



# ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ- ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Διαιτολογία-Διατροφή

*ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΗ*

## Τίτλος Μεταπτυχιακής διατριβής:

**“Η επίδραση της διαιτητικής πρόσληψης νατρίου στην εμφάνιση μυϊκών  
κραμπών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης”.**

Αρναούτης Ιωάννης

## ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Κάβουρας Σταύρος, Λέκτορας (Υπεύθυνος Καθηγητής)

Συντώσης Λάμπρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Νάσσης Γιώργος, Διδάσκων (Π.Δ. 407)

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Σταύρο Κάβουρα, για την επιστημονική βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας, τον Κώστα Αναστασίου, για την πολύτιμη συμπαράστασή του και τις συμβουλές του, τις συνεργάτισσές μου στο «δύσκολο» χώρο του εργαστηρίου, Αριστέα Γκιοζάρη και Μαρία Κόλλια και φυσικά, όλους τους εθελοντές που με μεγάλο κόπο, αφιέρωσαν σημαντικό χρόνο για την πραγματοποίηση της μελέτης.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου, για την υπομονή τους και την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια όλων αυτών των χρόνων.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>1</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>3</b>
1.1 Άσκηση και θερμό περιβάλλον.	5
1.2 Επιδράσεις αυξημένης απώλειας H <sub>2</sub> O – αφυδάτωσης	7
1.3 Θερμικές κρίμπες	10
1.4 Θερμική εξάντληση	11
1.5 Θερμοπληξία	12
<b>2. «ΣΩΣΤΗ» ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ – ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΠΟΤΑ</b>	<b>14</b>
2.1 Επίσημη θέση του National Athletic Trainers Association για την πρόληψη αφυδάτωσης-θερμικών διαταραχών.	14
2.2 Το «ιδανικό» αθλητικό ποτό	16
<b>3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ (Na<sup>+</sup>)</b>	<b>18</b>
3.1 Βασικές λειτουργίες νατρίου - Na <sup>+</sup> και ισορροπία των υγρών του σώματος	18
3.2 Αποφυγή Υπονατριάμιας	19
3.3 Ορισμός Υπονατριάμιας	20
3.4 Αίτια εμφάνισης της υπονατριάμιας – Παράγοντες κινδύνου	21
3.5 Συμπτώματα	24
3.6 Πρόληψη-Αντιμετώπιση	25
<b>4. ΜΥΪΚΕΣ ΚΡΑΜΠΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ</b>	<b>28</b>
4.1 Ορισμός	29
4.2 Παράγοντες κινδύνου εμφάνισης EAMCs-Θεωρίες- Πιθανά αίτια	30
4.3 Συμπτώματα μυϊκής κράμπας	39
4.4 Τρόποι αντιμετώπισης μυϊκής κράμπας: άμεσοι και μακροπρόθεσμοι	41
<b>ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ</b>	<b>44</b>
<b>ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ</b>	<b>46</b>
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	<b>51</b>
<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	<b>58</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>63</b>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθεί η επίδραση της χορήγησης αθλητικών ποτών με διαφορετική σύσταση σε νάτριο, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, στη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας, των επιπέδων νατρίου στο αίμα και στην εμφάνιση μυϊκών κραμπών. Στη μελέτη συμμετείχαν 13 νέοι υγιείς, μη προπονημένοι άντρες. Το πειραματικό πρωτόκολλο περιλάμβανε τρίωρης διάρκειας άσκηση μέτριας έντασης, στο κυκλοεργόμετρο και στο δαπεδοεργόμετρο (εναλλαγή ανά 30 λεπτά), 20 λεπτά άρσεις των γαστροκνημίων επί ακροστασία και τέλος 45 λεπτά γρήγορο ανηφορικό περπάτημα στο δαπεδοεργόμετρο (5,5 km/h, 12% κλίση). Καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, οι απώλειες των υγρών, οι οποίες προσδιορίζονταν με βάση τη μεταβολή του σωματικού βάρους, αναπληρώνονταν με την αντίστοιχη κατανάλωση ενός από τα υπό εξέταση διαλύματα: (i) Νερό με γλυκαντικές ουσίες και χρωματισμένο (εικονική δοκιμή, placebo). (ii) Μεταλλικό νερό (νάτριο <0,3 mmol/L). (iii) Διάλυμα χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο (52 mg/100 ml) και γλυκόζη (6%). (iv) Διάλυμα υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο (84 mg/100 ml) και γλυκόζη (6%). Τα ποτά που περιείχαν νάτριο απέτρεψαν την εμφάνιση υπονατριαιμίας στους εθελοντές σε αντίθεση με τα ποτά που δεν περιείχαν και διατήρησαν επίσης σταθερό τον όγκο του πλάσματος. Σε κανέναν από τους εθελοντές δεν παρατηρήθηκε εμφάνιση μυϊκής κράμπας. Ωστόσο, σε τέσσερις εθελοντές παρατηρήθηκαν πρόδρομα συμπτώματα μυϊκών κραμπών (σφίξιμο και έντονος πόνος γαστροκνημίου) είτε κατά τη διάρκεια της εικονικής δοκιμής (2 εθελοντές), είτε κατά τη διάρκεια της χορήγησης νερού (1 εθελοντής), είτε κατά τη διάρκεια της χορήγησης αθλητικού ποτού με χαμηλή συγκέντρωση νατρίου

(1 εθελοντής). Τα επίπεδα νατρίου στις περιπτώσεις αυτές ήταν εντός του εύρους της ήπιας υπονατριαιμίας (132, 132, 132,5 και 134 mEq/L).

Συμπερασματικά, τα ποτά με νάτριο απέτρεψαν τη μείωση του όγκου του πλάσματος και των επιπέδων νατρίου, ενώ παράλληλα βρέθηκαν ενδείξεις οι οποίες υποδηλώνουν ότι τα μειωμένα επίπεδα νατρίου στο αίμα, είναι πιθανό να προκαλέσουν πρόδρομα συμπτώματα και κατ' επέκταση εμφάνιση μυϊκών κραμπών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης σε θερμό περιβάλλον.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι άνθρωποι παρουσιάζουν τη χαρακτηριστική ικανότητα όχι μόνο να μπορούν να επιβιώνουν ή να εργάζονται, αλλά ακόμη και να ασκούνται κάτω από πολύ ακραίες περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Δε φαντάζει άλλωστε περίεργο το θέαμα ανθρώπων που ζουν και εργάζονται υπό συνθήκες ιδιαίτερα δύσκολες, όπως σε διάφορες περιοχές του Βορείου ημισφαιρίου όπου οι θερμοκρασίες τον περισσότερο καιρό του χρόνου βρίσκονται στους 0° C και χαμηλότερα, αλλά και ανθρώπων που ζουν φυσιολογικά, σε περιοχές κυρίως του ισημερινού όπου η θερμοκρασία ξεπερνάει για αρκετούς μήνες τους 40° C.

Η ικανότητα αυτή του ανθρώπινου είδους οφείλεται σε ένα πολύ καλά οργανωμένο σύστημα «άμυνας» του οργανισμού το οποίο επιτρέπει την ομαλή λειτουργία όλων των συστημάτων του, ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών, με τελικό αποτέλεσμα τη διατήρηση της ομοιόστασης.

Πρέπει αρχικά να ξεκαθαριστεί, ότι όταν αναφερόμαστε στο όρο θερμοκρασία του σώματος, εννοούμε την θερμοκρασία του εσωτερικού του οργανισμού, γνωστή ως θερμοκρασία του πυρήνα και η οποία παραμένει στη φυσιολογική της τιμή (μεταξύ 36,5 και 37,5 °C) ακόμη και σε πολύ διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Η ρύθμιση λοιπόν της θερμοκρασίας του σώματος ελέγχεται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και πιο συγκεκριμένα, από τον υποθάλαμο. Το θερμορυθμιστικό τμήμα του υποθαλάμου λαμβάνει ερεθίσματα από διάφορες πηγές.

Σε γενικές γραμμές η διαδικασία έχει ως εξής: καταρχήν, οι θερμοϋποδοχείς που βρίσκονται κυρίως στο δέρμα όταν εντοπίσουν τυχόν αλλαγή στη θερμοκρασία του

δέρματος «ενεργοποιούν» τον υποθάλαμο. Συνεπώς, όταν η θερμοκρασία του δέρματος είναι υψηλή ή όταν η θερμοκρασία στο αίμα αυξηθεί, ο οργανισμός ενεργοποιεί τη διαδικασία αποβολής θερμότητας η οποία συνίσταται κατά κύριο λόγο, στην αύξηση της ροής του αίματος προς το δέρμα και άρα πιο εύκολα προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα στην απότομη αύξηση της παραγωγής ιδρώτα από τους ιδρωτοποιούς αδένες, με τελικό αποτέλεσμα την εξάτμιση αυτού και άρα και της θερμότητας προς το περιβάλλον. Αντιθέτως, όταν οι υποδοχείς του δέρματος ανιχνεύσουν χαμηλή θερμοκρασία, τότε η πρωταρχική αντίδραση του σώματος είναι να μειώσει την αιματική ροή προς το δέρμα, να τη μετατοπίσει προς το εσωτερικό του πυρήνα και παράλληλα να αρχίσει το άτομο τη διαδικασία ρίγους (ακούσια σύσπαση των μυών) η οποία παράγει θερμότητα μέσω αύξησης του μεταβολισμού.

Έτσι λοιπόν, μέσω αυτού του μηχανισμού ο ανθρώπινος οργανισμός κατορθώνει και αντεπεξέρχεται στις καιρικές μεταβολές και στις αντίξοες συνθήκες, διατηρώντας τη θερμοκρασία του σε φυσιολογικά πλαίσια. Τι συμβαίνει όμως στην περίπτωση της άσκησης, συνήθως μεγάλης χρονικής διάρκειας, υπό υψηλές θερμοκρασίες;

## **1.1 Άσκηση και θερμό περιβάλλον.**

Η άσκηση σε θερμό περιβάλλον είναι έννοια σύμφυτη με τον αθλητισμό. Πληθώρα αγωνισμάτων λαμβάνουν χώρα υπό πολύ ζεστές θερμοκρασίες. Πολλοί ποδοσφαιρικοί αγώνες, μεγάλα τουρνουά στίβου και αντισφαίρισης, μαραθώνιοι και πολλά άλλα αγωνίσματα, πραγματοποιούνται κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, ενώ μια μεγάλη μερίδα αθλημάτων, ξεκινούν την προετοιμασία, τους θερινούς μήνες (ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση κλπ).

Παρουσιάζει συνεπώς μεγάλο ενδιαφέρον, να δούμε τους μηχανισμούς με τους οποίους ο οργανισμός αντεπεξέρχεται αυτών των δύσκολων συνθηκών, καθώς και τους τυχόν κινδύνους που ελλοχεύουν.

Η άσκηση ως γνωστόν, αυξάνει το μεταβολικό ρυθμό και την παραγωγή ενέργειας. Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της παραγόμενης αυτής ενέργειας απελευθερώνεται ως θερμότητα. Συγκεκριμένα, όσο υψηλότερη είναι η ένταση της άσκησης και όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια αυτής, τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσό της παραγόμενης από το σώμα θερμότητας (Sawka M.N., et al. 2001). Ειδικότερα δε, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα υψηλή τότε ο ρυθμός εφίδρωσης του ασκούμενου (κύριο μέσο αποβολής θερμότητας κατά την άσκηση) ξεπερνάει κατά πολύ τα 1,8 l/h (Sawka M.N., et al. 2005).

Είναι φανερό ότι η αύξηση της εφίδρωσης αποτελεί μία από τις άμεσες απαντήσεις του οργανισμού στη ζέστη. Επιπλέον άμεσες αλλαγές που παρατηρούνται στον οργανισμό κατά την άσκηση σε θερμό περιβάλλον είναι η μείωση του όγκου πλάσματος η οποία και επιδεινώνεται όσο η ένταση της προσπάθειας αυξάνεται, η ταχεία αύξηση της καρδιακής συχνότητας, καθώς και η μείωση του όγκου παλμού.



Ο ρυθμός εφίδρωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης όπως προαναφέρθηκε, σχετίζεται κύρια με την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης, ενώ σημαντικοί παράγοντες επίσης είναι η υγρασία, ο ρουχισμός, η κατάσταση υδάτωσης πριν από την έναρξη της άσκησης, καθώς και οι ατομικές σωματικές διαφορές (Gonzalez-Alonso et al. 1999). Τέλος αξίζει να σημειωθεί, ότι ο ρυθμός εφίδρωσης διαφέρει σε διαφορετικά σημεία του σώματος κατά την έντονη άσκηση. Παραδείγματος χάρη, το κεφάλι ιδρώνει νωρίτερα και περισσότερο από τα άκρα.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, ο ανθρώπινος οργανισμός κατά τη διάρκεια παραμονής του υπό θερμό περιβάλλον και πόσο μάλλον κατά την άσκηση σε θερμές συνθήκες, βρίσκεται σε μια κατάσταση «συναγερμού». Σκοπός του συνεπώς, είναι η κατά το συντομότερο δυνατό εξοικείωση του οργανισμού με αυτές τις ακραίες γι' αυτόν συνθήκες.

Οι κύριες φυσιολογικές αλλαγές που προκαλούνται στον ανθρώπινο οργανισμό με πρωτεύοντα στόχο την άμεση ανταπόκρισή του στις δύσκολες καιρικές συνθήκες και κατ' επέκταση την μετέπειτα άνευ προβλημάτων λειτουργία του, αποτελούν τον θερμοεγκλιματισμό, ο οποίος συνίσταται σε:

**(i)** *Μείωση του «κατωφλιού» εφίδρωσης*, με στόχο την πρόληψη της πρόωρης αύξησης της θερμοκρασίας του πυρήνα. Με αυτόν τον τρόπο, το ανθρώπινο σώμα «ιδρώνει» νωρίτερα και γρηγορότερα από ότι υπό φυσιολογικές συνθήκες προσπαθώντας έτσι να εξωτερικεύσει όσο το δυνατόν συντομότερα, μεγαλύτερες ποσότητες θερμότητας.

**(ii)** *Αύξηση του ρυθμού εφίδρωσης*. Με τελικό αποτέλεσμα την απώλεια θερμότητας μέσω της εξάτμισης και την διατήρηση χαμηλότερης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την άσκηση. Η αύξηση του ρυθμού εφίδρωσης είναι μια

μεταβολή η οποία δρα παράλληλα με την μείωση του κατωφλίου εφίδρωσης και έχει παρόμοιο στόχο.

(iii) *Αύξηση του όγκου πλάσματος.* Αντίδραση που προκαλεί καλύτερο έλεγχο της πίεσης του αίματος, χαμηλότερο καρδιακό ρυθμό, αυξημένη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_2 \max$ ) και διατήρηση του όγκου παλμού και

(iv) *Μειωμένη απώλεια ηλεκτρολυτών* και ιδιαίτερα νατρίου, στον ιδρώτα. Μέσω αυτής της φυσιολογικής αλλαγής, η διατήρηση της ισορροπίας των υγρών μεταξύ των κυττάρων είναι ευκολότερη, καθώς και του υγρού του εξωκυττάρου χώρου και του αίματος. Έτσι επιτυγχάνεται η ομοιόσταση μεταξύ των υγρών του σώματος, προϋπόθεση απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού.

Όπως είδαμε λοιπόν από τα παραπάνω, ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει ένα πολύ καλά μελετημένο και αποτελεσματικό τρόπο άμυνας απέναντι σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας. Υπάρχουν ωστόσο πολλές περιπτώσεις κατά τις οποίες ο οργανισμός αδυνατεί να αντεπεξέλθει πλήρως στις ιδιαίτερες απαιτήσεις των καταστάσεων, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται θερμικές διαταραχές.

## **1.2 Επιδράσεις αυξημένης απώλειας $H_2O$ – αφυδάτωσης**

Η πιο κοινή-αρνητική περίπτωση για την ομαλή απόδοση του οργανισμού είναι η αφυδάτωση. Ως αφυδάτωση λοιπόν, ορίζεται η αυξημένη απώλεια υγρών και πιο συγκεκριμένα νερού από τον οργανισμό.

Είναι γνωστό ότι η συνολική ποσότητα νερού στο σώμα διαδραματίζει ένα πολύ κρίσιμο ρόλο όσον αφορά τη θερμορύθμιση, καθώς και την απόδοση της άσκησης στη ζέστη.

Τα προαναφερθέντα, οφείλονται στο γεγονός ότι το νερό αποτελεί το 45%-70% της σωματικής μάζας ενός μέσου ενήλικα, το 65% και το 35% του ενδοκυττάριου και του εξωκυττάριου υγρού αντίστοιχα και είναι το μέρος όπου πολλά συστατικά οργανικά και ανόργανα διαλύονται και έτσι γίνονται διαθέσιμα για μεταφορά από το ένα σημείο στο άλλο (Sawka M. N., et al. 2005). Η εκάστοτε αλλαγή στο περιεχόμενο νερού σε οποιοδήποτε διαμέρισμα του σώματος, οδηγεί σε μια ανακατανομή των σωματικών υγρών και σε αλλαγή των κυτταρικών λειτουργιών οι οποίες σε μεγαλύτερο βαθμό μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή λειτουργία ολόκληρου του ανθρώπινου οργανισμού (Mack G.W, and Nadel E.R.1996). Σε γενικές γραμμές πάντως, η συνολική ποσότητα νερού στο σώμα φυσιολογικά παραμένει σχετικά σταθερή, ωστόσο όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, η φυσική δραστηριότητα και η έκθεση στη ζέστη οδηγούν στη μετατόπιση των υγρών του σώματος προς την περιφέρεια και άρα και σε εξάτμιση με στόχο την υποστήριξη της θερμορύθμισης, επηρεάζοντας έτσι την αρχικά σταθερή ποσότητα (Sawka and Coyle, 1999).

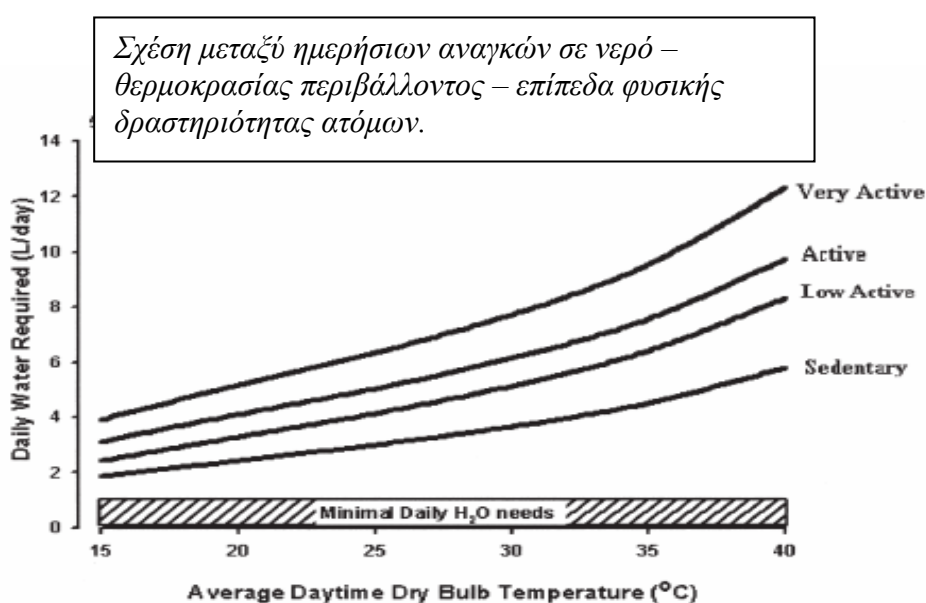
Παράδοξο είναι, ότι παρόλη τη σημασία που η διατήρηση μιας σταθερής ποσότητας νερού στο σώμα έχει για τον οργανισμό, η αφυδάτωση πολλές φορές μπορεί να είναι και «εκούσια» (involuntary dehydration) (Greenleaf J. E., and F. Sargent. 1965) μιας και πολλοί ασκούμενοι φοβούμενοι τυχόν παρενέργειες από τη μεγάλη κατανάλωση υγρών κατά την άσκηση (πχ, στομαχικές διαταραχές, δυσφορία, τάση για εμετό κλπ) αποφεύγουν τις συστάσεις που δίνει το Αμερικανικό Κολλέγιο Αθλητιατρικής (1996) για την «ιδανική» κατανάλωση υγρών κατά την άσκηση, η οποία ανέρχεται στα 150-200 ml ανά 15 με 20 λεπτά.

Το φαινόμενο λοιπόν της αφυδάτωσης παρατηρείται πολύ συχνά στους αθλητικούς χώρους, παρόλο που έχει αποδειχτεί ότι ακόμη και με πολύ μικρές

απώλειες ιδρώτα μέχρι και 2% του σωματικού βάρους, η απόδοση του ασκούμενου επηρεάζεται αρνητικά..

Κλασικό παράδειγμα αποτελεί μια έρευνα από τους Armstrong LE et al (1985) κατά την οποία μελετήθηκαν εθελοντές σε κούρσες των 1500, 5000, και 10.000 μέτρων, αφού τους είχε μειωθεί η σωματική τους μάζα κατά 2% με τη βοήθεια διουρητικού. Ο χρόνος που χρειάστηκαν για την ολοκλήρωση της κούρσας, αυξήθηκε κατά 0.16, 1.31 και 2.62 λεπτά (3.4, 6.7 και 6.8% αντίστοιχα) συγκρινόμενος με τον αντίστοιχο χρόνο ολοκλήρωσης της κούρσας, όταν βρίσκονταν σε φυσιολογικά επίπεδα υδάτωσης.

Έχει παρατηρηθεί λοιπόν, ότι ακόμα και ένα τόσο μικρό ποσοστό αφυδάτωσης οδηγεί σε επιτάχυνση της καρδιακής λειτουργίας, καρδιαγγειακή καταπόνηση, περιορισμό της ικανότητας του σώματος να μεταφέρει θερμότητα από τους ασκούμενους μυς στην επιφάνεια του δέρματος, με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των πιθανοτήτων για αισθητά μειωμένη απόδοση και την πρόκληση σοβαρότερων θερμικών διαταραχών (Casa DJ. 1999).



Ως πρόωρα σημάδια-συμπτώματα της αφυδάτωσης, θεωρούνται το έντονο αίσθημα της δίψας και η γενική δυσφορία. Τα παραπάνω ακολουθούνται από κοκκίνισμα του δέρματος, κόπωση, μυϊκές κράμπες και σε εντονότερο βαθμό από εμετούς, ναυτία, πονοκέφαλους, τρεμούλιασμα, μειωμένη απόδοση και άλλα (Casa DJ, et al. 2000). Ο έγκαιρος εντοπισμός όλων αυτών των πρόωρων σημαδιών εμφάνισης του φαινομένου της αφυδάτωσης, έχει αποδειχθεί πως μπορεί να περιορίσει την εμφάνιση ή το βαθμό μίας πιθανής επακόλουθης θερμικής διαταραχής (Armstrong LE and Maresh CM. 1993).

Οι γνωστότερες περιπτώσεις θερμικών διαταραχών είναι: οι θερμικές κράμπες, η θερμική εξάντληση και σε ακραίες καταστάσεις η περίπτωση της θερμοπληξίας. Όπως είναι λογικό, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική διαταραχή τόσο σοβαρότερες θα είναι και οι συνέπειες για τον ανθρώπινο οργανισμό και την λειτουργία του.

### **1.3 Θερμικές κράμπες**

Ως θερμικές κράμπες χαρακτηρίζονται οι ακούσιοι σπασμοί στις μυϊκές ομάδες που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Οι θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό την εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου είναι πολλές, με κυριότερες αυτές της αφυδάτωσης-υπερβολικής μείωσης των επιπέδων νατρίου (Stofan JR, et al. 2005, Bergeron MF.2000, 2003, Horswill C.A, 1999) και της νευρομυϊκής κόπωσης από παρατεταμένη προσπάθεια (Jung AP., et al. 2005, Sulzer NU., et al. 2005, Schwellnus MP., et al. 1996, 1999, Nicol J. 1996,

Bentley S. 1996). Ωστόσο οι θεωρίες, τα αίτια, τα συμπτώματα και οι τρόποι αντιμετώπισης των κραμπών, θα αναλυθούν εκτενώς σε προσεχές-κύριο κεφάλαιο.

Αξίζει τέλος να σημειωθεί, ότι η ονομασία θερμικές κράμπες δεν αντικατοπτρίζει πλήρως την πραγματικότητα αφού αντίστοιχα φαινόμενα έχουν παρατηρηθεί πολύ συχνά και στους κολυμβητικούς χώρους (Schwellnus MP, et al. 1997), όπου τα ποσοστά αφυδάτωσης είναι σαφώς μικρότερα και παράλληλα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (θερμοκρασία πισίνας: 26-27 °C) είναι ιδανική.

#### **1.4 Θερμική εξάντληση**

Ως θερμική εξάντληση, ορίζεται η κατάσταση κατά την οποία η συνέχιση της άσκησης είναι αδύνατη και η οποία σχετίζεται με ποικίλους παράγοντες, όπως είναι: η αυξημένη εφίδρωση, η αφυδάτωση, η απώλεια ηλεκτρολυτών και ιδίως νατρίου και το «άδειασμα» των αποθηκών ενέργειας του οργανισμού (HM. Binkley., et al. 2002).

Ως σημάδια-συμπτώματα θερμικής εξάντλησης θεωρούνται: η υπόταση, η γρήγορη πτώση του καρδιακού παλμού, οι ζαλάδες, η ανορεξία, οι ναυτίες, ο αποπροσανατολισμός του ατόμου, η μειωμένη έκκριση ούρων, οι πονοκέφαλοι, η αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα (<39,5° C) και πολλά άλλα (Armstrong LE, et al. 1987).

Η απότομη απώλεια όγκου πλάσματος, σε συνδυασμό με την αδυναμία του κυκλοφορικού να αντεπεξέλθει στην ταυτόχρονη αγγειοδιαστολή στο δέρμα και στους ενεργούς μυς, θεωρείται ως το πιθανότερο αίτιο εμφάνισης της συγκεκριμένης θερμικής βλάβης.

Η αντιμετώπιση αντίστοιχων επεισοδίων περιλαμβάνει: άμεση μετακίνηση του παθόντος σε δροσερό μέρος και ταυτόχρονη χορήγηση υγρών. Η ενδοφλέβια

χορήγησή τους ενδείκνυται αποκλειστικά σε ακραίες περιπτώσεις. Ενώ το άτομο που είναι θερμικά εξαντλημένο, δεν πρέπει να συμμετάσχει σε οποιαδήποτε περαιτέρω δραστηριότητα για το υπόλοιπο της μέρας και θα πρέπει να ενθαρρύνεται ούτως ώστε να καταναλώνει άφθονη ποσότητα υγρών για το υπόλοιπο αυτής (Brewster SJ, et al. 1995).

### **1.5 Θερμοπληξία**

Η θερμοπληξία είναι η πλέον επικίνδυνη θερμική διαταραχή, διότι μπορεί να οδηγήσει μέχρι και στο θάνατο.

Ως θερμοπληξία ή θερμική καταπληξία, ορίζεται η αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα (>39,5 °C) η οποία προκαλείται από αδυναμία του θερμορυθμιστικού κέντρου του εγκεφάλου. Η αδυναμία αυτή, μπορεί να οφείλεται σε εκτεταμένη ενδογενής παραγωγή θερμότητας, ή σε δυσκολία απώλειας αυτής λόγω ακραίων καιρικών συνθηκών. Το τελικό αποτέλεσμα, είναι η ραγδαία αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Σημάδια και συμπτώματα της θερμοπληξίας, είναι: ταχυκαρδία, υπόταση, εφίδρωση (παρόλο που το δέρμα μπορεί να είναι στεγνό ή υγρό κατά την κατάρρευση), υπεραερισμός, εμετοί, διάρροια, αποπροσανατολισμός, απώλεια αισθήσεων, μέχρι και κόμα (Armstrong LE, et al. 1987).

Ως άμεση αντιμετώπιση αυτών των ακραίων και επικίνδυνων επεισοδίων συνιστάται: η άμεση ψύξη του σώματος στους 38,9 ° C με τη βοήθεια πάγου ή κρύου νερού και παράλληλα εάν το άτομο έχει τις αισθήσεις του άμεση χορήγηση υγρών με γλυκόζη. Σε πολύ σοβαρές περιπτώσεις είναι επιβεβλημένη και η επείγουσα εισαγωγή σε νοσοκομείο (Brewster SJ, et al. 1995).

Παρόλο που επεισόδια θερμοπληξίας μπορούν να συμβούν σε σχεδόν οποιοσδήποτε περιβαλλοντολογικές συνθήκες, ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος, όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή, υπάρχει αναιμία και επικρατεί μεγάλη υγρασία.

Συνοψίζοντας, γενικά ως πιο ευάλωτες ομάδες ατόμων για την εμφάνιση θερμικών βλαβών, φαίνεται να είναι οι παχύσαρκοι (υψηλό BMI), οι αγύμναστοι, τα άτομα που ξεκινάνε το αγώνισμα ενώ είναι ήδη αφυδατωμένα, άτομα που έχουν ιστορικό αντίστοιχων επεισοδίων και που ντύνονται με σκουρόχρωμα ρούχα, ή έχουν κάνει χρήση ουσιών που οδηγούν σε αυξημένη διούρηση, καθώς και αυτοί που δείχνουν υπερβάλλοντα ζήλο πιέζοντας τον εαυτό τους να ξεπεράσει τα όριά του (Binkley HM, et al. 2002).



## **2. «ΣΩΣΤΗ» ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ – ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΠΟΤΑ**

Όπως είδαμε από όσα αναφέρθηκαν μέχρι στιγμής, είναι προφανές ότι η αναπλήρωση των απωλειών υγρών και ηλεκτρολυτών είναι ζωτικής σημασίας, μιας και συμβάλλει στη διατήρηση της υδάτωσης και κατ' επέκταση προάγει την υγεία, την ασφάλεια και την απόδοση αυτών που συμμετέχουν σε τακτική φυσική δραστηριότητα.

### **2.1 Επίσημη θέση του National Athletic Trainers Association για την πρόληψη αφυδάτωσης-θερμικών διαταραχών.**

Συνεπώς, οι οδηγίες που δίνονται προς τους ασκούμενους από τους Casa JD., et al. (2000) με στόχο την αποφυγή εμφάνισης οποιασδήποτε περίπτωσης θερμικής διαταραχής είναι ιδιαίτερα σημαντικές:

- Οι ασκούμενοι θα πρέπει να αναπτύξουν ένα πρωτόκολλο ενυδάτωσης μέσω του οποίου να γνωρίζουν ατομικά τις απώλειές τους σε υγρά, καθώς και τους βέλτιστους τρόπους υδάτωσης τους.
- Οι αθλητές και οι προπονητές θα πρέπει να έχουν επιμορφωθεί κατάλληλα, ούτως ώστε να γνωρίζουν τους τρόπους πρόληψης και αντιμετώπισης θερμικών βλαβών και να μπορούν να αντιλαμβάνονται άμεσα τα πρόδρομα σημάδια αυτών.
- Να αναπτύξουν μια στρατηγική επανυδάτωσης, συνυπολογίζοντας στο ρυθμό εφίδρωσης του κάθε αθλητή, τη φύση του αγωνίσματος, τη διάρκεια και την ένταση αυτού, τις καιρικές συνθήκες, την κατάσταση

εγκλιματισμού του ασκούμενου, αλλά και τις προσωπικές του προτιμήσεις.

- Πριν από οποιαδήποτε αγωνιστική δραστηριότητα, θα πρέπει να έχει προηγηθεί ένα διάστημα 7-14 περίπου ημερών, το οποίο να έχει αφιερωθεί στο θερμοεγκλιματισμό του αθλητή με προπονήσεις σε ανάλογες καιρικές συνθήκες.
- Κάθε άτομο θα πρέπει να καταναλώνει αρκετά υγρά 24 ώρες πριν από την αθλητική δοκιμασία σε συνδυασμό με μια ισορροπημένη διαίτα, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο γεύμα που προηγείται της δραστηριότητας, ώστε να εξασφαλιστεί η κατάλληλη υδάτωση πριν την άσκηση.
- Η κατανάλωση 500ml υγρών 2 ώρες πριν την άσκηση, κρίνεται ως απαραίτητος χρόνος και για την επαρκή υδάτωση του αθλούμενου αλλά ταυτόχρονα και για την αποβολή της περίσσειας των υγρών.
- Όσο διαρκεί η άσκηση, ο ασκούμενος θα πρέπει να καταναλώνει υγρά σε τακτά χρονικά διαστήματα, σε ισόποση ποσότητα με την απώλεια τους σε ιδρώτα.
- Τα υγρά θα πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμα στους ασκούμενους, έτσι ώστε να μην χρειαστεί να διακόψουν την άσκησή τους.
- Ενώ μετά το πέρας της άσκησης, ο ασκούμενος θα πρέπει να καταναλώσει ποσότητα υγρών αντίστοιχη με το 150% της απώλειας του σωματικού του βάρους, ούτως ώστε να επιτευχθεί η ιδανική ενυδάτωσή του, μετά την πάροδο 6 ωρών από το τέλος της άσκησης!

## **2.2 Το «ιδανικό» αθλητικό ποτό**

Χρίζει ιδιαίτερης αναφοράς το γεγονός ότι το νερό δεν αποτελεί πάντοτε το καλύτερο «ποτό» που μπορεί κάποιος να καταναλώσει κατά τη διάρκεια ή και μετά το τέλος της άσκησης (Bourns F., et al. 1997) και αυτό γιατί σε τυχόν υπερβολική κατανάλωσή του, ελλοχεύει κινδύνους εμφάνισης υπονατριάμιας. Ένα φαινόμενο το οποίο αναλύεται σε ακόλουθο κεφάλαιο.

Σύμφωνα λοιπόν με τις συστάσεις του Αμερικάνικου Κολεγίου Αθλητικής Ιατρικής (1996) το «ιδανικό» αθλητικό ποτό θα πρέπει:

- Να καταναλώνεται σε δροσερή θερμοκρασία (μεταξύ 15° και 22° C) και να έχει παράλληλα ευχάριστη γεύση, ούτως ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή κατανάλωσή του.
- Σε άσκηση διάρκειας μεγαλύτερης της 1 ώρας, συνιστάται η προσθήκη υδατανθράκων στο αθλητικό ποτό, οι οποίοι φαίνεται να έχουν ευεργετική δράση κυρίως γιατί καθυστερούν την εμφάνιση του αισθήματος της κόπωσης προσδίδοντας μια πρόσθετη εξωτερική πηγή ενέργειας, ιδιαίτερα προς το τέλος της άσκησης όπου οι εσωτερικές αποθήκες ενέργειας του οργανισμού τείνουν προς εξάντληση.
- Οι υδατάνθρακες του διαλύματος θα πρέπει να βρίσκονται σε αυτό με περιεκτικότητα 4%-8% (g/100 ml) και κατά προτίμηση να είναι απλά ζάχαρα (γλυκόζη ή σουκρόζη) ή σύνθετοι και όχι φρουκτόζη για να αποφευχθεί τυχόν πρόβλημα γαστρική εκκένωσης.
- Η προσθήκη νατρίου στο διάλυμα ενυδάτωσης (0,5-0,7 g/l νερού) φαίνεται να είναι ευεργετική, γιατί από τη μία πλευρά ενισχύει τη γευστικότητα του διαλύματος ενώ ταυτόχρονα συμβάλει και στην κατακράτηση υγρών

προφυλάσσοντας έτσι τους ασκούμενους από την εμφάνιση του φαινομένου της υπονατριαιμίας, το οποίο μπορεί να προξενήσει ποικίλα προβλήματα στον οργανισμό του ασκούμενου.

### **3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ ( $\text{Na}^+$ )**

Όπως είδαμε, η προσθήκη νατρίου σε ένα αθλητικό ποτό συνιστάται ανεπιφύλακτα και φαίνεται να έχει ιδιαίτερη αξία. Τι είναι όμως αυτό που κάνει την προσθήκη του νατρίου τόσο σημαντική, πέρα από το ότι ενισχύει τη γευστικότητα του ποτού;

#### **3.1 Βασικές λειτουργίες νατρίου - $\text{Na}^+$ και ισορροπία των υγρών του σώματος**

Το νάτριο είναι σημαντικό για αρκετές λειτουργίες του οργανισμού.

- Είναι το κυριότερο θετικό ιόν στο εξωκυττάριο υγρό
- Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διάδοση των νευρικών ώσεων (αντλία ιόντων νατρίου-καλίου)
- Συμμετέχει καίρια στη διαδικασία της μυϊκής συστολής
- Ως κύριο συστατικό του διττανθρακικού νατρίου έχει ενεργή συμμετοχή στη διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας και
- Συμμετέχει στη διατήρηση της ομοιόστασης του όγκου αίματος

Όπως αναφέρθηκε λοιπόν, το νάτριο είναι ο βασικός ηλεκτρολύτης – το κυριότερο θετικό ιόν στο εξωκυττάριο υγρό, όπου ο κύριος ρόλος του είναι η διατήρηση της φυσιολογικής ισορροπίας των υγρών του σώματος (ομοιόσταση) και της ωσμωτικής πίεσης. Η ομοιόσταση είναι η διατήρηση ενός φυσιολογικού εσωτερικού περιβάλλοντος έτσι ώστε το σώμα να καταναίμει και να χρησιμοποιήσει ιδανικά το νερό, τους ηλεκτρολύτες και τις ορμόνες. Οποιαδήποτε μεταβολή στην

ομοιόσταση των υγρών στο σώμα έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές στις κυτταρικές λειτουργίες, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν κατ' επέκταση και την ομαλή λειτουργία ολόκληρου του οργανισμού.

Με τον τρόπο αυτό, το νάτριο είναι θεμελιώδες και για τη διατήρηση της φυσιολογικής πίεσης του αίματος, και κυρίως μέσω της επίδρασης που ασκεί στον όγκο του αίματος.

Το νάτριο φαίνεται όμως ότι επιτελεί ακόμη έναν σημαντικό ρόλο για την ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου σώματος. Αποτρέπει την εμφάνιση ενός επικίνδунου φαινομένου, όπως είναι αυτό της υπονατριάμιας.

### **3.2 Αποφυγή Υπονατριάμιας**

Το φαινόμενο της υπονατριάμιας είναι μια επιπλοκή που εμφανίζεται στα αγωνίσματα αντοχής και υπεραντοχής και το οποίο έχει απασχολήσει εντονότατα την επιστημονική κοινότητα, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών. Οι πρώτες αναφορές έγιναν από τους Noakes et al και Frizzell et al το 1985 και το 1986 αντίστοιχα και έκτοτε, λόγω της αυξημένης παρακολούθησης του φαινομένου, ακολούθησαν πολλές ακόμα.

Σύμφωνα λοιπόν, με συγκεντρωτικά στοιχεία που έχουν να κάνουν με τη συχνότητα εμφάνισης της υπονατριάμιας λόγω άσκησης, το φαινόμενο φαίνεται να εμφανίζει συνεχώς αυξανόμενη τάση.

Ένα ποσοστό της τάξεως του 30% των αθλητών του Ironman Triathlon στη Χαβάη (Hiller DB, et al. 1990), περίπου ο ένας στους πέντε από τους αθλητές που τερματίζουν στο New Zealand Ironman Triathlon (Speedy D. B., et al. 1999) και

γενικά, περίπου το 4% με 27% από τους αθλητές που τερματίζουν μετά από κάποιο αγώνισμα υπεραντοχής ή τριάθλου και στους οποίους προσφέρεται ιατρική βοήθεια (Armstrong LE., et al. 1993, Irving RA., et al. 1991, Speedy DP., et al. 1999, 2000, 2001, Noakes TD., et al. 1990) έχουν εντοπιστεί έντονα τα συμπτώματα της υπονατριάμιας, ενώ έχουν εντοπιστεί και σε τουλάχιστον άλλες δύο περιπτώσεις και σε άτομα που συμμετείχαν σε άσκηση μικρότερης διάρκειας από 4 ώρες (Almond C. D., et al. 2005, Vrijens DM, and Rehrer NJ. 1999).

Αξίζει τέλος να αναφερθεί ότι το φαινόμενο της υπονατριάμιας κάνει αρκετά συχνά την εμφάνισή του όχι μόνο σε αθλητές, αλλά και σε πολλούς στρατιώτες οι οποίοι όντας πλήρως εξοπλισμένοι, διανύουν πολλά χιλιόμετρα κάτω από αντίξοες συνθήκες (O' Brien K., et al. 2000).

### **3.3 Ορισμός Υπονατριάμιας**

Η υπονατριάμια είναι μια διαταραχή των υγρών / ηλεκτρολυτών όταν τα επίπεδα του νατρίου στο αίμα πέσουν κάτω από τα φυσιολογικά όρια. Τα φυσιολογικά επίπεδα νατρίου στο πλάσμα είναι απαραίτητα όπως είδαμε, για τη φυσιολογική λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.

Ως υπονατριάμια λοιπόν η οποία προκαλείται λόγω άσκησης (Exercise Associated Hyponatremia, EAH) ορίζεται η συγκέντρωση νατρίου ( $[Na^+]$ ) ορού ή πλάσματος, μικρότερη από 135 mmol/L και η οποία εμφανίζεται κατά κύριο λόγο σε άτομα που πραγματοποιούν άσκηση παρατεταμένης διάρκειας (Montain SJ, et al.2001).

Η EAH μπορεί να διακριθεί σε ασυμπτωματική ή ήπιας μορφής και σε συμπτωματική ή σοβαρής μορφής (Tamara Hew-Butler, et al. 2005). Γενικά, σε πιο

ήπιες μορφές (ασυμπτωματική) επικρατεί ένα συναίσθημα γενικής δυσφορίας χωρίς ωστόσο σοβαρά επακόλουθα, ενώ σε πιο σοβαρές μορφές (συμπτωματική), τα συμπτώματα επιδεινώνονται.

$[Na^+]_p$ (mEq / L)	Κατάσταση νατρίου
>145	Υπερνατριάμια
135-144.9	Φυσιολογικά επίπεδα
130-134.9	Ήπια υπονατριάμια (asymptomatic)
<129.9	Σοβαρή υπονατριάμια (symptomatic)

Παρουσιάζει συνεπώς μεγάλο ενδιαφέρον να παρουσιαστούν και να αναλυθούν τα αίτια πρόκλησης αυτού του όχι πια σπάνιου φαινομένου, το οποίο όπως είδαμε θέτει σε κίνδυνο τις προσπάθειες των αθλητών.

### **3.4 Αίτια εμφάνισης της υπονατριάμιας – Παράγοντες κινδύνου**

Μετά από πληθώρα ερευνών οι οποίες και ασχολήθηκαν με τα αίτια που οδηγούν στην εμφάνιση της υπονατριάμιας, η επιστημονική κοινότητα κατέληξε στα εξής συμπεράσματα :

- (i) η υπονατριάμια φαίνεται να προκαλείται κατά κύριο λόγο, από υπερβολική κατανάλωση υγρών κατά τη διάρκεια ή και μετά από ένα αγώνισμα μεγάλης διάρκειας, σε τέτοιο βαθμό βέβαια που η κατανάλωση να ξεπερνάει κατά πολύ τις απώλειες μέσω της εφίδρωσης (Almond CS, et



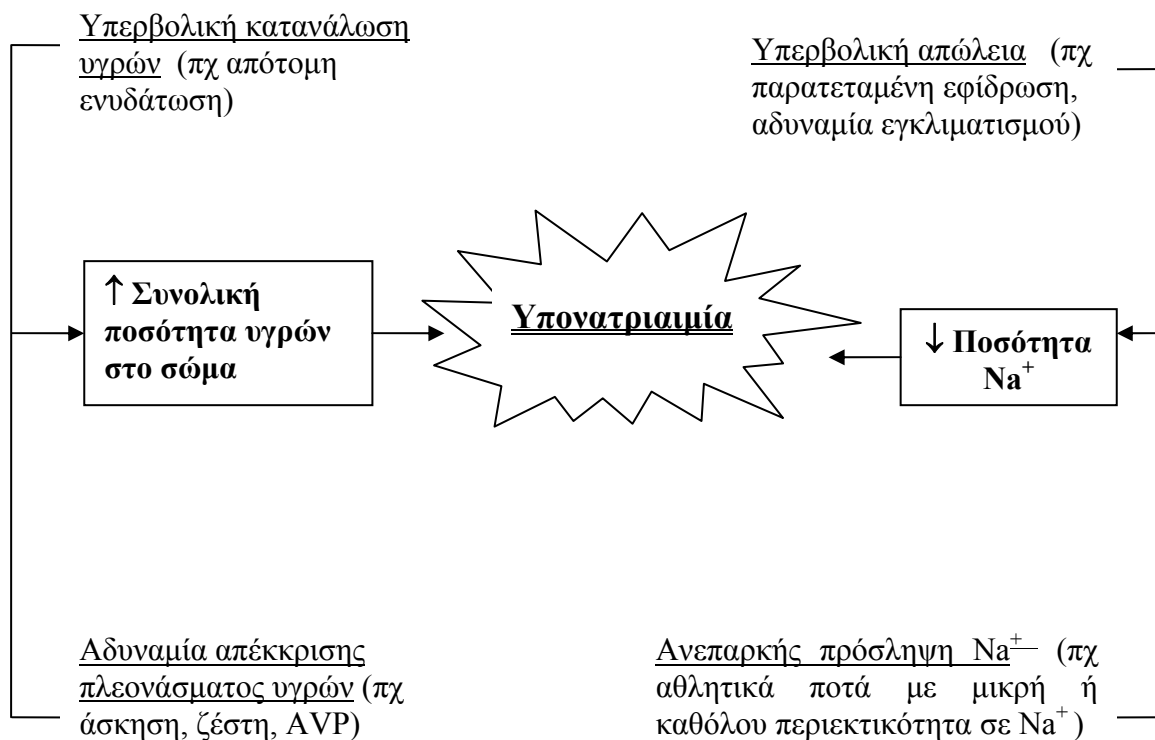
al. 2005, Speedy DB, et al. 1999, 2000, Noakes TD, et al. 1991, Irving RA, et al. 1991, Barr SI, et al. 1981), αλλά παράλληλα και

- (ii) από μειωμένη αναπλήρωση των απωλειών σε υγρά και ηλεκτρολύτες που εμφανίζονται κατά την άσκηση και κυρίως του νατρίου (Montain SJ, et al. 2006, 2001, Vrijens DM, and Rehrer NJ. 1999, Armstrong LE, et al. 1993).

Όπως είναι κατανοητό, ο συνδυασμός πρόσληψης υπερβολικών ποσοτήτων υποτονικών υγρών και η παρατεταμένη άσκηση, είναι ο «ιδανικός» τρόπος για την εμφάνιση της υπονατριαιμίας.

Σε γενικές γραμμές, η μείωση που παρατηρείται στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών στο εξωκυττάριο υγρό, είτε λόγω αυξημένης απώλειάς τους λόγω εφίδρωσης, είτε λόγω υπερβολικής κατανάλωσης υγρών μικρής ή καθόλου περιεκτικότητας σε νάτριο, οδηγεί στη μετακίνηση νερού από το εξωκυττάριο υγρό μέσα στα κύτταρα, με στόχο την επίτευξη ωσμωτικής ισορροπίας. Στην περίπτωση όμως, που αυτή η μετακίνηση υγρών είναι μεγάλη και απότομη, προκαλείται διόγκωση των κυττάρων, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε αλλαγές στη νευρική λειτουργία του οργανισμού και σε ακραίες περιπτώσεις, σε κώμα ή και θάνατο (Montain S. J., et al. 2001, Weschler LB, 2005).

Σχηματικά, οι αιτίες που οδηγούν στην εμφάνιση του φαινομένου της υπονατριαιμίας κατά την άσκηση, συνοψίζονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Ως παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση της υπονατριαιμίας κατά την άσκηση, έχουν αναγνωριστεί πολλοί, οι κυριότεροι ωστόσο σύμφωνα με τους Tamara HB, et al. 2005, φαίνεται να είναι οι εξής: το χαμηλό σωματικό βάρος, το θηλυκό φύλο, η άσκηση διάρκειας >4 ωρών, ο αργός ρυθμός τρεξίματος, η έλλειψη εμπειρίας αντίστοιχων αγωνισμάτων, η μεγάλη διαθεσιμότητα υγρών στους χώρους που πραγματοποιείται το αγώνισμα, η νοοτροπία αυξημένης κατανάλωσης υγρών κατά την άσκηση και βέβαια, οι ακραίες περιβαλλοντολογικές συνθήκες (>33 °C).

Τέλος, σύμφωνα με μια πρόσφατη μεταανάλυση (Almond CD, et al. 2005) βρέθηκε ότι η υπονατριαιμία σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την αύξηση του βάρους, την άσκηση >4 h και τις ακραίες τιμές του BMI των αθλούμενων.

### **3.5 Συμπτώματα**

Η υπονατριαιμία που προκαλείται λόγω της άσκησης, παρουσιάζει τα ίδια συμπτώματα με την κλινική υπονατριαιμία. Γενικά, είναι λογικό ότι όσο πιο μειωμένα είναι τα επίπεδα νατρίου στο αίμα, τόσο πιο σοβαρά είναι και τα σημάδια-συμπτώματα (Noakes T. D., et al. 1990).

Σε ηπιότερης έντασης περιπτώσεις, πρόδρομα σημάδια θεωρούνται: πονοκέφαλος, ζάλη, «φούσκωμα» του στομάχου και γαστρεντερικές διαταραχές και γενικότερη δυσφορία (Montain S. J., et al. 2001).

Όπως είναι λογικό, όσο η σοβαρότητα της κατάστασης αυξάνεται τόσο και τα συμπτώματα ελλοχεύουν μεγαλύτερους κινδύνους. Δυσκολία προσανατολισμού, αδυναμία συντονισμού κινήσεων, απώλειες αισθήσεων, πνευμονικό αλλά και εγκεφαλικό οίδημα και κόμα, (Speedy D. B., et al. 1999, Armstrong L.E., et al. 1993) είναι μερικά πολύ σοβαρά συμπτώματα, ενώ έχουν αναφερθεί και ακραίες περιπτώσεις οι οποίες κατέληξαν μέχρι και στο θάνατο (O' Brien K., et al. 2000, Almond C. D., et al. 2005).

Από τα παραπάνω, γίνεται ευκόλως κατανοητό το γεγονός ότι η εμφάνιση του φαινομένου της υπονατριαιμίας που προκαλείται λόγω παρατεταμένης άσκησης, είναι αρκετά συνηθισμένη ιδιαίτερα σε αγωνίσματα μακράς διάρκειας και παράλληλα ότι σε ορισμένες σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει μέχρι και στο θάνατο.

Συνεπώς ο τρόπος πρόληψής της και αντιμετώπισής της, αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

### 3.6 Πρόληψη-Αντιμετώπιση

Η υπονατρίαμια όπως είδαμε προκαλείται κατά πρώτο λόγο από πρόσληψη υγρών μεγαλύτερη των υπάρχουσών απωλειών, κατά δεύτερο από αναντικατάστατες απώλειες σημαντικών ποσοτήτων νατρίου στο αίμα, ή και από συνδυασμό των δύο προαναφερθέντων αιτιών.

Συνεπώς, ο πρώτος και ίσως ο σημαντικότερος τρόπος αποφυγής εμφάνισης της υπονατρίαμιας στα άτομα που ασχολούνται με αθλήματα αντοχής, είναι η επιμόρφωσή τους ούτως ώστε να αποφεύγουν την **υπερβολική** (μεγαλύτερη από την απώλεια υγρών λόγω ιδρώτα) κατανάλωση οποιουδήποτε ποτού κατά την άσκηση (Tamara Hew-Butler, et al. 2005).

Μία μέθοδος η οποία προτείνεται από τον Noakes (1992) είναι ο προσδιορισμός των απωλειών σε υγρά των αθλητών, μέσω του ρυθμού εφίδρωσής τους, ο οποίος με τη σειρά του θα έχει υπολογιστεί μέσω μιας δοκιμασίας ανάλογης έντασης και αντίστοιχων περιβαλλοντολογικών συνθηκών, με εκείνες του αγωνίσματος. Έτσι ο αθλητής θα μπορεί να γνωρίζει την ποσότητα υγρών που κατά προσέγγιση χάνει και κατ' επέκταση να αναπτύξει μία «στρατηγική» κάλυψης των συγκεκριμένων αναγκών του.

Όπως προαναφέρθηκε, οι αναντικατάστατες απώλειες μεγάλων ποσοτήτων νατρίου μέσω του ιδρώτα, φαίνεται να είναι ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας πρόκλησης εμφάνισης του φαινομένου της υπονατρίαμιας.

Συνεπώς μια ακόμη λύση που προτείνεται για την πρόληψη του φαινομένου είναι η κατανάλωση ποτών κατά τη διάρκεια της άσκησης, τα οποία να περιέχουν ποσότητες νατρίου (Barr S.I., et al. 1991). Σε μια έρευνα από τους Vrijens and Rehrer (1999) αποδείχθηκε ότι η αντικατάσταση των απωλειών νατρίου με απλό νερό

(**πάντοτε** σε ποσότητες αντίστοιχες με τις απώλειες υγρών μέσω της εφίδρωσης) εν αντιθέσει με κάποιο ποτό που να περιέχει νάτριο, οδήγησε σε μειωμένα επίπεδα συγκέντρωσης νατρίου στο πλάσμα, γεγονός που σε συνδυασμό με αυξημένες απώλειες ιδρώτα, μπορεί να αποτελέσει γενεσιουργό αιτία της υπονατριαιμίας.

Το 2006, οι S J Montain, S N Cheuvront και M N Sawka απέδειξαν μέσω ενός πολύπλοκου μαθηματικού μοντέλου, ότι η κατανάλωση αθλητικών ποτών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, μειώνει αισθητά την αραίωση του νατρίου στο πλάσμα, καθυστερώντας έτσι της εξέλιξη της υπονατριαιμίας.

Συνεπώς, συνιστάται η κατανάλωση ποτού το οποίο να περιέχει ποσότητες νατρίου για να αντικαταστήσει τις μεγάλες απώλειες σε ιδρώτα κατά την παρατεταμένη άσκηση, ως μέσο πρόληψης της υπονατριαιμίας.

Στις περιπτώσεις όμως κατά τις οποίες οι ασκούμενοι έχουν ήδη πάθει υπονατριαιμία, η αντιμετώπισή της πρέπει να είναι άμεση.

Στην περίπτωση κατά την οποία έχει διαγνωσθεί η υπονατριαιμία, αλλά είναι σχετικά ήπιας μορφής (ασυμπτωματική) τότε η κατανάλωση μικρής ποσότητας υγρών με νάτριο συνιστάται (Shirreffs S. M., et al. 1996).

Εάν όμως έχουμε να κάνουμε με σοβαρότερης μορφής υπονατριαιμία, δηλαδή συμπτωματική ( $[Na^+] < 130 \text{ mEq/L}$ ) τότε ο παθών χρίζει άμεσης ιατρικής βοήθειας. Ενδοφλέβια χορήγηση 100 ml 3% NaCl ανά 10 λεπτά (Speedy DB et al. 2000) και παράλληλη αναπνευστική υποστήριξη με οξυγόνο (Flinn S. D., and Sherer R. J., 2000) είναι τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν άμεσα. Κύριος στόχος, είναι η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη και γρηγορότερη ούρηση του παθόντος, για την αποβολή της περίσσειας των υγρών (Weschler LB. 2005). Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι

σύμφωνα με την Weschler LB. 2005, η έγχυση ενός λίτρου φυσιολογικού ορού (0,9% Na<sup>+</sup>) δεν ενδείκνυται ως μέθοδος αντιμετώπισης, μιας και αυξάνει την [Na<sup>+</sup>]<sub>p</sub> λιγότερο από 1 mEq / L, ενώ παράλληλα προσθέτει και άλλη ποσότητα υγρού στην ήδη υπερβολική που έχει ο οργανισμός του παθόντος. Η είσοδος σε ιατρική μονάδα περιθάλψης για περαιτέρω ιατρική φροντίδα, επιβάλλεται.

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή της παρούσας ενότητας, μία από τις βασικές λειτουργίες που επιτελεί το νάτριο στον ανθρώπινο οργανισμό είναι και η δυνατότητα μεταγωγής των νευρικών ώσεων κατά μήκος των νευρώνων, οι οποίες μέσω των νευρομυϊκών συνάψεων επιδρούν κατ' επέκταση στην κίνηση διαφόρων μελών, επηρεάζοντας τη μυϊκή συστολή.

Συνεπώς, είναι λογικό το νάτριο να έχει θεωρηθεί ότι εμπλέκεται με κάποιο τρόπο και σε ένα επίπονο φαινόμενο που εμφανίζεται συχνά κατά την άσκηση και το οποίο θα αναλυθεί εκτενώς παρακάτω, γνωστό ως «μυϊκή κράμπα».

#### **4. ΜΥΪΚΕΣ ΚΡΑΜΠΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ**

Αποτελεί σύνηθες φαινόμενο στους αγωνιστικούς χώρους η εικόνα αθλητών οι οποίοι έχουν πέσει στο έδαφος σφραδάζοντας από τους πόνους, τεντώνοντας πεισματικά κάποιο άκρο τους. Η εικόνα αυτή όμως δεν περιορίζεται αποκλειστικά και μόνο εντός των γραμμών ενός αθλητικού γηπέδου, αλλά συναντάται συχνά και σε άτομα που εκτελούν μια απλή φυσική δραστηριότητα και γι αυτό δικαίως θεωρείται και είναι μία από τις πιο οικίες για τους ασκούμενους γενικότερα.

Η παραπάνω περιγραφή έχει να κάνει με την εμφάνιση ενός φαινομένου που καλείται μυϊκή κράμπα. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό από τις αρχές του περασμένου αιώνα, και μάλιστα μία από τις πρώτες γραπτές αναφορές που υπάρχουν είναι αυτή που προέρχεται από τον Talbot το 1935, ο οποίος και κατέγραψε αναφορές συμπτωμάτων μυϊκών κραμπών σε άτομα που εργάζονταν κάτω από ζεστές και υγρές συνθήκες όπως παραδείγματος χάρη, σε ατμόπλοια και σε ορυχεία. Μόλις το 1971 ωστόσο, οι Rowland και Layzer, όρισαν το φαινόμενο της κράμπας ως *‘μια σπασμωδική, επίπονη και ακούσια συστολή ενός μυός’*.

Γενικά, υπάρχουν διάφορα είδη κραμπών: (i) οι κράμπες επαγγέλματος, κράμπες που εμφανίζονται σε επαγγέλματα που πραγματοποιούν δύσκολες κινήσεις, (ii) οι κράμπες που εμφανίζονται στο γαστροκνήμιο κατά τη διάρκεια του νυχτερινού ύπνου και (iii) οι κράμπες κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης σε διάφορα μέρη του σώματος (Schwellnus M. P. 1999).

Το ενδιαφέρον μας ωστόσο στην παρούσα εργασία περιορίζεται αποκλειστικά στην εμφάνιση μυϊκών κραμπών που συμβαίνουν κατά την άσκηση (*exercise associated muscle cramps, EAMCs*).

## **4.1 Ορισμός**

Ως μυϊκή κράμπα κατά την άσκηση, ορίζεται: “μια επώδυνη, σπασμωδική και ακούσια συστολή του σκελετικού μυός κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά από φυσική δραστηριότητα” (Schwellnus MP, et al. 1997).

Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό τριαθλητών (κολύμβηση, ποδηλασία, δρόμος) ποσοστό που αγγίζει το 67%!, έχει δηλώσει ότι έχει αντιμετωπίσει την εμφάνιση μυϊκής κράμπας κατά τη διάρκεια του αγώνα ή στην προπόνηση (PG Kantorowski., et al. 1990).

Επίσης, πολλοί μαραθωνοδρόμοι σε ποσοστό που ανέρχεται στο 30-50% (Manjra S.I., et al. 1996) έχουν βρεθεί «αντιμέτωποι» με παρόμοιες επίπονες καταστάσεις, όπως επίσης και ένας πραγματικά μεγάλος αριθμός ποδηλατών αντοχής, με τιμές γύρω στο 70% (Williamson SL., et al. 1993).

Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί το αγώνισμα ‘Ironman triathlon’ (3,9 km κολύμβησης, 180,2 km ποδηλασίας και 42,2 km τρεξίματος) που πραγματοποιείται στη Νότια Αφρική και στο οποίο τα περιστατικά εμφάνισης μυϊκών κραμπών αποτελούν το 20% των συνολικών περιστατικών που χρίζουν ιατρικής βοήθειας (Sulzer NU., et al. 2005).

Τέλος, σε μια πρόσφατη έρευνα που ασχολήθηκε με τη συχνότητα εμφάνισης μυϊκών κραμπών στο ιδιαίτερα δύσκολο και απαιτητικό άθλημα του Αμερικάνικου ποδοσφαίρου, βρέθηκαν ποσοστά που κυμαίνονται από 30 έως 53% (Greenwood M., et al. 2003).

Ενώ τα περιστατικά εμφάνισης αντίστοιχων φαινομένων στα ποδοσφαιρικά γήπεδα, είναι πάρα πολύ συνηθισμένα, σε ποσοστά που αγγίζουν και συχνά ξεπερνούν το 60% (Hawley JA, et al. 1994).



Αξίζει να σημειωθεί, ότι το χαρακτηριστικό σε όλα αυτά τα ιδιαίτερα απαιτητικά αγωνίσματα αντοχής που αναφέρθησαν στις παραπάνω έρευνες, είναι ότι οι κράμπες τείνουν να εμφανίζονται προς το τέλος ή μετά το πέρας του αγωνίσματος και ιδιαίτερα στην περιοχή του γαστροκνήμιου μυός.

Από τα προαναφερθέντα είναι φανερό ότι το φαινόμενο της μυϊκής κράμπας είναι αρκετά σύνηθες για μια πληθώρα αθλημάτων. Ποια είναι όμως τα αίτια που δικαιολογούν τη αρκετά συχνή εμφάνισή του και ποιες οι θεωρίες οι οποίες προσπαθούν να το εξηγήσουν;

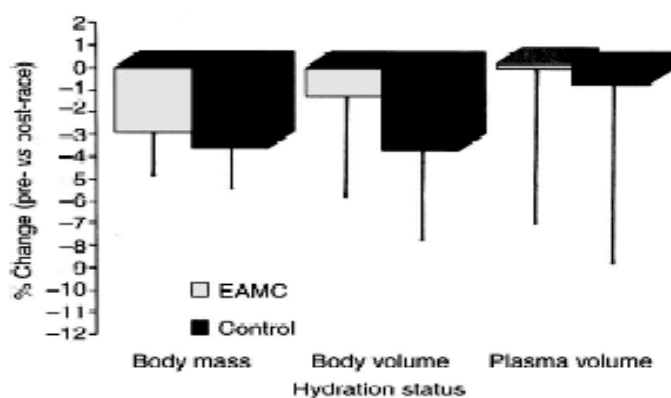
#### **4.2 Παράγοντες κινδύνου εμφάνισης EAMCs-Θεωρίες- Πιθανά αίτια**

Σύμφωνα με μια επιδημιολογική έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1996 σε περισσότερους από 1300 μαραθωνοδρόμους, από τους Manjra S.I., et al. στους πιθανούς παράγοντες πρόκλησης μυϊκών κραμπών περιλαμβάνονται: η μεγάλη ηλικία, η πολυετής ενασχόληση με το αγώνισμα, το υψηλό BMI, ο μικρός χρόνος που αφιερώνεται για διατατικές ασκήσεις, το οικογενειακό ιστορικό εμφάνισης κραμπών, αλλά και παράγοντες που έχουν να κάνουν με τις συνθήκες της άσκησης, όπως είναι: η υψηλή ένταση της άσκησης, η μεγάλη διάρκεια αυτής, το τρέξιμο σε ανώμαλο έδαφος και άλλα.

Από την προαναφερθείσα έρευνα προκύπτουν δύο σημαντικά συμπεράσματα. Το πρώτο είναι ότι οι μυϊκές κράμπες κατά την άσκηση σχετίζονται με τις συνθήκες τρεξίματος και το δεύτερο, ότι η έλλειψη αφιέρωσης χρόνου ή ακόμα και ο λανθασμένος τρόπος εκτέλεσης διατατικών ασκήσεων, φαίνεται να αυξάνει τις πιθανότητες παρουσίασης κράμπας.

Υπάρχουν αρκετές θεωρίες λοιπόν που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια, οι οποίες προσπαθούν να δώσουν ικανοποιητικές εξηγήσεις για τα αίτια από τα οποία προκαλούνται οι μυϊκές κράμπες. Οι κυριότερες είναι: (i) η θεωρία της αφυδάτωσης, (ii) η θεωρία αστάθειας των συγκεντρώσεων διαφόρων ηλεκτρολυτών στο αίμα (κυρίως του νατρίου), (iii) η αντίστοιχη περιβαλλοντική και τέλος, μια πιο πρόσφατη θεωρία (iv) της συνεχούς κόπωσης του μυός κατά την έντονη άσκηση.

**(i) Θεωρία της αφυδάτωσης:** Η παρούσα θεωρία η οποία έχει αναπτυχθεί εκτενώς



τα τελευταία χρόνια, προτείνει ότι σημαντικές μειώσεις στη σωματική μάζα, στον όγκο του αίματος, καθώς και στον όγκο του πλάσματος, είναι παράγοντες οι οποίοι φαίνεται να

*% μεταβολής: σωματικής μάζας, όγκου σώματος και όγκου πλάσματος, πριν και μετά από μία κούρσα, σε άτομα που έπαθαν κράμπες.*

συμβάλουν στην πρόκληση μυϊκών κραμπών (Jung A.P., et al. 2005).

Παρόλο που ο Talbot από το 1935 ακόμα, είχε αναφέρει την αφυδάτωση ως πιθανό παράγοντα πρόκλησης κραμπών σε εργαζόμενους κάτω από ιδιαίτερα δύσκολες συνθήκες, όπως εργάτες σε ατμόπλοια, ανθρακωρύχους και πυροσβέστες, κλινικές έρευνες ασχολήθηκαν με το θέμα κατά κύριο λόγο, τα τελευταία χρόνια.

Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο θέμα ήταν ο Nicol, ο οποίος το 1996, μελέτησε τις ποσοστιαίες μεταβολές της μυϊκής μάζας, του όγκου του πλάσματος και του όγκου του αίματος, μεταξύ αθλητών υπερμαραθωνίου, οι οποίοι είχαν χωριστεί σε cramp group και control group και αφού είχαν παρόμοια ηλικία,

σωματική μάζα και χρόνο τερματισμού. Τα αποτελέσματα που απεικονίζονται και στην αρχή της παρούσας ενότητας και τα οποία δεν ήταν στατιστικά σημαντικά, έδειξαν ότι δεν φαίνεται να υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ αφυδάτωσης και EAMCs.

Μόλις το 2005, οι Sulzer NU, et al, εξέτασαν τις μεταβολές στα επίπεδα υδάτωσης 20 αθλητών που έλαβαν μέρος στο South African Ironman Triathlon, μέσω των απωλειών σωματικής μάζας και των ποσοστών αλλαγών της κατά τη διάρκεια του αγώνα, καθώς και των αλλαγών στον όγκο αίματος και διαπίστωσαν ότι δεν υπήρχε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ατόμων που έπαθαν μυϊκή κράμπα και των αυτών που τερμάτισαν φυσιολογικά τον αγώνα. Συνεπώς, οι EAMCs δεν φάνηκε να σχετίζονται με μεγαλύτερες απώλειες της σωματικής μάζας και του όγκου αίματος.

Οι Jung A.P., et al. το 2005 προσπάθησαν να προσδιορίσουν το ρόλο της υδάτωσης στην πρόληψη των μυϊκών κραμπών. Δεκατρία νεαρά άτομα πήραν μέρος σε ένα δύσκολο πρόγραμμα ασκήσεων με έμφαση στην καταπόνηση του γαστροκνήμιου μυός. Στη μία δοκιμή οι εθελοντές πραγματοποιούσαν το πρόγραμμα των ασκήσεων καταναλώνοντας ένα αθλητικό ποτό το οποίο περιείχε υδατάνθρακες και νάτριο, ενώ στη δεύτερη δοκιμή, στους εθελοντές δεν επιτρεπόταν καθόλου η κατανάλωση οποιουδήποτε ποτού. Το «παράδοξο» αποτέλεσμα αυτής της έρευνας, ήταν ότι το 69% των ατόμων που κατανάλωναν το αθλητικό ποτό κατά τη διάρκεια της δοκιμής, εμφάνισαν μυϊκή κράμπα, ενώ στη δοκιμή που πραγματοποιήθηκε χωρίς την κατανάλωση υγρών, το ποσοστό ήταν μόλις 54%. Όλα τα άτομα που εμφάνισαν μυϊκές κράμπες κατά τη δοκιμή άνευ κατανάλωσης υγρών εμφάνισαν μυϊκή κράμπα και στη δοκιμή με το αθλητικό ποτό. Από τα προαναφερθέντα, συνάγεται το συμπέρασμα ότι τα επίπεδα υδάτωσης δε φαίνεται να επιδρούν στη συχνότητα εμφάνισης μυϊκών κραμπών.

## **(ii) Θεωρία αστάθειας των συγκεντρώσεων ηλεκτρολυτών στο αίμα:** Η

συγκεκριμένη θεωρία προτείνει ότι αλλαγές και πιο συγκεκριμένα οι μειώσεις που παρατηρούνται στις συγκεντρώσεις στοιχείων, όπως είναι το μαγνήσιο, το χλώριο, το ασβέστιο, αλλά κυρίως το νάτριο, ως απόρροια της υπερβολικής εφίδρωσης (ή ακόμα και της υπερβολικής κατανάλωσης νερού) κατά τη διάρκεια της άσκησης, πιθανώς να αποτελούν προκλητικούς παράγοντες εμφάνισης μυϊκών κραμπών.

Πιο συγκεκριμένα το νάτριο λόγω του καίριου ρόλου που διαδραματίζει κατά τη μετάδοση των νευρικών ώσεων και κατ' επέκταση και της κίνησης του αντίστοιχου μέλους, θεωρείται σημαντικός παράγοντας πρόκλησης μυϊκής κράμπας. Τυχόν έλλειψή του με παράλληλη αυξημένη απώλεια υγρών μπορεί να «ερεθίσει» το μυ. Υπό τέτοιες συνθήκες, ένα μικρό στρες, όπως μια επακόλουθη απότομη κίνηση, μπορεί να προκαλέσει στο μυ απότομη σύσπαση (Horswill C. A. 1999).

Σε υποστήριξη της παραπάνω θεωρίας ο Bergeron το 1996, παρατήρησε σε μία έρευνά του, ότι ένας τενίστας κατά τη διάρκεια πολύωρων αγώνων έχανε περισσότερη ποσότητα νατρίου από την αντίστοιχη που κατανάλωνε καθ' όλη την ημέρα. Διαπίστωσε δε, ότι η προσθήκη αλατιού στη δίαιτα του αθλητή και η παράλληλη κατανάλωση αθλητικών ποτών τα οποία περιείχαν νάτριο, οδήγησαν σε μείωση εμφάνισης επεισοδίων μυϊκών κραμπών. Έτσι, όποτε ο αθλητής καταλάβαινε ότι επίκειται η εμφάνιση κράμπας (μέσω των προειδοποιητικών «σημάτων» που στέλνει ο οργανισμός και τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω) έπινε ένα αθλητικό ποτό που περιείχε νάτριο. Οι κράμπες έπαψαν.

Σε μια πρόσφατη έρευνα των Jung AP., et al. (2005) κατά την οποία ελέγχθηκαν οι αλλαγές στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών, ενός γκρουπ ατόμων που εκτελούσαν ένα ιδιαίτερα επίπονο πρόγραμμα ασκήσεων με σκοπό την πρόκληση μυϊκών κραμπών, βρέθηκε ότι η κατανάλωση αθλητικών ποτών τα οποία περιείχαν

ποσότητες υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών, καθυστερούσαν την εμφάνιση των μυϊκών κραμπών επιτρέποντας στους ασκούμενους να αθληθούν περισσότερο. Ωστόσο δεν απομάκρυναν τελείως την πιθανότητα εμφάνισης κραμπών, υποδεικνύοντας ότι πέρα από την απώλεια ηλεκτρολυτών υπάρχουν και άλλοι προκλητικοί παράγοντες.

Το 2005 οι Stofan JR, et al., σχεδίασαν μια μελέτη με σκοπό να καθοριστεί εάν οι παίκτες αμερικάνικου ποδοσφαίρου με ιστορικό κραμπών, έχουν αυξημένες απώλειες νατρίου κατά την προπόνηση. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα άτομα με ιστορικό εμφάνισης κραμπών εμφάνιζαν κατά πολύ μεγαλύτερες απώλειες νατρίου στον ιδρώτα τους απ' ότι οι παίκτες χωρίς κάποιο ιστορικό ( $5,1 \pm 2,3$  g με  $2,2 \pm 1,7$  g αντίστοιχα) κατά τη διάρκεια της δώωρης προπόνησης και ότι πιθανώς αυτό το χαρακτηριστικό τους, να τους καθιστά πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση μυϊκών κραμπών κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής σεζόν.

Οι Schwellnus MP., J Nicol, et al. (2004) παρατήρησαν ότι σε ένα σύνολο 72 αθλητών που έλαβαν μέρος στον υπερμαραθώνιο των δύο ωκεανών στη Νότιο Αφρική, οι συγκεντρώσεις σε νάτριο των αθλητών μετά το πέρας της κούρσας, διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ αυτών που είχαν πάθει κράμπα και αυτών που δεν είχαν και παρόλο που ήταν χαμηλότερες οι συγκεντρώσεις στο γκρουπ των ατόμων με κράμπες, κυμαίνονταν σε ιδιαίτερα ικανοποιητικά επίπεδα ( $139,8 \pm 3,1$  mmol/l ). Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν ότι οι αλλαγές στη συγκέντρωση του νατρίου δεν αποτελούν σημαντική αιτία εμφάνισης μυϊκών κραμπών.

**(iii) Περιβαλλοντολογική θεωρία:** Στην περιβαλλοντολογική θεωρία, προτείνεται ότι η παρατεταμένη άσκηση στη ζέστη, η οποία μπορεί να προκαλέσει αφυδάτωση και ανωμαλίες στη συγκέντρωση ηλεκτρολυτών στο αίμα, είναι ακόμα ένα πιθανό

αίτιο μυϊκών κραμπών (Jung A.P., et al. 2005). Η συγκεκριμένη θεωρία είναι ουσιαστικά ένας συνδυασμός των θεωριών που αναφέρθηκαν προηγουμένα και συμπεριλαμβάνεται ως παράγοντας που μελετήθηκε στις περισσότερες από τις έρευνες που αναφέρθηκαν στις δύο παραπάνω θεωρίες ( Stofan JR, et al. 2005, Jung A.P., et al. 2005, Schweltnus M P, et al. 2004 ).

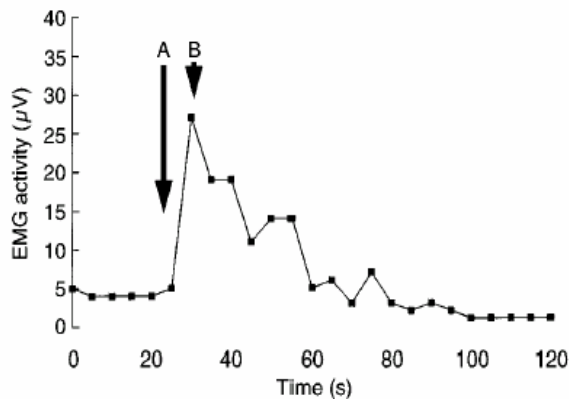
Η παρούσα θεωρία έχει τις ρίζες της από περιγραφές φαινομένων κραμπών από τον Talbot από το 1935, όπου άτομα τα οποία εργάζονταν σε ορυχεία, ατμόπλοια κλπ πάθαιναν πολύ συχνά κράμπες.

Είναι γνωστό ότι η άσκηση σε ένα θερμό και υγρό περιβάλλον οδηγεί σε πολύ αυξημένες απώλειες υγρών και κατ' επέκταση και ηλεκτρολυτών. Χαρακτηριστικά ο Bergeron (2003) αναφέρει ότι οι απώλειες σε ιδρώτα παικτών αντισφαίρισης, κυμαίνονται μεταξύ 1-2,5 l/h και συχνότερα λόγω της μεγάλης διάρκειας των παιχνιδιών μπορεί να ξεπεράσουν και τα 3 l/h. Αντίστοιχα και οι απώλειες σε νάτριο, μέσω του ιδρώτα, κυμαίνονται μεταξύ των 20-60 mmol/l (Bergeron MF.2000)

Ο ανεπαρκής ή ακόμα και ο μη έγκαιρος εγκλιματισμός των ατόμων σε συνθήκες άσκησης υπό υψηλή θερμοκρασία και υγρασία, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να επιτείνει την εμφάνιση μυϊκών κραμπών (Bentley S. 1996).

Το γεγονός ωστόσο, ότι έχουν αναφερθεί πολλά περιστατικά εμφάνισης μυϊκών κραμπών σε κολυμβητές (άρα και σε ψυχρό περιβάλλον) περιπλέκει τα πράγματα και αποδεικνύει ότι αντίστοιχα φαινόμενα παρατηρούνται και σε κρύα περιβάλλοντα (Schweltnus MP., et al. 1996).

#### **(iv) Θεωρία συνεχούς κόπωσης του μυός κατά την έντονη άσκηση:**



*Ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα σε έναν δρομέα με κράμπα. A: έναρξη κράμπας, B: έναρξη παθητικής διάτασης*

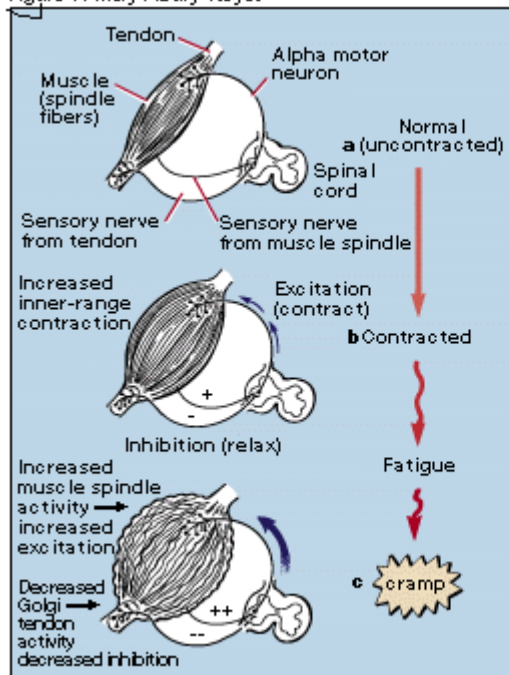
Η θεωρία αυτή είναι η πιο «πρόσφατη» από τις θεωρίες οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για να δώσουν μια εξήγηση σε αυτό το δυσνόητο φαινόμενο της πρόκλησης μυϊκής κράμπας.

Η παρούσα θεωρία προτείνει ότι οι *EAMCs* σχετίζονται με την παρατεταμένη νευρική δραστηριότητα, η οποία με τη σειρά της προκύπτει λόγω κόπωσης (Jung A. P., et al. 2005).

Η μυϊκή άτρακτος και τα τενόντια όργανα του Golgi είναι βασικά στοιχεία στον έλεγχο του μυϊκού τόνου και του μήκους του μυός, καθώς και στη θέση αυτού. Έχει βρεθεί, ότι διαταραχές στη δραστηριότητα αυτών των οργάνων μπορούν να προκύψουν μέσω λανθασμένης θέσης, μικρού μυϊκού μήκους, έντονης άσκησης και άσκησης μέχρι εξάντλησης (Bentley S. 1996).

Πιο συγκεκριμένα, η κόπωση φαίνεται να προκαλεί την εμφάνιση μυϊκής κράμπας μέσω ενός διπλού μηχανισμού. Από τη μία μεριά, ασκώντας διεγερτική δράση στη δραστηριότητα της μυϊκής άτρακτος και από την άλλη ανασταλτική στη δραστηριότητα των τενόντιων οργάνων του Golgi. Ένα επιπρόσθετο αίτιο είναι ότι η συστολή του μυός στο βραχύτερό του σημείο, επίσης αναστέλλει τη δραστηριότητα από τα τενόντια όργανα Golgi (Schwellnus M. P, et al. 1996). Μια συνοπτική και ταυτόχρονα και πιο κατανοητή εικόνα των παραπάνω, δίνεται από το σχήμα που ακολουθεί.

Figure 1: Mary Abury-Noyes



Σχηματική απεικόνιση των μηχανισμών στο μύ, όταν αυτός :  
(α) βρίσκεται σε ηρεμία,  
(β) όταν συσπάται φυσιολογικά και  
(γ) όταν η παρατεταμένη συστολή, λόγω κόπωσης, οδηγεί σε μυϊκή κράμπα.

Έτσι λοιπόν κατά την παρατεταμένη άσκηση όπου πλέον έχει προκύψει η κόπωση, η δραστηριότητα της μυϊκής ατράκτου αυξάνεται σε αντίθεση με τη δραστηριότητα των τενόντιων οργάνων του Golgi, με τελικό αποτέλεσμα την αυξημένη διέγερση της μυϊκής μεμβράνης η οποία μπορεί να οδηγήσει σε κράμπα.

Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι είναι γνωστό ότι οι μύες οι οποίοι είναι περισσότερο «επιρρεπείς» σε κράμπες, είναι αυτοί οι οποίοι έχουν μικρό μήκος (πχ γαστροκνήμιος, μύς ποδιού κα). Οι συγκεκριμένοι μύες συχνά συσπώνται σε βραχεία θέση κατά την άσκηση, γεγονός που φαίνεται να επιβεβαιώνει το ρόλο των βραχέων έκτασης συστολών στη μυϊκή κράμπα. Η συστολή σε αυτήν την κατάσταση οδηγεί όπως είπαμε σε μειωμένη τάση στους τένοντες του μύος και παράλληλα σε μειωμένη δραστηριότητα των τενόντιων οργάνων του Golgi (Schwellnus M. P., et al. 1999).

Το 1996 κατεγράφη για πρώτη φορά από τον Nicol J, η επιφανειακή ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα σε αθλητές που προσήλθαν στο ιατρικό κέντρο με σοβαρά επεισόδια μυϊκών κραμπών, μετά από έναν υπερμαραθώνιο. Τα



αποτελέσματα έδειξαν ότι η ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα ήταν σημαντικά αυξημένη στα άτομα που είχαν πάθει κράμπα από άλλα άτομα που δεν είχαν πάθει και τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως control γκρουπ, μετά το τέλος του αγωνίσματος.

Το 2005 οι Sulzer NU, et al, κατέγραψαν ταυτόχρονα την επιφανειακή ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα μεταξύ ενός μύος που δεν είχε πάθει κράμπα (πχ του τρικέφαλου βραχιόνιου) και ενός που είχε πάθει (πχ του γαστροκνήμιου), στο σώμα ίδιων ατόμων τα οποία νοσηλεύτηκαν με μυϊκές κράμπες μετά από το South African Ironman Triathlon. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στην αρχή κάθε λεπτού μιας δεκάλεπτης περιόδου κατά την αποκατάσταση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη η ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα στο μύ που είχε πάθει κράμπα σε σύγκριση με τον άλλο που χρησίμευε ως control. Αποτελέσματα που απεικονίζουν αυξημένη νευρομυϊκή δραστηριότητα και κατ' επέκταση διέγερση στους μύς που έχουν πάθει κράμπα και που ισχυροποιούν την παρούσα θεωρία.

### **4.3 Συμπτώματα μυϊκής κράμπας**

Ωστόσο κάποιος μπορεί να προλάβει το επώδυνο συναίσθημα που προξενεί μια μυϊκή κράμπα, απλά και μόνο αναγνωρίζοντας έγκαιρα τα προειδοποιητικά σήματα που «στέλνει» ο οργανισμός.

Τα πρόδρομα σημάδια λοιπόν, εμφάνισης μυϊκής κράμπας είναι: μυϊκός πόνος ή «τσίμπημα» - «τράβηγμα» στην περιοχή, που διαρκεί ορισμένα λεπτά και εν συνεχεία, μυϊκή κόπωση και σπασμοί ανά τακτά χρονικά διαστήματα του μυός (Bergeron MF. 2003).

Εάν μέχρι σε εκείνο το σημείο δεν έχει μεσολαβήσει ολιγόλεπτη διακοπή της δραστηριότητας και δεν έχουν προσφερθεί οι απαραίτητες βοήθειες, η εμφάνιση μυϊκής κράμπας είναι πλέον εξαιρετικά πιθανή.

Τα σημάδια του ότι κάποιος έχει πάθει κράμπα, είναι εμφανή ακόμη και με γυμνό μάτι. Προφανής δυσφορία, έντονος και ορισμένες φορές ανυπόφορος πόνος, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει μέχρι και σε πρόωρη διακοπή της άσκησης, δυσκολία στη σύσπαση του μυός και «κλώτσιμα» αυτού, καθώς και συνέχιση της κράμπας στην περίπτωση όπου η υποβοηθούμενη συστολή σταματήσει (Jung AP., et al. 2005).

Οι περισσότερες μυϊκές κράμπες διαρκούν από 30 έως 120 sec, χωρίς ωστόσο το χρονικό αυτό όριο να είναι απόλυτο, αφού έχουν παρατηρηθεί και μικρότερης αλλά και μεγαλύτερης διάρκειας (Schwellnus MP., et al. 2004).

Όπως προαναφέρθηκε, ο μεγαλύτερος όγκος περιστατικών έχει παρατηρηθεί στην περιοχή του γαστροκνήμιου μυός, ενώ χρίζει αναφοράς η διαφορά ότι οι μυϊκές κράμπες που προκαλούνται από κόπωση (fatigue-induced EAMCs) φαίνεται να εντοπίζονται σε συγκεκριμένους μυς και να επιδέχονται κρυοθεραπείας, εν αντιθέσει με τις αντίστοιχες που προκαλούνται από τις ζεστές συνθήκες (heat-induced EAMCs)

και οι οποίες έχουν παρατηρηθεί σε περισσότερους μυς του σώματος και αντιμετωπίζονται με άμεση κατανάλωση υγρών-ηλεκτρολυτών (Jung AP., et al. 2005, Bergeron M. F. 2000).

Στη συντριπτική πλειοψηφία τους πάντως κατά τη διάρκεια μιας μυϊκής κρίμπας, οι αθλητές διατηρούν κανονικά τις αισθήσεις τους, αντιδρούν φυσιολογικά στη διέγερση του μυός και έχουν την ικανότητα να συνομιλούν δίνοντας διάφορες οδηγίες για τον υπάρχον βαθμό πόνου κλπ (Schwellnus MP. 1999).

#### **4.4 Τρόποι αντιμετώπισης μυϊκής κράμπας: άμεσοι και μακροπρόθεσμοι**

Όπως είδαμε από τα προαναφερθέντα η μυϊκή κράμπα συνοδεύεται από έντονο συναίσθημα πόνου. Ένα συναίσθημα το οποίο μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε πρόωρη εγκατάλειψη της προσπάθειας του ασκούμενου. Συνεπώς, οι τρόποι-μέθοδοι οι οποίοι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με στόχο την ανακούφιση του παθόντος και κατ' επέκταση τη συνέχιση της προσπάθειας, αποκτούν ιδιαίτερα μεγάλη σημασία. Πολύ περισσότερο μάλιστα, όταν διακυβεύονται μεγάλα οικονομικά έπαθλα όπως συμβαίνει πλέον σε πολλά μεγάλα τουρνουά αλλά και στον επαγγελματικό αθλητισμό γενικότερα.

Η αντιμετώπιση λοιπόν θα πρέπει να είναι κατά πρώτο λόγο άμεση, αλλά ταυτόχρονα να στοχεύει και σε βάθος χρόνου σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης παρόμοιων φαινομένων.

Οι άμεσοι λοιπόν, τρόποι αντιμετώπισης μιας μυϊκής κράμπας σύμφωνα με τον M. P. Schwellnus (1999) είναι:

- Άμεση παθητική «έκταση» της περιοχής όπου εμφανίζεται η ακούσια σύσπαση του μυός.
- Στην περίπτωση που η μυϊκή κράμπα δεν «υποχωρεί», έντονη μάλαξη του μυός για «διέγερση» της αιματικής ροής και της κίνησης των υγρών στο συγκεκριμένο σημείο (Horswill C. A. 1999) και άμεση τοποθέτηση πάγου (Bergeron M.F. 2000).
- Διατήρηση του μυός σε τεντωμένη θέση έως ότου η ακούσια μυϊκή δραστηριότητα σταματήσει και η επιστροφή σε φυσιολογικό μήκος του μυός δεν εμφανίζει κίνδυνο επανεμφάνισης της κράμπας.

- Γενικότερη «υποστηρικτική» φροντίδα: διατήρηση του ασκούμενου σε χώρο με ευχάριστη θερμοκρασία και άφθονη κατανάλωση υγρών-αθλητικών ποτών.
- Άμεση είσοδος στην ιατρική εγκατάσταση του γηπέδου, στην περίπτωση όπου οι κράμπες συνεχίζονται και είναι αρκετά σοβαρής μορφής.

Το «κλειδί» ωστόσο για την μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης μυϊκών κραμπών κατά την άσκηση, είναι η πρόληψη. Η προστασία δηλαδή των μυών από την πρόωρη εμφάνιση της κόπωσης κατά τη διάρκεια της προσπάθειας. Πιο συγκεκριμένα ο S. Bentley (1996) συνιστά:

- Καλή φυσική αλλά και νοητική προετοιμασία για τη δραστηριότητα.
- Συχνές διατακτικές ασκήσεις με ιδιαίτερη έμφαση στους μύς που είναι πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση κραμπών.
- Διόρθωση της τεχνικής και κατ' επέκταση της θέσης που θα πρέπει να έχουν οι μύες κατά την εκάστοτε-συγκεκριμένη κίνηση.
- Διατροφή πλούσια σε υδατάνθρακες και ηλεκτρολύτες κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας πριν από ένα σημαντικό αγώνα και ειδικότερα στο τελευταίο γεύμα πριν τη δοκιμασία.
- Επαρκής κατανάλωση υγρών-αθλητικών ποτών, την μέρα πριν τον αγώνα.
- Αποφυγή κατανάλωσης διεγερτικών ουσιών.
- Μείωση της έντασης και της διάρκειας της άσκησης, εάν αυτή κρίνεται απαραίτητη.

Πρέπει να σημειωθεί επίσης, ότι παρόλο που έχει χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές η ενδοφλέβια έγχυση ασβεστίου και κυρίως μαγνησίου, λόγω της σημασίας του τελευταίου στη μυϊκή και στη νευρική λειτουργία, ως μέσο αντιμετώπισης σοβαρών επεισοδίων μυϊκών κραμπών, καλό θα είναι αυτή η μέθοδος να αποφεύγεται μιας και έρευνες έχουν δείξει πως μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές όπως υπόταση ή αναπνευστική ατονία (Schwellnus M.P., et al. 2004).

Τέλος, όλοι οι ασκούμενοι οι οποίοι πάσχουν από οξεία επεισόδια μυϊκής κράμπας θα πρέπει να αναζητήσουν άμεσα ιατρική βοήθεια, στην περίπτωση όπου δεν έχουν ουρήσει ή έχουν πολύ σκουρόχρωμα-αφυδατωμένα ούρα το 24ωρο μετά από το επεισόδιο (Schwellnus M.P. 1999).

### **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ**

Η χορήγηση νατρίου, με τη μορφή αθλητικών ποτών, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης χαμηλής έντασης και κάτω από ζεστές περιβαλλοντολογικές συνθήκες ενδεχομένως να προλαμβάνει την εμφάνιση μυϊκών κραμπών.

### **ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Να μελετηθεί η επίδραση της περιεκτικότητας σε νάτριο των υγρών που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης σε θερμό περιβάλλον στην ισορροπία των υγρών και των ηλεκτρολυτών και κατ' επέκταση, την επίδρασή τους σε τυχόν εμφάνιση του φαινομένου των μυϊκών κραμπών.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.**

Στην παρούσα έρευνα πήραν μέρος 13 νέοι υγιείς θερμοεγκλιματισμένοι άνδρες με καλή φυσική κατάσταση, μη προπονημένοι (συμμετοχή σε διάφορες αθλητικές δραστηριότητες  $3 \pm 2$  φορές την εβδομάδα). Τα ανθρωπομετρικά τους στοιχεία αναφέρονται στον πίνακα 2.1 που ακολουθεί.

**Πίνακας 2.1**

<b>Χαρακτηριστικά Δείγματος</b>	<b>Μέσος Όρος <math>\pm</math> SE</b>
Ηλικία (έτη)	$24.6 \pm 3.1$
Ύψος (cm)	$178 \pm 10$
Βάρος (kg)	$78.3 \pm 10.7$
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$24.7 \pm 2.1$
Ποσοστό λίπους (%)	$17.2 \pm 5.6$
Άλιπη μάζα (g)	$64.2 \pm 7.2$
Λιπώδης μάζα (g)	$13.7 \pm 5.8$

Το ερευνητικό πρωτόκολλο περιλάμβανε 5 συνολικά επισκέψεις στο Εργαστήριο Διατροφής και Κλινικής Διατολογίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.

### **Η πρώτη επίσκεψη στο εργαστήριο.**

Η πρώτη επίσκεψη περιλάμβανε τη μέτρηση της σύστασης σώματος με ακτίνες X διπλής ενέργειας (Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, DXA: Lunar Corp., model DPX, Madison, WI, software version 3.6). Η μέθοδος αυτή συνίσταται από τη σάρωση ολόκληρης της επιφάνειας του σώματος, πάνω από τα ρούχα, με ακτίνες X δύο διακριτών ενεργειακών επιπέδων, προκειμένου να μετρηθεί η απορρόφηση από το σώμα, η οποία αντιστοιχίζεται σε σωματικό λίπος και άλιπη μυϊκή και σκελετική μάζα σώματος. Η μέτρηση αυτή διήρκεσε περίπου 20 λεπτά και από την οποία προέκυψε η σωματική σύσταση και η οστική πυκνότητα του κάθε εθελοντή.



Επίσης, όλοι οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να συμπληρώσουν προτού λάβουν μέρος στην έρευνα ένα ιατρικό ερωτηματολόγιο, καθώς και ένα συμφωνητικό εθελοντικής συμμετοχής όπου γινόταν μια εκτενής ανάλυση των συνθηκών και των διαδικασιών του πειράματος που ακολουθήθηκε, των υποχρεώσεων και των απαιτήσεων του εθελοντή, καθώς και μια αναφορά τυχόν κινδύνων που μπορεί να προέκυπταν κατά τη διάρκεια της έρευνας. Το ερευνητικό πρωτόκολλο είχε την έγκριση από το τμήμα ερευνών του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.

### **Η ημέρα που προηγείται του πειράματος.**

Μια μέρα πριν το πείραμα οι εθελοντές έπρεπε να απέχουν από οποιαδήποτε έντονη σωματική δραστηριότητα. Το βραδινό τους γεύμα καταγραφόταν αναλυτικώς και για τις επόμενες επισκέψεις τους στο εργαστήριο έπρεπε να είναι το ίδιο, ενώ για τις ώρες που ακολουθούσαν μέχρι την έναρξη του πειράματος δε θα έπρεπε να καταναλώσουν οποιοδήποτε άλλο τρόφιμο. Τέλος οι εθελοντές τη μέρα πριν τη δοκιμασία έπρεπε να βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα υδάτωσης, ενώ δεν επιτρέπεται η κατανάλωση οποιοδήποτε αλκοολούχου ποτού ή κάποιου που να περιέχει καφεΐνη. Το νερό μπορούσε να καταναλωθεί ad libitum.

### **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ**

Στις υπόλοιπες 4 επισκέψεις στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν οι πειραματικές μετρήσεις. Το πειραματικό στάδιο περιλάμβανε 3 φάσεις. Πριν την έναρξη της 1<sup>ης</sup> φάσης του ερευνητικού πρωτοκόλλου, γινόταν τοποθέτηση φλεβοκαθετήρα στον κάθε εθελοντή από ειδικευμένο προσωπικό και εν συνεχεία και αφού ο ασκούμενος είχε παραμείνει καθισμένος σε δροσερό περιβάλλον για 10 με 15 περίπου λεπτά, ξεκινούσαν οι μετρήσεις.

### **1<sup>η</sup> φάση πρωτοκόλλου: Στάδιο μείωσης των επιπέδων Na<sup>+</sup> στο αίμα.**

Κατά την 1<sup>η</sup> φάση οι εθελοντές ασκούνταν σε κυκλοεργόμετρο και δαπεδοεργόμετρο εναλλάξ για 180 λεπτά και σε σχετικά μικρή ένταση (130-140 bpm).

Καθ' όλη τη διάρκεια των 3 ωρών, η άσκηση διακόπτονταν ανά 25 min και μεσολαβούσε ένα πεντάλεπτο διάλειμμα ξεκούρασης, κατά το οποίο πραγματοποιείτο μέτρηση του σωματικού τους βάρους. Οι απώλειες υγρών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος που προσδιορίζονταν με βάση τη μεταβολή του σωματικού βάρους, αναπληρώνονταν με την αντίστοιχη κατανάλωση ενός από τα υπό εξέταση διαλύματα.

Μετά το πέρας της 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup>, και 3<sup>ης</sup> ώρας, λαμβάνονταν δείγματα αίματος

Επίσης, πριν από την έναρξη της 1<sup>ης</sup> φάσης και μετά το τέλος αυτής πραγματοποιούταν συλλογή δείγματος ούρων από τους ασκούμενους.

### **2<sup>η</sup> φάση: Στάδιο εξάντλησης μυϊκού γλυκογόνου.**

Στη συνέχεια οι εθελοντές κλήθηκαν να εκτελέσουν ένα σετ αποτελούμενο από 8x30 επαναλήψεις “πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής” από ακροστασία, χρησιμοποιώντας το σωματικό τους βάρος ως αντίσταση.

Η άσκηση αυτή είχε ως στόχο τη μείωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου στο γαστροκνήμιο μυ. Οι 30 επαναλήψεις πραγματοποιούταν ανά 2 sec (συνολική διάρκεια του κάθε σετ: 1 min) ενώ μεταξύ των σετ μεσολαβούσε διάστημα αποκατάστασης ενός λεπτού. Η συνολική διάρκεια της φάσης αυτής κυμαινόταν μεταξύ 15 και 20 λεπτών.

### **3<sup>η</sup> φάση: Στάδιο περαιτέρω μείωσης των επιπέδων $Na^+$ στο αίμα.**

Τέλος, ακολουθήθηκε ένα τρίτο σετ άσκησης στο δαπεδοεργόμετρο με γρήγορο (5,5 kph) ανηφορικό (12%) περπάτημα, διάρκειας 45 λεπτών, στην αρχή και στο τέλος του οποίου ο εθελοντής ζυγίζόταν για να υπολογιστεί η τελική μεταβολή του σωματικού του βάρους.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας του τελευταίου μέρους του ερευνητικού πρωτοκόλλου, εν κινήσει λαμβάνονταν δείγματα αίματος ανά 15min. Στο τέλος γινόταν και μια τελευταία συλλογή δείγματος ούρων.

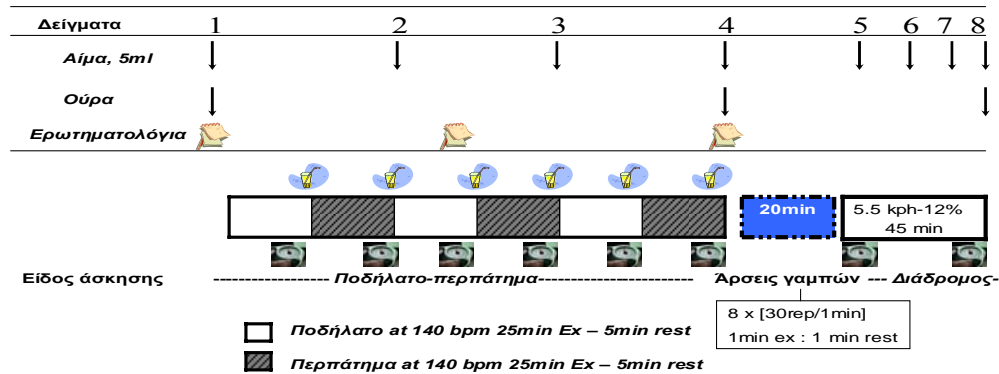
Σύμφωνα και με τις οδηγίες του Αμερικάνικου Κολεγίου Αθλητικής Ιατρικής, στον εθελοντή επιτράπη κατά τη διάρκεια αυτού του σετ, η κατανάλωση 150 ml του εκάστοτε υγρού ανά 15 λεπτά.

### **Επιπρόσθετες μετρήσεις**

Σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών καταγράφηκαν σε ειδικά ερωτηματολόγια, εκτιμήσεις όσον αφορά: (i) το αίσθημα της δίψας, (ii) της γεύσης του προσφερόμενου διαλύματος, (iii) της ξηρότητας του στόματος και (iv) της αίσθησης του στομάχου.

Συνοπτικά το ερευνητικό πρωτόκολλο, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:

## ΥΠΟΝΑΤΡΙΑΙΜΙΑ



Τα διαλύματα, τα οποία χορηγήθηκαν με τυχαία σειρά, ένα σε κάθε πείραμα ήταν τα παρακάτω:

**Plac:** Νερό, με γλυκαντικές ουσίες και χρωματισμένο (εικονική δοκιμή, placebo)

**Wat:** Μεταλλικό νερό, μικρής περιεκτικότητας σε νάτριο (<0,3 mmol /L).

**LNa:** Διάλυμα το οποίο θα περιέχει χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο (52 mg/100 ml) και γλυκόζη (6%).

**HNa:** Διάλυμα το οποίο θα περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο (84 mg/100 ml) και γλυκόζη (6%).

Η όλη διαδικασία κάθε δοκιμής διαρκούσε περίπου τέσσερις ώρες. Οι εθελοντές ασκούσαν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος φορώντας μόνο ένα αθλητικό σορτσάκι και τα αθλητικά τους παπούτσια. Το πείραμα πραγματοποιούνταν υπό σταθερή θερμοκρασία δωματίου 30 °C και μεταξύ των δοκιμασιών μεσολαβούσε χρονικό διάστημα ανάνηψης, ίσο με 5 έως 10 ημέρες.

## ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Τα δείγματα αίματος αναλύθηκαν για τις ακόλουθες παραμέτρους:

Η **γλυκόζη** μετρήθηκε με τη βοήθεια αυτόματου βιοχημικού αναλυτή (ACE Clinical Chemistry Analyzer System, Schiapparelli Biosystems B.V., USA). Ο **αιματοκρίτης** μετρήθηκε με τη μέθοδο του μικροαιματοκρίτη. Τα δείγματα ελέγχθηκαν τρεις φορές, αφού πρώτα φυγοκεντρήθηκαν για 4 λεπτά στα 9,500 g. Η **αιμοσφαιρίνη** υπολογίστηκε με τη μέθοδο κυανομεθαιμοσφαιρίνης, χρησιμοποιώντας αντιδραστήρια της Sigma-Aldrich, Inc. Τα δείγματα για την αιμοσφαιρίνη, μετρήθηκαν 3 φορές. Οι **μεταβολές του όγκου του πλάσματος** προσδιορίστηκαν από τις τιμές του μικροαιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης, με βάση την εξίσωση των Dill και Costill (1974). Οι **ηλεκτρολύτες**, νάτριο και κάλιο, μετρήθηκαν δύο φορές για κάθε δείγμα, με τη βοήθεια αναλυτή ξηρών αντιδραστηρίων (Kodac, EKTACHEM, DT60 Analyzer). Ενώ τέλος, οι **ωσμωτικότητες** στο πλάσμα μετρήθηκαν την ίδια μέρα σε ωσμόμετρο 2D3 της Advanced Instruments Inc., USA.

## **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.**

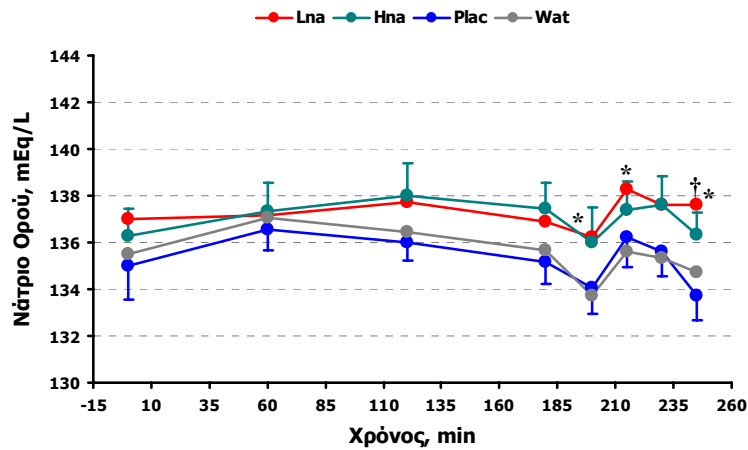
Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι  $\pm$  μια τυπική απόκλιση. Οι συγκρίσεις ανάμεσα στις διάφορες δοκιμές της μελέτης έγιναν με ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Repeated Measures Analysis of Variance). Για την μεταξύ των διαφόρων σημείων σύγκριση ανάμεσα στις διάφορες δοκιμές χρησιμοποιήθηκε το τεστ Tukey. Ως αποδεκτό σημείο στατιστικής σημαντικότητας, ορίστηκε το  $p < 0,05$ .

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

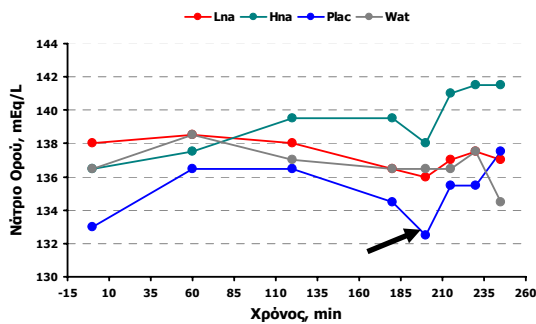
Κανένας από τους εθελοντές που πήραν μέρος στην παρούσα έρευνα, δεν έπαθε μυϊκή κράμπα σε κανένα σημείο του σώματός του. Ωστόσο σε ορισμένους εξ' αυτών παρουσιάστηκαν μερικά από τα προαναφερθέντα πρόδρομα σημάδια. Πιο συγκεκριμένα: σε δύο εθελοντές κατά τη διάρκεια της εικονικής δοκιμής, παρουσιάστηκε έντονο «σφίξιμο» στο γαστροκνήμιο μυ στο τελευταίο 45λεπτο στο διάδρομο, επίσης ένας εθελοντής που κατανάλωσε μεταλλικό νερό, δήλωσε ότι ένιωθε τραβήγματα στον γαστροκνήμιό του και τέλος, ένας ακόμη εθελοντής εξέφρασε έντονη δυσφορία λόγω «τσιμπημάτων» στις γάμπες του κατά τις άρσεις των γαστροκνημίων επί ακροστασία, όταν κατανάλωσε αθλητικό ποτό χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα: (i) των επιπέδων νατρίου στο αίμα, (ii) των αντίστοιχων του καλίου, (iii) της μεταβολής στον όγκο πλάσματος, (iv) της ωσμωτικότητας του πλάσματος και τέλος (v) των επιπέδων της γλυκόζης πλάσματος.

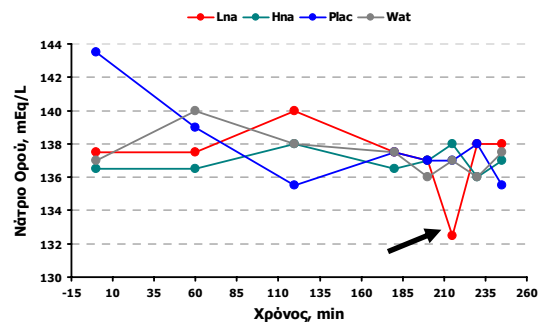
Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως σύγκριση μεταξύ των υπόλοιπων εννέα ατόμων που δεν εμφάνισαν κανένα σημάδι μυϊκής κράμπας και των τεσσάρων ατόμων που προναφέρθησαν και τα οποία είχαν εμφανίσει κάποια πρόδρομα συμπτώματα μυϊκών κραμπών.



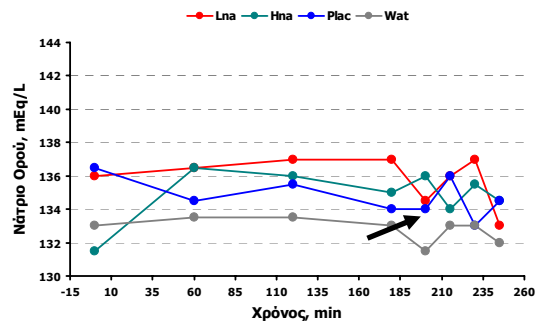
Εθελοντής 02



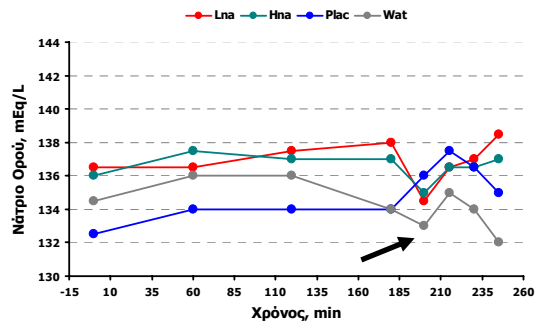
Εθελοντής 09



Εθελοντής 12



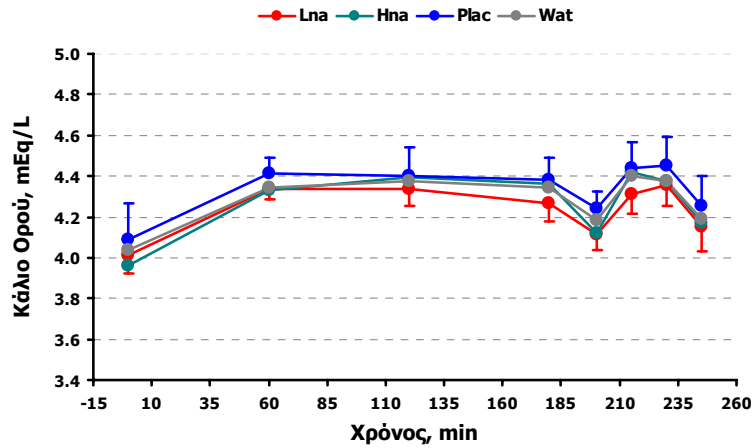
Εθελοντής 14



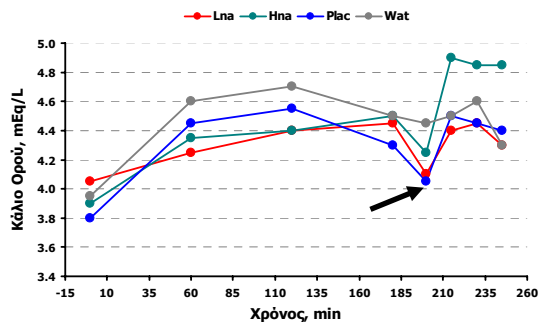
**Γράφημα 1:** Επίπεδα νατρίου στο αίμα κατά τη διάρκεια των 4 δοκιμών στο σύνολο των εθελοντών που δεν ανέφεραν κάποιο σύμπτωμα κράμπας και στους εθελοντές που ανέφεραν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.

\*  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Wat, †  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Plac.  
 Το βέλος δείχνει το σημείο και τη δοκιμή στην οποία εμφανίστηκαν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.

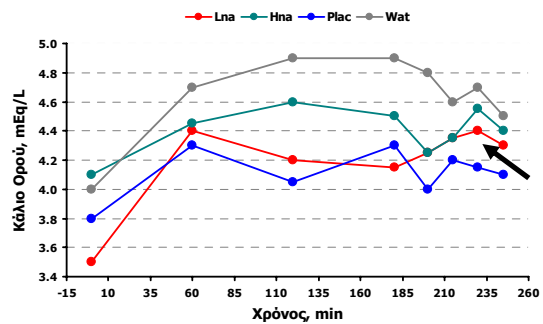




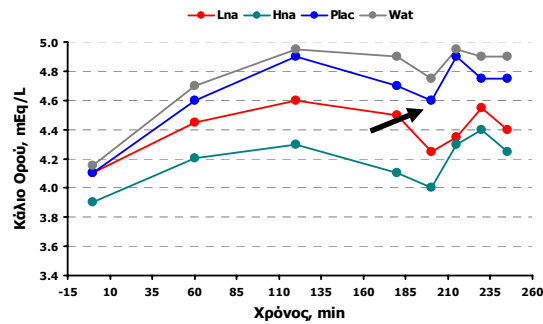
Εθελοντής 02



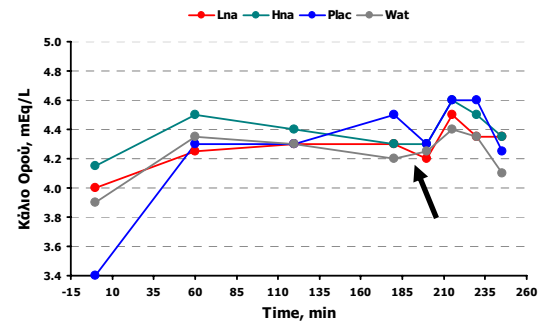
Εθελοντής 09



Εθελοντής 12



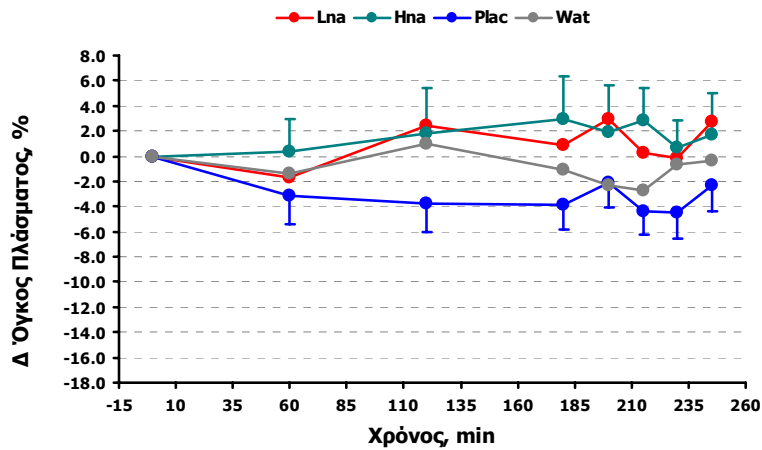
Εθελοντής 14



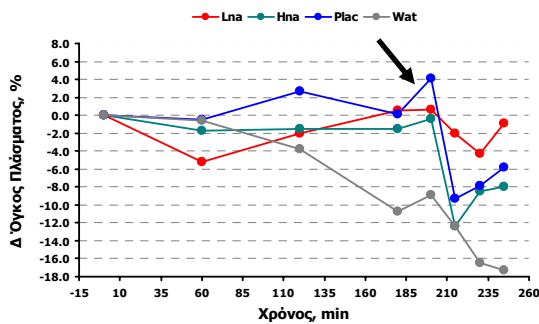
**Γράφημα 2:** Επίπεδα καλίου στο αίμα κατά τη διάρκεια των 4 δοκιμών στο σύνολο των εθελοντών που δεν ανέφεραν κάποιο σύμπτωμα κράμπας και στους εθελοντές που ανέφεραν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.

\*  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Wat, †  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Plac.

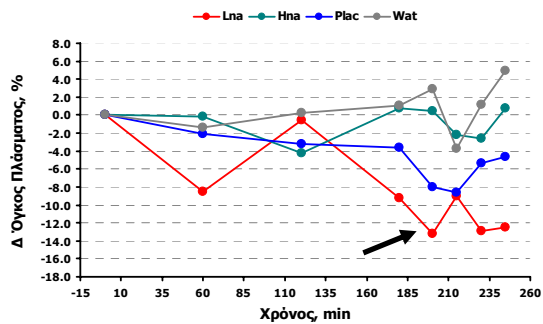
Το βέλος δείχνει το σημείο και τη δοκιμή στην οποία εμφανίστηκαν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.



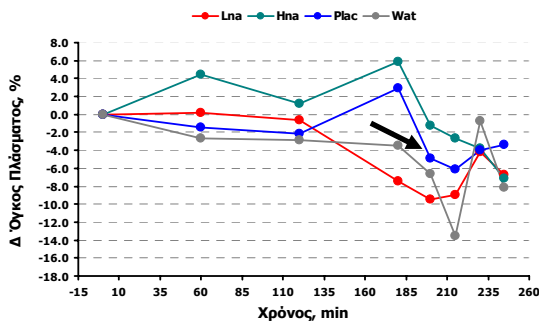
Εθελοντής 02



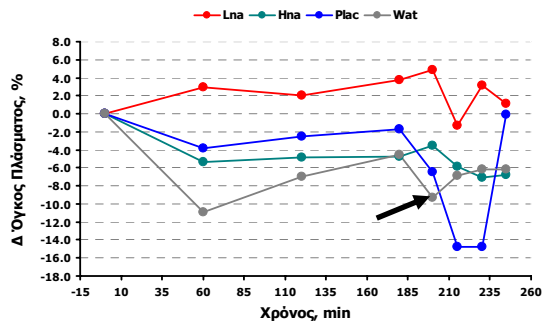
Εθελοντής 09



Εθελοντής 12



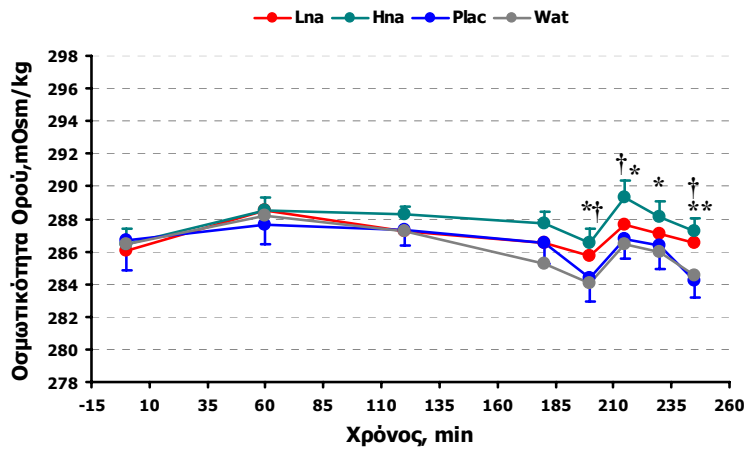
Εθελοντής 14



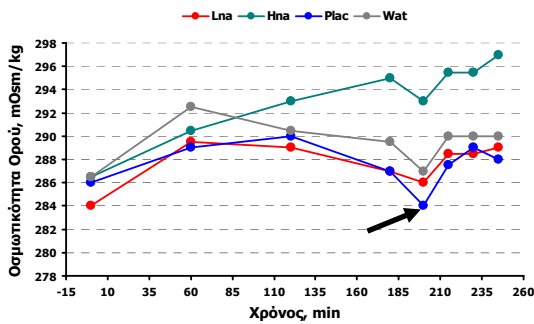
**Γράφημα 3:** Μεταβολές στον όγκο του πλάσματος κατά τη διάρκεια των 4 δοκιμών στο σύνολο των εθελοντών που δεν ανέφεραν κάποιο σύμπτωμα κράμπας και στους εθελοντές που ανέφεραν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.

\*  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Wat, †  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Plac.

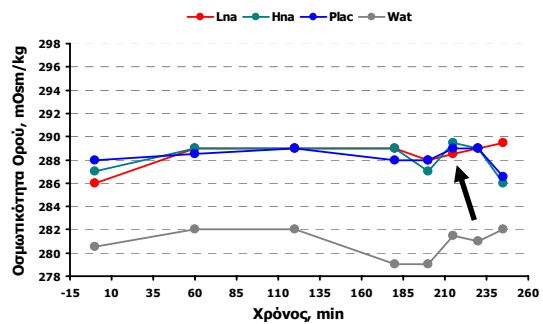
Το βέλος δείχνει το σημείο και τη δοκιμή στην οποία εμφανίστηκαν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.



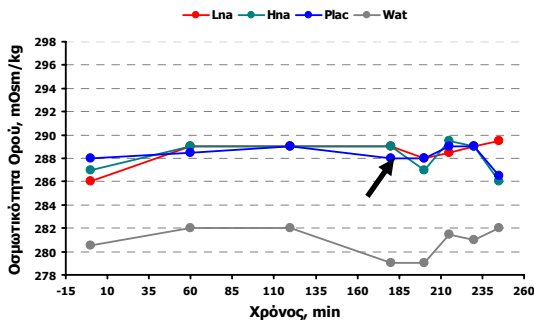
Εθελοντής 02



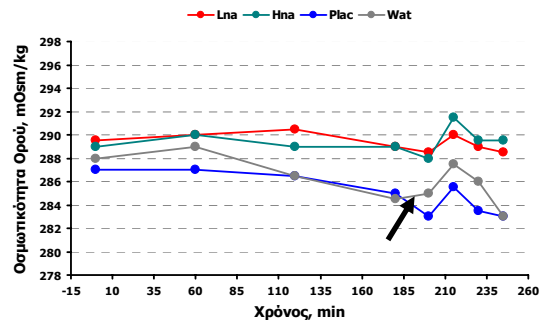
Εθελοντής 09



Εθελοντής 12



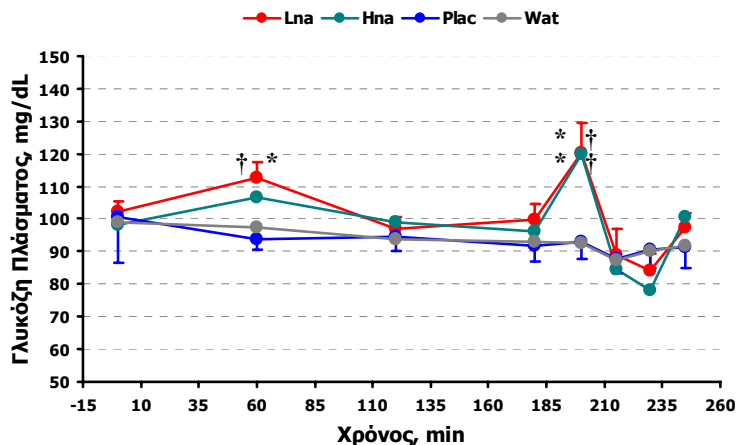
Εθελοντής 14



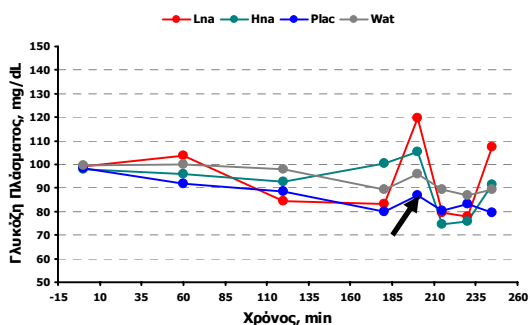
**Γράφημα 4:** Ωσμωτικότητα πλάσματος κατά τη διάρκεια των 4 δοκιμών στο σύνολο των εθελοντών που δεν ανέφεραν κάποιο σύμπτωμα κράμπας και στους εθελοντές που ανέφεραν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.

\*  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Wat, †  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Plac.

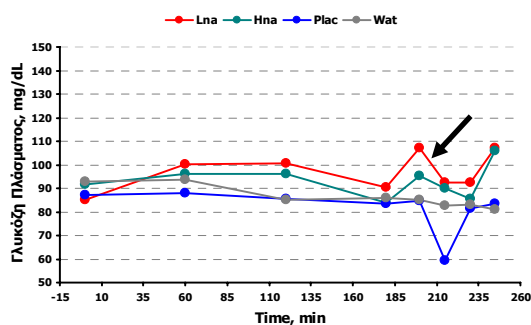
Το βέλος δείχνει το σημείο και τη δοκιμή στην οποία εμφανίστηκαν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.



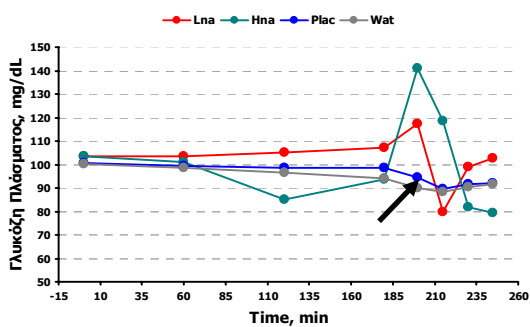
Εθελοντής 02



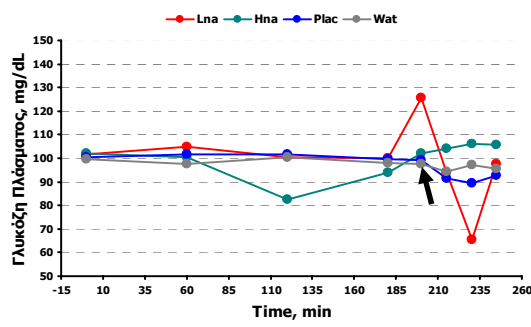
Εθελοντής 09



Εθελοντής 12



Εθελοντής 14



**Γράφημα 5:** Γλυκόζη πλάσματος κατά τη διάρκεια των 4 δοκιμών στο σύνολο των εθελοντών που δεν ανέφεραν κάποιο σύμπτωμα κράμπας και στους εθελοντές που ανέφεραν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.

\*  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Wat, †  $p < 0,05$  σε σύγκριση με τη δοκιμή Plac.

Το βέλος δείχνει το σημείο και τη δοκιμή στην οποία εμφανίστηκαν συμπτώματα μυϊκών κραμπών.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε εάν η πρόσληψη αθλητικών ποτών σε συνδυασμό με την παρατεταμένης διάρκειας άσκηση στη ζέστη, επηρεάζει την εμφάνιση μυϊκών κραμπών. Το ερευνητικό πρωτόκολλο είχε σχεδιαστεί με στόχο τη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας, χορηγώντας τα εκάστοτε υγρά ανάλογα με τις απώλειες.

Εφόσον δεν παρατηρήθηκαν κράμπες σε κανέναν από τους εθελοντές που συμμετείχαν στην έρευνα, συνάγεται το συμπέρασμα ότι δεν υπήρχε καμία σημαντική διαφορά μεταξύ των υγρών που διατέθηκαν στους εθελοντές προς κατανάλωση, σε ότι αφορά την πρόκληση μυϊκών κραμπών κατά την άσκηση.

Χαρακτηριστικό είναι ότι σε όλους τους εθελοντές στους οποίους παρουσιάστηκαν κάποιες ενοχλήσεις, αυτές εμφανίστηκαν στην περιοχή του γαστροκνήμιου μύος, γεγονός που συμβαδίζει και με τις περισσότερες περιπτώσεις στις οποίες έχουν αναφερθεί μυϊκές κράμπες κατά την άσκηση (Jung AP, et al. 2005, Sulzer NU, et al. 2005, Schwellnus MP., et al. 2004). Έτσι και η παρούσα έρευνα έρχεται σε συμφωνία με τη θεωρία που αναφέρει ότι οι πλειονότητα των μυϊκών κραμπών παρατηρείται σε μυς μικρού μήκους, στους οποίους η συστολή του μύος στο βραχύτερό του σημείο αναστέλλει τη δραστηριότητα των τενόντιων οργάνων του Golgi (Schwellnus M. P, et al. 1996, 1999, Bentley S. 1996).

- Σχέση επιπέδων  $\text{Na}^+$  - μυϊκών κραμπών

Πρέπει να σημειωθεί ότι και οι τέσσερις εθελοντές που εμφάνισαν πρόδρομα σημάδια μυϊκών κραμπών, τα εμφάνισαν σε περιόδους όπου τα επίπεδα του νατρίου τους στο αίμα ήταν αρκετά χαμηλά. Ιδιαίτερης αναφοράς χρίζει το γεγονός ότι στους τρεις από τους τέσσερις εθελοντές που παρουσιάστηκαν τα συμπτώματα ήταν σε δοκιμές στις οποίες δεν χορηγούταν διαλύματα τα οποία να περιέχουν νάτριο.

Στα γενικά αποτελέσματα που περιλάμβαναν όλους τους εθελοντές παρατηρήθηκε ότι η χορήγηση νατρίου κατά τη διάρκεια της άσκησης είχε ως αποτέλεσμα την πρόληψη της μείωσης των επιπέδων νατρίου στο αίμα, σε αντίθεση με τις περιπτώσεις στις οποίες χορηγήθηκε νερό, όπου τα επίπεδα του  $\text{Na}^+$  βρέθηκαν στα επίπεδα της ήπιας υπονατριαιμίας. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε ότι η χορήγηση νατρίου μέσω των ποτών απέτρεψε την μείωση του όγκου του πλάσματος, κάτι το οποίο όμως δεν παρατηρήθηκε με τα διαλύματα του νερού. Κατά συνέπεια φαίνεται, ότι η υδατική ισορροπία επετεύχθει μόνο μέσω της χορήγησης (πάντοτε σε ίσες ποσότητες με τις απώλειες) των διαλυμάτων τα οποία περιείχαν νάτριο.

Προφανώς λόγω της προηγηθείσας παρατεταμένης άσκησης στη ζέστη, οι εθελοντές στις συγκεκριμένες στιγμές που ένιωσαν τις εκάστοτε ενοχλήσεις στον γαστροκνήμιό τους βρισκόντουσαν ήδη σε κατάσταση «ήπιας» υπονατριαιμίας με τα επίπεδα του νατρίου στο αίμα τους να βρίσκονται στα 132, 132, 132,5 και 134 mEq/L. Η παρούσα έρευνα έρχεται σε συμφωνία με τη μελέτη του Jung και των συνεργατών του (2005) οι οποίοι και παρατήρησαν ότι η χορήγηση αθλητικών ποτών με νάτριο, σε άτομα που είχαν υποβληθεί σε μία ιδιαίτερα επίπονη δοκιμασία κόπωσης των γαστροκνημίων μυών οδηγούσε στην καθυστέρηση εμφάνισης μυϊκών κραμπών.

Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα ίσως και να αποδεικνύει το ρόλο των αυξημένων απωλειών σε ηλεκτρολύτες και κυρίως του νατρίου (λόγω της αυξημένης εφίδρωσης) ως αίτιο πρόκλησης μυϊκών κραμπών, άποψη την οποία έχουν υποστηρίξει και οι Horswill C. A. 1999, Stofan JR, et al. 2005, Bergeron MF. 2000.

- **Η θεωρία της επαναλαμβανόμενης κόπωσης κατά την παρατεταμένη άσκηση.**

Το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκε το φαινόμενο της μυϊκής κράμπας σε κανένα από τα άτομα που πήραν μέρος στη μελέτη πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έγινε

«στοχευμένη» άσκηση πάνω σε κάποιον συγκεκριμένο μυ, εν προκειμένου, στο γαστροκνήμιο. Έχει αναλυθεί εκτενώς σε προηγούμενη ενότητα (4.2 (iv)) ότι οι κράμπες κατά την άσκηση σχετίζονται με την παρατεταμένη νευρική δραστηριότητα, η οποία προκύπτει λόγω υψηλής κόπωσης συγκεκριμένου μυός (Bentley S. 1996, Schwellnus MP., et al. 1996, Jung AP., et al. 2005, Sulzer SU, et al. 2005).

Στην παρούσα περίπτωση ωστόσο, το συγκεκριμένο ερευνητικό πρωτόκολλο ήταν σχεδιασμένο έτσι ώστε να οδηγήσει σε γενικότερη κόπωση των εθελοντών και στην κινητοποίηση μεγάλων μυϊκών ομάδων, ούτως ώστε να ανταπεξέλθουν στις δοκιμασίες του κυκλοεργόμετρου και του δαπεδοεργόμετρου. Μόνο στη φάση της πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής από ακροστασία, γινόταν άσκηση που επιβάρυνε αποκλειστικά μία μικρή μυϊκή ομάδα. Ωστόσο η διάρκεια της επιβάρυνσης αυτής περιοριζόταν στα 15 με 20 λεπτά.

Στην περίπτωση κατά την οποία η άσκηση γινόταν με στόχο τη συνεχή κόπωση του γαστροκνήμιου μυός και η διάρκεια ήταν μεγαλύτερη, ενδεχομένως να παρατηρούνταν κράμπες ή τουλάχιστον περισσότερα πρόδρομα συμπτώματα μυϊκών κραμπών στη συγκεκριμένη περιοχή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα ισχυροποιούταν και η θεωρία της συνεχούς κόπωσης των μυών κατά την παρατεταμένη άσκηση (Jung A. P., et al. 2005).

- **Σχέση επιπέδων γλυκογόνου και εμφάνισης μυϊκών κραμπών**

Σύμφωνα με τον Price TB (1994) ο αριθμός των επαναλήψεων που περιλάμβανε το ερευνητικό πρωτόκολλο στη φάση της πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής από ακροστασία, ήταν ικανός για να οδηγήσει σε μία μείωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου στον γαστροκνήμιο, της τάξης του 50-75%. Αν και στην παρούσα μελέτη τα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου δε μετρήθηκαν, ωστόσο μια τέτοιου βαθμού μείωση του ποσοστού του μυϊκού γλυκογόνου θα πρέπει να εμφανίστηκε στους εθελοντές, αν λάβει κανείς υπόψη του και το γεγονός ότι είχε προηγηθεί τρίωρης διάρκειας άσκηση στο κυκλοεργόμετρο και στο

δαπεδοεργόμετρο. Ωστόσο το ποσοστό αυτό μείωσης δε φάνηκε ικανό να προκαλέσει μυϊκή κράμπα στο συγκεκριμένο μυ. Εάν οι επαναλήψεις ήταν περισσότερες και τα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου μειωνόντουσαν σε μεγαλύτερο βαθμό μέσω της άσκησης, οι πιθανότητες τα άτομα να εμφανίσουν μυϊκές κράμπες πιθανώς να ήταν υψηλότερες.

- **Σχέση αφυδάτωσης – μυϊκών κραμπών**

Όπως είχε αναφερθεί και προηγουμένα, μία από τις θεωρίες οι οποίες έχουν προταθεί με στόχο την κατανόηση των αιτιών εμφάνισης των μυϊκών κραμπών είναι και αυτή της αφυδάτωσης. Η θεωρία αυτή προτείνει ότι σημαντικές μειώσεις στο σωματικό βάρος, στον όγκο του αίματος, καθώς και στον όγκο του πλάσματος είναι παράγοντες οι οποίοι φαίνεται να συμβάλουν στην πρόκληση μυϊκών κραμπών (Jung AP, et al. 2005).

Ωστόσο στην παρούσα μελέτη κανένας από τους παραπάνω προτεινόμενους παράγοντες δεν επαληθεύτηκε. Σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερευνητικού πρωτοκόλλου, οι απώλειες του σωματικού βάρους αναπληρωνόντουσαν άμεσα με την κατανάλωση αντίστοιχων ποσοτήτων σε υγρά. Έτσι και τα αποτελέσματα των ατόμων που εμφάνισαν «πρόδρομα» σημάδια μυϊκών κραμπών, όσον αφορά τη μεταβολή στον όγκο του πλάσματος ( $\Delta PV$ ) και στον αντίστοιχο του αίματος ( $Osm$ ) δεν αποδεικνύουν κάποια σχέση μεταξύ αφυδάτωσης και μυϊκών κραμπών.

Αξίζει τέλος να σημειωθεί, ότι κανένα από τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα δεν είχε ιστορικό μυϊκών κραμπών. Εν αντιθέσει με πολλές αντίστοιχες μελέτες στις οποίες οι εθελοντές εμφάνισαν κράμπες και η πλειοψηφία είχε ιστορικό (Jung A. P., et al. 2005, Sulzer NU., et al. 2005, Stofan JR., et al. 2005, Schweltnus MP., et al. 2004).



Συμπερασματικά το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε δεν ήταν επαρκές για να προκαλέσει την εμφάνιση μυϊκών κραμπών και συνεπώς δε μπορούμε να βγάλουμε ξεκάθαρα συμπεράσματα όσον αφορά για το ρόλο των επιπέδων νατρίου στο αίμα και των επιπέδων των ενεργειακών υποστρωμάτων (γλυκόζη) στην εμφάνιση μυϊκών κραμπών.

Ωστόσο βρέθηκαν ενδείξεις οι οποίες υποδηλώνουν ότι τα μειωμένα επίπεδα νατρίου στο αίμα, είναι πιθανό να προκαλέσουν πρόδρομα συμπτώματα και κατ' επέκταση εμφάνιση μυϊκών κραμπών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Almond CS, Shin AY, Fortescue EB, Mannix RC, Wypij D, Bindstadt BA, Duncan CA, Olson DP, Salerno AE, Greenes DS.: Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. *N Engl J Med.* 2005;352:1550-1556.
2. Armstrong LE, Maresh CM. The exertional heat illnesses : a risk of athletic participation. *Med Exerc Nutr Health.* 1993;(2):125-134.
3. Armstrong LE, Curtis WC, Hubbard RW, Francesconi RP, Moore R, Askew W.: Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1993;24(5):543-549.
4. Armstrong LE, Costill DL, and Fink WJ: Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1985; 17:456-461.
5. Armstrong LE, Hubbard RW, Kraemer WJ, Deluca JP, Christensen EL.: Signs and symptoms of heat exhaustion during strenuous exercise. *Ann. Sports Med.* 1987;3:182-189.
6. Barr SI, Costill DL and W. J. Fink : Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1991. 23:811-817.
7. Bentley S.: Exercise-induced muscle cramp. Proposed mechanisms and management. *Sports Med.* 1996;21(6):409-420.
8. Bergeron MF: Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *J Sci Med. Sport.* 2003;6:19-27.
9. Bergeron MF: Sodium: The forgotten nutrient. *Gatorade Sports Science Institute.* 2000; 13 (3).
10. Bergeron MF: Heat cramps during tennis: a case report. *Int. J. Sports Nutr.* 1996;6:62-68.
11. Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner DM, Plummer PE.: National athletic trainers association Position Statement: Exertional Heat Illnesses. *J. of Athl Train* 2002;37(3):329-343.
12. Brewster SJ, O' Connor FG, Lillegard WA. Exercise-induced heat injury: diagnosis and management. *Sports Med Arthrosc. Rev.* 1995;3:206-266.
13. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BSE, Roberts WO, Stone JA.: National athletic trainers association Position Statement: Fluid replacement for athletes. *J. of Athl. Train.* 2000;35(2):212-224.
14. Casa DJ. : Exercise in the heat, II: critical concepts in rehydration, exertional heat illnesses, and maximizing athletic performance. *J. Athl. Train.* 1999;34:253-262.
15. Carter JE, and C. V. Gisolfi.: Fluid replacement during and after exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1989;21(5):532-539.
16. Dill DB., and Costill DL. : Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J. Appl. Physiol.*1974; 37:247-248.
17. Eichner ER: Muscle cramps: the right ways for the dog days. *Gatorade Sports Science Institute.* 2000: <http://www.gssiweb.com/reflib/refs/588/musclecramps.cfm>.
18. Frizzell RT, G. H. Lang, Lowance DC, Lathan R.: Hyponatremia and ultramarathon running. *JAMA.* 1986;255:772-774.

19. Flinn SD, and R. J. Sherer.: Seizure after exercise in the heat. *The physician and sportsmedicine*. 2000;28(9):61-76.
20. Gonzalez-Alonso J., Teller C., Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, and Nielsen B.: Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J. Appl. Physiol*. 1999;86(3):1032-1039.
21. Greenwood M, RB. Kreider., et al.: Cramping and injury incidence in collegiate football players are reduced by creatine supplementation. *J. Athl. Train*. 2003;38:216-219.
22. Greenleaf J. E., and F. Sargent. Voluntary dehydration in man. *J. Appl. Physiol*. 1965;20(4): 719-724.
23. Hawley JA, Dennis SC, Noakes TD: Carbohydrate, fluid, and electrolyte requirements of the soccer player: a review. *Int J Sport Nutr*. 1994 ;4(3):221-36.
24. Hew-Butler T, Almond C, Ayus JC, Dugas J, Meeuwisse W, Noakes TD, Reid S, Siegel A, Speedy D, Weschler L. : Consensus Statement of the 1<sup>st</sup> International Exercise-Associated Hyponatremia consensus Development conference, Cape Town, South Africa 2005. *Clin J Sport Med*. 2005;15:208-213.
25. Hew TD, Wheeler JN, et al.: the incidence, risk factors, and clinical manifestations of hyponatremia in marathon runners. *Clin. J. Sports. Med*. 2003;13:41-47
26. Horswill CA: Muscle cramps: causes and cures. Gatorade Sports Science Institute. 2000: <http://www.gssiweb.com/reflib/refs/212/musclecramps.cfm>.
27. Irving RA, T. D. Noakes, Buck R, Van Zyl Smit R, Raine E, Godlonton J, and Norman RJ.: Evaluation of renal function and fluid homeostasis during recovery from exercise-induced hyponatremia. *J. Appl. Physiol*. 1991;70(1):342-348.
28. Jung AP. Phillip A. Bishop, Al-Nawwast A, Dale RB. Influence of Hydration and Electrolyte Supplementation on Incidence and time to onset of Exercise-Associate Muscle Cramps. *J Athl Train*. 2005;40(2):71-75.
29. Kantorowski PG, WDB. Hiller., et al. : Cramping studies in 2600 endurance athletes. *Med. Sci Sport. Exerc*. 1990;22(2):s104.
30. Layzer RB, Rowland LP: Cramps. *N Engl J Med* 1971;285(1):31-40.
31. Levin S: Investigating the cause of muscle cramps. *Muscle Nerve*. 1993;21(7):11-116.
32. Mack GW, and Nadel ER: Body fluid balance during heat stress in humans. *Handbook of Physiology*. 1996;2:187-207.
33. Manjra SI, Schweltnus MP, et al.: Risk factors for exercise associated muscle cramping (EAMC) in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:167-172.
34. Maresh CM, C. L. Gabaree-Bouland., Armstrong LE, Judelson DA, Hoffman JR, Castellani JW, Kenefick RW, Bergeron MF and Casa DJ. : Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat. *J. Appl. Physiol*. 2004;97:39-44.
35. Montain SJ, Chevront SN, Sawka MN: Exercise associated Hyponatremia: quantitative analysis to understand the aetiology. *Br J Sports Med* 2006;40:98-106.

36. Montain SJ, Sawka MN, Wenger CB.: Hyponatremia Associated with exercise: Risk factors and pathogenesis. *Exerc. Sports Sci. Rev.*, 2001;29(3):113-117.
37. Nicol J. Exercise-associated muscle cramps in distance runners: The role of serum electrolytes both during and following an ultra-marathon and IEMG activity in the recovery phase post-cram. *Sport s Med* (thesis). 1996.
38. Noakes TD: The hyponatremia of exercise. *Int. J. of Sport nutrition*. 1992;2:205-228.
39. Noakes TD, Norman RJ, Buck RH, Godlonton J, Stevenson K, Pittaway D.: The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1990;22(2):165-170.
40. Noakes TD., Goodwin N, Rayner BL, Branken T, Taylor KN.: water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1984;17(3):370-375.
41. Noakes TD.: Hyponatremia during endurance running: a physiological and clinical interpretation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1991;24(4):403-407.
42. O' Brien K., S. J. Montain., W. P. Corr, et al. Overhydration hyponatremia in Army trainees. *Mit. Med.* 2000.
43. Popowski LA, R. A. Oppliger, Lambert GP, Johnson RF, Johnson AK, and Gisolfi CV.: Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001;33(5):747-753.
44. Price TB, Rothman DL, Taylor R, Shulman GI, Shulman RG.: Human muscle glycogen resynthesis after exercise: insulin-dependent and -independent phases. *J. Appl. Physiol.* 1994;76(1):104-111.
45. Sawka MN. Samuel N. Cheuvront, and Robert Carter. : Human water needs. *Nutrition Reviews*. 2005;63(5): 30-39.
46. Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA.: *Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 2001;Part A(128):679-690.
47. Sawka MN, Coyle EF. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc Sport Sci Rev.* 1999;(27):167-218.
48. Schweltnus MP.: Skeletal muscle cramps during exercise. *The physician and sportsmedicine*. 1999;27(12)
49. Schweltnus MP, Derman EW, Noakes TD: Aetiology of skeletal muscle cramps during exercise: a novel hypothesis. *J Sports Sci.* 1997;15(3):277-285.
50. Schweltnus MP., Nicol J., Laubster R, Noakes TD.: Serum electrolyte concentrations and hydration status are not associated with exercise-associated muscle cramps (EAMC) in distance runners. *Br. J. Sports Med.* 2004;38(4):488-492.
51. Shirreffs SM, and R. J. Maughan.: Rehydration and recovery of fluid balance after exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1999;13:27-32.
52. Shirreffs SM, Taylor A.J., Leiper JB, Maughan JR.: Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1996;28(10):1260-1271.

53. Speedy DB, Noakes T. D, Rogers IR, Thompson MD, Campbell GD, Kuttner JA, Boswell R, Wright S, Hamlin M.: Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1999;31(6):809-815.
54. Speedy DB, Rogers IR, Noakes TD, Wright S, Thompson MJ, Campbell R, Hellemans I, Kimber NE, Boswell DR, Kuttner JA, Safih S.: Exercise-induced hyponatremia in ultradistance triathletes is caused by inappropriate fluid retention. *Clin J Sport Med.* 2000;10:272-278.
55. Stofan JR, Jeffrey J. Zachweija, Horswill CA, Murray R, Anderson SA, Eichner ER.: Sweat and sodium losses in NCAA football players: A precursor to heat cramps?. *Int. J. of Sport Nutrition and Exercise metabolism.* 2005;15:641-652.
56. Sulzer NU., MP. Schwellnus., TD. Noakes.: Serum electrolytes in Ironman triathletes with exercise-associated muscle cramping. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2005;37(7):1081-1085.
57. Takamata Akira., Mack G. W., et al.: Sodium appetite, thirst, and body fluid regulation in humans during rehydration without sodium replacement. *Am. J. Physiol.* 1994;266(35):1493-1502.
58. Talbot HT: Heat cramps. *Medicine.* 1935;14:323-326.
59. Victor AC, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LG, and Sherman M.: American college of sports medicine Position Stand: Exercise and fluid Replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1996;28(1):i-vii.
60. Vrijens D. M. J., and Rehrer NJ. : Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. *J. Appl. Physiol.* 1999;86(6): 1847-1851
61. Williamson SL., RW. Johnson., et al.: Exertion cramps: a prospective study of biochemical and anthropometric variables in bicycle riders. *Cycling Sci.* Spring 1993;15-20.
62. Weschler LB: Exercise associated Hyponatremia: a mathematical review. *Sports Med.* 2005; 35 (10):899-922.
63. Wemple RD, Tamara S. Morocco, and Gary W. Mack.: Influence of sodium replacement on fluid ingestion following exercise-induced dehydration. *Int. J. of Sport nutrition.* 1997;7:104-116.