 1990; Hellsten-Westing et al., 1993; Liu et al., 1999; Rokitzki et al., 1994; Sutton, Toews, Ward, & Fox, 1980), αγώνα γκολφ (Stauch, Liu, Giesler, & Lehmann, 1999) και μααραθώνιο αγώνα κανό-καγιάκ (Lutoslawska & Senddecki 1990). Η αύξηση του ουρικού οξέος στις παραπάνω μελέτες

**Πίνακας 1.** Επίδραση αερόβιας άσκησης στη συγκέντρωση ουρικού οξέος στο πλάσμα

Μελέτη	Δραστηριότητα	Επίδραση
Aguilo et al. (2005)	ποδηλασία 171 km	αύξηση
Ascensão et al. (2006)	αγώνας με μηχανή	αύξηση
Benitez et al. (2002)	δρόμος 48 km	αύξηση
Duthie et al. (1990)	δρόμος 42 km	αύξηση
Green et al. (1991)	ποδηλάτηση	μείωση
Haralambie & Senser (1980)	κολύμβηση	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (1991)	δρόμος 800 m	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (1993)	50-85% $VO_{2max}$	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (1991)	δρόμος 5 km	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (1994)	κυκλοεργόμετρο	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (1997)	ποδηλασία μέχρι εξάντληση	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (2001)	ποδηλασία μέχρι εξάντληση	αύξηση
Kargotich et al. (1997)	τρέξιμο μέχρι εξάντληση	αύξηση
Laires et al. (1993)	τρέξιμο	καμία μεταβολή
Liu et al. (1999)	δρόμος 48 km	αύξηση
Lutoslawska et al. (1990)	κανό-καγιάκ	αύξηση
Neumayr et al. (2003)	ποδηλασία 509 km	αύξηση
Quindry et al. (2003)	δαπιοεργόμετρο	μείωση/αύξηση*
Rokitzki et al. (1994)	δρόμος 48 km	αύξηση
Sahlin et al. (1999)	αερόβια άσκηση μέχρι εξάντληση	αύξηση
Stauch et al. (1999)	γκολφ	αύξηση
Sutton et al. (1980)	δρόμος 5, 42 km	αύξηση
Suzuki et al. (2006)	τρίαθλο	αύξηση
Tauler et al. (2003)	διάθλο	αύξηση
Tauler et al. (2006)	ποδηλασία 172 km	αύξηση
Tsopanakis C. & Tsopanakis A. (1998)	24ωρος αγώνας οδήγησης	καμία μεταβολή
Yamanaka et al. (1992)	εργόμετρο	καμία μεταβολή

\*Μείωση αμέσως μετά την άσκηση και αύξηση 1 και 2 ώρες μετά

**Πίνακας 2.** Επίδραση αναερόβιας άσκησης στη συγκέντρωση ουρικού οξέος στο πλάσμα

Μελέτη	Δραστηριότητα	Επίδραση
Balsom et al. (1992)	δρόμοι ταχύτητας	αύξηση
Groussard et al. (2003)	κυκλοεργόμετρο	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (1991)	δρόμος 100 m	αύξηση
Hellsten-Westing et al. (2004)	τρέξιμο σπριντ	καμία μεταβολή
Kargotich et al. (1997)	κολύμβηση	αύξηση
Nikolaidis et al. (2007)	άσκηση με αντιστάσεις	αύξηση
Stathis et al. (1999)	κυκλοεργόμετρο	αύξηση

κυμαινόταν από 9 ως 66% (μέσος όρος 29%). Αντίθετα, υπομέγιστη ποδηλάτηση διάρκειας 2 ωρών προκάλεσε μείωση του ουρικού οξέος (Green, Jones, Ball-Burnett, & Fraser, 1991), ενώ 24ωρος αγώνας οδήγησης (Tsorpanakis & Tsorpanakis, 1998), αερόβια άσκηση σε εργόμετρο (Yamanaka et al., 1992) και τρέξιμο 40 λεπτών (Laires et al., 1993) δεν προκάλεσαν σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωσή του. Τέλος, οι Quindry, Stone, King, & Broeder (2003) βρήκαν μείωση στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος αμέσως μετά από άσκηση σε δαπεδοεργόμετρο και αύξηση 1 και 2 ώρες μετά. Από όλες τις παραπάνω μελέτες μόνο μία (Stauch et al., 1999) εξέτασε γυναίκες.

*Αναερόβια άσκηση.* Λιγότερες είναι οι μελέτες που έχουν εξετάσει την οξεία επίδραση της αναερόβιας άσκησης στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος (Πίνακας 2). Αύξηση του ουρικού οξέος βρέθηκε μετά από κολύμβηση στο 95% της  $VO_{2max}$  (Kargotich et al., 1997), μέγιστη άσκηση 10 s σε κυκλοεργόμετρο (Stathis, Zhao, Carey, & Snow, 1999), δρόμο 100 m (Hellsten-Westing et al., 1991), επαναλαμβανόμενους δρόμους ταχύτητας (Balsom, Seger, Sjodin, & Ekblom, 1992), υπερμέγιστη προσπάθεια 30 s (Groussard et al., 2003) και άσκηση με αντιστάσεις (Nikolaidis et al., 2007). Η αύξηση του ουρικού οξέος στις παραπάνω μελέτες κυμαινόταν από 16 ως 73% (μέσος όρος 43%), ήταν δηλαδή μεγαλύτερη από την αύξηση που παρατηρήθηκε μετά από αερόβια άσκηση. Από την άλλη πλευρά, οι Hellsten-Westing, Skadhauge, & Bangsbo (2004) δεν βρήκαν καμία μεταβολή στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος μετά από μέγιστη αναερόβια άσκηση. Όπως και παραπάνω, μία μόνο μελέτη εξέτασε γυναίκες (Nikolaidis et al., 2007).

Η απουσία μεταβολής στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος στις λίγες μελέτες που αναφέρθηκαν παραπάνω (Hellsten-Westing et al., 2004; Laires et al., 1993; Tsorpanakis & Tsorpanakis, 1998; Yamanaka et al., 1992) ίσως οφείλεται στο ότι η συγκέντρωση δεν μετρήθηκε 30 λεπτά μετά την άσκηση, οπότε είναι πιθανό να παρατηρούνται οι μεγαλύτερες μεταβολές σύμφωνα με μελέτη των Sjodin et al. (1990). Επιπλέον, η απουσία μεταβολής μπορεί να σχετιζε-

ται με παράγοντες όπως η ένταση και η διάρκεια της άσκησης, καθώς και η διάρκεια του διαλείμματος κατά την διαλειμματική άσκηση (Sutton et al., 1980; Balsom et al., 1992; Hellsten-Westing et al., 1991).

Αν και, όπως φάνηκε από την παραπάνω παρουσίαση, η πλειονότητα των σχετικών μελετών αναφέρει αύξηση του ουρικού οξέος μετά από οξεία άσκηση, τρεις μόνο (Sutton et al., 1980; Hellsten-Westing et al., 1993; Balsom et al., 1992) αναφέρουν ότι η άσκηση προκάλεσε υπερουριχαιμία (συγκέντρωση πάνω από το άνω όριο αναφοράς). Επιπλέον, η συγκέντρωση του ουρικού οξέος φαίνεται να επιστρέφει στις τιμές ηρεμίας συνήθως μια μέρα μετά την οξεία άσκηση (Duthie et al., 1990; Haralambie & Senser, 1980; Neumayr et al., 2003; Suzuki et al., 2006).

#### *Μεσοπρόθεσμη επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση ουρικού οξέος στο πλάσμα*

Περιορισμένα είναι τα δεδομένα σχετικά με την επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος μετά από διάστημα κάποιων μηνών προπόνησης ή μιας αγωνιστικής περιόδου. Σε ό,τι αφορά την επίδραση στις τιμές ηρεμίας, οι Filaire, Lac, & Requinot (2003) παρακολούθησαν αθλητές ποδοσφαίρου κατά την διάρκεια μιας αγωνιστικής χρονιάς και βρήκαν πως η συγκέντρωση του ουρικού οξέος ήταν αυξημένη μετά από προπονητική περίοδο υψηλής έντασης. Ομοίως οι Fatouros et al. (2006) βρήκαν πως εντατική προπόνηση 12 εβδομάδων με αντιστάσεις προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος. Η συγκέντρωση του ουρικού οξέος αυξήθηκε μετά από μία εβδομάδα προπόνησης με αντιστάσεις υψηλής έντασης, ενώ επανήλθε στα πριν την έναρξη του προπονητικού προγράμματος επίπεδα τις επόμενες τρεις εβδομάδες (Kraemer et al., 2006). Προέφηβες αθλήτριες της ενόργανης γυμναστικής παρουσίασαν αυξημένες τιμές ουρικού οξέος μετά από 16 εβδομάδες προπόνησης (Filaire, Jouanel, Colombier, Begue, & Lac, 2003). Οι αυξήσεις στις μελέτες αυτές κυμαινόταν από 15 ως 71% (μέσος όρος 35%), ενώ σε καμία μελέτη οι τιμές του ουρικού οξέος δεν ξεπερνούσαν το φυσιολογικό όριο. Οι Bergholm et al. (1999), από την άλλη πλευρά, βρήκαν πως η προπόνηση τριών εβδομάδων μειώ-

σε τη συγκέντρωση του ουρικού οξέος σε προπονημένους αθλητές.

Σχετικά με τη μεσοπρόθεσμη επίδραση της άσκησης στις τιμές του ουρικού οξέος μετά από οξεία άσκηση, οι Chevon et al. (2003) βρήκαν ότι άσκηση για 6 μήνες επέφερε αύξηση αμέσως μετά από μια συνεδρία άσκησης.

#### *Χρόνια επίδραση της άσκησης στη συγκέντρωση ουρικού οξέος στο πλάσμα*

Σε ό,τι αφορά την επίδραση αρκετών ετών άσκησης στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος, υπάρχουν κάποιες μελέτες που εξέτασαν διαφορές προπονημένων και μη προπονημένων ατόμων ή αθλητών και μη αθλητών. Οι Brites et al. (1999) και Cazzola, Russo-Volpe, Cervato, & Cestaro (2003) βρήκαν πως ποδοσφαιριστές είχαν αυξημένη συγκέντρωση ουρικού οξέος σε κατάσταση ηρεμίας συγκριτικά με μη αθλητές. Ομοίως οι Μήνος και συν. (2007) βρήκαν ότι καλαθοσφαιριστριες είχαν υψηλότερες τιμές ουρικού οξέος από μη αθλήτριες. Αντίθετα, παίκτες του ράγκμπι και κολυμβητές δεν διέφεραν από μη αθλητές (Evelson et al. 2002; Gougoura et al. 2007). Η μελέτη των Gougoura et al. (2007) είναι και η μοναδική που εντοπίσαμε σε παιδιά.

Υπάρχει μία μελέτη που εξέτασε τη χρόνια επίδραση της άσκησης στις τιμές του ουρικού οξέος μετά από οξεία άσκηση. Οι Ketelhut, Ketelhut, Messerli, & Badtke (1996) προσδιόρισαν ουρικό οξύ σε μαραθωνοδρόμους με διαφορετικό επίπεδο φυσικής κατάστασης αμέσως μετά από έναν αγώνα μαραθωνίου και βρήκαν ότι η συγκέντρωσή του ήταν σημαντικά υψηλότερη (13%) μετά τον αγώνα στους δρομείς με υψηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης. Ακολουθούσαν οι δρομείς με μέτριο επίπεδο (10%), ενώ στους δρομείς χαμηλού επιπέδου δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος πριν και μετά τον αγώνα.

#### *Επίδραση φαρμάκων και διατροφής στην ανταπόκριση του ουρικού οξέος στην άσκηση*

Ερευνες έχουν εξετάσει αν τα φάρμακα και η διατροφή επηρεάζουν τις μεταβολές της συγκέντρωσης του ουρικού οξέος κατά την οξεία άσκηση. Σε ό,τι αφορά τα φάρμακα, έχει βρεθεί ότι αγωγή με αλλοπουρινόλη, έναν αναστολέα της οξειδάσης της ξανθίνης που χρησιμοποιείται στη θεραπεία καταστάσεων που προκύπτουν από υπερβολική συσσώρευση ουρικού οξέος, ανέστειλε την αύξηση του ουρικού οξέος μετά από άσκηση (Kaya et al., 2005; Stathis, Carey, & Snow, 2005).

Μεγαλύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον έχει συγκεντρώσει η επίδραση διατροφικών χειρισμών στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος στο πλάσμα μετά από άσκηση. Χορήγηση συμπληρώματος ισοφλαβονοειδών (γενιστεΐνη) με σκοπό να συμβάλει στην αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού δεν επηρεά-

σε την ανταπόκριση του ουρικού οξέος μετά την άσκηση (Chen, Bakhiet, Hart, & Holtzman, 2005). Χορήγηση συμπληρώματος L-καρνιτίνης με σκοπό να αποτρέψει την απώλειά της από τα ενδοθηλιακά κύτταρα των αγγείων λόγω ισχαιμίας (απώλεια που προκαλεί οξειδωτικό στρες) δεν μετέβαλε τη συγκέντρωση του ουρικού οξέος στην άσκηση (Volek et al., 2002). Ομοίως, χορήγηση συμπληρώματος αμινοξέων με σκοπό να αυξήσει την πρωτεϊνοσύνθεση ή/και να μειώσει την πρωτεϊνόλυση, έτσι ώστε να περιορίσει την μυϊκή καταστροφή που σχετίζεται με το στρες, δεν προκάλεσε μεταβολή στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος μετά από άσκηση (Kraemer et al., 2006).

Αντικρουόμενα είναι τα δεδομένα σχετικά με την επίδραση της χορήγησης αντιοξειδωτικών βιταμινών στην ανταπόκριση του ουρικού οξέος στην άσκηση. Πρόσληψη συμπληρώματος βιταμίνης C απέτρεψε την αύξηση της συγκέντρωσης του ουρικού οξέος μετά από οξεία άσκηση (Tauler et al., 2003) και μετά από προπόνηση τριών εβδομάδων (Yanai & Morimoto, 2004). Αντίθετα, κατά τους Maxwell et al. (1993), η πρόσληψη είτε βιταμίνης C είτε βιταμίνης E δεν εμπόδιζε την αύξηση στη συγκέντρωση του ουρικού οξέος μετά από οξεία άσκηση. Το ίδιο αποτέλεσμα βρήκαν και οι Rokitzki et al. (1994) με συνδυασμό βιταμίνης C και βιταμίνης E.

#### **Σχόλια και συζήτηση**

Από την παραπάνω ανασκόπηση φαίνεται ότι η οξεία άσκηση οδηγεί σε αύξηση του ουρικού οξέος στο πλάσμα λόγω αυξημένης διάσπασης του ATP. Η αύξηση του ουρικού οξέος προκαλεί σε ελάχιστες περιπτώσεις υπερουριχαιμία, διαρκεί το πολύ μία ημέρα και φαίνεται να συμβάλλει καθοριστικά στην αύξηση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του πλάσματος μετά την άσκηση. Η συστηματική μακρόχρονη άσκηση φαίνεται να αυξάνει επίσης τη συγκέντρωση του ουρικού οξέος, τόσο σε κατάσταση ηρεμίας όσο και μετά από άσκηση. Τέλος, φαρμακευτικοί χειρισμοί (αλλοπουρινόλη) που μειώνουν το ουρικό οξύ σε παθολογικές καταστάσεις εμποδίζουν την αύξησή του με την άσκηση, ενώ δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής διατροφικοί χειρισμοί που να επηρεάζουν με βεβαιότητα την ανταπόκριση του ουρικού οξέος στην άσκηση.

#### **Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις**

Όπως φαίνεται από μελέτη των Mikami et al. (2000), υπάρχει αντίστροφη σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του ουρικού οξέος στον ορό και του οξειδωτικού στρες κατά την διάρκεια οξείας αερόβιας άσκησης. Σύμφωνα με αυτούς τους συγγραφείς, υψηλές συγκεντρώσεις ουρικού οξέος μπορεί να προσφέρουν προστασία απέναντι στη δράση των ελευθέρων

ριζών. Επομένως το ουρικό οξύ μπορεί να είναι βιολογικής σπουδαιότητας για την αντιμετώπιση του ασκησιογενούς οξειδωτικού στρες. Άλλωστε, οι Waring et al. (2003) έδειξαν ότι η ενδοφλέβια χορήγηση ουρικού οξέος απέτρεψε την αύξηση ενός δείκτη οξειδωτικού στρες (8-ισο-προσταγλανδίνη F<sub>2α</sub>) μετά από αερόβια άσκηση υψηλής έντασης. Επομένως δεν θα πρέπει κανείς να αποφεύγει, αλλά ίσως αντίθετα να επιδιώκει υψηλές συγκεντρώσεις ουρικού οξέος κατά την άσκηση, αρκεί αυτές να παραμένουν μέσα στα φυσιολογικά όρια, κάτι που, όπως αναφέραμε, κατά κανόνα συμβαίνει.

### Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

- Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η μελέτη της ανταπόκρισης του ουρικού οξέος ανήλικων ατόμων στην άσκηση, λόγω της έλλειψης σχετικής βιβλιογραφίας.
- Έλλειψη βιβλιογραφίας υπάρχει και γύρω από την ανταπόκριση του ουρικού οξέος στην άσκηση σε γυναίκες. Ενδιαφέρον επομένως θα είχε η σύγκρισή τους με τους άνδρες ως προς την οξεία, μεσοπρόθεσμη και χρόνια επίδραση της άσκησης στο ουρικό οξύ.
- Τέλος, ενδιαφέρον έχει η εξέταση της χρόνιας χορήγησης φαρμάκων και χρόνιας διατροφικής παρέμβασης στα επίπεδα του ουρικού οξέος μετά από άσκηση.

### Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η αύξηση του ουρικού οξέος στο αίμα με την άσκηση φαίνεται να συμβάλλει στην αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας του οργανισμού. Επομένως μπορεί να είναι και αυτός ένας από τους πολλούς τρόπους με τους οποίους η άσκηση βελτιώνει την υγεία και την ποιότητα ζωής. Επειδή όμως υπερβολικές συγκεντρώσεις ουρικού οξέος στο αίμα συνδέονται με την ουρική αρθρίτιδα, είναι λογικός ένας δισταγμός να συστηθεί η άσκηση ως θεραπευτικό μέσο σε ασθενείς με ουρική αρθρίτιδα ή υπερουριχαιμία. Ωστόσο, άσκηση μέτριας έντασης, τέτοια που δεν προκαλεί συσσώρευση ουρικού οξέος, θα μπορούσε να αποβεί ωφέλιμη και για αυτά τα άτομα.

### Βιβλιογραφία

- Aguilo, A., Tauler, P., Fuentespina, E., Tur, J.A., Cordova, A., & Pons, A. (2005). Antioxidant response to oxidative stress induced by exhaustive exercise. *Physiology and Behavior*, 4, 1-7.
- Ascensão, A., Ferreira, R., Marques, F., Oliveira, E., Azevedo, V., Soares, et al. (2006). Effect of off-road competitive motocross race on plasma oxidative stress and damage markers. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 101-5.
- Balsom, P.D., Seger, J.Y., Sjodin, B., & Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 528-33.
- Benitez, S., Sanchez-Quesada, J.L., Lucero, L., Arce-lus, R., Ribas, V., Jorba, O., et al. (2002). Changes in low-density lipoprotein electronegativity and oxidizability after aerobic exercise are related to the increase in associated non-esterified fatty acids. *Atherosclerosis*, 160, 223-32.
- Bergholm, R., Makimattila, S., Valkonen, M., Liu, M.L., Lahdenpera, S., Taskinen, M.R., et al. (1999). Intense physical training decreases circulating antioxidants and endothelium-dependent vasodilatation in vivo. *Atherosclerosis*, 145, 341-9.
- Brites, F.D., Evelson, P.A., Christiansen, M.G., Nicol, M.F., Basilio, M.J., Wikinski, R.W., et al. (1999). Soccer players under regular training show oxidative stress but an improved plasma antioxidant status. *Clinical Science*, 96, 381-385.
- Cazzola, R., Russo-Volpe, S., Cervato, G., & Cestaro, B. (2003). Biochemical assessments of oxidative stress, erythrocyte membrane fluidity and antioxidant status in professional soccer players and sedentary controls. *European Journal of Clinical Investigation*, 33, 924-930.
- Chen, C.Y., Bakhiet, R.M., Hart, V., & Holtzman, G. (2005). Isoflavones improve plasma homocysteine status and antioxidant defense system in healthy young men at rest but do not ameliorate oxidative stress induced by 80% VO<sub>2</sub>pk exercise. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 49, 33-41.
- Chevion, S., Moran, D.S., Heled, Y., Shani, Y., Regev, G., Abbou, B., et al. (2003). Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 5119-5123.
- Duthie, G.G., Robertson, J.D., Maughan, R.J., & Morrice, P.C. (1990). Blood antioxidant status and erythrocyte lipid peroxidation following distance running. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 282, 78-83.
- Evelson, P., Gambino, G., Travacio, M., Jaita, G., Verona, J., Maroncelli, C., et al. (2002). Higher antioxidant defences in plasma and low density lipoproteins from rugby players. *European Journal of Clinical Investigation*, 32, 818-825.
- Fatouros, I.G., Destouni, A., Margonis, K., Jamurtas, A.Z., Vrettou, C., Kouretas, D., et al. (2006). Cell-free plasma DNA as a novel marker of aseptic inflammation severity related to exercise overtraining. *Clinical Chemistry*, 52, 1820-1824.

- Filaire, E., Jouanel, P., Colombier, M., Begue, R.J., & Lac, G. (2003). Effects of 16 weeks of training prior to a major competition on hormonal and biochemical parameters in young elite gymnasts. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 16, 741-750.
- Filaire, E., Lac, G., & Pequignot, J.M. (2003). Biological, hormonal, and psychological parameters in professional soccer players throughout a competitive season. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 1061-1072.
- Gougoura, S., Nikolaidis, M.G., Kostaropoulos, I.A., Jamurtas, A.Z., Koukoulis, G., & Kouretas, D. (2007). Increased oxidative stress indices in the blood of children swimmers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 100, 235-239.
- Green, H.J., Jones, S., Ball-Burnett, M., & Fraser, I. (1991). Early adaptations in blood substrates, metabolites, and hormones to prolonged exercise training in man. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 69, 1222-1229.
- Grossard, C., Machefer, G., Rannou, F., Faure, H., Zouhal, H., Sergent, O., et al. (2003). Physical fitness and plasma non-enzymatic antioxidant status at rest and after a wingate test. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 28, 79-92.
- Haralambie, G., & Senser, L. (1980). Metabolic changes in man during long-distance swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 43, 115-125.
- Hellsten, Y., Skadhauge, L., & Bangsbo, J. (2004). Effect of ribose supplementation on resynthesis of adenine nucleotides after intense intermittent training in humans. *American Journal of Physiology*, 286, R182-188.
- Hellsten, Y., Svensson, M., Sjodin, B., Smith, S., Christensen, A., Richter, E.A., et al. (2001). Allantoin formation and urate and glutathione exchange in human muscle during submaximal exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 31, 1313-1322.
- Hellsten, Y., Sjodin, B., Richter, E.A., & Bangsbo, J. (1998). Urate uptake and lowered ATP levels in human muscle after high-intensity intermittent exercise. *American Journal of Physiology*, 274, E600-E606.
- Hellsten, Y., Tullson, P.C., Richter, E.A., & Bangsbo, J. (1997). Oxidation of urate in human skeletal muscle during exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 22, 169-174.
- Hellsten-Westing, Y., Norman, B., Balsom, P.D., & Sjodin, B. (1993). Decreased resting levels of adenine nucleotides in human skeletal muscle after high-intensity training. *Journal of Applied Physiology*, 74, 2523-2528.
- Hellsten-Westing, Y., Kaijser, L., Ekblom, B., & Sjodin, B. (1994). Exchange of purines in human liver and skeletal muscle with short-term exhaustive exercise. *American Journal of Physiology*, 266, R81-R86.
- Hellsten-Westing, Y., Sollevi, A., & Sjodin, B. (1991). Plasma accumulation of hypoxanthine, uric acid and creatine kinase following exhausting runs of differing durations in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62, 380-384.
- Kargotich, S., Goodman, C., Keast, D., Fry, R.W., Garcia-Webb, P., Crawford, P.M., et al. (1997). Influence of exercise-induced plasma volume changes on the interpretation of biochemical data following high-intensity exercise. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 7, 185-191.
- Kaya, M., Moriwaki, Y., Ka, T., Inokuchi, T., Yamamoto, A., Takahashi, S., et al. (2006). Plasma concentrations and urinary excretion of purine bases (uric acid, hypoxanthine, and xanthine) and oxypurinol after rigorous exercise. *Metabolism*, 55, 103-107.
- Ketelhut, R.G., Ketelhut, K., Messerli, F.H., & Badtke, G. (1996). Fitness in the fit: does physical conditioning affect cardiovascular risk factors in middle-aged marathon runners? *European Heart Journal*, 17, 199-203.
- Kraemer, W.J., Ratamess, N.A., Volek, J.S., Hakkinen, K., Rubin, M.R., French, D.N. et al. (2006). The effects of amino acid supplementation on hormonal responses to resistance training overreaching. *Metabolism*, 55, 282-291.
- Laires, M.J., Madeira, F., Sergio, J., Colaco, C., Vaz, C., Felisberto, G.M., et al. (1993). Preliminary study of the relationship between plasma and erythrocyte magnesium variations and some circulating pro-oxidant and antioxidant indices in a standardized physical effort. *Magnesium Research*, 6, 233-238.
- Liu, M.L., Bergholm, R., Makimattila, S., Lahdenpera, S., Valkonen, M., Hilden, H., et al. (1999). A marathon run increases the susceptibility of LDL to oxidation in vitro and modifies plasma antioxidants. *American Journal of Physiology*, 276, E1083-1091.
- Lutoslawska, G., & Sendeki, W. (1990). Plasma biochemical variables in response to 42-km kayak and canoe races. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30, 406-411.
- Maxwell, S.R., Jakeman, P., Thomason, H., Leguen, C., & Thorpe, G.H. (1993). Changes in plasma antioxidant status during eccentric exercise and the effect of vitamin supplementation. *Free Radical Research Communications*, 19, 191-202.
- Mikami, T., Yoshino, Y., & Ito, A. (2000). Does a relationship exist between the urate pool in the body and lipid peroxidation during exercise?

- Free Radical Research*, 32, 31-39.
- Μήγος, Β., Παπαϊωάννου, Γ., Πηλίδης, Κ., Πετρίδου, Α., Τσαλουχίδου, Σ., Γαλάνης, Ν., κ.ά. (2007). Σύγκριση ουρικού οξέος και ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας μεταξύ καλαθοσφαιριστιών υψηλού επιπέδου και μη αθλητριών. *15ο Διεθνές Συνέδριο Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού* – [http://www.phyed.duth.gr/files/congress/2007/bioch\\_abs.pdf](http://www.phyed.duth.gr/files/congress/2007/bioch_abs.pdf).
- Møller, P., Wallin, H., & Knudsen, L.E. (1996). Oxidative stress associated with exercise, psychological stress and life-style factors. *Chemico - Biological Interactions*, 102, 17-36.
- Mougiou, V. (2006). *Exercise Biochemistry*. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 133-134.
- Neumayr, G., Pfister, R., Hoertnagl, H., Mitterbauer, G., Prokop, W., & Joannidis, M. (2005). Renal function and plasma volume following ultramarathon cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 2-8.
- Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Giakas, G., Fatouros, I.G., Koutedakis, Y., Kouretas, D., et al. (2007). Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1080-1089.
- Quindry, J.C., Stone, W.L., King, J., & Broeder, C.E. (2003). The effects of acute exercise on neutrophils and plasma oxidative stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1139-1145.
- Rokitzki, L., Logemann, E., Sagredos, A.N., Murphy, M., Wetzel-Roth, W., & Keul, J. (1994). Lipid peroxidation and antioxidative vitamins under extreme endurance stress. *ACTA Physiologica Scandinavica*, 151, 149-158.
- Sahlin, K., Tonkonogi, M., & Soderlund, K. (1999). Plasma hypoxanthine and ammonia in humans during prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80, 417-422.
- Stathis, C.G., Carey, M.F., & Snow, R.J. (2005). The influence of allopurinol on urinary purine loss after repeated sprint exercise in man. *Metabolism*, 54, 1269-1275.
- Stathis, C.G., Zhao, S., Carey, M.F., & Snow, R.J. (1999). Purine loss after repeated sprint bouts in humans. *Journal of Applied Physiology*, 87, 2037-2042.
- Stauch, M., Liu Y, Giesler, M., & Lehmann, M. (1999). Physical activity level during a round of golf on a hilly course. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39, 321-327.
- Sutton, J.R., Toews, C.J., Ward, G.R., & Fox, I.H. (1980). Purine metabolism during strenuous muscular exercise in man. *Metabolism*, 29, 254-260.
- Suzuki, K., Peake, J., Nosaka, K., Okutsu, M., Abbiss, C.R., Surriano, R., et al. (2006). Changes in markers of muscle damage, inflammation and HSP70 after an Ironman Triathlon race. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 98, 525-534.
- Tauler, P., Aguilo, A., Gimeno, I., Fuentespina, E., Tur, J.A., & Pons, A. (2003). Influence of vitamin C diet supplementation on endogenous antioxidant defences during exhaustive exercise. *Pflugers Archiv-European Journal of Physiology*, 446, 658-664.
- Tauler, P., Sureda, A., Cases, N., Aguilo, A., Rodriguez-Marroyo, J.A., Villa, G., et al. (2006). Increased lymphocyte antioxidant defences in response to exhaustive exercise do not prevent oxidative damage. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 7, 665-671.
- Tsopanakis, C., & Tsopanakis, A. (1998). Stress hormonal factors, fatigue, and antioxidant responses to prolonged speed driving. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 60, 747-751.
- Volek, J.S., Kraemer, W.J., Rubin, M.R., Gomez, A.L., Ratamess, N.A., & Gaynor, P. (2002). L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress. *American Journal of Physiology*, 282, E474-482.
- Waring, W.S., Convery, A., Mishra, V., Shenkin, A., Webb, D.J., & Maxwell, S.R. (2003). Uric acid reduces exercise-induced oxidative stress in healthy adults. *Clinical Science*, 105, 425-430.
- Wu, A.H.B. (2006). *Tietz clinical guide to laboratory tests*. St. Louis, MO: Saunders.
- Yamanaka, H., Kawagoe, Y., Taniguchi, A., Kaneko, N., Kimata, S., Hosoda, S., et al. (1992). Accelerated purine nucleotide degradation by anaerobic but not by aerobic ergometer muscle exercise. *Metabolism*, 41, 364-369.
- Yanai, H., & Morimoto, M. (2004). Effect of ascorbate on serum lipids and urate metabolism during exhaustive training. *Clinical Science*, 106, 107-109.

