Χ Α Ρ Ο Κ Ο Π Ε Ι Ο Π Α Ν Ε Π Ι Σ Τ Η Μ Ι Ο

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ- ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Διαιτολογία-Διατροφή

Κατεύθυνση: Διατροφή και Άσκηση

Μεταπτυχιακή διατριβή

Θέμα: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΝΑΤΡΙΑΙΜΙΑΣ

Μαρία Κόλλια

Επιβλέπων καθηγητής: Σταύρος Κάβουρας

Τριμελής Επιτροπή
Σταύρος Κάβουρας
Λάμπρος Συντώσης
Γιώργος Νάσσης

Αθήνα 2006

Αντί Προλόγου

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εθελοντές αυτής της έρευνας, οι οποίοι θέλησαν ανιδιοτελώς να συμμετάσχουν και κατέστησαν εφικτή την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Σταύρο Κάβουρα, Λέκτορα του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, που μου εμπιστεύτηκε την υλοποίηση της μελέτης αυτής και βοήθησε στην διεκπεραίωση της˙ τον κ. Κώστα Αναστασίου, Υποψήφιο Διδάκτορα, για την πολύτιμη βοήθειά του στην στατιστική ανάλυση, αλλά και σε πολλά άλλα σημεία της μελέτης, και την κ. Αντιγόνη Τσιαφίτσα, Παρασκευάστρια, που βοήθησε στον καθετηριασμό των εθελοντών και στη λήψη των δειγμάτων αίματος, και η οποία ήταν παρούσα όποτε είχαμε ανάγκη από βοήθεια. Επίσης, ευχαριστώ τους συνεργάτες και συμφοιτητές μου, Αριστέα Γκιοξάρη και Ιωάννη Αρναούτη, για την αγαστή μας συνεργασία χωρίς την οποία δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η έρευνα αυτή, καθώς επίσης τους γονείς και τους φίλους μου που μου συμπαραστάθηκαν και με ενθάρρυναν στην προσπάθειά μου αυτή. Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω το Ίδρυμα των Κρατικών Υποτροφιών για την πολύτιμη οικονομική υποστήριξη που μου προσέφερε, καθώς και την εταιρεία Gatorade που χρηματοδότησε την παρούσα έρευνα.

Περίληψη

Η αυξημένη βαρύτητα που έχει δοθεί στην επαρκή αναπλήρωση των υγρών που χάνονται μέσω του ιδρώτα κατά τη διάρκεια άσκησης (ACSM, 2000) μπορεί μεν να αποτρέπει την εμφάνιση αφυδάτωσης, ωστόσο είναι ανεπαρκής για την διατήρηση της ηλεκτρολυτικής ισορροπίας του οργανισμού και την αποφυγή άλλων δυσμενών καταστάσεων, όπως την εμφάνιση υπονατριαιμίας. Για το λόγο αυτό, πολλές έρευνες, στις μέρες μας, επικεντρώνονται στον προσδιορισμό της βέλτιστης ποσότητας ηλεκτρολυτών (και κυρίως του νατρίου) στα αθλητικά ποτά, που παράλληλα με την καλή κατάσταση υδάτωσης, θα είναι ικανή να συντηρήσει και την ηλεκτρολυτική ισορροπία του οργανισμού. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της περιεκτικότητας νατρίου σε υγρά που καταναλώνονταν, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης σε θερμό περιβάλλον, σε ρυθμό ίσο με το ρυθμό εφίδρωσης.. Για το σκοπό αυτό 13 νέοι υγιείς άνδρες, μη προπονημένοι (ηλικίας: 24.6 ± 3.1 ys, ύψους: 178 ± 10 cm και βάρους: 78.3 ± 10.7 kg) πραγματοποίησαν ένα τρίωρο πρωτόκολλο άσκησης (30 min ποδήλατο, 30 min περπάτημα) σε θερμό περιβάλλον (30˚C), ένα σετ άρσεων γαστροκνημίων επί ακροστασία (8x30 επαναλήψεις) και ένα 45 min γρήγορης βάδισης σε κλίση (5.5 km/h, 12%), ενώ κατανάλωναν ένα από τα ποτά του πειράματος: HNa (δ/μα 6% γλυκόζης με 38 mmol/L Na), LNa (δ/μα 6% γλυκόζης με 24 mmol/L Na), Wat (μεταλλικό νερό συγκέντρωσης < 0.3 mmol/L) και Plac (απιονισμένο νερό με προσθετικά χρώματος και γεύσης). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ποτά HNa και LNa κατάφεραν, το ίδιο αποτελεσματικά, να διατηρήσουν τα επίπεδα νατρίου στον ορό του αίματος σε αντίθεση με το Plac και το Wat ($p < 0.05$) μειώνοντας έτσι την επίπτωση

ήπιας υπονατριαιμίας (<135 mmol/L). Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των HNa και LNa όσον αφορά την ωσμωτικότητα του ορού του αίματος. Κανένας από τους εθελοντές δεν εμφάνισε κάποιο κλινικό σύμπτωμα όπως ζαλάδα ή ναυτία. Συμπερασματικά, τα δεδομένα της παρούσας έρευνας υποδεικνύουν ότι η προσθήκη νατρίου στα αθλητικά ποτά είναι ωφέλιμη και ικανή να ελαχιστοποιήσει την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε άσκηση παρατεταμένης διάρκειας, σε θερμό περιβάλλον, όταν η κατανάλωση υγρών εξισορροπεί τις απώλειες που συμβαίνουν μέσω του ιδρώτα, ενώ ποσότητα νατρίου ίση με 24 mmol/L στα αθλητικά ποτά φαίνεται να είναι επαρκής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....1

- Φυσιολογία της άσκησης (Η σημασία της πρόσληψης υγρών και ηλεκτρολυτών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης και οι ορμόνες που συμμετέχουν).....1
- Υπονατριαιμία που σχετίζεται με την άσκηση (ΕΑΗ).....17
- Ταξινόμηση της σοβαρότητας της ΕΑΗ.....18
- Αιτιολογία και παθοφυσιολογία της ΕΑΗ.....19
- Επιπολασμός της υπονατριαιμίας.....24
- Παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση της ΕΑΗ.....26
- Πληθυσμός υψηλού κινδύνου.....41
- Τρόποι για να προληφθεί η ΕΑΗ.....43
- Διαιτητικές συστάσεις.....45

Σκοπός.....46

Μεθοδολογία.....46

Αποτελέσματα.....53

Συζήτηση.....69

Βιβλιογραφία.....75

Παραρτήματα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Φυσιολογία της άσκησης

Η σημασία της πρόσληψης υγρών και ηλεκτρολυτών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης και οι ορμόνες που συμμετέχουν

Η πρόσληψη υγρών και η επαρκής υδάτωση κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι σημαντική και ιδιαιτέρως κρίσιμη κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης ή αθλητικών διαγωνισμών. Η πρόσληψη υγρών βοηθά στη διατήρηση της υδάτωσης, στην ομαλή ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος (θερμορύθμιση), στην αποφυγή της αφυδάτωσης και στη συντήρηση του όγκου του πλάσματος. Για αθλητικές δραστηριότητες διάρκειας μεγαλύτερης της 1 ώρας, οι αθλητές πρέπει να καταναλώνουν υγρά που περιέχουν υδατάνθρακες (CHO) και ηλεκτρολύτες αντί για σκέτο νερό. Η μείωση του νερού στο σώμα, η διαθεσιμότητα CHO και η ανεπαρκής ισορροπία ηλεκτρολυτών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης πιθανόν να μειώσουν την απόδοση και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρά προβλήματα, όπως θερμική εξάντληση ή θερμοπληξία. Μείωση του βάρους του σώματος κατά 1% εξαιτίας της απώλειας νερού μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητη επιβάρυνση στο καρδιαγγειακό σύστημα, που συνοδεύεται από αύξηση του καρδιακού ρυθμού, ανεπαρκή μεταφορά θερμότητας στο δέρμα και στο περιβάλλον, αύξηση στην ωσμωτικότητα του πλάσματος, μείωση του όγκου πλάσματος και πιθανόν να επηρεάσει την ηλεκτρολυτική ισορροπία τόσο ενδοκυττάρια όσο και εξωκυττάρια (ACSM, 1996).

Τα υγρά στο σώμα περιέχονται κυρίως σε δύο περιοχές (διαμερίσματα). Αυτά είναι: το εξωκυττάριο και το ενδοκυττάριο. Το εξωκυττάριο υγρό διακρίνεται περαιτέρω στο διάμεσο υγρό και στο πλάσμα του αίματος. Στον άνθρωπο, το νερό στο σώμα αποτελεί περίπου το 60% του συνολικού σωματικού βάρους με διακυμάνσεις που εξαρτώνται από το φύλο, την ηλικία, τη φυσική κατάσταση, το ποσοστό σωματικού λίπους κλπ. Περίπου το 40% των σωματικών υγρών βρίσκονται στο ενδοκυττάριο διαμέρισμα. Κατά μέσο όρο, ο όγκος του αίματος ενός ενήλικα αντιστοιχεί περίπου στο 7% του βάρους του ή περίπου γύρω στα 5 L. Ο όγκος του αίματος διακρίνεται στον όγκο του πλάσματος (60%) και στα ερυθρά αιμοσφαίρια (40%). Όταν συμβεί κάποια αισθητή διαταραχή, κατά τη διάρκεια μίας προπόνησης ή ενός αθλητικού διαγωνισμού, αυτή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης και ενδεχομένως να προκαλέσει σοβαρούς τραυματισμούς ή ακόμα και τον θάνατο του αθλούμενου. Η ακολουθία των φυσιολογικών γεγονότων που επηρεάζουν τις απώλειες νερού είναι μέσω της αναπνοής, του ιδρώτα, των κοπράνων και των ούρων. Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, το περισσότερο νερό χάνεται μέσω του ιδρώτα ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια υψηλής περιβαλλοντικής θερμοκρασίας. Περίπου 580 kcal χάνονται για κάθε λίτρο ιδρώτα που εξατμίζεται (Naghii MR. 2000). Η απώλεια σωματικών υγρών μπορεί να προσδιοριστεί από αλλαγές στο σωματικό βάρος που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της άσκησης. Μείωση του σωματικού βάρους κατά 1 kg αντιστοιχεί περίπου σε απώλεια υγρών ίση με 1 L. Η δημιουργία κατάλληλων αθλητικών ποτών που να περιέχουν επαρκείς ποσότητες ηλεκτρολυτών και υδατανθράκων, συμβάλλει στη διατήρηση της ομοιόστασης, προλαμβάνει τραυματισμούς και συντηρεί τη βέλτιστη απόδοση του αθλητή (Powers et al., 1990). Η ισορροπία των υγρών στο σώμα ρυθμίζεται με διάφορους τρόπους. Αλλαγή

της ωσμωτικότητας του αίματος της κυκλοφορίας διεγείρει τους ωσμωϋποδοχείς στον υποθάλαμο, ενώ μείωση του όγκου του αίματος διεγείρει τους τασεοϋποδοχείς στην καρδιά και στα αγγεία. Επίσης η ισορροπία των υγρών στο σώμα ρυθμίζεται και από ορισμένες ορμόνες. Το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης ρυθμίζει την κατακράτηση νατρίου, και η αγγειοπιεσίνη (αντιδιουρητική ορμόνη) ρυθμίζει την κατακράτηση νερού από τα νεφρά. Η αγγειοπιεσίνη συμμετέχει επίσης στη θερμορύθμιση αφυδατωμένων ατόμων. Επίσης, τα κολπικά νατριουρητικά πεπτίδια που εκκρίνονται από τα κύτταρα των καρδιακών κόλπων, συμμετέχουν στη ρύθμιση της ισορροπίας των υγρών στο σώμα. Το κολπικά νατριουρητικά πεπτίδια δεν συμμετέχουν ή συμμετέχουν ελάχιστα στην ισορροπία των υγρών του σώματος σε χαμηλές θερμοκρασίες μεταξύ 10°C και 12°C. Ωστόσο, η έκθεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με -20 ^{o}C, ενώ το άτομο φορά ζεστά ρούχα έχει ως αποτέλεσμα τον διπλασιασμό των νατριουρητικών πεπτιδίων. Η ενεργοποίηση των κολπικών νατριουρητικών πεπτιδίων από το κρύο έχει βρεθεί να αναστέλλεται από αφυδάτωση της τάξης του 3% (Rintamäki et al. 1995).

Για την υποστήριξη των συσπάσεων των σκελετικών μυών κατά τη διάρκεια φυσικής δραστηριότητας το σώμα συνήθως αυξάνει τον μεταβολισμό του κατά 5-15 φορές πάνω από τα επίπεδα ηρεμίας. Περίπου το 70-90% της ενέργειας αυτής απελευθερώνεται ως θερμότητα, η οποία πρέπει να αποβληθεί ώστε να επιτευχθεί θερμική ισορροπία στο σώμα. Η σχετική συνεισφορά της ανταλλαγής θερμότητας είτε μέσω εξάτμισης είτε μέσω ακτινοβολίας και αγωγής, έως την συνολική απώλεια θερμότητας ποικίλουν ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες (Sawka et al. 1996). Στα ζεστά κλίματα, μία σημαντική ποσότητα νερού χάνεται μέσω του ιδρώτα ώστε να

διευκολυνθεί η πτώση της θερμοκρασίας του σώματος μέσω της εξάτμισης (Sawka et al. 1990).

Εκτός από τις κλιματικές συνθήκες, ο ρουχισμός και η ένταση της άσκησης επηρεάζουν τον ρυθμό εφίδρωσης (Sawka et al. 1996, Shapiro et al. 1982). Κάτοικοι περιοχών με υψηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες συχνά εμφανίζουν ρυθμούς εφίδρωσης ίσους με 0.3-1.2 L/h κατά τη διάρκεια των καθημερινών τους δραστηριοτήτων (Adolph et al. 1947). Ο ρουχισμός παίζει πολύ σημαντικό ρόλο επίσης. Άτομα που φοράνε προστατευτικά ρούχα συχνά έχουν ρυθμούς εφίδρωσης ίσους με 1-2 L/h κατά την πραγματοποίηση όχι ιδιαίτερα κοπιαστικών δραστηριοτήτων (Levine et al. 1990). Σε αθλητές που πραγματοποιούν ασκήσεις υψηλής έντασης σε θερμό περιβάλλον ρυθμοί εφίδρωσης ίσοι με 1-2,5 L/h είναι συνηθισμένοι (Sawka et al. 1990).

Το χλωριούχο νάτριο αποτελεί τον πρωταρχικό ηλεκτρολύτη στον ιδρώτα, με το κάλιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο να είναι παρόντα σε μικρότερες ποσότητες. Η συγκέντρωση του νατρίου στον ιδρώτα είναι περίπου 35 mmol/L (κυμαίνεται από 10-70 mmol/L) και ποικίλει ανάλογα με τη δίαιτα, το ρυθμό εφίδρωσης, την κατάσταση υδάτωσης και το βαθμό θερμικού εγκλιματισμού (Brouns et al. 1991, Allan et al. 1971). Οι ιδρωτοποιοί αδένες επαναρροφούν το νάτριο με ενεργητική μεταφορά, όμως η δυνατότητα επαναρρόφησης νατρίου από τον ιδρώτα δεν αυξάνει ανάλογα με τον βαθμό εφίδρωσης˙ συνεπώς σε υψηλά επίπεδα εφίδρωσης η συγκέντρωση του νατρίου στον ιδρώτα αυξάνεται (Sawka et al. 1996). Επειδή ο θερμικός εγκλιματισμός βελτιώνει τη δυνατότητα επαναρρόφησης του νατρίου, τα άτομα που έχουν εγκλιματιστεί έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση νατρίου στον ιδρώτα τους (>50% μείωση) για οποιονδήποτε ρυθμό εφίδρωσης (Allan et al. 1971). Η συγκέντρωση του καλίου στον ιδρώτα είναι ίση

περίπου με 5 mmol/L (κυμαίνεται από: 3-15 mmol/L), του ασβεστίου είναι περίπου ίση με 0,5 mmol/L (κυμαίνεται από: 0,15-1 mmol/L) και αυτή του μαγνησίου ίση περίπου με 0,4 mmol/L (κυμαίνεται από: 0,1-0,75 mmol/L) (Brouns et al. 1991). Ούτε το φύλο ούτε η ηλικία δεν φαίνεται να επηρεάζουν ιδιαίτερα τη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα (Meyer et al. 1992, Morimoto et al. 1967). Εκτός από τις πρώτες μέρες έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες, η κατανάλωση συμπληρωμάτων ηλεκτρολυτών δεν είναι απαραίτητη διότι το νάτριο που προσλαμβάνεται από τη δίαιτα επαρκεί για να καλύψει τις απώλειες μέσω του ιδρώτα (Marriott et al. 1994, Convertino et al. 1996). Επίσης, αν και ο ιδρώτας περιέχει και βιταμίνες, οι συγκεντρώσεις τους είναι χαμηλές και επομένως δεν υπάρχει ανάγκη πρόσληψης βιταμινούχων συμπληρωμάτων (Clarkson et al. 1993).

Κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον, η αφυδάτωση πρέπει να αποφεύγεται. Οι απώλειες που συμβαίνουν μέσω του ιδρώτα πρέπει να εξισορροπούνται με την πρόσληψη υγρών. Αυτό είναι δύσκολο διότι η δίψα δεν αποτελεί επαρκή δείκτη των απαιτήσεων του σώματος σε υγρά (Adolph et al. 1947, Hubbard et al. 1984, Engell et al. 1987). Γενικά, η δίψα δεν εμφανίζεται πριν ένα άτομο να έχει υποστεί αφυδάτωση της τάξης περίπου του 2% μείωσης του σωματικού του βάρους (Adolph et al. 1947, Hubbard et al. 1984, Armstrong et al. 1985). Συνεπώς, η πρόσληψη νερού κατά βούληση κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα την ανεπαρκή αναπλήρωση των σωματικών υγρών. Ως αποτέλεσμα, εκτός και αν η ενυδάτωση υπερβεί την επιθυμία κατανάλωσης υγρών, το πιο πιθανό είναι να μη γίνει επαρκής αναπλήρωση των σωματικών υγρών. Ο άνθρωπος συνήθως επανυδατώνεται πλήρως κατά τη διάρκεια των γευμάτων, όταν η πρόσληψη φαγητού δίνει ένα επιπλέον ερέθισμα για κατανάλωση υγρών (Marriott et al. 1993, Adolph et al. 1947). Επομένως, τα άτομα που είναι φυσικά

δραστήρια πρέπει να προσπαθούν να καταναλώνουν παραπάνω νερό κατά τη διάρκεια των γευμάτων τους ώστε να μην παρατείνεται η κατάσταση αφυδάτωσης.

Η αφυδάτωση μειώνει τον ρυθμό γαστρικής κένωσης των προσλαμβανόμενων υγρών κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον (Neufer et al. 1989, Owen et al. 1986). Οι Neufer et al. (1989) για παράδειγμα, βρήκαν μια μείωση ίση περίπου με 20-25% του ρυθμού της γαστρικής κένωσης όταν προκάλεσαν αφυδάτωση στα άτομα της μελέτης τους (κατά 5% του σωματικού τους βάρους), η οποία είχε άμεση σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος. Επομένως, η έναρξη πρόσληψης υγρών από τα πρώτα στάδια της άσκησης είναι σημαντική όχι μόνο για να ελαχιστοποιήσει την αφυδάτωση αλλά και για να μεγιστοποιήσει τη βιοδιαθεσιμότητα των προσλαμβανόμενων υγρών.

Πολυάριθμοι ερευνητές έχουν αναφέρει αλλαγές στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών του πλάσματος, στον όγκο του πλάσματος, στα υγρά του σώματος, στην καθυστέρηση της κόπωσης, στη θερμορύθμιση, στις αποκρίσεις των ορμονών και των κατεχολαμινών κατά τη διάρκεια ασκήσεων διαφορετικής έντασης και διάρκειας. Η παρατεταμένη άσκηση μπορεί να προκαλέσει απώλειες νατρίου και καλίου και έκκριση νερού χωρίς ηλεκτρολύτες σε άτομα που κατά τα άλλα έχουν φυσιολογική ισορροπία υγρών στο σώμα τους (Mallié et al., 2002). Οι Sanders et al. (2001) μελέτησαν την επίδραση της σχεδόν πλήρους αναπλήρωσης των υγρών και του νατρίου που χάνονται μέσω του ιδρώτα στις αλλαγές των υγρών διαμερισμάτων του σώματος κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης. Έξι ποδηλάτες πραγματοποίησα τρεις 4ωρες ποδηλασίες στο 55% της μέγιστής τους πρόσληψης οξυγόνου σε περιβάλλον 20°C ενώ κατανάλωσαν 3.85 L υδατανθρακούχων διαλυμάτων συγκέντρωσης 8% που περιείχαν 5, 50 ή 100

mmol/L νατρίου. Αυξήσεις στην πρόσληψη νατρίου μείωσαν τη νεφρική απομάκρυνση νερού και οδήγησαν σε μείωση του όγκου των ούρων από 1 L περίπου σε 0.5 L ($p < 0.05$). Αντίθετα, οι απώλειες υγρών (3.5-3.9 L) και νατρίου στον ιδρώτα ήταν παρόμοιες σε κάθε δοκιμασία. Επίσης, η συγκέντρωση του καλίου (80 mmol/L K^+) στον ιδρώτα και στα ούρα και η ωσμωτικότητα του πλάσματος (282-288 mosmol/kg) ήταν περίπου ίσες μεταξύ των διαφόρων δοκιμασιών. Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας χαμηλού νατρίου, η ωσμωτικότητα του πλάσματος διατηρήθηκε από μία μείωση του εξωκυττάριου υγρού περίπου κατά 1,3 L με μία απώλεια νατρίου ίση περίπου με 200 mmol. Ωστόσο, στις άλλες δοκιμές, περίπου 1,3 L υγρών χάθηκαν από το εσωκυττάριο υγρό. Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας μετρίου νατρίου, μία απώλεια ίση περίπου με 40 mmol νατρίου συντήρησε τον εξωκυττάριο όγκο υγρού και κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας υψηλού νατρίου ένα κέρδος νατρίου ίσο με 160 mmol είχε ως αποτέλεσμα τη διόγκωση του εξωκυττάριου υγρού περίπου κατά 0.8 L. Παρόλα αυτά, η αλλαγή του όγκου πλάσματος από –0.20 σε 0.15 L δεν είχε καμία επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα ή στη θερμορύθμιση. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν πως κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, μέτριας έντασης, κάτω από ήπιες περιβαλλοντικές συνθήκες, όταν ο ρυθμός εφίδρωσης είναι περίπου ίσος με 0.9 L/h, η πλήρης αναπλήρωση του νατρίου συντηρεί τον όγκο πλάσματος και μειώνει την αφυδάτωση, όμως όταν η πρόσληψη υγρών ακολουθεί τους ρυθμούς εφίδρωσης τότε η αναπλήρωση αυτή έχει μικρή επίδραση στην ωσμωτικότητα του πλάσματος.

Οι Malhortra et al. (1981) εξέτασαν τον περιορισμό της πρόσληψης καλίου και τη φυσιολογική απάντηση του οργανισμού κατά τη διάρκεια έκθεσης σε υψηλή θερμοκρασία. Βρήκαν ότι σε θερμό περιβάλλον η κύρια απώλεια καλίου ήταν μέσω του

ιδρώτα. Έως και 7-8 L ιδρώτα μπορούν να χαθούν μέσα σε μία ζεστή καλοκαιρινή μέρα στα τροπικά κλίματα. Οι ερευνητές αυτοί επίσης επισήμαναν ότι κατά τη διάρκεια αυτών των καλοκαιρινών ημερών η έκκριση ούρων είναι πολύ μικρή και η μείωση των ιόντων καλίου δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά στην απώλεια που συμβαίνει μέσω των ούρων. Υποστήριξαν ότι η πρόσληψη καλίου πρέπει να είναι επαρκής ώστε να εξισορροπεί την απώλεια που συμβαίνει μέσω των ούρων και του ιδρώτα, διότι δεν υπάρχει μηχανισμός που να ελέγχει την υπερβολική απώλεια ιόντων καλίου όπως συμβαίνει με το νάτριο.

Οι Sawka et al. (1983) μελέτησαν τη σημαντική αύξηση του όγκου του πλάσματος ως απάντηση στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά τη διάρκεια άσκησης. Υποστήριξαν ότι η αύξηση του όγκου πλάσματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας, που έχει άμεση σχέση με τη μείωση της καρδιακής συχνότητας που παρατηρήθηκε στη μελέτη τους έπειτα από 4 ημέρες θερμικού εγκλιματισμού. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε καμία μείωση στη θερμοκρασία του κορμού ή βελτίωση της απόδοσης στη δοκιμασία που έγινε έγχυση αλβουμίνης.

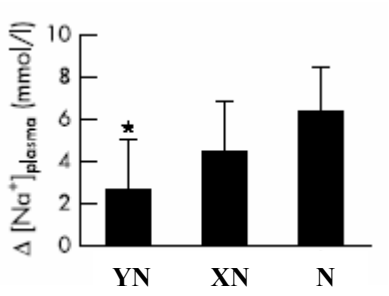
Η απώλεια υγρών κατά τη διάρκεια άθλησης, με παράλληλο έλεγχο του σωματικού βάρους μελετήθηκαν και από τον Naghii MR. (2000). Αυτός βρήκε πως κατά τη διάρκεια θερμικής εξάντλησης δουλεύουν οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί, ωστόσο τα άτομα δεν μπορούν να αποβάλλουν επαρκώς θερμότητα εξαιτίας της μειωμένης ροής του αίματος στο δέρμα. Όταν συμβαίνει αυτό, η θερμοκρασία του κορμού του σώματος αυξάνεται και είναι πιθανόν να παρατηρηθούν αδυναμία, κόπωση, πονοκέφαλος, έμετος, διάρροια και μυϊκές κράμπες. Δεν είναι ασυνήθιστο σε αθλητές υψηλής κλάσης να χάνουν ακόμα και 1,5 L/h ιδρώτα κατά τη διάρκεια προπόνησης ή ενός αθλητικού

διαγωνισμού, τη στιγμή που ο ρυθμός γαστρικής κένωσης είναι ίσος περίπου με μόνο 1 L/h. Συνεπώς, οι αθλητές αντοχής θα πρέπει να παροτρύνονται να καταναλώνουν υγρά πριν, κατά τη διάρκεια, και μετά την προπόνηση ή τον διαγωνισμό.

Όμως, η πρόσληψη μόνο νερού ίσως να μην είναι η καλύτερη τακτική για δραστηριότητες που διαρκούν πολλές ώρες όπου παράγονται μεγάλες ποσότητες ιδρώτα. Οι Twerenbold et al. (2003) μελέτησαν το αποτέλεσμα της πρόσληψης υγρών διαφορετικής ποσότητας σε νάτριο κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης σε γυναίκες. Στην έρευνα συμμετείχαν 13 αθλήτριες αντοχής, οι οποίες πραγματοποίησαν τρεις 4ωρες δοκιμασίες τρεξίματος σε στίβο 400m. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες διέφεραν μεταξύ των διαφορετικών δοκιμασιών: 5.3^{o}C με χιόνι (1^{η} δοκιμασία), 19.0^{o}C και ηλιοφάνεια (2^{η} δοκιμασία), και βροχή (3^{η} δοκιμασία). Κατανάλωσαν 1 L/h υγρών κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών, ενώ τα ποτά που καταναλώθηκαν δόθηκαν με τυχαία σειρά: μία δοκιμασία με υψηλή συγκέντρωση νατρίου (YN, 680 mg/L), μία δοκιμασία με χαμηλή συγκέντρωση νατρίου (XN, 410 mg/L) και μία δοκιμασία με σκέτο νερό (N). Πριν και μετά τις δοκιμασίες οι αθλήτριες ζυγίστηκαν και δείγματα αίματος ελήφθησαν για ανάλυση της συγκέντρωσης νατρίου πλάσματος και τις αλλαγές του όγκου πλάσματος καθώς και των διαφόρων υγρών διαμερισμάτων του σώματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μείωση στη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών ήταν σημαντικά ($p < 0.001$) μικρότερη στη δοκιμασία YN (2.5 ± 2.5 mmol/L) σε σχέση με τη δοκιμασία N (6.2 ± 2.1 mmol/L). Ήπια υπονατριαιμία ($[Na^{+}]_{plasma}$ = 130– 35 mmol/L) παρατηρήθηκε σε 6 μόνο γυναίκες (46%) στη δοκιμασία YN σε σχέση με 9 γυναίκες (69%) στη δοκιμασία XN και 12 γυναίκες (92%) στη δοκιμασία N. Δύο άτομα (17%) στη δοκιμασία N εμφάνισαν σοβαρή υπονατριαιμία

($[Na^+]_{plasma}$ < 130 mmol/L). Όσον αφορά την απόδοση και διάφορες αιματολογικές παραμέτρους, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δοκιμασιών. Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης νατρίου πλάσματος μετά των αγώνα και την απόδοση. Ωστόσο, υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των αλλαγών στις συγκεντρώσεις νατρίου πλάσματος και στις αλλαγές στο σωματικό βάρος. Επομένως, η υπονατριαιμία που σχετίζεται με την άσκηση είναι πιθανό να εμφανιστεί σε γυναίκες που πραγματοποιούν παρατεταμένη φυσική δραστηριότητα μετά την υπερφόρτωσή τους σε υγρά. Η κατάσταση αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση ποτών υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο. Οι ερευνητές συνέστησαν πρόσληψη νατρίου τουλάχιστον 680 mg/h για γυναίκες κατά τη διάρκεια άσκησης αντοχής 4 ωρών και σε κατάσταση υπερφόρτωσης σε υγρά. Ωστόσο, υψηλότερη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος μετά το τρέξιμο και μικρότερες μειώσεις του νατρίου πλάσματος κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών δεν αποτέλεσαν ενδείξεις καλύτερης αθλητικής απόδοσης κατά τη διάρκεια των 4 ωρών.

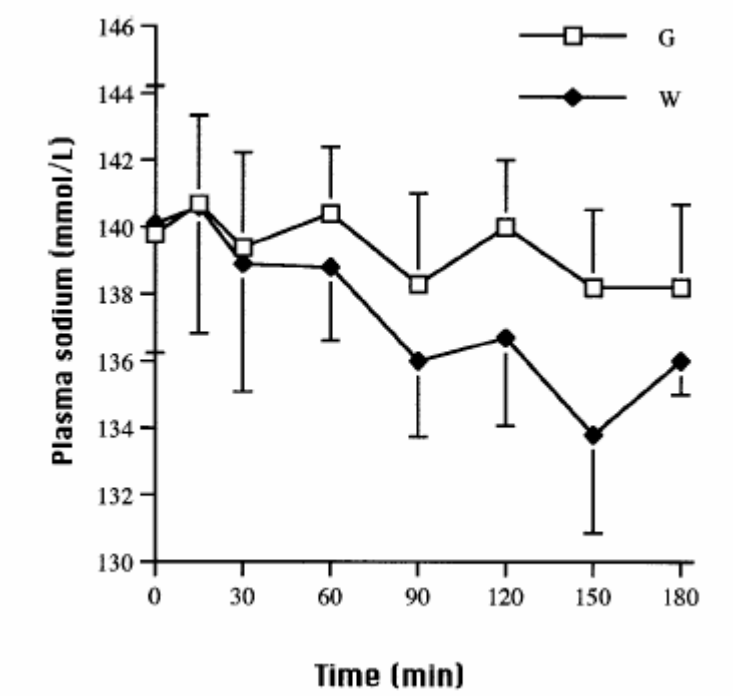
Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, όσον αφορά τα επίπεδα νατρίου πλάσματος φαίνονται σχηματικά παρακάτω:



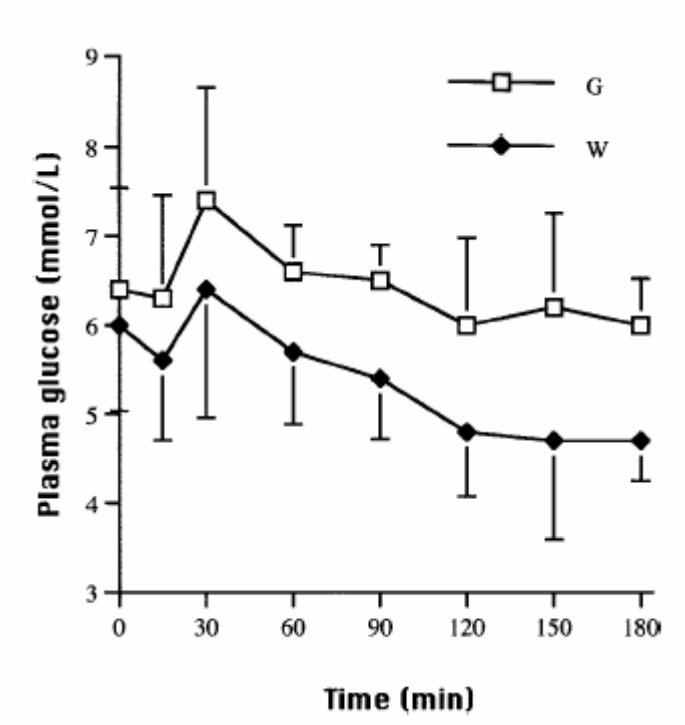
Γράφημα 1. Αλλαγές στη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος κατά τη διάρκεια των 4 ωρών τρεξίματος με κατανάλωση ποτών υψηλής (YN) ή χαμηλής (XN) συγκέντρωσης νατρίου ή κατανάλωση νερού (N). *Στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το νερό.

Οι Vrijens και Rehrer (1999) μελέτησαν την πρόσληψη υγρών ελεύθερων νατρίου και την επίπτωση που μπορεί να έχει η πρακτική αυτή στο νάτριο του πλάσματος κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον σε 10 άνδρες εθελοντές κατά τη διάρκεια δύο 3ωρων δοκιμασιών. Οι ερευνητές έδειξαν ότι ακόμα και απουσία υπερυδάτωσης, εμφανίζεται μείωση του νατρίου στο πλάσμα και συνεπώς αύξηση του κινδύνου εμφάνισης υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας στη ζέστη (34°C), όταν καταναλώνονται μόνο ελεύθερα νατρίου υγρά για να αντισταθμίσουν τις απώλειες μέσω του ιδρώτα. Όταν, κάτω από αυτές τις συνθήκες, καταναλώνονται υγρά που περιέχουν μικρή ποσότητα νατρίου (18 mmol/L) τότε η σχετική έλλειψη αυτού μπορεί να ελαχιστοποιηθεί.

Οι συγκεντρώσεις του νατρίου πλάσματος και της γλυκόζης κατά τη διάρκεια της έρευνας αυτής, φαίνονται στα γραφήματα που ακολουθούν:



Γράφημα 2. Συγκέντρωση νατρίου πλάσματος κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον με αναπλήρωση υγρών, που ήταν είτε νερό (W) είτε αθλητικό ποτό που περιείχε νάτριο (Gatorade, G). Η ANOVA δείχνει μία στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη μείωση με το W ($p = 0.0007$).



Γράφημα 3. Συγκέντρωση γλυκόζης πλάσματος κατά τη διάρκεια άσκησης σε ζεστό περιβάλλον με αναπλήρωση υγρών, που ήταν είτε νερό (W) είτε αθλητικό ποτό που περιείχε νάτριο (Gatorade, G). Η ANOVA δείχνει μία στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη μείωση με το W ($p = 0.00446$).

Η επίδραση της κατάστασης υδάτωσης στην ισορροπία των υγρών του σώματος κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον εξετάστηκε από τους Sawka et al. (1984). Οι ερευνητές εξέτασαν την κατάσταση της υπό- και υπέρ- υδάτωσης και το αντίκτυπο που μπορούν να έχουν στην αθλητική απόδοση. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ένα πιθανό πλεονέκτημα στην απόδοση στη κατάσταση υπερυδάτωσης, που μπορεί να σχετίζεται με την προκληθείσα από τους ερευνητές ελαφρά υπερογκαιμία.

Οι Shirreffs και Maughan (1998) εξέτασαν σε 6 άτομα (4 άνδρες & 2 γυναίκες) την αναπλήρωση νερού και νατρίου κατά τη διάρκεια άσκησης. Οι ερευνητές αυτοί βρήκαν ότι η απώλεια καλίου μέσω του ιδρώτα είναι μικρή σε σχέση με εκείνη του νατρίου. Τα άτομα στη μελέτη αυτή αφυδατώθηκαν πριν από την έναρξη της άσκησης ώστε το σωματικό τους βάρος να μειωθεί κατά 1.89±0.17%. Σαράντα λεπτά μετά την

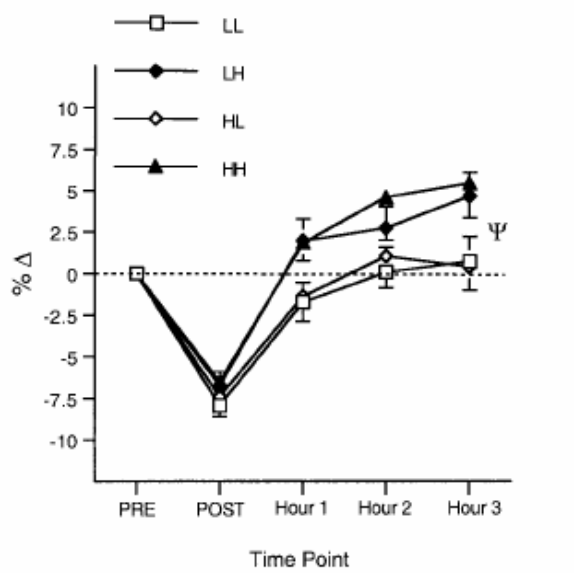
έναρξη της άσκησης τα άτομα της μελέτης άρχισαν να καταναλώνουν ποτά που περιείχαν 0, 25, 50 και 100 mM/L νατρίου. Κάλιο δεν περιέχονταν σε κανένα από τα ποτά που χρησιμοποιήθηκαν. Ωστόσο, στις δοκιμές όπου περιέχονταν 100 mM/L νάτριο είχαν ως αποτέλεσμα να προκληθεί μεγάλη έκκριση καλίου κατά τη διάρκεια των 6 ωρών της αποκατάστασης σε σχέση με τις άλλες δοκιμές. Η έκκριση αυτή ηλεκτρολυτών (υψηλά K^+ και χαμηλά Cl^+) αποδόθηκε στην μεταβολική αλκάλωση που ήταν αποτέλεσμα του μεταβολισμού του οξικού οξέος. Τα άτομα παρουσίασαν έλλειψη καλίου κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης όχι εξαιτίας της απώλειας καλίου μέσω του ιδρώτα κατά τη διάρκεια της άσκησης αλλά εξαιτίας της απώλειας καλίου μέσω των ούρων κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι 102 mM/L νατρίου στα ποτά αναπλήρωσης των σωματικών υγρών φαίνεται να μεγιστοποιούν την γρήγορη αποκατάσταση της ισορροπίας των υγρών, όμως οι συνέπειες της πρακτικής αυτής μπορεί να μην είναι οι καλύτερες όσον αφορά την συνολική ισορροπία των ηλεκτρολυτών στο σώμα.

Οι Sanders et al. (1999) εξέτασαν τη μεταβολή του νερού και των ηλεκτρολυτών με μερική αναπλήρωση υγρών και ηλεκτρολυτών κατά τη διάρκεια άσκησης. Παρατήρησαν ότι οι αθλητές αντοχής σπανίως έπιναν περισσότερα υγρά από 0.5 L/h με αποτέλεσμα η επακόλουθη αφυδάτωση να οδηγεί σε αύξηση του νατρίου στο πλάσμα και σε μείωση του όγκου του πλάσματος. Επεσήμαναν επίσης πως όταν οι αθλητές αναπληρώνουν περίπου το μισό της απώλειας των υγρών τους κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης αντοχής, θα ήταν καλύτερο να πίνουν σκέτο νερό για να διατηρήσουν την ωσμωτικότητα του πλάσματος και να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία του σώματος, αντί να επιχειρούν να αναπληρώσουν τις απώλειες νατρίου. Τα αποτελέσματά

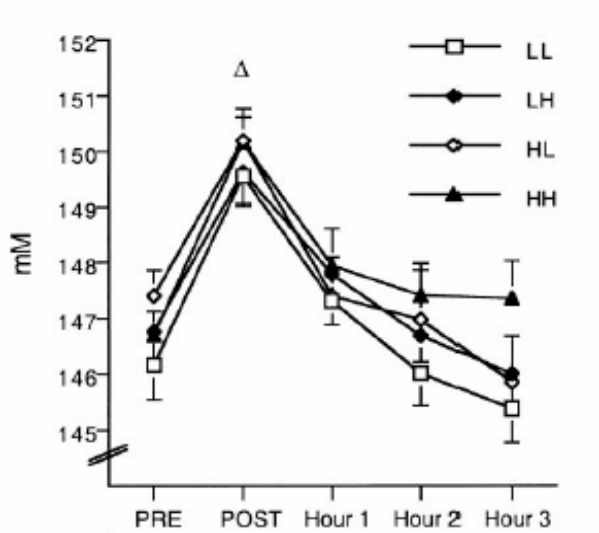
τους έδειξαν ότι η πρόσληψη νερού συντηρεί τα επίπεδα του νατρίου στο πλάσμα, ενώ αλατούχα διαλύματα αυξάνουν τα επίπεδα νατρίου στο πλάσμα σε επίπεδα παρόμοια με αυτά που παρατηρούνται σε αθλητές που έκαναν τη δοκιμασία χωρίς να προσλάβουν υγρά.

Οι Mitchell et al. (2000) μελέτησαν την αλληλεπίδραση μεταξύ του περιεχόμενου νατρίου και του όγκου των υγρών στην επίδραση που έχουν στην επανυδάτωση, στην αναπλήρωση των υγρών διαμερισμάτων του σώματος και στην καρδιαγγειακή λειτουργία. Τα άτομα (10 άνδρες) στη μελέτη αυτή συμπλήρωσαν τέσσερις δοκιμασίες σε θερμό περιβάλλον (35°C) έως ότου αφυδατώθηκαν κατά 2.9% περίπου του συνολικού σωματικού τους βάρους. Σε κάθε δοκιμασία χορηγήθηκε ένα από τα εξής τέσσερα ποτά επανυδάτωσης: ένας χαμηλός (100% αναπλήρωση υγρών) ή υψηλός (150% αναπλήρωση υγρών) όγκος υγρών με χαμηλή (25 mM) ή υψηλή (50 mM) περιεκτικότητα σε νάτριο. Για την επανυδάτωση ολόκληρου του σώματος βρήκαν, πως δεν υπήρχε κανένα επιπλέον όφελος από την προσθήκη νατρίου συγκέντρωσης μεγαλύτερης των 25 mM/L. Όσον αφορά την αναπλήρωση υγρών στα διάφορα διαμερίσματα του σώματος, αλλαγές στην περιεκτικότητα των υγρών σε νάτριο ή/και αλλαγές στον όγκο τους δεν φάνηκε να έχουν κάποια επίδραση στον ενδοκυττάριο χώρο. Η καρδιαγγειακή απόκριση αποκαταστάθηκε μετά από 3 ώρες επανυδάτωσης ανεξαρτήτως του περιεχομένου των ποτών. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι απαιτείται ένα ελάχιστο επίπεδο υγρών για την αποκατάσταση της καρδιαγγειακής λειτουργίας, ιδιαίτερα όταν συνοδεύεται από μια πλήρη αποκατάσταση του όγκου του πλάσματος. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, όσον αφορά τις διαφορές που παρατηρήθηκαν στον όγκο πλάσματος και στις συγκεντρώσεις νατρίου φαίνονται στα παρακάτω γραφήματα (όπου LL χαμηλός όγκος-χαμηλό

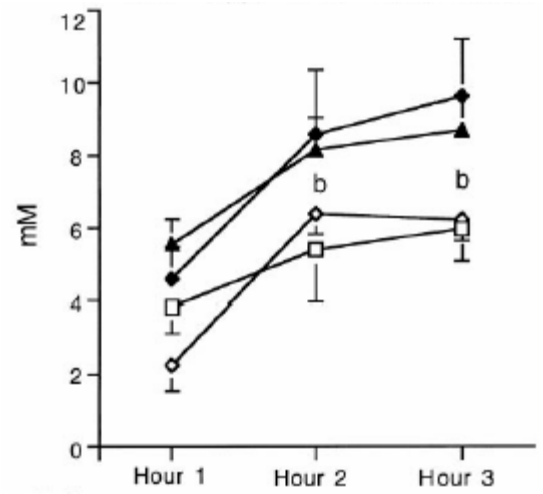
νάτριο, LH χαμηλός όγκος-υψηλό νάτριο, HL υψηλός όγκος-χαμηλό νάτριο και HH υψηλός όγκος-υψηλό νάτριο):



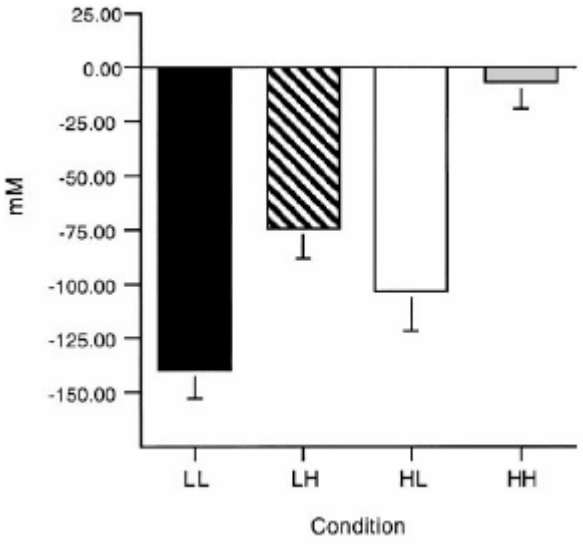
Γράφημα 4. Επί τοις εκατό αλλαγή στον όγκο πλάσματος (%Δ) πριν (pre) και μετά (post) την άσκηση. Ψ Na^+ κύρια επίδραση. Τα LH και τα HH είναι διαφορετικά από τα LL και HL ($p < 0.05$).



Γράφημα 5. Νάτριο πλάσματος.
Δ Στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου. Οι τιμές μετά την άσκηση (post) είναι διαφορετικές από όλες τις άλλες τιμές. Τα LH και τα HH είναι διαφορετικά από τα LL και HL στις ώρες 2 και 3 ($p < 0.05$).



Γράφημα 6. Απόλυτη απώλεια ιόντων νατρίου μέσω των ούρων. Το b δείχνει αλληλεπίδραση μεταξύ των ιόντων νατρίου και του χρόνου. Τα LH και τα HH είναι διαφορετικά από τα LL και HL στις ώρες 2 και 3 ($p < 0.05$).



Γράφημα 7. Ισοζύγιο νατρίου. Το έλλειμμα στις δοκιμασίες HH και LH είναι σημαντικά μικρότερο σε σχέση με τις δοκιμασίες LL και HL.

ΥΠΟΝΑΤΡΙΑΙΜΙΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

(Exercise-Associated Hyponatremia, EAH)

Ορισμός

Η EAH είναι η εμφάνιση υπονατριαιμίας σε άτομα έπειτα από παρατεταμένη φυσική δραστηριότητα (Almond et al. 2005, O'Toole et al. 1995, Noakes et al. 1985, Speedy et al. 1997, Stuempfle et al. 2002, Davis et al. 2001, Armstrong et al. 1993, Backer et al. 1999, Dugas et al. 2005, Flinn et al. 2002, Frizzell et al. 1986, Gardner et al. 2002, Garigan et al. 1999, Galun et al. 1991, Hew et al. 2003, Hiller et al. 1987, Hsieh et al. 2002, Irving et al. 1991, Nelson et al. 1988, Noakes et al. 2004, O'Brien et al. 2001, Reynolds et al. 1998, Speedy et al. 1997, Speedy et al. 1999, Speedy et al. 2000, Surgenor et al. 1994, Tewrenbold et al. 2003, Young et al. 1987, Zelinger et al. 1996) και προσδιορίζεται από συγκεντρώσεις νατρίου στο πλάσμα (Na^+) μικρότερες του φυσιολογικού εύρους τιμών του εργαστηρίου που πραγματοποιεί τις μετρήσεις. Για τα περισσότερα εργαστήρια, οι τιμές των συγκεντρώσεων αυτών είναι μικρότερες από 135 mmol/L (Kratz et al. 2002). Η υπονατριαιμία μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια ή μετά από μία φυσική δραστηριότητα και συχνότερα παρουσιάζεται σε δραστηριότητες που έχουν διάρκεια μεγαλύτερη των τεσσάρων ωρών (Almond et al. 2005, Hiller et al. 1989, O'Toole et al. 1995, Noakes et al. 1985, Speedy et al. 1997, Stuempfle et al. 2002, Armstrong et al. 1993, Clark et al. 1993, Dugas et al. 2005, Flinn et al. 2000, Frizzell et al. 1986, Galun et al. 1991, Hew et al. 2003, Hiller et al. 1987, Hsieh et al. 2002, Irving et al. 1991, Nelson et al. 1988, Noakes et al. 2004, Speedy et al. 1999, Speedy et al. 2000, Surgenor et al. 1994, Twerenbold et al. 2003, Young et al. 1987), αν και τουλάχιστον σε

δύο περιπτώσεις έχει αναφερθεί υπονατριαιμία σε ασκήσεις που είχαν μικρότερη διάρκεια (Glace BW. 2003, Vrijens et al. 1999).

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΑΗ

Η ΕΑΗ μπορεί να κατηγοριοποιηθεί με τα ίδια κλινικά κριτήρια, όπως οποιαδήποτε άλλη οξεία ή ταχεία εμφάνιση υπονατριαιμίας (Verbalis et al. 2003). Όπως και με οποιαδήποτε οξεία υπονατριαιμία, ο πιο ουσιαστικός διαχωρισμός είναι ο εντοπισμός της παρουσίας ή απουσίας κλινικών καταστάσεων και συμπτωμάτων, ιδιαίτερα των νευρολογικών. Γενικά, όσο χαμηλότερη είναι η συγκέντρωση του νατρίου στο πλάσμα, τόσο σοβαρότερη είναι και η κλινική κατάσταση (Arieff et al. 1976). Ωστόσο, μεταξύ των ατόμων υπάρχουν μεγάλες διαφορές και συνεπώς η αριθμητική εκτίμηση της σοβαρότητας της υπονατριαιμίας συμπεριλαμβανομένης και της ΕΑΗ δεν αποτελεί έναν καλό δείκτη (Verbalis et al. 2003).

Γενικά, οι ηπιότερες μορφές υπονατριαιμίας θεωρούνται ότι βρίσκονται μεταξύ 130-134 mmol/L, που είναι σχετικά ασυμπτωματικές και το πιθανότερο είναι πως ο οργανισμός μπορεί να τις ξεπεράσει από μόνος του χωρίς καμία ιδιαίτερη θεραπεία, αν και εξαιρέσεις έχουν αναφερθεί (Almond et al. 2005, O'Toole et al. 1995, Stuempfle et al. 2002, Hiller et al. 1987, Speedy et al. 1997, Speedy et al. 1999, Speedy et al. 2000, Twerenbold et al. 2003). Ενδείξεις και συμπτώματα ΕΑΗ συνήθως εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση του νατρίου στον ορό του αίματος πέσει κάτω από 130 mmol/L. Πρώιμες ενδείξεις και συμπτώματα περιλαμβάνουν: μετεωρισμό, «φούσκωμα», ναυτία, έμετο και πονοκέφαλο. Εντούτοις, πολλές από αυτές τις ενδείξεις και τα συμπτώματα δεν είναι

συγκεκριμένα και μπορούν να εμφανιστούν έπειτα από παρατεταμένη άσκηση χωρίς την παρουσία ΕΑΗ (O'Toole et al. 1995, Stuempfle et al. 2002, Hew et al. 2003, Hiller et al. 1987, Speedy et al. 2000). Όσο η σοβαρότητα της ΕΑΗ αυξάνει, μπορούν να εμφανιστούν πιο σοβαρές ενδείξεις και συμπτώματα ως αποτέλεσμα ενός επιδεινούμενου εγκεφαλικού οιδήματος, με συνακόλουθη διαταραχή στη νοητική λειτουργία (σύγχυση, αποπροσανατολισμός, ευερεθιστότητα) σπασμοί, αναπνευστική δυσχέρεια (πνευμονικό οίδημα), αναισθησία, κώμα ή ακόμα και θάνατος (Davis et al. 2001, Clark et al. 1993, Flinn et al. 2000, Frizzell et al. 1986, Gardner et al. 2002, Irving et al. 1991, Nelson et al. 1988, O'Brien et al. 2001, Surgenor et al. 1994, Zelingher et al. 1996, Speedy et al. 2000, Gardner et al. 2002, Ayus et al. 2000, Herfel et al. 1998, Thompson et al. 2003). Η παρουσία οποιουδήποτε από αυτά τα συμπτώματα είναι ένδειξη κατεπείγουσας ανάγκης να μετρηθούν τα επίπεδα της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου στον ορό ή στο πλάσμα του αίματος.

ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΑΗ

Τα σύγχρονα δεδομένα δείχνουν ότι η ΕΑΗ είναι μία υπονατριαιμία αραίωσης, που προκαλείται από την αύξηση του ολικού νερού στο σώμα σε σχέση με τη συνολική ποσότητα νατρίου (Almond et al. 2005, Noakes et al. 1985, Armstrong et al. 1993, Backer et al. 1999, Clark et al. 1993, Frizzell et al. 1986, Gardner et al. 2002, Garigan et al. 1999, Galun et al. 1991, Hew et al. 2003, Irving et al. 1991, Noakes et al. 2004, O'Brien et al. 2001, Speedy et al. 1999, Zelingher et al. 1996, Speedy et al. 2000, Gardner et al. 2002, Herfel et al. 1998). Αν και αυτή η αύξηση μπορεί να είναι σχετική,

στις περισσότερες περιπτώσεις συμπτωματικής ΕΑΗ, υπάρχει αύξηση του σωματικού βάρους ενδεικτική μίας απόλυτης αύξησης του συνολικού νερού στο σώμα (Almond et al. 2005, Noakes et al. 1985, Speedy et al. 1997, Armstrong et al. 1993, Clark et al. 1993, Galun et al. 1991, Noakes et al. 2004, Speedy et al. 1999, Speedy et al. 2000, Gardner et al. 2002, Noakes et al. 2001). Σε περιστατικά που έχουν μελετηθεί επαρκώς φαίνεται ότι η πρωταρχική αιτία είναι η υπερβολική κατανάλωση υποτονικών ποτών (νερού ή αθλητικών ποτών) με ταυτόχρονη απώλεια νερού από το σώμα μέσω της αναπνοής, της εφίδρωσης και των νεφρών (ούρα) (Almond et al. 2005, Noakes et al. 1985, Speedy et al. 1997, Backer et al. 1999, Clark et al. 1993, Frizzell et al. 1986, Gardner et al. 2002, Garigan et al. 1999, Galun et al. 1991, Hew et al. 2003, Irving et al. 1991, Noakes et al. 2004, O'Brien et al. 2001, Speedy et al. 1999, Zelingher et al. 1996, Speedy et al. 2000, Gardner et al. 2002).

Η υπονατριαιμία που προκαλείται αποκλειστικά από υπερκατανάλωση υγρών έχει μετρηθεί σε αθλητές κατά τη διάρκεια ανάπαυσης με ή χωρίς προηγούμενο ιστορικό ΕΑΗ (Noakes et al. 2001, Speedy et al. 2001). Στους αθλητές αυτούς παρατηρήθηκε αύξηση του σωματικού τους βάρους παρά την αυξημένη έκκριση νερού από το σώμα τους και την μέγιστη καταστολή των επιπέδων αργινίνης-αγγειοπιεσίνης (όπως φάνηκε από τη μέση ωσμωτικότητα των ούρων < 100 mOsm/kg H_2O). Τα ευρήματα αυτά είναι σε συμφωνία με τα τρέχοντα γνωστά μέγιστα επίπεδα έκκρισης ούρων σε υγιείς ενήλικες (800-1000 mL/h) (Knepper et al. 2003).

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια άσκησης τα επίπεδα αργινίνης-αγγειοπιεσίνης μπορεί να μην καταστέλλονται στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Αυτό έχει δειχθεί από 24ωρες μελέτες βάδισης σε ανοιχτό χώρο κατά τη διάρκεια των οποίων οι ωσμωτικότητες των

ούρων δεν έφτασαν τα αναμενόμενα κατώτατα επίπεδα στα άτομα που είχαν καταναλώσει επαρκείς ποσότητες νερού (Galun et al. 1991), καθώς και σε μελέτες ορειβατών στο Grand Canyon που ανέπτυξαν υπονατριαιμία (Backer et al. 1999). Τα επίπεδα αργινίνης-αγγειοπιεσίνης στο πλάσμα μεταξύ των «φυσιολογικών ορίων» ίσως να είναι ακατάλληλα παρουσία υπονατριαιμίας ή/και υποογκαιμίας (Speedy et al. 1999, Speedy et al. 2000). Ακόμα και μικρές αυξήσεις της κυκλοφορούσας αργινίνης-αγγειοπιεσίνης μειώνουν σημαντικά τη μέγιστη εκκριτική ικανότητα των νεφρών (Verbalis et al. 2003), αυξάνοντας έτσι την τάση κατακράτησης υγρών ακόμα και όταν ο ρυθμός κατανάλωσής τους δεν ξεπερνά τα 800-1000 mL/h. Σε αθλητές που έχουν νοσηλευτεί με υπονατριαιμία έχει βρεθεί να έχουν υψηλή ωσμωτικότητα ούρων (Noakes et al. 1985, Backer et al. 1999, Clark et al. 1993, Garigan et al. 1999, Zelingher et al. 1996, Speedy et al. 2000). Κάτι τέτοιο υπογραμμίζει περαιτέρω την ακατάλληλη έκκριση αργινίνης-αγγειοπιεσίνης ως έναν επιβαρυντικό παράγοντα στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας, λόγω αραίωσης, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας.

Επομένως, οι αθλητές με υπονατριαιμία μπορούν να παρουσιάσουν ένα φάσμα συγκέντρωσης ούρων, που να κυμαίνεται από την ικανότητα έκκρισης αραιών ούρων (Almond et al. 2005, Backer et al. 1999) έως και την ανικανότητα έκκρισης ούρων (Garigan et al. 1999, Noakes et al. 2004, Gardner et al. 2002). Συνεπώς, ο κίνδυνος υπερφόρτωσης του οργανισμού σε υγρά, με προηγηθείσα φυσιολογική ή υπερβολική πρόσληψη υγρών, αυξάνεται όταν υπάρχει ακατάλληλη έκκριση αργινίνης-αγγειοπιεσίνης κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, όπως φαίνεται από την αυξημένη ωσμωτικότητα και τον μειωμένο όγκο των ούρων. Σε αθλητές που πίνουν

υπερβολικά υγρά κατά τη διάρκεια άσκησης, υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ ενός μικρότερου ρυθμού παραγωγής ούρων και ενός υψηλότερου ρυθμού μείωσης των συγκεντρώσεων των ιόντων νατρίου στον ορό και στο πλάσμα (Vrijens et al. 1999). Διάφορα πιθανά ερεθίσματα έκκρισης της αργινίνης-αγγειοπιεσίνης μπορούν να επιδεινώσουν την κατακράτηση υγρών οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης (Armstrong et al. 1993, Wade et al. 1984). Ωστόσο, δεδομένης της μικρής διάρκειας ημιζωής της αργινίνης-αγγειοπιεσίνης (6-8 λεπτά) (Wade et al. 1984), η μέτρηση χαμηλών επιπέδων αργινίνης-αγγειοπιεσίνης οποιαδήποτε χρονική στιγμή μετά το τέλος της άσκησης δεν εξαλείφει την πιθανότητα της ακατάλληλης έκκρισής της ως ενός επιπλέον επιβαρυντικού παράγοντα στην εμφάνιση ΕΑΗ.

Η υπερβολική απώλεια νατρίου δεν έχει φανεί να είναι πρωταρχικός παράγοντας στην παθογένεση της ΕΑΗ. Δημοσιευμένα στοιχεία σχετικά με τις απώλειες νατρίου στην ΕΑΗ δείχνουν ότι η απώλεια νατρίου στα άτομα που αναπτύσσουν ΕΑΗ δεν είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα άτομα που δεν εμφάνισαν το πρόβλημα αυτό (Armstrong et al. 1993, Irving et al. 1991, Speedy et al. 2000). Αν και η ΕΑΗ με εμφανή κλινικά συμπτώματα έχει σχετιστεί με αύξηση του σωματικού βάρους, ήπια ή ασυμπτωματική ΕΑΗ (γενικά [Na^+] μεταξύ 130-134 mmol/L) μπορεί να σχετίζεται με διάφορες αλλαγές του σωματικού βάρους, από απώλεια βάρους (-9%) έως και αύξηση του σωματικού βάρους (+2%) (Speedy et al. 1999). Η αιτιολόγηση της ασυμπτωματικής ΕΑΗ που εμφανίζεται ταυτόχρονα με μείωση του σωματικού βάρους δεν έχει αποσαφηνιστεί ακόμα (O'Toole et al. 1995, Hiller et al. 1987, Speedy et al. 1999, Speedy et al. 2001).

Ωστόσο, σε αθλητές με υψηλά επίπεδα νατρίου στον ιδρώτα τους (>100 mmol/L) (Smith et al. 1995) ή υψηλές απώλειες νατρίου μέσω των ούρων, λόγω ακατάλληλης

έκκρισης της αργινίνης-αγγειοπιεσίνης και κατακράτησης υγρών (>400 mOsm/L) (Backer et al. 1999, Clark et al. 1993, Zelingher et al. 1996), οι απώλειες νατρίου ίσως να παίζουν έναν δευτερεύοντα ρόλο στην παθογένεση της ΕΑΗ με οποιονδήποτε από τους δύο παρακάτω πιθανούς μηχανισμούς: 1) η υποογκαιμία που προκύπτει από τις απώλειες νατρίου και νερού μέσω του ιδρώτα μπορεί να δράσει ως ερέθισμα στην έκκριση της αργινίνης-αγγειοπιεσίνης, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο δευτεροπαθή κατακράτηση νερού, όπως έχει παρατηρηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις υπονατριαιμίας η οποία έχει προκληθεί από τη χρήση διουρητικών (Spital et al. 1999), 2) οι απώλειες νατρίου από μόνες τους μπορούν να χειροτερέψουν τον βαθμό της υπονατριαιμίας αν, και στις περισσότερες περιπτώσεις, η επιδείνωση αυτή δεν είναι του ίδιου βαθμού με εκείνη που προκαλείται από την συνολική κατακράτηση νερού (Weschler LB. 2005). Χρειάζονται περαιτέρω έρευνες ώστε να διερευνηθεί πλήρως η επίδραση των απωλειών νατρίου στους αθλητές που παρουσιάζουν ΕΑΗ και ιδιαίτερα σε εκείνους που εμφανίζουν απώλεια βάρους μεγαλύτερης του 3% ή ταυτόχρονα με μεγάλη παραγωγή ιδρώτα στα ζεστά κλίματα και σε αθλητικά γεγονότα διάρκειας μεγαλύτερης των 24 ωρών.

Η κατανάλωση αθλητικών ποτών που περιέχουν ηλεκτρολύτες δεν αποτρέπει την εμφάνιση ΕΑΗ σε αθλητές που πίνουν υπερβολικές ποσότητες υγρών (Almond et al. 2005, Backer et al. 1999, Hsieh et al. 2002, Speedy et al. 2001). Αυτό οφείλεται σε δύο παράγοντες: 1) όλα αυτά τα ποτά είναι υποτονικά (<135 mmol/L) και συνεπώς προκαλούν αραίωση της συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου του ορού του αίματος όταν υπάρξει υπερβολική κατακράτηση υγρών στο σώμα και 2) είναι γνωστό πως ακόμα και η χορήγηση ισοτονικού ορού δεν μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση νατρίου σε ασθενείς

με υπονατριαιμία που εμφανίζουν το σύνδρομο της ακατάλληλης έκκρισης αντιδιουρητικής ορμόνης, διότι σε μία κατάσταση φυσιολογική ή υπερογκαιμίας το χορηγούμενο νάτριο εκκρίνεται από τα ούρα αντί να κατακρατείται (Schwartz et al. 1957). Η χορήγηση νατρίου δεν φαίνεται να επηρεάζει τη συγκέντρωσή του σε αθλητές που είτε μειώνουν (Speedy et al. 2002) είτε διατηρούν (Vrijens et al. 2003, Barr et al. 1991) το βάρος τους. Ωστόσο, στους αθλητές που κερδίζουν βάρος και εμφανίζουν ΕΑΗ από την υπερβολική πρόσληψη υγρών, η συγκέντρωση νατρίου στον ορό φαίνεται να διατηρείται κάπως καλύτερα όταν η συγκέντρωση του νατρίου στο ποτό που καταναλώνεται είναι μεγαλύτερη από τις συγκεντρώσεις που υπάρχουν επί του παρόντος στα αθλητικά ποτά (π.χ. >20 mmol/L) (Twerenbold et al. 2003).

ΕΠΙΠΟΛΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟΝΑΤΡΙΑΙΜΙΑΣ

Αθλητές, που είχαν αναπτύξει συμπτωματική υπονατριαιμία, συμμετείχαν σε αγώνες δρόμου ≥42 km και σε διαγωνισμούς τριάθλου διάρκειας 9-12 h. Στις περιπτώσεις αυτές, συμπτωματική υπονατριαιμία παρουσιάστηκε σε ποσοστό 0.1-4% των συμμετεχόντων (Noakes et al. 1990, Speedy et al. 1999). Επίσης, η υπονατριαιμία είναι παρούσα σε ένα σημαντικό αριθμό αθλητών που χρειάζονται ιατρική βοήθεια˙ ένα 3-27% των αθλητών που χρειάστηκαν ιατρική υποστήριξη έπειτα από τρέξιμο σε υπερμαραθώνιο ή/και συμμετοχή σε τρίαθλο διαγνώστηκαν με υπονατριαιμία (Hiller et al. 1987, Noakes et al. 1990, Speedy et al. 1999).

Η ΕΑΗ δεν περιορίζεται στους αθλητές υπεραντοχής. Η U.S. Army Medical Surveilance Activity ανέφερε ένα μέσο όρο 19 προσαγωγών ετησίως, στο νοσοκομείο,

ατόμων με υπονατριαιμία για το διάστημα μεταξύ 1989 και 1999 (USACHPPM 1997, 2000). Περίπου το 85% των περιστατικών σημειώθηκαν μεταξύ Μαΐου και Σεπτεμβρίου, με την πλειονότητα αυτών να έχουν συμβεί το μήνα Ιούλιο. Το ποσοστό ανδρών και γυναικών στα περιστατικά αυτά αντικατόπτριζαν τον συνολικό τους πληθυσμό στον αμερικανικό στρατό (15% γυναίκες και 85% άνδρες). Ίσως οι λευκοί να είναι πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση υπονατριαιμίας σε σχέση με τις άλλες φυλές, διότι 75% των σημειωθέντων περιστατικών αφορούσαν λευκούς, οι οποίοι αποτελούν μόνο το 63% του συνόλου του αμερικανικού στρατού.

Οι Backer et al. (1999) ανέφεραν ότι συμπτωματική υπονατριαιμία παρουσιάστηκε σε 7 από τα 116 περιστατικά (6%) που χρειάστηκαν ιατρική βοήθεια εξαιτίας θερμικών ανωμαλιών του προσωπικού στο εθνικό πάρκο Grand Canyon το 1993. Ενδιαφέρον είναι να παρατηρηθεί ότι τα 6 στα 7 περιστατικά εμφανίστηκαν σε γυναίκες.

Στον αριθμό των ατόμων μάλιστα που παρουσιάζουν συμπτωματική υπονατριαιμία, υπάρχουν κάποια που δεν εμφανίζουν συμπτώματα, αλλά παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα νατρίου κατά τη διάρκεια φυσικής δραστηριότητας και συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί πως βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο για την εμφάνιση του συνδρόμου αυτού. Σε μία προοπτική μελέτη (Speedy et al. 1999), 11 αθλητές τελείωσαν το τρίαθλο με τιμές νατρίου ορού μικρότερες των 130 mmol/L, όμως μόνο 7 (63%) χρειάστηκαν ιατρική βοήθεια. Σε μία άλλη μελέτη (O'Toole et al. 1995) μόνο 5 από τους 9 τριαθλητές (56%) που τελείωσαν τον αγώνα με επίπεδα νατρίου στο αίμα τους μικρότερα από των 130 mmol/L χρειάστηκαν ιατρική βοήθεια. Αυτές οι δύο παρατηρήσεις υποδηλώνουν ότι το κάθε άτομο ξεχωριστά έχει τη δική του επιρρέπεια στην εμφάνιση υπονατριαιμίας και

ότι ένας σημαντικός αριθμός ατόμων που επιτελούν παρατεταμένη φυσική δραστηριότητα εμφανίζουν χαμηλά επίπεδα νατρίου στο αίμα τους.

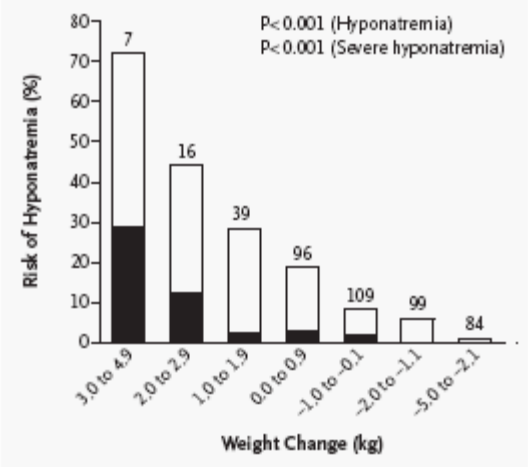
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΑΗ

Η παρουσία κάποιου από τους παράγοντες κινδύνου σχετίζεται με υψηλότερα ποσοστά ΕΑΗ, αλλά δεν αποτελεί υποχρεωτικά την αιτία εμφάνισης της κατάστασης αυτής. Είναι πιθανόν ότι ορισμένοι από αυτούς τους παράγοντες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να μην έχουν ανεξάρτητη σχέση με την εμφάνιση της ΕΑΗ. Για τον σκοπό αυτό έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες έρευνες.

Οι Almond et al. (2005) μελέτησαν μία ομάδα μαραθωνοδρόμων, με σκοπό να εκτιμήσουν τον βαθμό επίπτωσης της υπονατριαιμίας και να αναγνωρίσουν τους κύριους παράγοντες κινδύνου. Για τον σκοπό αυτό, οι συμμετέχοντες στο Μαραθώνιο της Βοστόνης το 2002 κλήθηκαν μία ή δύο μέρες πριν τον αγώνα να δώσουν κάποιες δημογραφικές πληροφορίες, καθώς και πληροφορίες σχετικά με το προπονητικό τους πρόγραμμα. Μετά τον αγώνα, οι αθλητές έδωσαν δείγματα αίματος και συμπλήρωσαν ένα λεπτομερές ερωτηματολόγιο όσον αφορά την κατανάλωση υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα καθώς και της ποσότητας των ούρων που απέβαλαν. Το βάρος τους μετρήθηκε πριν και μετά τον αγώνα. Έπειτα έγινε πολυπαραγοντική ανάλυση των αποτελεσμάτων ώστε να αναγνωριστούν οι παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με την υπονατριαιμία. Από τους 766 μαραθωνοδρόμους που συμμετείχαν στην μελέτη, οι 488 (64%) έδωσαν δείγματα αίματος ικανά για ανάλυση στη γραμμή του τερματισμού. Από

αυτούς ένα 13% εμφάνισε υπονατριαιμία (συγκέντρωση νατρίου στον ορό του αίματος ≤ 135 mmol/L), ενώ ένα 0,6% εμφάνισε σοβαρή υπονατριαιμία (συγκέντρωση νατρίου στον ορό του αίματος ≤ 120 mmol/L). Στην μονοπαραγοντική ανάλυση που ακολούθησε η υπονατριαιμία σχετίστηκε με σημαντική αύξηση του σωματικού βάρους, την κατανάλωση περισσότερων των 3 L υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα, την κατανάλωση υγρών κάθε μίλι, αγωνιστικό χρόνο διάρκειας > 4 ωρών, το γυναικείο φύλο, καθώς και τον χαμηλό δείκτη μάζας σώματος. Στην πολυπαραγοντική ανάλυση η υπονατριαιμία σχετίστηκε με αύξηση του σωματικού βάρους, αγωνιστική περίοδο > 4 ωρών και ακραίες τιμές του δείκτη μάζας σώματος. Από τα αποτελέσματα αυτά οι ερευνητές συμπέραναν ότι η υπονατριαιμία μπορεί να εμφανιστεί σε ένα σημαντικό ποσοστό των μαραθωνοδρόμων (μη υψηλού επιπέδου) και μπορεί να είναι σοβαρή. Η σημαντική αύξηση του σωματικού βάρους κατά τη διάρκεια του αγώνα, η μεγάλη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου και οι ακραίες τιμές του δείκτη μάζας σώματος μπορούν να σχετιστούν με την εμφάνιση της υπονατριαιμίας, ενώ στο γυναικείο φύλο, η σύσταση των υγρών που καταναλώθηκαν και η χρήση μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων δεν φάνηκαν να σχετίζονται με την κατάσταση αυτή.

Παρακάτω φαίνεται σχηματικά ο επί τοις εκατό κίνδυνος εμφάνισης υπονατριαιμίας, σε σχέση με τις αλλαγές του σωματικού βάρους:



Γράφημα 8. Κίνδυνος εμφάνισης υπονατριαιμίας και σοβαρής υπονατριαιμίας σε σχέση με τις αλλαγές του σωματικού βάρους. Οι αριθμοί πάνω από τις μπάρες αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των ατόμων σε κάθε κατηγορία. Τα νούμερα αθροιστικά δεν είναι 488 λόγω έλλειψης ορισμένων δεδομένων.

Οι Stuempfle et al. (2002) εξέτασαν την επίπτωση και την αιτιολογία της υπονατριαιμίας σε έναν υπερμαραθώνιο (Iditasport) αγώνα 161 km. Οι συμμετέχοντες (8 ποδηλάτες και 8 αθλητές δρόμου) ζυγίστηκαν και το νάτριο στον ορό τους μετρήθηκε πριν και μετά τον αγώνα. Οι δίαιτες που ακολουθήθηκαν κατά τη διάρκεια του αγώνα, αναλύθηκαν ώστε να προσδιοριστεί η κατανάλωση υγρών και νατρίου. Τα άτομα χωρίστηκαν σε υπο- και νορμο-νατριαιμικά, ανάλογα με τα επίπεδα του νατρίου στο αίμα τους, στο τέλος του αγώνα, για την στατιστική ανάλυση. Εφτά από τα 16 άτομα (44%) εμφάνισαν υπονατριαιμία. Η ομάδα των υπονατριαιμικών παρουσίασε μια σημαντική μείωση στο νάτριο ορού (από 137.0 σε 132.9 mmol/L) και η νορμονατριαιμική ομάδα εμφάνισε μια σημαντική μείωση του σωματικού βάρους (από 82.1 σε 80.2 kg) στο τέλος του αγώνα σε σχέση με τις αρχικές τιμές. Η ομάδα των υπονατριαιμικών κατανάλωσε περισσότερα υγρά (0.5 έναντι 0.4 L/h) και λιγότερο νάτριο (235 έναντι 298 mg/h) σε σχέση με τη νορμονατριαιμική ομάδα. Συμπερασματικά, οι ερευνητές υποστήριξαν ότι η υπονατριαιμία είναι συνηθισμένο φαινόμενο σε αγώνες που διεξάγονται σε συνθήκες δριμέως ψύχους και μπορεί να προκληθεί από υπερβολική κατανάλωση υγρών ή/και ανεπαρκή πρόσληψη νατρίου.

Οι Speedy et al. (2000) μελέτησαν την ισορροπία υγρών και ηλεκτρολυτών σε δύο τριαθλήτριες μεγάλων αποστάσεων. Το τρίαθλο μεγάλων αποστάσεων περιλαμβάνει 3.8 km κολύμβησης, 180 km ποδήλατο και 42.2 km τρέξιμο. Η παρακολούθηση έγινε κατά τη διάρκεια του αγώνα καθώς και κατά την ολονύχτια αποκατάσταση. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας στις 12 το μεσημέρι του αγώνα ήταν 21°C, με σχετική υγρασία ίση με 91%. Η θερμοκρασία του νερού ήταν ίση με 20.7 ^{o}C. Οι δύο τριαθλήτριες είχαν ηλικίες 30 και 39 χρονών. Στα άτομα αυτά έγινε ζύγιση και πάρθηκαν δείγματα αίματος πριν και μετά τον αγώνα και στις 8 το πρωί την επόμενη μέρα, από όπου μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις νατρίου, αιμοσφαιρίνης, αιματοκρίτη, αργινίνης-αγγειοπιεσίνης και της αλδοστερόνης. Η πρόσληψη υγρών και νατρίου καθώς και η παραγωγή ούρων μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως και τα δύο άτομα ανέπτυξαν υπονατριαιμία (Na ίσο με 131 και 130 mmol/L) κατά τη διάρκεια του αγώνα και αύξησαν το βάρος τους (0.5 και 1.5 kg). Καμία από τις δύο αθλήτριες δεν είχε μεγάλες απώλειες νατρίου (24 mmol και 20 mmol). Η κατανάλωση υγρών ήταν ίση με 733 mL/h και 764 mL/h. Η συγκέντρωση του όγκου πλάσματος αυξήθηκε κατά τη διάρκεια του αγώνα (25 και 16%). Τα επίπεδα αργινίνης-αγγειοπιεσίνης δεν αυξήθηκαν σε κανένα από τα άτομα (1.2 και 1.9 pmol/L). Και τα δύο άτομα παρουσίασαν κατακράτηση υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα (1,5 και 2,5 L) και έχασαν βάρος κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης (2.0 και 4.5 kg). Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η υπονατριαιμία που παρουσιάστηκε οφειλόταν σε κατακράτηση υγρών στον εξωκυττάριο χώρο, χωρίς να υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν μεγάλες απώλειες νατρίου ή ακατάλληλη έκκριση της αργινίνης-αγγειοπιεσίνης.

Οι Davis et al. (2001) έκαναν μία ανασκόπηση όλων των συμμετεχόντων στο μαραθώνιο Suzuki Rock 'N' Roll του 1998 που εισήχθησαν σε 14 μονάδες πρώτων βοηθειών, με σκοπό να αναγνωριστούν οι παράγοντες κινδύνου για την ανάπτυξη υπονατριαιμίας. Έγινε σύγκριση των ατόμων με υπονατριαιμία με άλλους δρομείς σε σχέση με τον αγωνιστικό χρόνο και με άλλους συμμετέχοντες στο μαραθώνιο που εισήχθησαν στις πρώτες βοήθειες σε σχέση με το φύλο, τα κλινικά σημάδια αφυδάτωσης και τη χρήση μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων. Συνολικά 26 ασθενείς από τους μαραθωνίους του 1998 και του 1999 ήταν υπονατριαιμικοί (νάτριο ορού ≤ 135 mmol/L) συμπεριλαμβανομένων 15 με σοβαρή υπονατριαιμία (νάτριο ορού ≤ 125 mmol/L). Τρία άτομα παρουσίασαν επιληπτικές κρίσεις και χρειάστηκαν διασωλήνωση και εισαγωγή σε εντατική μονάδα θεραπείας. Οι υπονατριαιμικοί ασθενείς ήταν πιο πιθανό να είναι γυναίκες, να κάνουν χρήση μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων και να έχουν αργότερους χρόνους τερματισμού. Οι υπονατριαιμικοί δρομείς ανέφεραν πως έπιναν «όσο το δυνατόν περισσότερο» κατά τη διάρκεια και μετά τον αγώνα και είχαν μικρότερες πιθανότητες να εμφανίσουν κλινικά σημάδια αφυδάτωσης. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η ΕΑΗ σχετίζεται με την υπερβολική κατανάλωση υγρών κατά τη διάρκεια και μετά από ακραία αθλητικά γεγονότα. Επιπλέον παράγοντες κινδύνου φάνηκε να είναι το γυναικείο φύλο, ο αργότερος χρόνος τερματισμού και η χρήση μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων.

Οι Backer et al. (1999) συνέκριναν τα κλινικά συμπτώματα και την εξέλιξη της ΕΑΗ με τη θερμική εξάντληση σε θερινούς ορειβάτες στο εθνικό πάρκο Grand Canyon. Τα περιστατικά επιλέχθηκαν από ορειβάτες που ζήτησαν ιατρική βοήθεια από το τμήμα των πρώτων βοηθειών του εθνικού πάρκου ή εκείνων που επισκέφθηκαν την ιατρική

κλινική στο χείλος του φαραγγιού με παράπονα που σχετίζονταν με άσκηση σε θερμό περιβάλλον. Από τους 44 ασθενείς στους οποίους έγιναν αναλύσεις αίματος, 7 είχαν υπονατριαιμία με εμφανή τα κλινικά σημάδια και επίπεδα νατρίου στον ορό <130 mmol/L. Τρεις είχαν σοβαρές επιληπτικές κρίσεις, δύο είχαν άλλες σοβαρές ανωμαλίες του νευρικού συστήματος και δύο είχαν ήπιες νευρολογικές διαταραχές. Οι επιληπτικές κρίσεις και η αλλαγή των νοητικών λειτουργιών διέκριναν την υπονατριαιμία ($p = 0.0002$). Έμμεσα δεδομένα υπέδειξαν πως οι υπονατριαιμικοί ασθενείς ήταν υπέρ-υδατωμένοι. Άλλα συνήθη σημάδια περιελάμβαναν ναυτία, εμέτους, πονοκεφάλους και ζαλάδες, αλλά τα περισσότερα από τα συμπτώματα αυτά δεν μπορούσαν να προεικάσουν τα επίπεδα του νατρίου στο αίμα. Όταν η άσκηση σε θερμό περιβάλλον είναι παρατεταμένη, η υπονατριαιμία υποδηλώνεται από την αλλαγή των νοητικών λειτουργιών ή από επιληπτικές κρίσεις χωρίς την ύπαρξη υψηλού πυρετού ή υπογλυκαιμίας. Καμία από αυτές τις περιπτώσεις υπονατριαιμίας δεν οδήγησε σε θάνατο ή μακροχρόνια νόσηση.

Οι Hew et al. (2003) μελέτησαν την επίπτωση, τους παράγοντες κινδύνου και τις κλινικές ενδείξεις της υπονατριαιμίας στους δρομείς στον μαραθώνιο του Χιούστον το 2000. Τα άτομα που εξετάστηκαν ήταν μαραθωνοδρόμοι που τερμάτισαν και προσέλαβαν ενδοφλέβια υγρά (N=55). Επίσης, 39 εξ αυτών συμπλήρωσαν και ένα λεπτομερές ερωτηματολόγιο. Τα κλινικά σημάδια, οι ηλεκτρολύτες στον ορό και ο χρόνος τερματισμού αναλύθηκαν μέσω ANOVA μεταξύ όλων των νορμονατριαιμικών (N=34) και των υπονατριαιμικών (N=21) αθλητών. Η πρόσληψη υγρών, διάφορες προπονητικές παράμετροι, η χρήση μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων και η συμπτωματολογία αναλύθηκαν περαιτέρω για να γίνει διάκριση όλων των σημαντικών

διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων. Οι ερευνητές δεν βρήκαν διαφορές στις κλινικές ενδείξεις, στις προπονητικές παραμέτρους ή στη χρήση μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων μεταξύ της νορμονατριαιμικής (νάτριο ορού > 135 mmol/L) και της υπονατριαιμικής (νάτριο ορού ≤ 135 mmol/L) ομάδας, αν και υπήρχε η τάση μεταξύ των λιγότερο έμπειρων αθλητών να εμφανίσουν χαμηλότερα επίπεδα νατρίου στο αίμα τους στο τέλος του αγώνα. Οι υπονατριαιμικοί αθλητές είχαν χαμηλότερο κάλιο [K] ($p = 0.04$), χλώριο [Cl] ($p < 0.001$) και επίπεδα ουρίας αίματος [BUN] ($p = 0.004$) σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς. Υπήρξε μία αντίστροφη γραμμική συσχέτιση μεταξύ τόσο του χρόνου τερματισμού σε σχέση με τη συγκέντρωση νατρίου ($r2 = 0.51$) όσο και με τη συνολική ποσότητα των υγρών που καταναλώθηκαν ($p < 0.001$). Τα υγρά που καταναλώθηκαν ήταν περισσότερα στην υπονατριαιμική ομάδα σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς και ο βαθμός υπονατριαιμίας σχετίζονταν με την κατανάλωση υγρών ανάλογα με την προσλαμβανόμενη δόση. Επεισόδια εμέτων ήταν πιο συχνά στην ομάδα των υπονατριαιμικών σε σχέση με τους νορμονατριαιμικούς ($p = 0.03$). Συνολικά 21 αθλητές εμφανίστηκαν με υπονατριαιμία στην ιατρική μονάδα του μαραθωνίου του Χιούστον (0.31% όλων των εισαγωγών). Η υπερβολική κατανάλωση υγρών και ο αργότερος χρόνος τερματισμού ήταν οι πρωτεύοντες παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση της κατάστασης αυτής. Οι έμετοι ήταν το μόνο κλινικό σημάδι που διαφοροποιούσε την υπονατριαιμία από τις άλλες καταστάσεις που προκαλούν κατάρρευση που σχετίζεται με την άσκηση.

Οι Speedy et al. (1999) πραγματοποίησαν μία μελέτη ασθενών-μαρτύρων με σκοπό να προσδιορίσουν την επίπτωση και την αιτιολογία της υπονατριαιμίας σε τριαθλητές υπεραποστάσεων. Τα άτομα της μελέτης ήταν 605 από τους 660 αθλητές που

συμμετείχαν στο τρίαθλο Ironman της Νέας Ζηλανδίας (3.8 km κολύμβησης, 180 km ποδηλασίας και 42.2 km στίβου). Τα άτομα ζυγίστηκαν πριν και μετά τον αγώνα. Δείγματα αίματος ελήφθησαν μετά τον αγώνα για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του νατρίου. Πλήρη στοιχεία βάρους πριν και μετά τον αγώνα, καθώς και δείγματα αίματος ήταν στη διάθεση των ερευνητών για τους 330 από τους αθλητές που τερμάτισαν. Οι συγκεντρώσεις νατρίου στο πλάσμα του αίματος σχετίστηκαν αντίστροφα με αλλαγές στο σωματικό βάρος ($p = 0.0001$). Οι γυναίκες (N=38) είχαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις νατρίου στο αίμα τους (133.7 vs 137.4 mmol/L, $p = 0.0001$) σε σχέση με τους άνδρες (N=292) και έχασαν σημαντικά λιγότερο βάρος (-2.7 vs -4.3%, $p = 0.0002$). Πενηνταοκτώ από τους 330 που τερμάτισαν (18%) εμφάνισαν υπονατριαιμία, ενώ από αυτούς μόνο 18 (31%) ζήτησαν ιατρική βοήθεια για τα συμπτώματα της υπονατριαιμίας. Έντεκα από τους 58 υπονατριαιμικούς αθλητές είχαν σοβαρή υπονατριαιμία ([νάτριο πλάσματος] < 130 mmol/L) και 7 από τους 11 αθλητές με σοβαρή υπονατριαιμία εμφάνιζαν συμπτώματα της κατάστασης αυτής. Η σχετική αλλαγή του σωματικού βάρους των 11 αθλητών με σοβαρή υπονατριαιμία κυμαίνονταν από -2.4% έως +5%, ενώ 8 (73%) από τους αθλητές αυτούς είτε συντήρησαν είτε πήραν βάρος κατά τη διάρκεια του αγώνα. Αντίθετα, οι σχετικές αλλαγές στο σωματικό βάρος στους 47 αθλητές με ήπια υπονατριαιμία ([νάτριο πλάσματος] 130-134 mmol/L) παρουσίαζε μεγαλύτερη διακύμανση και κυμαίνονταν από -9.25% έως +2.2%. Οι ερευνητές συμπέραναν πως η υπονατριαιμία είναι ένα σύνηθες βιοχημικό εύρημα στους τριαθλητές υπεραποστάσεων, αλλά συνήθως είναι ασυμπτωματική. Αν και η ήπια υπονατριαιμία σχετίστηκε με διάφορες αλλαγές του

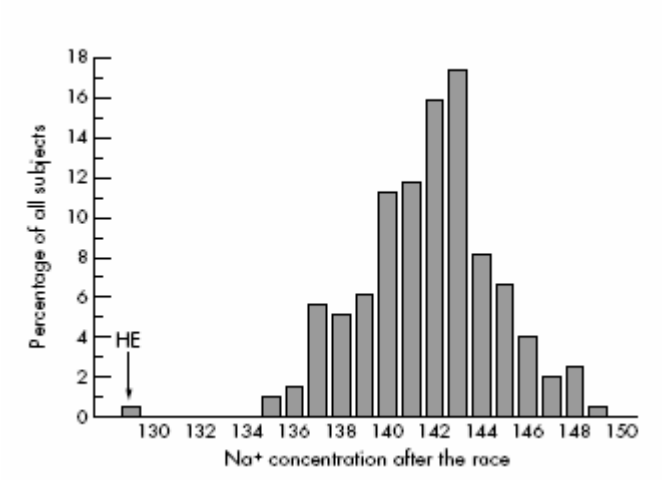
σωματικού βάρους, η υπερφόρτωση του οργανισμού με υγρά ήταν η αιτία των περισσότερων (73%) περιστατικών σοβαρής, συμπτωματικής υπονατριαιμίας.

Οι O'Toole et al. (1995) μελέτησαν την ισορροπία υγρών και ηλεκτρολυτών σε αθλητές που χρειάστηκαν ιατρική βοήθεια σε έναν αγώνα τρίαθλου υπεραποστάσεων Ironman στη Χαβάη. Το βάρος των αθλητών μειώθηκε σοβαρά κατά τη διάρκεια του αγώνα ($p < 0.0001$), αλλά η μείωση που παρατηρήθηκε δεν ήταν διαφορετική μεταξύ των ατόμων που χρειάστηκαν και εκείνων που δεν χρειάστηκαν ιατρική βοήθεια. Υπονατριαιμία εμφανίστηκε σε 9 αθλητές (30%) και υπομαγνησιαιμία σε 6 (20%), αλλά μόνο οι μισοί από τους αθλητές με διαταραχή της ισορροπίας των ηλεκτρολυτών ζήτησαν ιατρική βοήθεια. Αν και οι αθλητές που λαμβάνουν ιατρική βοήθεια είναι πιθανό να έχουν ηλεκτρολυτικές διαταραχές, κάτι τέτοιο είναι εξίσου πιθανό να συμβαίνει και στους αθλητές που δεν ζητούν ιατρική υποστήριξη στο τέλος του αγώνα.

Οι Dugas et al. (2005) μελέτησαν ένα περιστατικό υπονατριαιμικής εγκεφαλοπάθειας, λόγω άσκησης, που συνέβη παρά τη μέτρια κατανάλωση υγρών κατά τη διάρκεια ενός ποδηλατικού αγώνα 109 km. Άνδρες και γυναίκες ποδηλάτες ζυγίστηκαν πριν και μετά τον αγώνα. Ελήφθησαν συνεντεύξεις από όλα τα άτομα και χρησιμοποιήθηκαν τα μπουκάλια με νερό που είχαν για την ποσοτικοποίηση των υγρών που καταναλώθηκαν. Δείγματα αίματος ελήφθησαν μετά το τέλος του αγώνα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του νατρίου στον ορό του αίματος. Από το σύνολο των στοιχείων που συλλέχθηκαν (N=196), μία αθλήτρια βρέθηκε με υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια ([νάτριο ορού] 129 mmol/L). Το συγκεκριμένο άτομο εξετάστηκε έπειτα στο εργαστήριο για την εύρεση της συγκέντρωσης ιόντων νατρίου στον ιδρώτα της, καθώς και τον προσδιορισμό του ρυθμού εφίδρωσης. Βρέθηκε ότι παρά τη μέτρια

πρόσληψη υγρών (735 mL/h) και ελάχιστες απώλειες νατρίου στον ιδρώτα (σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν), η αθλήτρια αυτή ανέπτυξε υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια. Η παρατηρηθείσα πρόσληψη υγρών ήταν αρκετά χαμηλότερη από την προτεινόμενη σήμερα ως βέλτιστη. Συνεπώς, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση υγρών σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας ίσως να αποτελεί μία πιο σωστή προσέγγιση.

Παρακάτω φαίνεται σχηματικά η συγκέντρωση ιόντων νατρίου έπειτα από αγώνα 109 km στους 196 ποδηλάτες (103 άνδρες και 93 γυναίκες). Η αθλήτρια που περιγράφεται στη μελέτη με υπονατριαιμική εγκεφαλοπάθεια (ΗΕ) ήταν η μόνη που εμφάνισε $[Na^+] < 135$ mmol/L.



Γράφημα 9. Συγκεντρώσεις νατρίου ορού 196 αθλητών που συμμετείχαν σε έναν ποδηλατικό αγώνα 109 km.

Οι Galun et al. (1991) μελέτησαν την επίδραση της παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας στην εμφάνιση της υπονατριαιμίας. Δεκαεφτά άνδρες με καλή φυσική κατάσταση μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια μίας 24ωρης πορείας αντοχής. Το νάτριο ορού που κατά μέσο όρο ήταν 142 +/- 2 πριν την πορεία, μειώθηκε στη διάρκεια της πορείας σε 135 +/- 2 mmol/L ($p < 0.01$ vs πριν την πορεία). Ο όγκος αίματος και

πλάσματος μειώθηκαν κατά 8 και 16% ($p < 0.05$) αντίστοιχα. Η έκκριση νατρίου στα ούρα πριν την πορεία ήταν 132 +/- 55 και κατά τη διάρκεια της πορείας ίση με 123 +/- 62 mmol/24 h. Η απώλεια νερού αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της πορείας και σχετίστηκε αντίστροφα με το νάτριο στον ορό ($p < 0.001$), κάτι που υποδηλώνει μια φυσιολογική ικανότητα αραίωσης των ούρων από τους νεφρούς. Ωστόσο, η ελάττωση του νατρίου του ορού σχετίστηκε θετικά με την πρόσληψη νερού ($p < 0.01$, $r = 0.59$). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η υπονατριαιμία αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια πορείας αντοχής σε φυσιολογικά άτομα που πίνουν ανεμπόδιστα μεγάλες ποσότητες υγρών. Η απόκριση των νεφρών στην πρόσληψη νερού είναι φυσιολογική, εντούτοις τα άτομα αδυνατούν να παράγουν υπέρ-αραιωμένα ούρα. Συνεπώς, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η πρόσληψη νερού κατά τη διάρκεια παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας πρέπει να ακολουθεί τις φυσιολογικές ανάγκες και να μην είναι εξαναγκαστική.

Οι Irving et al. (1991) μελέτησαν τη λειτουργία των νεφρών, συμπεριλαμβανομένης της ισορροπίας υγρών και ηλεκτρολυτών, κατά τη διάρκεια αποκατάστασης 8 ατόμων που ανέπτυξαν συμπτωματική υπονατριαιμία (YN, νάτριο πλάσματος συγκέντρωσης μικρότερης από 130 mM) κατά τη διάρκεια ενός μαραθωνίου 88 km και συνέκριναν τα αποτελέσματα με αυτά νορμονατριαιμικών δρομέων (NN, N=18, μέση συγκέντρωση νατρίου πλάσματος μετά τον αγώνα ίση με 138.2 +/- 1.2 (SE) mM). Η προβλεφθείσα πρόσληψη υγρών των YN ατόμων κατά τη διάρκεια του αγώνα ήταν ίση με 12.5 +/- 1.6 (SE) λίτρα σε 9 h 41 min (+/- 28 min). Τα άτομα με YN εμφάνισαν ένα καθαρό πλεόνασμα υγρών 2.95 +/- 0.56 (διακύμανση 1.2-5.9) λίτρων σε σχέση με ένα έλλειμμα υγρών ίσο με 2.7 +/- 0.3% μείωση του σωματικού βάρους των NN ατόμων. Το έλλειμμα νατρίου ήταν 153 +/- 35 mmol στους YN και 187 +/- 37 mmol

στους ΝΝ. Παρά την υπερφόρτωση σε υγρά, ο όγκος του πλάσματος μειώθηκε κατά 24.1 +/- 5.0% στους ΥΝ σε σχέση με 8.2 +/- 2.6% στους ΝΝ. Η δραστηριότητα της ρενίνης ορού (5.1 +/- 2.0 ng.ml-1.h-1), της συγκέντρωσης της αλδοστερόνης (410 +/- 34 ng/l), της απομάκρυνσης της κρεατινίνης (174.8 +/- 28.2 ml/min) και της έκκρισης ούρων (6.4 +/- 1.0 ml/min) ήταν σημαντικά ανεβασμένες στους ΥΝ κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Συνεπώς, η ΕΑΗ προκαλείται από την κατακράτηση υγρών στα άτομα που καταναλώνουν υπερβολικές ποσότητες υγρών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης.

Οι Glace et al. (2002) διεξήγαγαν μια έρευνα όπου μελέτησαν την πρόσληψη τροφής και την ηλεκτρολυτική ισορροπία υπερμαραθωνοδρόμων σε συνθήκες υπερβολικής ζέστης. Στην έρευνα συμμετείχαν 26 δρομείς, που έλαβαν μέρος σε έναν αγώνα 160 km, όπου η περιβαλλοντική θερμοκρασία έφτασε μέγιστη τιμή 38°C. Δείγματα αίματος ελήφθησαν πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τον αγώνα. Η κατανάλωση τροφής ή ποτού, η τυχόν εμφάνιση γαστρεντερικής ανωμαλίας και αλλαγές των νοητικών λειτουργιών προσδιορίστηκαν μέσω συνεντεύξεων με τους αθλητές περίπου κάθε 13 km. Εικοσιτρείς αθλητές κάλυψαν τουλάχιστον 88 km και από αυτούς 13 ολοκλήρωσαν τα 160 km με μέσο χρόνο ίσο με 26.2 +/- 3.6 h. Αυτοί που τερμάτισαν είχαν καταναλώσει περίπου 7200 kcal, 19.4 +/- 8.1 L υγρών και 16.4 +/- 9.5 g νατρίου. Η πρόσληψη νατρίου και υγρών ανά ώρα υπολογίστηκε ίση με 0.6 g/h και 0.7 L/h αντίστοιχα. Η πρόσληψη ηλεκτρολυτών στο πρώτο μισό του αγώνα ήταν ίδια μεταξύ αυτών που τερμάτισαν και εκείνων που δεν τερμάτισαν τον αγώνα. Αυτοί που τερμάτισαν κατανάλωσαν περισσότερα υγρά σε σχέση με τους υπόλοιπους ($p = 0.01$) και είχαν την τάση να πληρούν καλύτερα τις ενεργειακές τους ανάγκες ($p = 0.09$). Το

σωματικό βάρος δεν άλλαξε με την πάροδο του χρόνου (ANOVA, $p = 0.52$). Τα επίπεδα συγκέντρωσης νατρίου ορού είχαν την τάση να μειωθούν από 143 σε 140 mmol/L κατά τη διάρκεια του αγώνα ($p = 0.06$) και σχετίστηκαν αντίστροφα με την απώλεια βάρους ($p = 0.009$). Η συγκέντρωση του νατρίου ορού ήταν μικρότερη στους δρομείς στα μέσα του αγώνα που ένιωσαν αλλαγές των νοητικών τους λειτουργιών σε σχέση με τους δρομείς που δεν αισθάνθηκαν τέτοιες αλλαγές ($p = 0.04$). Η πρόσληψη υγρών σχετίστηκε αντίστροφα με τις συγκεντρώσεις του νατρίου ορού ($p = 0.04$). Οι περισσότεροι αθλητές είχαν ναυτία και εμέτους, ωστόσο η κατάσταση αυτή δεν φάνηκε να έχει σχέση με τις συγκεντρώσεις του νατρίου ορού. Υπονατριαιμία (<135 mmol/L) εμφανίστηκε σε έναν αθλητή στα 88 km, αλλά είχε ξεπεραστεί όταν έφτασε τα 160 km. Το νάτριο στα εκκρινόμενα ούρα μειώθηκε ($p = 0.002$) καθώς η αλδοστερόνη ορού ήταν υψηλότερη στο τέλος του αγώνα σε σχέση με τις αρχικές τιμές ($p < 0.001$). Από την αρχή έως το τέλος του αγώνα ο όγκος πλάσματος αυξήθηκε κατά 12%. Οι αθλητές τέλος κατανάλωσαν επαρκείς ποσότητες υγρών για τη διατήρηση του σωματικού τους βάρους αν και η διαιτητική πρόσληψη νατρίου ήταν αρκετά χαμηλότερη από την προτεινόμενη ποσότητα του 1 g/h. Ο ρυθμός κατανάλωσης υγρών ήταν μεγαλύτερος σε εκείνους που τερμάτισαν σε σχέση με τους υπόλοιπους και οι πρώτοι φάνηκαν να πληρούν καλύτερα τις ενεργειακές τους ανάγκες. Η συντήρηση του σωματικού βάρους παρά τις μεγάλες ενεργειακές δαπάνες σε συνθήκες υπερβολικής ζέστης μπορεί να εξηγηθεί με την υπερφόρτωση σε υγρά κατά τη διάρκεια ενός αθλητικού γεγονότος διάρκειας μεγαλύτερης των 24 ωρών σε θερμό και υγρό περιβάλλον.

Οι Hsieh et al. (2002) εξέτασαν την επίδραση του τύπου των υγρών που καταναλώθηκαν και των μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων στην εμφάνιση

υπονατριαιμίας σε αθλητές που τερμάτισαν έναν μαραθώνιο και χρειάστηκαν ιατρική βοήθεια. Για τον σκοπό αυτό έγινε σύγκριση των μαραθωνοδρόμων που χρειάστηκαν ενδοφλέβια ενυδάτωση στη γραμμή του τερματισμού και εκείνων που δεν χρειάστηκαν. Ελήφθησαν δείγματα αίματος και οι εθελοντές συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο που αφορούσε την κατανάλωση υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα και τη χρήση μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων πριν από τον αγώνα. Συνολικά συμμετείχαν στην έρευνα 51 άτομα που χρειάστηκαν και 11 που δεν χρειάστηκαν ενδοφλέβια υποστήριξη. Τρία από τα άτομα (5.6%, 95% CI, 0-11.9%) που ανήκαν στην ομάδα που χρειάστηκε ενδοφλέβια ενυδάτωση είχαν συγκέντρωση νατρίου ορού μικρότερη από 130 mmol/L. Κανένας από αυτούς τους τρεις δρομείς δεν εμφάνισε νευρολογικές ή αναπνευστικές διαταραχές και μόνο ένας χρειάστηκε ολονύχτια εισαγωγή στο νοσοκομείο για ενυδάτωση. Το μικρό δείγμα των υπονατριαιμικών ατόμων κατέστησε αδύνατη την ανάλυση για τον ρόλο του τύπου των καταναλισκόμενων υγρών και τη χρήση μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας ή ενός μοντέλου πρόβλεψης της κατάστασης αυτής. Καταλήγοντας, από την παρούσα έρευνα βρέθηκε πως η επίπτωση της υπονατριαιμίας στους μαραθωνοδρόμους που χρειάζονται ιατρική βοήθεια είναι 5.6%.

Συνεπώς, από τις παραπάνω έρευνες, σε συνδυασμό και με άλλες, στους παράγοντες κινδύνου για εμφάνιση ΕΑΗ περιλαμβάνονται:

- Χαμηλό σωματικό βάρος (Almond et al. 2005, Stuempfle et al. 2002, Speedy et al. 2000)
- Γυναικείο φύλο (Almond et al. 2005, Stuempfle et al. 2002, Davis et al. 2001, Backer et al. 1999, Hew et al. 2003, Speedy et al. 1999, Ayus et al. 2000).

- Διάρκεια άσκησης μεγαλύτερη των 4 ωρών (Almond et al. 2005, Hiller et al. 1989, O'Toole et al. 1995, Noakes et al. 1985, Speedy et al. 1997, Stuempfle et al. 2002, Armstrong et al. 1993, Clark et al. 1993, Dugas et al. 2005, Flinn et al. 2000, Frizzell et al. 1986, Galun et al. 1991, Hew et al. 2003, Hiller et al. 1987, Irving et al. 1991, Nelson et al. 1988, Noakes et al. 2004, Speedy et al. 1997, Speedy et al. 1999, Speedy et al. 2000, Surgenor et al. 1994, Twerenbold et al. 2003, Glace et al. 2003)
- Χαμηλός ρυθμός τρεξίματος (Almond et al. 2005, Noakes et al. 1985, Davis et al. 2001, Hew et al. 2003)
- Έλλειψη αγωνιστικής εμπειρίας (Hew et al. 2003, Young et al. 1987)
- Υπερβολική κατανάλωση υγρών (Almond et al. 2005, Noakes et al. 1985, Speedy et al. 1997, Frizzell et al. 1986, Hew et al. 2003, Reynolds et al. 1998)
- Υψηλή διαθεσιμότητα υγρών (Hew et al. 2003)
- Μη φυσιολογική εκκριτική ικανότητα των νεφρών (πιθανότατα επηρεασμένη από φάρμακα όπως μη-στεροειδή αντιφλεγμονώδη) (Davis et al. 2001, Clark et al. 1993, Surgenor et al. 1994, Ayus et al. 2000), ενδογενής νεφρική πάθηση ή ύπαρξη του συνδρόμου ακατάλληλης έκκρισης της αντιδιουρητικής ορμόνης)
- Υπερβολικά θερμό (Armstrong et al. 1993, Backer et al. 1999, Flinn et al. 2000, Frizzell et al. 1986, Garigan et al. 1999, Hsieh et al. 2002, Reynolds et al. 1998) ή ψυχρό (Stuempfle et al. 2002) περιβάλλον.
- Αύξηση του σωματικού βάρους (Almond et al. 2005).

Η χαμηλή πρόσληψη νατρίου, από εσκεμμένη αποφυγή αθλητικών ποτών, συμπληρώματα νατρίου ή αλμυρά σνακ, δεν έχει βρεθεί να είναι παράγοντας κινδύνου

για αθλητικές δραστηριότητες διάρκειας <24 ωρών (Kavanagh et al. 1977, Barr et al. 1991). Τα δημοσιευμένα στοιχεία για τον γονότυπο της κυστικής ίνωσης είναι ασαφή (Orenstein et al. 1983, Bar-Or et al. 1992, Stanghelle et al. 1988, Kriemler et al. 1999), με μόνο μία εμπεριστατωμένη περίπτωση ΕΑΗ που αναφέρθηκε σε έναν στρατιώτη του οποίου η πρόσληψη υγρών ήταν υψηλή (Smith et al. 1995). Περαιτέρω αξιολόγηση είναι απαραίτητη προκειμένου να αποκλειστούν οι παράμετροι αυτοί ως πιθανοί παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση της ΕΑΗ.

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Ένας παράγοντας που δεν έχει μελετηθεί επαρκώς είναι αν τα άτομα που έχουν προσβληθεί από συμπτωματική υπονατριαιμία είναι πιο επιρρεπή σε ηλεκτρολυτικές διαταραχές σε σχέση με τον υπόλοιπο πληθυσμό. Επίσης, προοπτικές μελέτες δείχνουν ότι μόνο ένα 44-64% των υπερμαραθωνοδρόμων που τερματίζουν τον αγώνα με νάτριο ορού <130 mmol/L χρειάζονται ιατρική βοήθεια (O'Toole et al. 1995, Speedy et al. 1999). Δεδομένων λοιπόν των παρατηρήσεων αυτών, φαίνεται σημαντικό να εξεταστεί εάν υπάρχει κάποιος πληθυσμός αυξημένου κινδύνου για την εμφάνιση συμπτωματικής υπονατριαιμίας, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας.

Το 1995, οι Smith et al. κατέγραψαν την περίπτωση ενός βρετανού στρατιώτη που ανέπτυξε συμπτωματική υπονατριαιμία δύο φορές. Το υπεύθυνο ιατρικό προσωπικό διεξήγαγε ένα τεστ ιδρώτα και γενετικές μελέτες ώστε να προσδιορίσει εάν ο στρατιώτης αυτός έπασχε από κυστική ίνωση. Το τεστ ιδρώτα επιλέχθηκε διότι η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου σε αυτόν είναι χαρακτηριστικό της κυστικής ίνωσης και παρέχει τη βάση ενός ευρέως διαδεδομένου διαγνωστικού τεστ. Το τεστ ιδρώτα

έδειξε υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου (81-103 και 102-143 mmol/L, αντίστοιχα) που είναι ενδεικτικές της ύπαρξης κυστικής ίνωσης. Το επακόλουθο γενετικό τεστ επιβεβαίωσε τη διάγνωση. Η κλινική εξέταση έδειξε ότι το συγκεκριμένο άτομο είχε φυσιολογική αναπνευστική και παγκρεατική λειτουργία, σε αντίθεση με τη συνήθη κλινική εικόνα της κυστικής ίνωσης. Επομένως, η έρευνα αυτή αναγνώρισε ένα άτομο με κυστική ίνωση που δεν είχε κανένα άλλο σύμπτωμα πέρα από τη μειωμένη ικανότητα των ιδρωτοποιών του αδένων να επαναρροφούν νάτριο και χλώριο.

Η κυστική ίνωση είναι μια υπολειπόμενη, αυτοσωμική διαταραχή που συμβαίνει εξαιτίας ορισμένων μεταλλαγών του διαμεμβρανικού ρυθμιστικού γονιδίου της κυστική ίνωσης. Η κλασική μορφή της κυστικής ίνωσης συνοδεύεται από συχνές κρίσεις πνευμονίας και από διαταραχές της πέψης. Ένας μικρός σχετικά αριθμός μεταλλαγών του διαμεμβρανικού ρυθμιστικού γονιδίου της κυστική ίνωσης σχετίζεται με την πλειονότητα των περιστατικών της κλασικής μορφής της ασθένειας και ένα 4-5% των βορειοευρωπαίων ενηλίκων είναι ετερόζυγοι της κλασσικής της μορφής. Ωστόσο, έχουν αναγνωριστεί > 800 μορφές του γονιδίου της κυστικής ίνωσης, πολλές από τις οποίες δεν είναι γνωστό να έχουν σχέση με οποιοδήποτε κλινικό σύμπτωμα. Επειδή όμως η επίπτωση των περισσότερων από αυτές τις μορφές στον πληθυσμό δεν είναι γνωστή, είναι πιθανό πως είναι αρκετά διαδεδομένες στον πληθυσμό ώστε να σχετίζονται με έναν σημαντικό αριθμό των περιστατικών ΕΑΗ.

Τεστ ιδρώτα πραγματοποιήθηκε και σε δύο πεζοναύτες που ανέπτυξαν συμπτωματική υπονατριαιμία ως αποτέλεσμα της βασικής τους εκπαίδευσης στο Parris Island, SC (Dr. Scott Flinn, Personal Communication). Και οι δύο είχαν επίπεδα χλωρίου στον ιδρώτα τους αρκετά υψηλά ώστε να μπορεί να γίνει διάγνωση κυστικής ίνωσης.

Ένας από τους ασθενείς αυτούς, αμερικανομεξικανικής καταγωγής, διαγνώστηκε αρνητικός για το γονίδιο της κυστικής ίνωσης. Ωστόσο, το τεστ που έγινε ήλεγχε τις 14 πιο κοινές μεταλλάξεις του γονιδίου που συναντώνται στους βορειοευρωπαίους και στους εβραίους Ashkenazi με κυστική ίνωση. Συνεπώς, δεν μπορούμε να αποκλείσουμε την πιθανότητα το συγκεκριμένο άτομο να πάσχει από κάποια άλλη μεταλλαγή του γονιδίου αυτού. Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη στον τομέα αυτό, ώστε να διερευνηθεί πλήρως γιατί ορισμένα άτομα εμφανίζουν χαμηλά επίπεδα νατρίου ορού κατά τη διάρκεια παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας ενώ άλλα όχι.

ΤΡΟΠΟΙ ΓΙΑ ΝΑ ΠΡΟΛΗΦΘΕΙ Η ΕΑΗ

Η ΕΑΗ προκαλείται κυρίως από την υπερβολική κατανάλωση υγρών ή τις υπερβολικές απώλειες νατρίου μέσω του ιδρώτα και των ούρων. Για τον λόγο αυτό, είναι εμφανές ότι οποιοδήποτε άτομο συμμετέχει σε ασκήσεις αντοχής, και ιδιαίτερα τα άτομα εκείνα που βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο για εμφάνιση ΕΑΗ, πρέπει να αποφεύγει την υπερβολική κατανάλωση υγρών (Speedy et al. 2000, Reid et al. 2004). Υπάρχει μεγάλη διακύμανση στη δυνατότητα παραγωγής ιδρώτα και στην εκκριτική ικανότητα των νεφρών κατά τη διάρκεια άσκησης, τόσο μεταξύ διαφορετικών ατόμων όσο και στο ίδιο το άτομο και αυτή εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της άσκησης. Συνεπώς, δεν μπορούν να υπάρξουν ομοιόμορφες, γενικές οδηγίες για την κατανάλωση υγρών κατά τη διάρκεια άσκησης. Πρωταρχικό βήμα για την πρόληψη της ΕΑΗ είναι η αποφυγή της υπερβολικής κατακράτησης υγρών, όπως φαίνεται από την αύξηση βάρους κατά τη διάρκεια ή μετά το τέλος της άσκησης. Υπάρχουν τουλάχιστον

δύο τρόποι ώστε να αποφύγει κάποιος την αύξηση του σωματικού του βάρους κατά τη διάρκεια άσκησης: 1) να πίνει υγρά μόνο σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας (Noakes et al. 2003) ή 2) να χρησιμοποιεί τις οδηγίες του USATF (USA track and field organization) ή ανάλογες μεθόδους ώστε να αξιολογεί τις ωριαίες απώλειες υγρών μέσω του ιδρώτα και να αποφεύγει να καταναλώνει ποσότητες υγρών μεγαλύτερες αυτών κατά τη διάρκεια ασκήσεων αντοχής (Casa et al. 2003).

Δημοσιευμένα δεδομένα δείχνουν ότι ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης των αθλητών για τον κίνδυνο της υπερκατανάλωσης υγρών παράλληλα με μειωμένη διαθεσιμότητα των ποτών κατά τη διάρκεια ενός αγώνα μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης περιστατικών ΕΑΗ χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις (Speedy et al. 2000, Sharwood et al. 2004).

Πιο συγκεκριμένα σε έναν αγώνα τρίαθλου Ironman συστήνεται να υπάρχουν σταθμοί για την ποδηλασία κάθε 20 km, ενώ για τον στίβο κάθε 2.5 km (Speedy et al. 2000). Σε μαραθώνιους αγώνες η τοποθέτηση σταθμών κάθε 5 km έχει σχετιστεί με απουσία εμφάνισης περιστατικών ΕΑΗ (Reid et al. 2004).

Έως τώρα, δεν υπάρχουν δεδομένα που να δείχνουν ότι η χορήγηση επιπλέον νατρίου μπορεί να προλάβει την εμφάνιση ΕΑΗ (Speedy et al. 2002, Noakes et al. 2004) ούτε υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν πως η κατανάλωση υποτονικών αθλητικών ποτών που περιέχουν ηλεκτρολύτες μπορούν να προλάβουν την εμφάνιση ΕΑΗ σε αθλητές που καταναλώνουν υπερβολικές ποσότητες υγρών (Weschler et al. 2005, Barr et al. 1991). Αν και ορισμένες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση ποτών που περιέχουν ηλεκτρολύτες μπορεί να μειώσει την σοβαρότητα της ΕΑΗ

(Twerenbold et al. 2003), μία τέτοια προσέγγιση δεν θα ήταν δυνατόν να προλάβει την εμφάνιση αυτής της ανωμαλίας παρουσία συμπεριφορών υπερκατανάλωσης υγρών.

ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ

Εξαιτίας των διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών και των εξατομικευμένων αναγκών, γίνεται φανερό πως είναι δύσκολο να υπάρξουν γενικές οδηγίες και συστάσεις. Ωστόσο, σε γενικά πλαίσια θεωρούνται αποδεκτές οι συστάσεις του Αμερικανικού Κολεγίου Αθλητιατρικής (ACSM 2000) σε συνεργασία με τον Αμερικανικό Σύλλογο Διαιτολόγων και των Διαιτολόγων του Καναδά:

- Πέρα από την πρόσληψη αρκετής ποσότητας υγρών 24 ώρες πριν την έναρξη της άσκησης, 2-3 ώρες πριν πρέπει να λαμβάνονται 400-600 ml.
- Από τη στιγμή έναρξης της άσκησης μέχρι και το τέλος αυτής, θα πρέπει να προσλαμβάνονται 150-350 ml υγρών κάθε 15-20 λεπτά.
- Όταν η άσκηση διαρκεί πάνω από 1 ώρα η συγκέντρωση των προσλαμβανόμενων υγρών σε νάτριο πρέπει να είναι 0.5-0.7 g/l (23-32 mmol/L), ενώ σε υδατάνθρακες 4-8%.
- Μετά την άσκηση, συνίσταται πρόσληψη αλατούχου διαλύματος σε ποσότητα ίση με το 150% της απώλειας του σωματικού βάρους.

Από όλα τα παραπάνω, μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει πως η εμφάνιση ΕΑΗ είναι ένα φαινόμενο αρκετά συνηθισμένο και παρότι συχνά είναι ασυμπτωματική, και ξεπερνιέται εύκολα κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης των αθλούμενων, σε

ορισμένες σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στο θάνατο. Συνεπώς ο τρόπος πρόληψης και αντιμετώπισής της αποκτά ιδιαίτερη σημασία και είναι φανερό πως χρειάζεται να γίνουν περισσότερες έρευνες στον τομέα αυτό, λαμβάνοντας υπόψη και την αυξανόμενη δημοτικότητα αθλητικών διαγωνισμών αντοχής όπως π.χ. ο μαραθώνιος (όπου περιστατικά ΕΑΗ είναι πιθανότερο να συμβούν). Μία τέτοια έρευνα, είναι και αυτή που πραγματοποιήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα. Η υπόθεση που εξετάστηκε ήταν εάν η πρόσληψη ποτών που περιέχουν νάτριο κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης σε θερμό περιβάλλον μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση υπονατριαιμίας, όταν η κατανάλωση υγρών εξισορροπεί τις απώλειες που συμβαίνουν μέσω του ιδρώτα.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της περιεκτικότητας νατρίου σε υγρά που καταναλώνονταν, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης σε θερμό περιβάλλον, σε ρυθμό ίσο με το ρυθμό εφίδρωσης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Στην παρούσα έρευνα πήραν μέρος 13 νέοι υγιείς άνδρες, σε καλή φυσική κατάσταση (συμμετοχή σε διάφορες αθλητικές δραστηριότητες 3 $\pm$ 2 φορές την

εβδομάδα), οι οποίοι ήταν ήδη θερμοεγκλιματισμένοι. Τα ανθρωπομετρικά στοιχεία των εθελοντών φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά	Μέσος Όρος ± SD
Ηλικία (ys)	24.6 ± 3.1
Ύψος (cm)	178 ± 10
Βάρος (kg)	78.3 ± 10.7
BMI (kg/m^2)	24.7 ± 2.1
Ποσοστό λίπους (%)	17.2 ± 5.6
Άλιπη μάζα (g)	64.2 ± 7.2
Λιπώδης μάζα (g)	13.7 ± 5.8

Το ερευνητικό πρωτόκολλο περιελάμβανε 5 συνολικά επισκέψεις των εθελοντών στο Εργαστήριο Διατροφής και Κλινικής Διατολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Η πρώτη επίσκεψη στο εργαστήριο

Η πρώτη επίσκεψη περιελάμβανε τη μέτρηση της σύστασης σώματος με ακτίνες Χ 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 Χ 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 αυτήν προέκυψε η σωματική σύσταση και η οστική πυκνότητα του κάθε εθελοντή.

Επίσης από όλους τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να συμπληρώσουν, πριν λάβουν μέρος στην έρευνα, το ιατρικό τους ιστορικό, καθώς και ένα συμφωνητικό εθελοντικής συμμετοχής (Παράρτημα 1), όπου γινόταν μια εκτενής ανάλυση των συνθηκών και των διαδικασιών του πειράματος που θα ακολουθούσε, των δικαιωμάτων και των υποχρεώσεων του εθελοντή, καθώς και μια αναφορά των τυχόν κινδύνων που μπορεί να προέκυπταν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Το ερευνητικό πρωτόκολλο είχε την έγκριση του τμήματος ερευνών του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Η ημέρα που προηγείται του πειράματος

Μια μέρα πριν από το πείραμα οι εθελοντές έπρεπε να απέχουν από οποιαδήποτε έντονη σωματική δραστηριότητα. Το βραδινό τους γεύμα, καταγραφόταν αναλυτικά και έπρεπε να είναι το ίδιο και για τις επόμενες επισκέψεις τους στο εργαστήριο, ενώ για τις ώρες που ακολουθούσαν μέχρι την έναρξη του πειράματος δε θα έπρεπε να καταναλώσουν οποιαδήποτε άλλη τροφή. Τέλος οι εθελοντές την ημέρα πριν τη δοκιμασία έπρεπε να βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα υδάτωσης, ενώ δεν επιτρεπόταν η κατανάλωση οποιουδήποτε αλκοολούχου ποτού ή κάποιου που να περιέχει καφεΐνη. Νερό μπορούσαν να πιουν κατά βούληση.

Ερευνητικό πρωτόκολλο

Στις υπόλοιπες 4 επισκέψεις στο εργαστήριο, πραγματοποιήθηκαν οι πειραματικές μετρήσεις. Το πειραματικό στάδιο, περιελάμβανε 3 φάσεις. Πριν την έναρξη της 1^{ης} φάσης του ερευνητικού πρωτοκόλλου, γίνονταν τοποθέτηση καθετήρα στον εκάστοτε εθελοντή από ειδικευμένο προσωπικό και εν συνεχεία, και αφού ο

ασκούμενος είχε παραμείνει καθισμένος σε δροσερό περιβάλλον για 10 με 15 περίπου λεπτά, ξεκινούσε το πείραμα.

1η φάση πρωτοκόλλου: ***Στάδιο μείωσης των επιπέδων νατρίου στο αίμα.***

Κατά την 1η φάση οι εθελοντές ασκούνταν σε κυκλοεργόμετρο και δαπεδοεργόμετρο εναλλάξ για 180 λεπτά και σε σχετικά μικρή ένταση (περίπου στους 130-140 bpm ή διαφορετικά στο 40-70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου).

Καθ' όλη τη διάρκεια των 3 ωρών, η άσκηση διακόπτονταν ανά 25 λεπτά και μεσολαβούσε ένα πεντάλεπτο διάλειμμα ξεκούρασης, κατά το οποίο πραγματοποιούνταν 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 1ης, της 2ης, και της 3ης ώρας, λαμβάνονταν δείγματα αίματος (ποσότητα 8 ml κάθε φορά).

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

2η φάση: ***Στάδιο εξάντλησης μυϊκού γλυκογόνου.***

Στη συνέχεια οι εθελοντές κλήθηκαν να επιτελέσουν ένα σετ αποτελούμενο από 8x30 επαναλήψεις άρσεων γαστροκνημίων επί 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 πραγματοποιούνταν 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.

3η φάση: ***Στάδιο περαιτέρω μείωσης των επιπέδων νατρίου στο αίμα.***

Τέλος, ακολουθήθηκε ένα τρίτο σετ άσκησης στο δαπεδοεργόμετρο σε σχετικά χαμηλή ταχύτητα (5,5 kph) και σε κλίση (12%), διάρκειας 45 λεπτών, στην αρχή και στο τέλος του οποίου ο εθελοντής ζυγίζονταν ώστε να υπολογιστεί η τελική μεταβολή του σωματικού του βάρους.

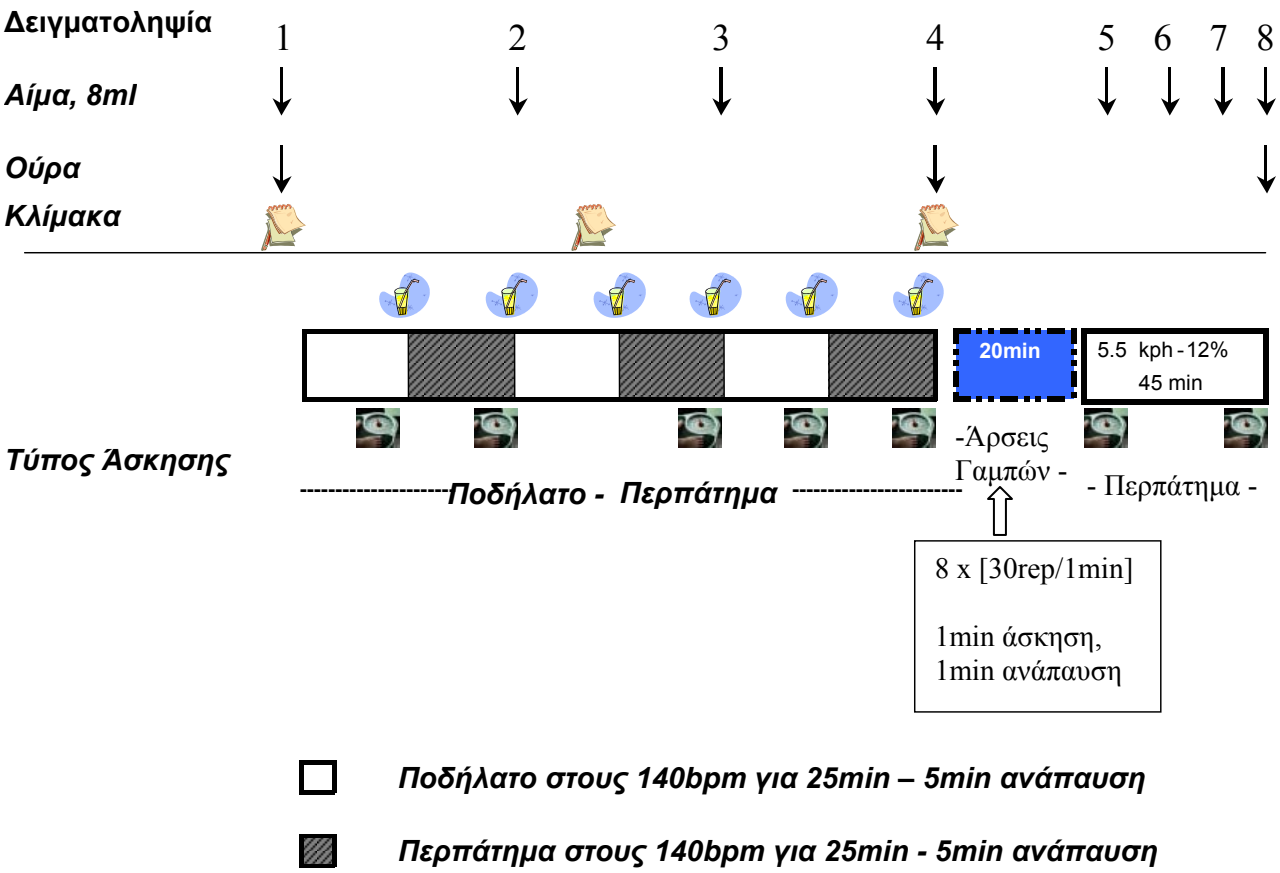
Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας του τελευταίου μέρους του ερευνητικού πρωτοκόλλου, λαμβάνονταν δείγματα αίματος, ενώ ο εθελοντής βρίσκονταν εν κινήσει, κάθε 15 λεπτά. Στο τέλος γίνονταν και μια τελευταία συλλογή δείγματος ούρων.

Σε συμφωνία και με τις οδηγίες του Αμερικανικού Κολεγίου Αθλητικής Ιατρικής (2000), ο κάθε εθελοντής, στο τελευταίο αυτό σετ άσκησης, κατανάλωνε επιπλέον 150 ml (από το εκάστοτε ποτό) κάθε 15 λεπτά.

Επιπρόσθετες μετρήσεις

Σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών καταγράφηκαν σε ειδικά ερωτηματολόγια (Παράρτημα 2) εκτιμήσεις όσον αφορά: (i) το αίσθημα της δίψας, (ii) της αίσθησης πληρότητας του στομάχου, (iii) της ξηρότητας του στόματος και (iv) της γεύσης του προσφερόμενου διαλύματος.

Συνοπτικά το ερευνητικό πρωτόκολλο, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Ποδήλατο στους 140bpm για 25min – 5min ανάπαυση

Περπάτημα στους 140bpm για 25min - 5min ανάπαυση

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

HNa: Διάλυμα 6% γλυκόζης με νάτριο συγκέντρωσης 84mg/100ml (Gatorade Endurance Hydration Formula)
LNa: Διάλυμα 6% γλυκόζης με νάτριο συγκέντρωσης 52mg/100 ml (Gatorade Thirst Quencher – European Gatorade)
Plac: Απιονισμένο νερό με προσθετικά γεύσης και χρώματος (ελεύθερο θερμίδων και με ίχνη νατρίου)
Wat: Μεταλλικό νερό με ίχνη νατρίου (San Benedetto, Bottle Water)

Η όλη διαδικασία κάθε δοκιμασίας διαρκούσε περίπου 4 ώρες. Οι εθελοντές ασκούνταν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος φορώντας μόνο ένα αθλητικό σορτσάκι και τα αθλητικά τους παπούτσια. Το πείραμα πραγματοποιούνταν σε θερμοκρασία δωματίου 30 ^{o}C και μεταξύ των πειραμάτων μεσολαβούσε χρονικό διάστημα αποκατάστασης 5 έως 10 ημερών.

Αναλύσεις δειγμάτων

Η **γλυκόζη** και τα **μη εστεροποιημένα λιπαρά οξέα** μετρήθηκαν 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 στις 9,500 rpm. 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 ορού** (νάτριο και κάλιο) μετρήθηκαν δύο φορές για κάθε δείγμα, με τη βοήθεια αναλυτή ξηρών αντιδραστηρίων (Kodac, EKTACHEM, DT60 Analyzer). Οι **ωσμωτικότητες ορού** υπολογίσθηκαν την ίδια μέρα σε ωσμόμετρο 2D3 της Advanced Instruments Inc., USA. Στο ίδιο μηχάνημα μετρήθηκε η **ωσμωτικότητα ούρων,** ενώ στο Kodac, EKTACHEM, DT60 Analyzer, η περιεκτικότητά τους σε **ηλεκτρολύτες** (νάτριο και κάλιο). Επίσης, μετρήθηκε και το **ειδικό βάρος** τους σε διαθλασίμετρο. Το **γαλακτικό οξύ** μετρήθηκε σε

κάθε αιμοληψία με τη βοήθεια του Accutrend BM Lactate (ROCHE). Τέλος, μετρήθηκε και η **αλδοστερόνη** πλάσματος με τη ραδιοανοσολογική μέθοδο (RIA).

Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι ± μία τυπική απόκλιση. Οι συγκρίσεις ανάμεσα στις διάφορες δοκιμές της μελέτης έγιναν με ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Repeated Measures Analysis of Variance). Ως αποδεκτό σημείο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε το $p < 0.05$. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Statistica (Έκδοση 1994-1999).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται με τη μορφή γραφημάτων, όπου

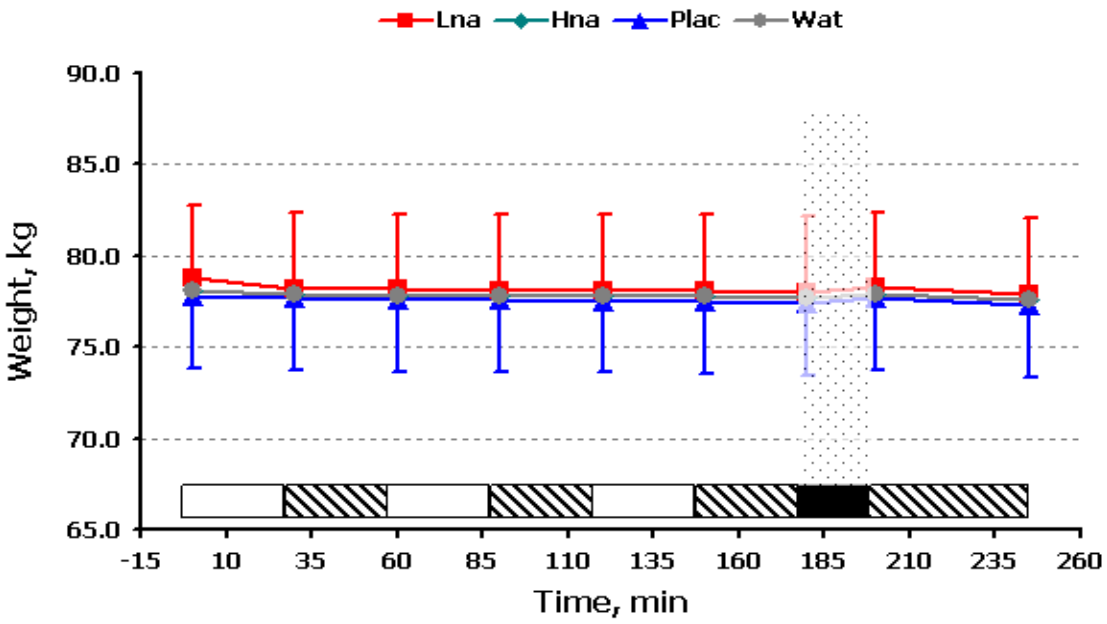
Αναπαριστά άσκηση σε κυκλοεργόμετρο

Αναπαριστά άσκηση σε δαπεδοεργόμετρο

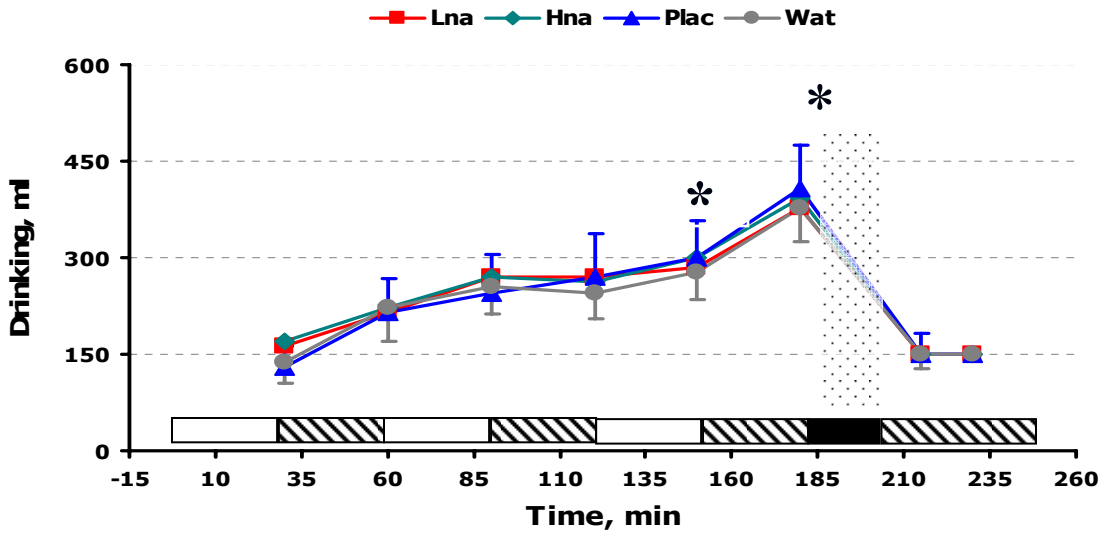
Αναπαριστά τις πελματιαίες κάμψεις ποδοκνημίων επί ακροστασία

Αλλαγές στο σωματικό βάρος

Στα διαγράμματα 1 και 2 παρουσιάζονται οι αλλαγές στο σωματικό βάρος και τον προσλαμβανόμενο όγκο υγρών, καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης, αντίστοιχα. Το σωματικό βάρος των εθελοντών παρέμεινε σταθερό σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων. Γενικά, ο μέσο όγκος των προσλαμβανόμενων υγρών και για τις 4 δοκιμές βρέθηκε ότι είναι 224 ± 81.5 ml.



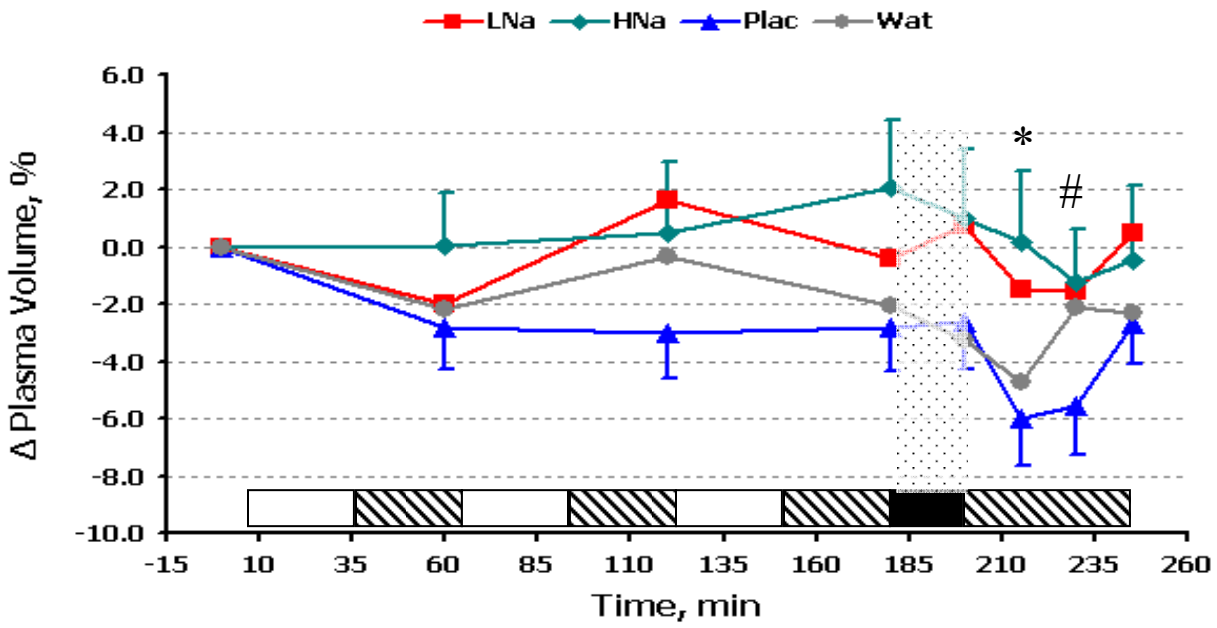
Διάγραμμα 1. Αλλαγές στο σωματικό βάρος.



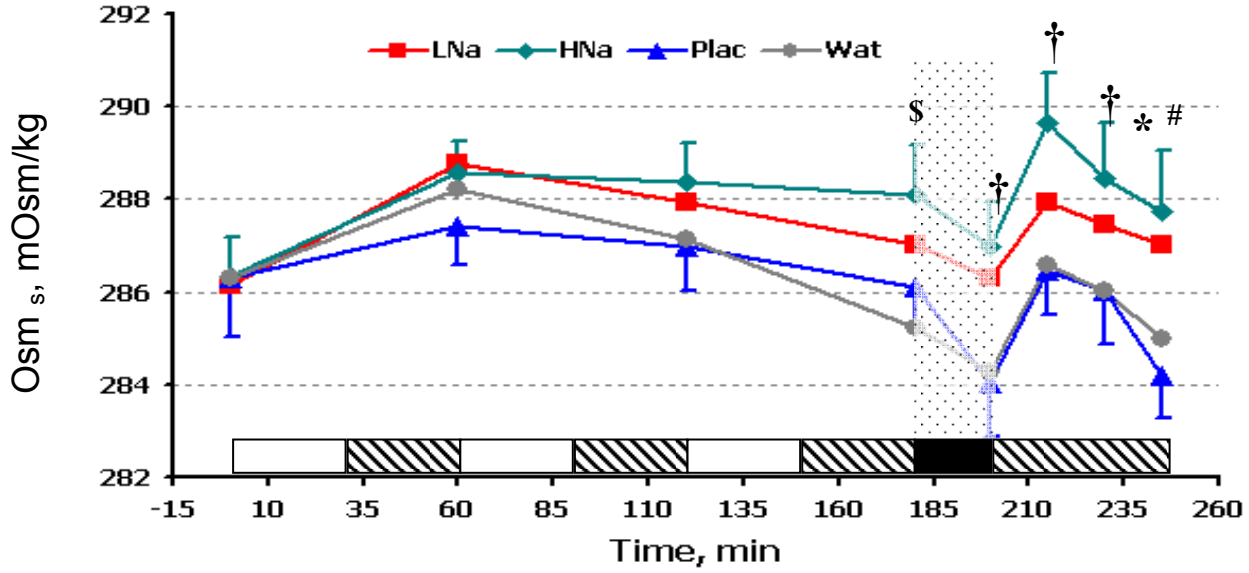
Διάγραμμα 2. Αλλαγές στον όγκο των προσλαμβανόμενων υγρών. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά όλων των ποτών με την αρχική τιμή, $p < 0.001$.*

Αλλαγές στον όγκο πλάσματος και στην ωσμωτικότητα ορού

Στα διαγράμματα 3 και 4 παρουσιάζονται οι αλλαγές στον όγκο πλάσματος και την ωσμωτικότητα ορού, καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι ο όγκος πλάσματος στη δοκιμασία με την πρόσληψη του Plac μειώθηκε σημαντικά κατά τη στιγμή των 230 min σε σχέση με την αρχή της άσκησης ($p < 0.05$), ενώ με τις άλλες δοκιμές δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον τη στιγμή 215 min, η διαφορά στον όγκο πλάσματος βρέθηκε στατιστικά μικρότερη για το Plac σε σχέση με το HNa ($p < 0.01$). Κατά μέσο όρο η διαφορά στον όγκο πλάσματος για το HNa και το Plac ήταν +0.25% ± 0.97 και -3% ± 1.83, αντίστοιχα. Όσον αφορά στην ωσμωτικότητα ορού, στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποτών άρχισαν να παρατηρούνται ήδη από τη στιγμή 180 min, δηλαδή στο τέλος της 1^{ης} φάσης των πειραμάτων ($p < 0.01$). Η ωσμωτικότητα με την πρόσληψη Plac στο τέλος της άσκησης βρέθηκε πολύ μικρότερη σε σχέση με την αρχή ($p < 0.01$), ενώ η ωσμωτικότητα των HNa και LNa βρέθηκε μεγαλύτερη από αυτή του Plac και του Wat στο τέλος της άσκησης ($p < 0.001$). Ωστόσο, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των HNa, LNa με το Plac και το Wat.



Διάγραμμα 3. Αλλαγές στον όγκο πλάσματος. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ Plac και HNa, $p < 0.01$.* # *Στατιστικά σημαντική διαφορά στη τιμή του Plac σε σχέση με την αρχική του τιμή, $p < 0.05$.*



Διάγραμμα 4. Αλλαγές στην ωσμωτικότητα ορού. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά των HNa, LNa με τα Wat και Plac, p < 0.001.* # *Στατιστικά σημαντική διαφορά στο Plac με την αρχική τιμή, p < 0.05.* **$** *Στατιστικά σημαντική διαφορά των HNa, LNa με Wat , p < 0.01.* † *Στατιστικά σημαντική διαφορά του HNa με τα Wat και Plac, p < 0.00.*

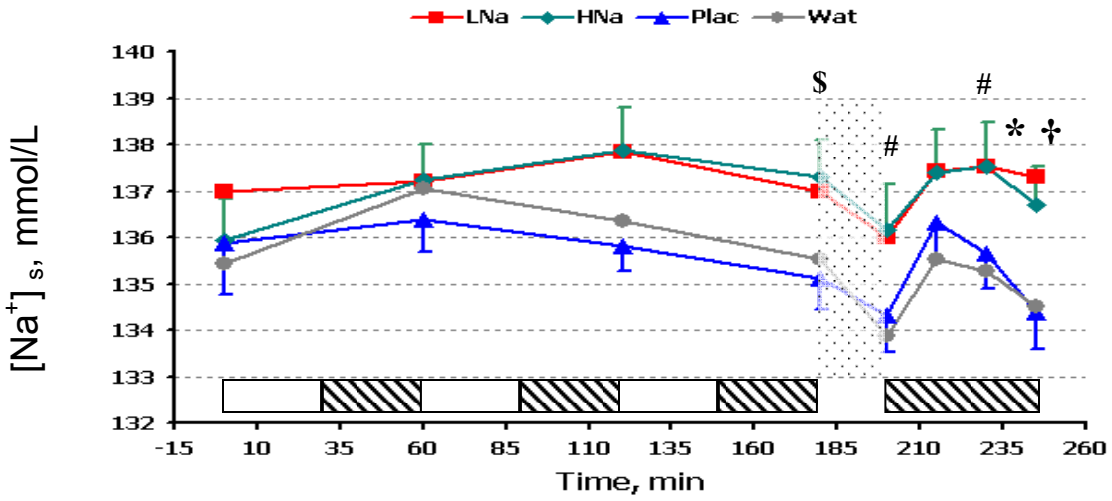
<u>Αλλαγές στη συγκέντρωση ηλεκτρολυτών</u>

Στα διαγράμματα 5 και 6 παρουσιάζονται οι αλλαγές στη συγκέντρωση του νατρίου και καλίου ορού, καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, αντίστοιχα. Η συγκέντρωση νατρίου κατά τη στιγμή των 245 min βρέθηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη με την πρόσληψη HNa και LNa, σε σχέση με το Wat και το Plac ($p < 0.001$), ενώ παράλληλα η συγκέντρωση νατρίου κατά τη στιγμή των 245 min βρέθηκε στατιστικά μικρότερη με τη πρόσληψη Wat και Plac σε σχέση με τη στιγμή 0 min (p <

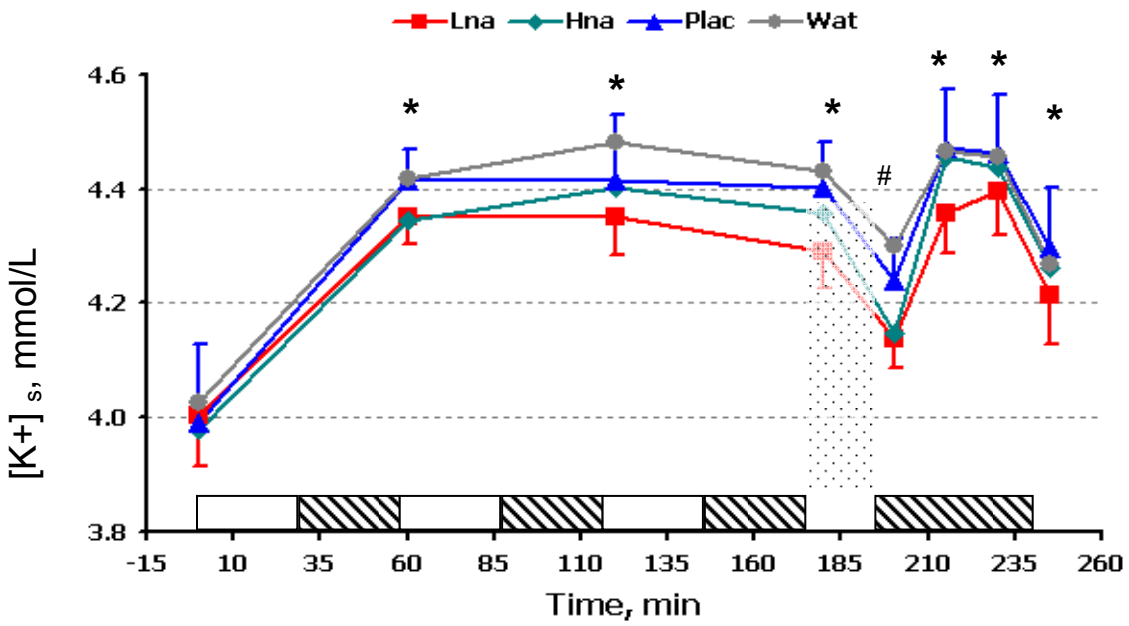
0.05). Για τα HNa και LNa δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά, ούτε μεταξύ τους ούτε σε σχέση με τη στιγμή 0 min.

Στο τέλος των πειραμάτων στα ποτά HNa και LNa παρουσιάστηκε ήπια υπονατριαιμία ($[Na^+]_s$ < 135 mmol/L) σε 2 μόνο από τα 13 άτομα (15.38%), ενώ στα ποτά Plac και Wat τα άτομα που παρουσίασαν υπονατριαιμία, στο τέλος της άσκησης, ήταν 7 (53.85%) και 8 (61.54%) αντίστοιχα.

Όσον αφορά στη συγκέντρωση καλίου ορού δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα ποτά, παρά μόνο σε σχέση με τη στιγμή 0 min, που ήταν σημαντικά υψηλότερη ($p < 0.01$).



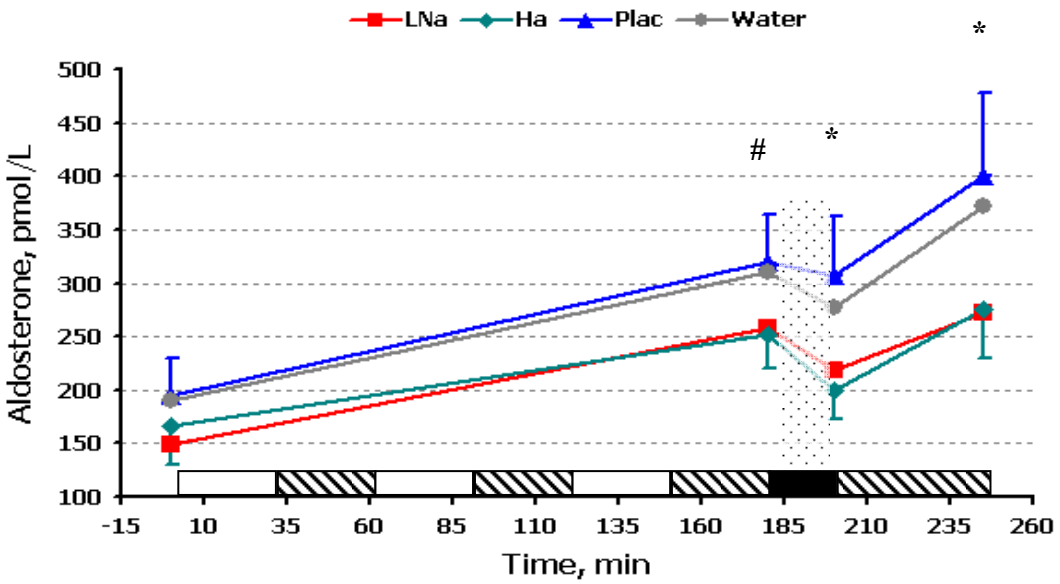
Διάγραμμα 5. Αλλαγές στη συγκέντρωση νατρίου ορού. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά των LNa και HNa με τα Wat και Plac, $p < 0.05$. † Στατιστικά σημαντική διαφορά των Plac και Wat με τις αρχικές τιμές, $p < 0.05$. # Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των LNa και HNa με το Wat, $p < 0.05$. $ Στατιστικά σημαντική διαφορά των LNa και HNa με το Plac, $p < 0.05$.*



Διάγραμμα 6. Αλλαγές στη συγκέντρωση καλίου ορού. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά όλων των ποτών με την αρχική τιμή, $p < 0.01$. # Στατιστικά σημαντική διαφορά στο Plac και Wat με τις αρχικές τιμές , $p < 0.001$.*

<u>Αλλαγές στη συγκέντρωση αλδοστερόνης πλάσματος</u>

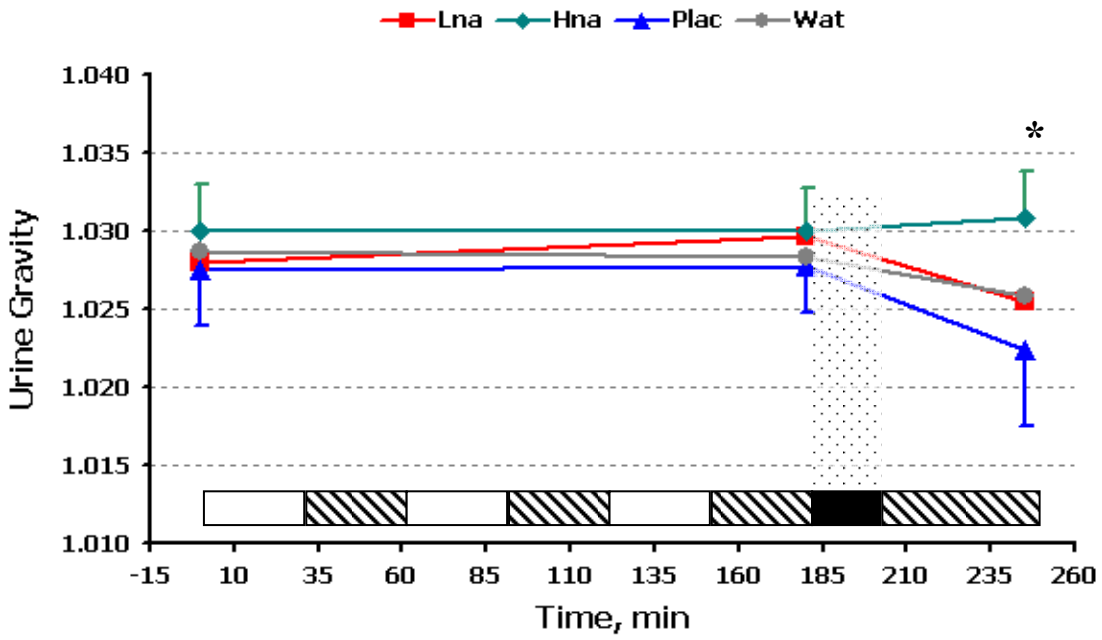
Οι αλλαγές στη συγκέντρωση αλδοστερόνης πλάσματος παρουσιάζονται στο διάγραμμα 7. Τις στιγμές 180, 200 και 245 min η αλδοστερόνη βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τη στιγμή 0 min ($p < 0.001$), ενώ κατά τις στιγμές 200 και 245 min παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των HNa, LNa και των Plac, Wat ($p < 0.001$). Ωστόσο, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά του HNa με το LNa και του Plac με το Wat.



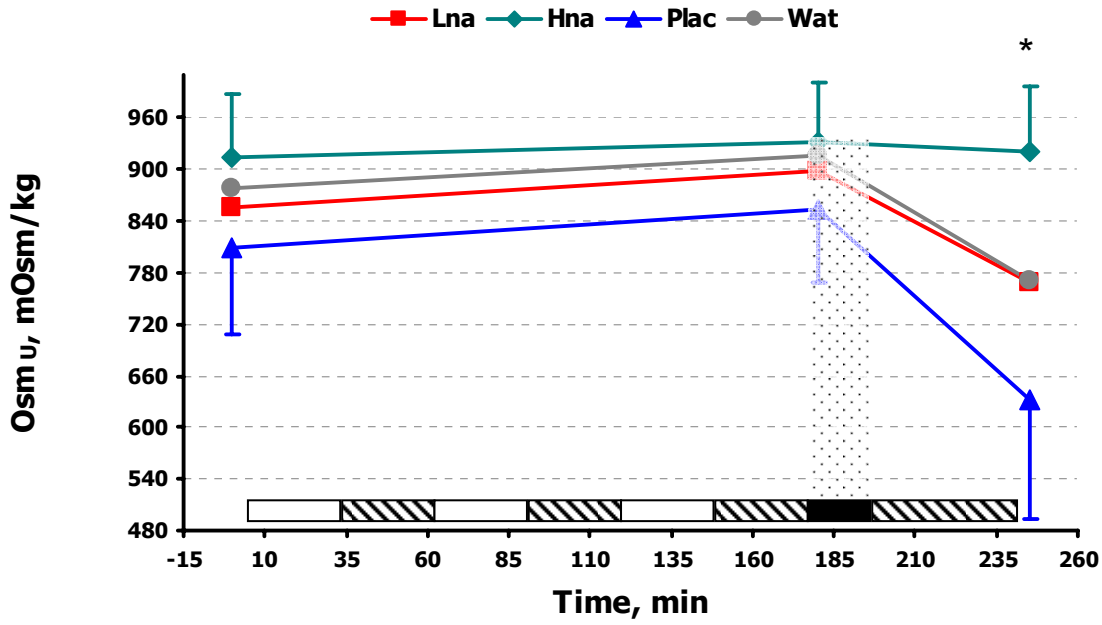
Διάγραμμα 7. Αλλαγές στη συγκέντρωση αλδοστερόνης πλάσματος. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά των Plac, Wat με τα LNa, HNa, p < 0.001.* # *Στατιστικά σημαντική διαφορά όλων των ποτών με τις αρχικές τιμές, p < 0.001.*

<u>Αλλαγές στο ειδικό βάρος ούρων, στην ωσμωτικότητα ούρων και στη συγκέντρωση νατρίου ούρων</u>

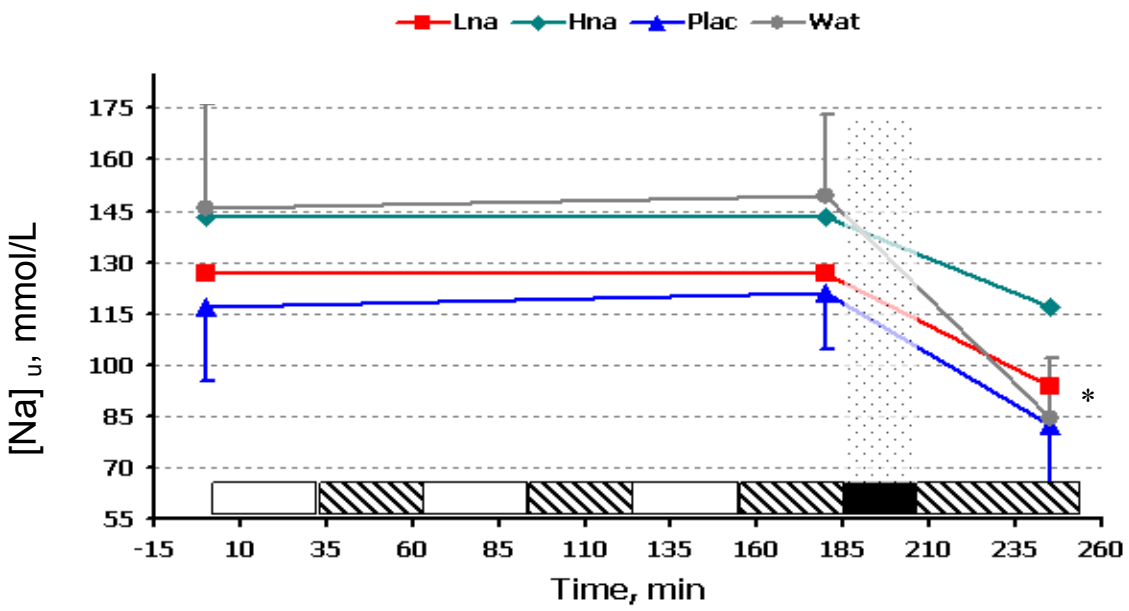
Στα διαγράμματα 8, 9 και 10 παρουσιάζονται οι αλλαγές στις παραπάνω παραμέτρους, καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, αντίστοιχα. Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα, κατά τη στιγμή των 245 min το ειδικό βάρος και η ωσμωτικότητα των ούρων των εθελοντών βρέθηκαν σημαντικά μεγαλύτερα για το HNa σε σχέση με το Plac ($p < 0.05$ και $p < 0.01$ αντίστοιχα). Αν και υπήρχε μια τάση μείωσης του ειδικού βάρους και της ωσμωτικότητας ούρων για τα ποτά LNa, Plac και Wat κατά τη στιγμή των 245 min σε σχέση με τη στιγμή 0 min, αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Παρόμοια τάση είχε και η συγκέντρωση νατρίου ούρων κατά τη στιγμή των 245 min για τα ποτά HNa, LNa και Plac, αλλά στατιστικά σημαντική ήταν του Wat ($p < 0.001$).



Διάγραμμα 8. Αλλαγές στο ειδικό βάρος ούρων. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του HNa και του Plac, $p < 0.05$.*



Διάγραμμα 9. Αλλαγές στην ωσμωτικότητα ούρων. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του HNa και Plac, $p < 0.01$.*

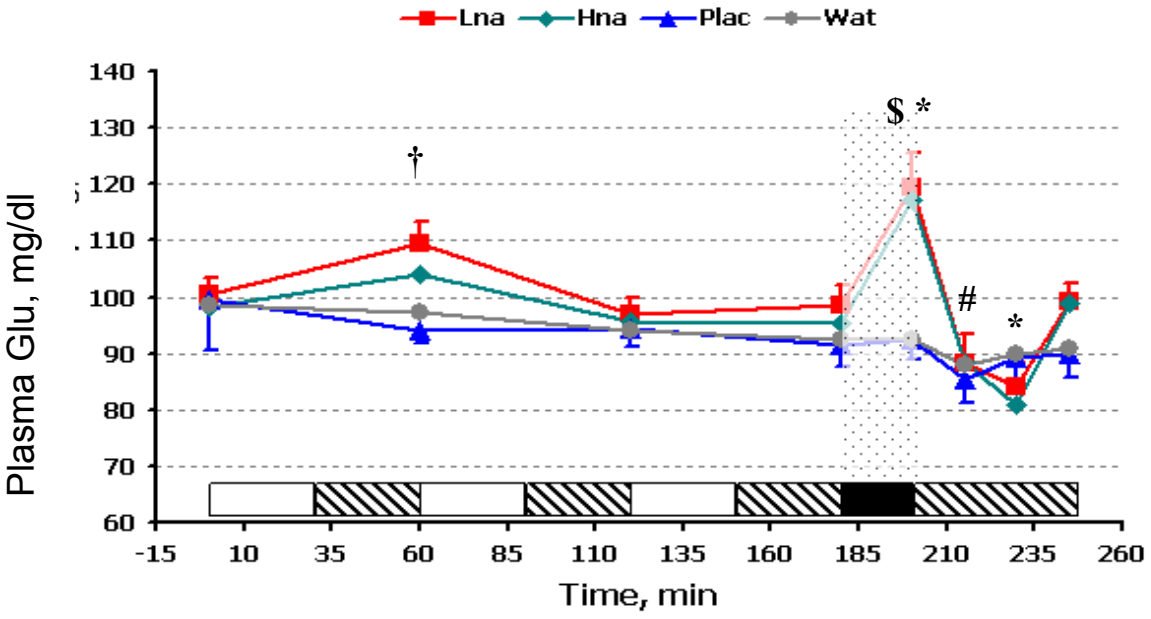


Διάγραμμα 10. Αλλαγές στη συγκέντρωση νατρίου ούρων. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά του Wat σε σχέση με την αρχική τιμή, $p < 0.001$.*

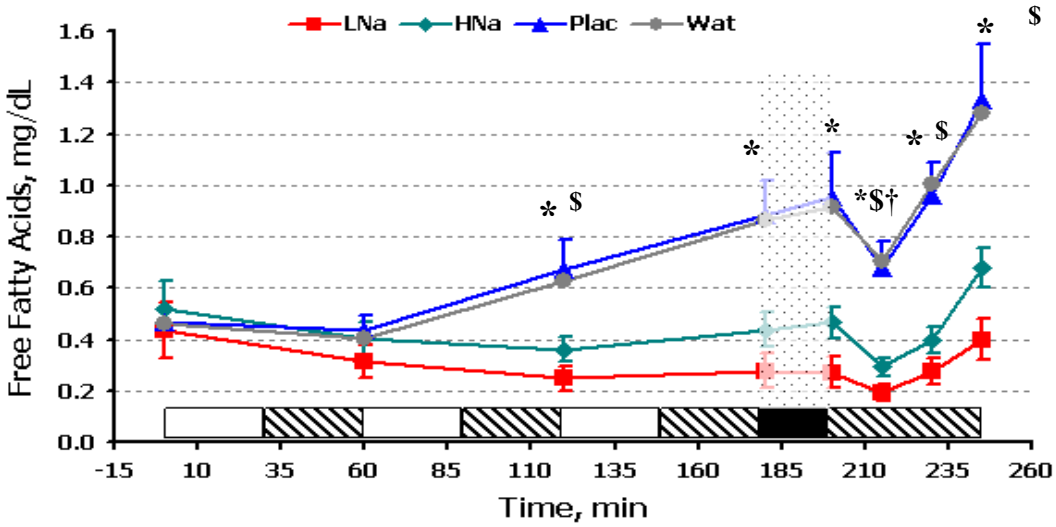
<u>Αλλαγές στη συγκέντρωση γλυκόζης και λιπαρών οξέων</u>

Τα διαγράμματα 11 και 12 παρουσιάζουν τις αλλαγές στη συγκέντρωση γλυκόζης και των μη εστεροποιημένων λιπαρών οξέων πλάσματος, καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, αντίστοιχα. Στατιστικά σημαντικές αλλαγές στις παραπάνω συγκεντρώσεις άρχισαν να φαίνονται ήδη από την 1η φάση των πειραμάτων. Αν και μόνο τη στιγμή 200 min, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ποτών HNa, LNa με τα Plac, Wat ($p < 0.001$), στο τέλος της άσκησης (245 min) δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, ούτε μεταξύ των ποτών ούτε σε σχέση με τη στιγμή 0 min. Επίσης, κατά τη στιγμή των 200 min η συγκέντρωση γλυκόζης πλάσματος για τα HNa, LNa ήταν πολύ

μεγαλύτερη σε σχέση με τη στιγμή 0 min ($p < 0.001$). Όσον αφορά τη συγκέντρωση των λιπαρών οξέων, οι διαφορές ήταν πιο εμφανείς.



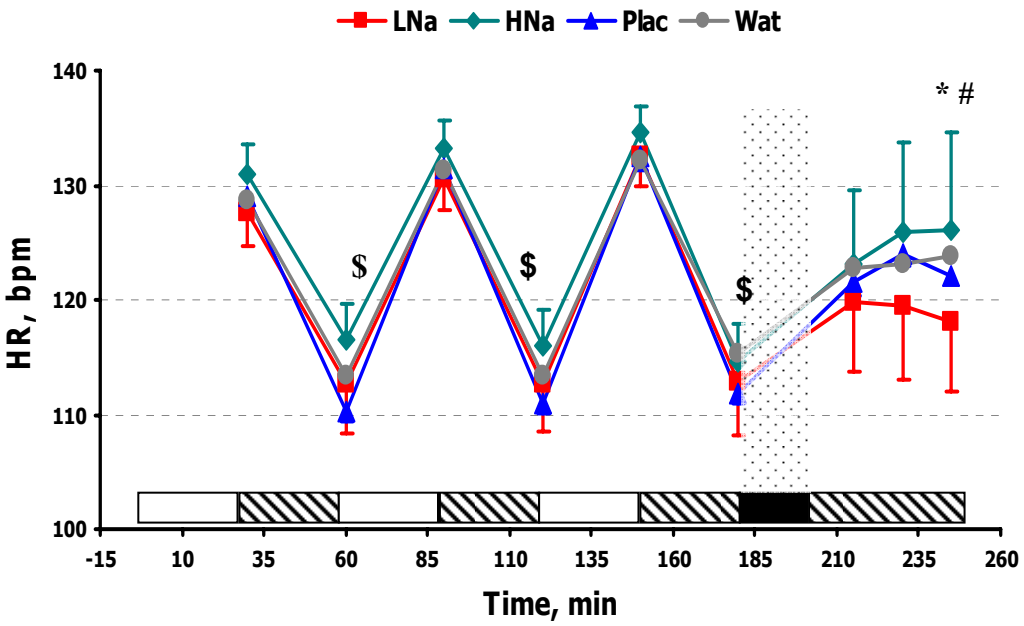
Διάγραμμα 11. Αλλαγές στη συγκέντρωση γλυκόζης πλάσματος. **Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των LNa και HNa με τις αρχικές τιμές , $p < 0.01$. # Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των Plac και LNa με τις αρχικές τιμές, $p < 0.05$. $ Στατιστικά σημαντική διαφορά των LNa και HNa με τα Plac και Wat, $p < 0.001$. † Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των LNa και Plac, $p < 0.001$.*



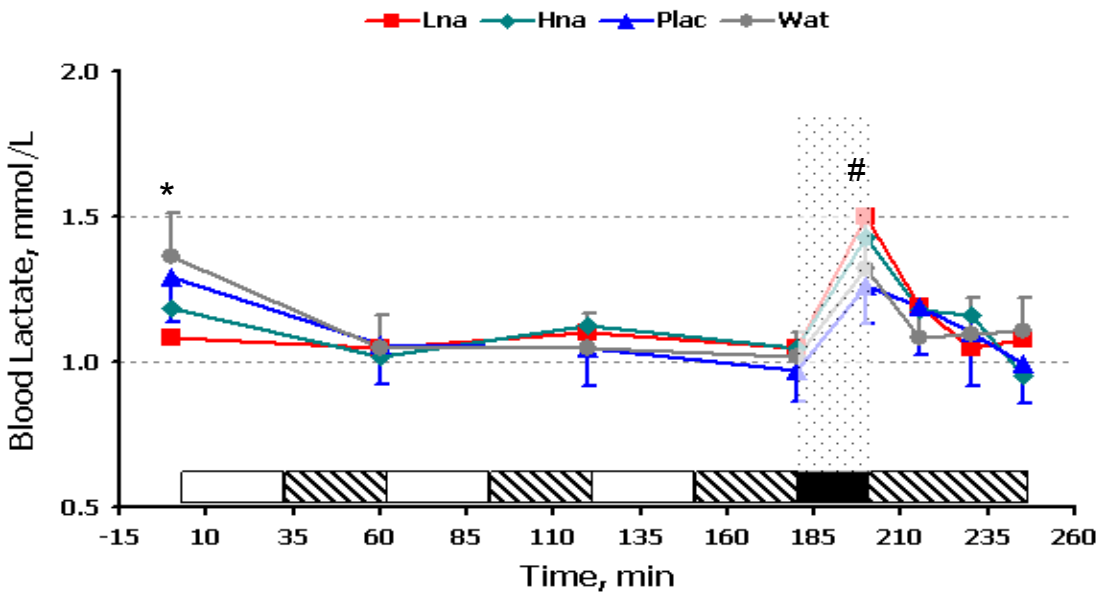
Διάγραμμα 12. Αλλαγές στη συγκέντρωση λιπαρών οξέων. **Στατιστικά σημαντική διαφορά των Plac και Wat3 με τα LNa και HNa, $p < 0.001$. $ Στατιστικά σημαντική διαφορά των Plac και Wat τις αρχικές τιμές, $p < 0.05$. † Στατιστικά σημαντική διαφορά των LNa και HNa με τις αρχικές τιμές, $p < 0.01$.*

<u>Αλλαγές στην καρδιακή συχνότητα και το γαλακτικό οξύ</u>

Η σχέση καρδιακής συχνότητας και του γαλακτικού οξέος με το χρόνο στα διάφορα ποτά φαίνονται στα διαγράμματα 13 και 14.



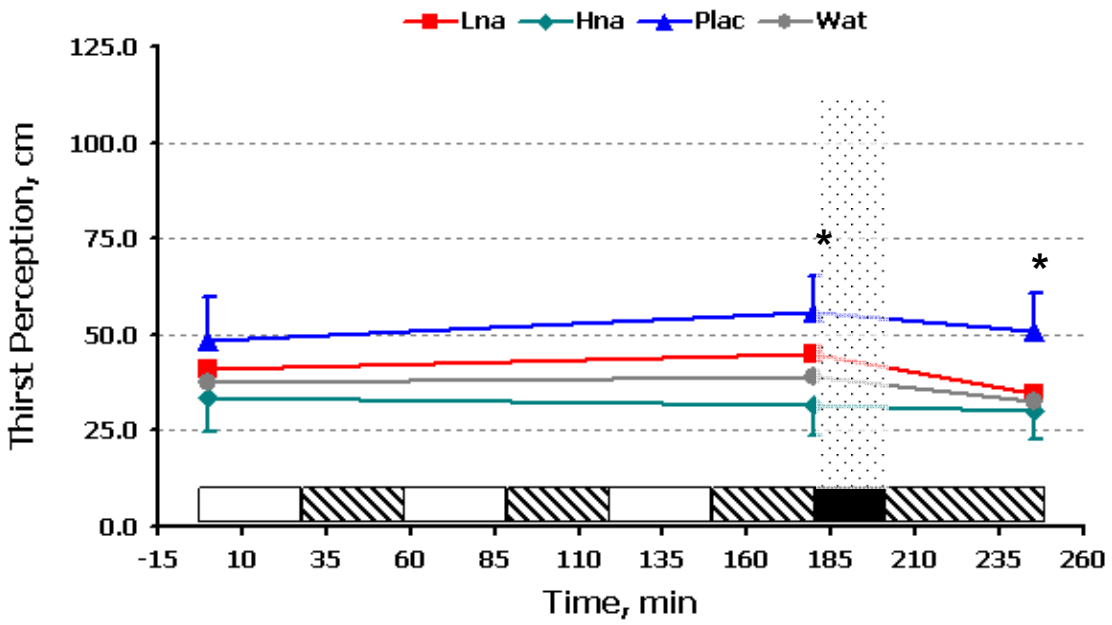
Διάγραμμα 13. Αλλαγές στην καρδιακή συχνότητα. **Στατιστικά σημαντική διαφορά του HNa με το LNa, $p < 0.01$. # Στατιστικά σημαντική διαφορά των LNa και Plac με τις αρχικές τιμές, $p < 0.05$. **$** Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ όλων των ποτών με τις αρχικές τιμές, $p < 0.001$.*



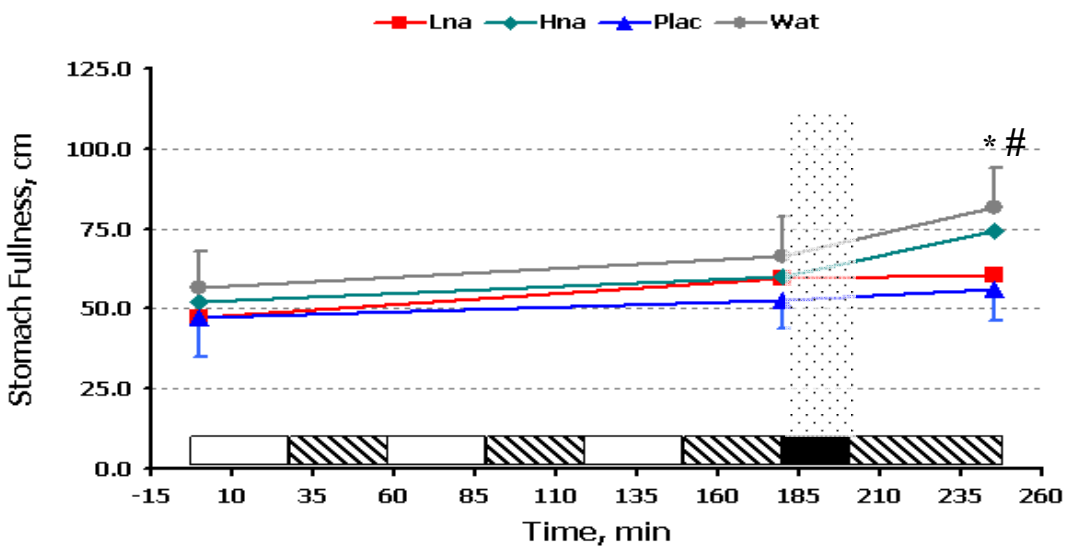
Διάγραμμα 14. Αλλαγές στη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος. **Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του LNa και του Wat, $p < 0.05$. # Στατιστικά σημαντική διαφορά του LNa με την αρχική τιμή, $p < 0.001$.*

<u>Αλλαγές στο αίσθημα δίψας, κορεσμού, ξηρότητας στόματος και γεύσης</u>

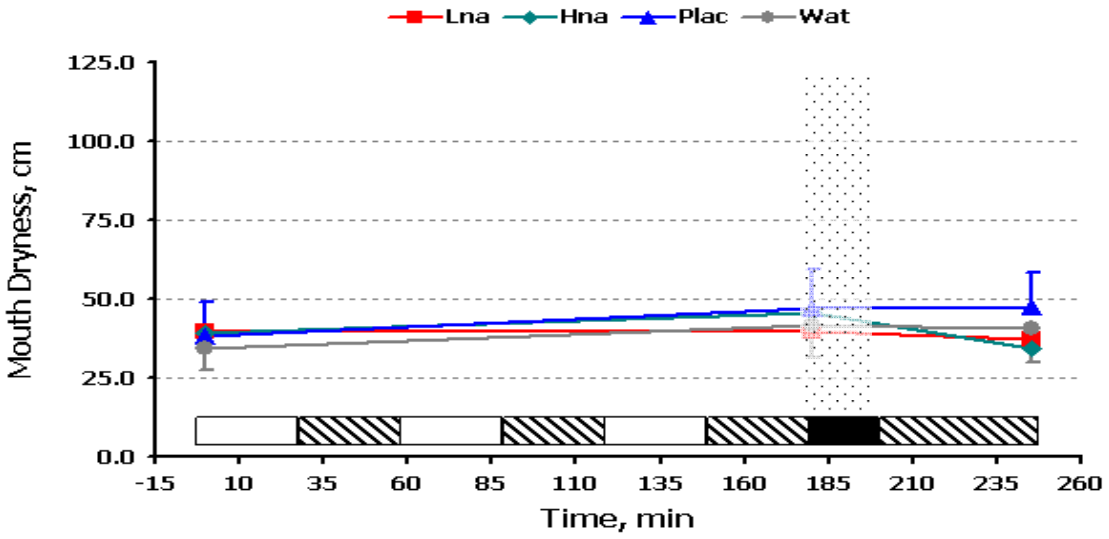
Οι αλλαγές στις παραπάνω παραμέτρους φαίνονται στα διαγράμματα 15, 16, 17 και 18. Εκείνο το αποτέλεσμα που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι τις στιγμές 180, 245 min το αίσθημα της δίψας ήταν μεγαλύτερο για το Plac σε σχέση με τα υπόλοιπα ποτά ($p < 0.05$), ενώ πιο γευστικό φάνηκε να είναι το LNa ($p < 0.01$).



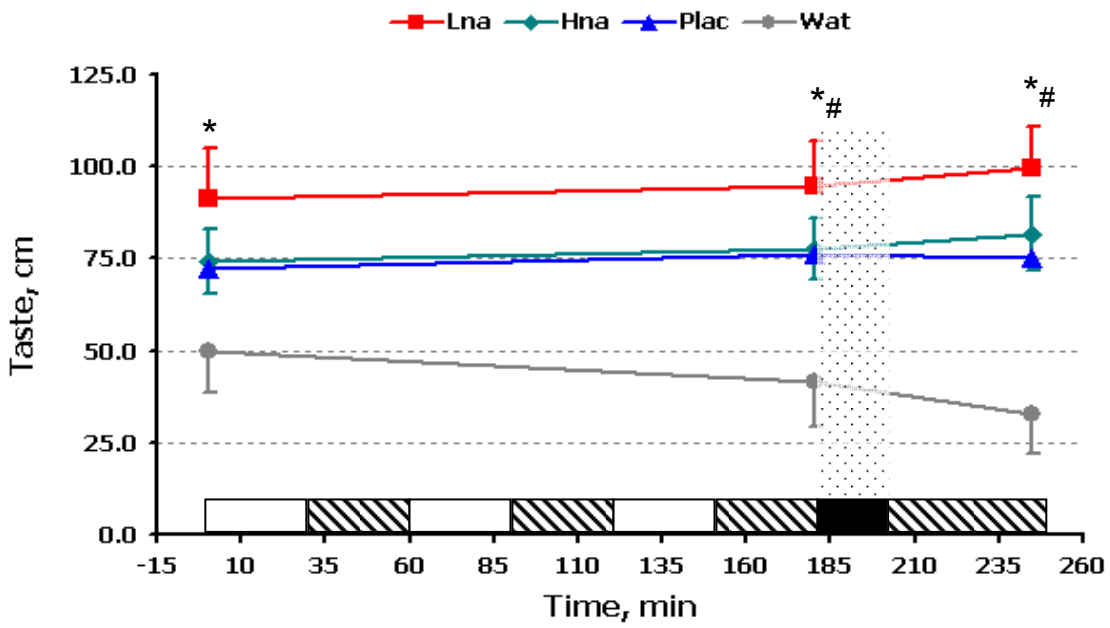
Διάγραμμα 15. Αλλαγές στο αίσθημα της δίψας.**Στατιστικά σημαντική διαφορά του Plac με το HNa, $p < 0.05$.*



Διάγραμμα 16. Αλλαγές στο αίσθημα κορεσμού. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά Wat και HNa με τις αρχικές τιμές, $p < 0.05$.* # *Στατιστικά σημαντική διαφορά του Wat με το Plac, $p < 0.001$.*



Διάγραμμα 17. Αλλαγές στο αίσθημα ξηρότητας στόματος.



Διάγραμμα 18. Αλλαγές στο αίσθημα της γεύσης. * *Στατιστικά σημαντική διαφορά του LNa με τα HNa, Plac και Wat $p < 0.001$ και του HNa με Wat, $p < 0.01$. # Στατιστικά σημαντική διαφορά του Wat με την αρχική τιμή, $p < 0.01$.*

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το πιο σημαντικό εύρημα της μελέτης αυτής είναι ότι η εμφάνιση υπονατριαιμίας ($[Na^+]_s$ < 135 mmol/L), που μπορεί να παρουσιαστεί κατά τη διάρκεια παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας σε θερμό περιβάλλον όταν οι ασκούμενοι καταναλώνουν υγρά σε ποσότητες που να αντισταθμίζουν τις απώλειες που συμβαίνουν μέσω του ιδρώτα, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χορήγηση αθλητικών ποτών που περιέχουν νάτριο. Αυτό φαίνεται από τα αποτελέσματα που έδειξαν ότι τα ποτά HNa και LNa μείωσαν την επίπτωση ήπιας υπονατριαιμίας (<135 mmol/L) σε 15.38% από 53.85% και 61.54% σε σχέση με το Plac και το Wat αντίστοιχα. Επίσης, όπως φάνηκε, ενώ τα ποτά LNa και

HNa συντήρησαν τα επίπεδα νατρίου ορού σταθερά ($[Na^+]_s$ = 137.09±0.61 mmol/L), στις δοκιμασίες με τα ποτά Plac και Wat οι τιμές του ($[Na^+]_s$ = 135.46±0.87 mmol/L) σημείωσαν σημαντική πτώση ($p < 0.05$). Επομένως, φαίνεται ότι η προσθήκη νατρίου στα αθλητικά ποτά είναι σημαντική για την αποφυγή εμφάνισης υπονατριαιμίας όπως έχει φανεί και από άλλες μελέτες (Twerenbold et al. 2003, Vrijens and Rehrer 1999). Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί ότι κανένα άτομο δεν παρουσίασε σοβαρή υπνατριαιμία ($[Na^+]_s$ < 130 mmol/L) (με εξαίρεση ένα άτομο στο ποτό LNa κατά τη στιγμή των 210 min, που είχε ($[Na^+]_s$ = 129.5, που ήταν οριακό) σε καμία χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια των πειραμάτων με κανένα από τα ποτά που δοκιμάστηκαν, ενώ κανένα από τα άτομα της μελέτης δεν παρουσίασε κλινικά συμπτώματα της κατάστασης αυτής, όπως για παράδειγμα ζαλάδα ή ναυτία. Συνεπώς, η μελέτη αυτή φαίνεται να στηρίζει τα ευρήματα άλλων ερευνών (Almond et al. 2005, Noakes et al. 1985, Speedy et al. 1997, Frizzell et al. 1986, Hew et al. 2003, Reynolds et al. 1998) που δείχνουν πως τα περιστατικά σοβαρής υπονατριαιμίας είναι πιθανότερο να εμφανιστούν όταν έχουμε υπερφόρτωση του οργανισμού σε υγρά.

Στις δοκιμασίες που χορηγήθηκαν Plac ή Wat τα περισσότερα άτομα ανέπτυξαν μια ήπια υπονατριαιμία στο τέλος των 4 ωρών του πειράματος ($[Na^+]_s$ = 134.4±2 mmol/L και $[Na^+]_s$ = 134.5 mmol/L αντίστοιχα) παρότι ο όγκος των χορηγούμενων υγρών δεν ξεπέρασε τις απώλειες που συνέβαιναν μέσω του ιδρώτα. Το εύρημα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα της μελέτης των Vrijens και Rehrer (1999) όπου παρουσιάστηκαν περιστατικά υπονατριαιμίας ακόμα και απουσία υπερυδάτωσης. Άλλωστε, σε όλες τις δοκιμασίες το βάρος των ατόμων δεν παρουσίασε σημαντικές διακυμάνσεις (διάγραμμα 1). Επομένως, η ήπια υπονατριαιμία που παρουσιάστηκε στα

άτομα της παρούσας μελέτης δεν μπορεί να αποδοθεί σε υπερκατανάλωση υγρών. Είναι πιθανόν ότι οι απώλειες νατρίου από μόνες τους να ευθύνονται για την εμφάνιση ήπιας υπονατριαιμίας, υπόθεση που έχει διατυπωθεί και από τον Weschler LB. (2005).

Ποια είναι όμως η βέλτιστη ποσότητα νατρίου ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος εμφάνισης υπονατριαιμίας έπειτα από παρατεταμένη άσκηση; Οι Vrijens και Rehrer (1999) βρήκαν μικρότερη μείωση στη συγκέντρωση νατρίου πλάσματος όταν τα άτομα της μελέτης τους κατανάλωναν 1.2 L υγρών ανά ώρα, ποτών που περιείχαν νάτριο ίσο με 18 mmol/L σε σχέση με το σκέτο νερό. Οι Twerenbold et al. (2003) πρότειναν την κατανάλωση αθλητικών ποτών που να περιέχουν 680 mg/L νατρίου (31 mmol/L) σε γυναίκες που πραγματοποιούν παρατεταμένη φυσική δραστηριότητα για την αποφυγή εμφάνισης υπονατριαιμίας, αν και στην ίδια έρευνα το ποτό ελέγχου (control) που περιείχε 410 mg/L νάτριο (19 mmol/L) μπόρεσε να αποτρέψει τη μείωση των επιπέδων νατρίου στο πλάσμα εξίσου αποτελεσματικά με το ποτό υψηλότερης συγκέντρωσης. Οι Shirreffs et al. (1998) υπολόγισαν ότι η πρόσληψη 102 mmol/L νατρίου στα αθλητικά ποτά φαίνεται να μεγιστοποιεί την γρήγορη αποκατάσταση της ισορροπίας των υγρών (αν και έδειξαν κάποια επιφύλαξη όσον αφορά την επίδρασή της στη συνολική ισορροπία των ηλεκτρολυτών στο σώμα, διότι εμφανίστηκαν σημαντικές απώλειες ιόντων καλίου μέσω των ούρων κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης). Επιπλέον, οι Mitchell et al. (2000) υποστήριξαν πως δεν υπάρχει κανένα επιπλέον όφελος από την προσθήκη νατρίου συγκέντρωσης μεγαλύτερης των 25 mmol/L στα αθλητικά ποτά. Στην παρούσα έρευνα δεν φάνηκε να υπάρχει διαφορά στη συντήρηση των επιπέδων του νατρίου ορού κατά τη διάρκεια της φυσικής δραστηριότητας μεταξύ των ποτών LNa και HNa που περιείχαν 52 και 84 mg νατρίου ανά 100ml αντίστοιχα (ή διαφορετικά 24 και

38 mmol/L νατρίου). Επομένως, μία ποσότητα νατρίου ίση με 24 mmol/L φαίνεται να είναι αρκετή για την πρόληψη της υπονατριαιμίας. Η ποσότητα αυτή βρίσκεται σε συμφωνία και με τις ισχύουσες συστάσεις (ACSM 2000). Άλλωστε, ένα επιπλέον πλεονέκτημα, όπως φάνηκε από την παρούσα μελέτη, ήταν ότι το ποτό LNa (με 24 mmol/L & 6% γλυκόζη) ήταν σημαντικά πιο ευχάριστο στη γεύση ($p < 0.001$) κάτι που είναι αρκετά σημαντικό για τους αθλητές που υποχρεώνονται να καταναλώσουν μεγάλες ποσότητες υγρών προκειμένου να αποφύγουν τον κίνδυνο της αφυδάτωσης.

Όσον αφορά τις αλλαγές στον όγκο πλάσματος, αυτός διατηρήθηκε, με μικρές διακυμάνσεις, σταθερός κατά τη διάρκεια των πειραμάτων και με τα 4 ποτά. Επομένως, ο συνολικός όγκος των υγρών ίσως να παίζει σημαντικότερο ρόλο στη διατήρηση του όγκου πλάσματος, παρά η συνολική τους περιεκτικότητα σε νάτριο, παρατήρηση που έρχεται σε συμφωνία και με άλλους ερευνητές (Mitchell et al. 2000).

Οι εθελοντές κατανάλωσαν συνολικά 223.93±81.55 ml/h, ποσότητα που είναι σημαντικά μικρότερη από την προτεινόμενη ποσότητα των 600-1200 ml/h από το Αμερικανικό Κολέγιο Αθλητιατρικής (ACSM, 2000). Η παρατήρηση αυτή μπορεί να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα πως οι ισχύουσες συστάσεις ίσως να είναι υπερβολικές, όσον αφορά την κατανάλωση υγρών, όπως άλλωστε έχει φανεί και από μελέτες άλλων ερευνητών (Twerenbold et al. 2003, Dugas et al. 2005). Για το λόγο αυτό, ίσως θα ήταν καλύτερο οι αθλητές, που επιθυμούν να βελτιστοποιήσουν την απόδοσή τους, να έχουν μετρήσει τις δικές τους απώλειες ιδρώτα, κατά τη διάρκεια των προπονήσεών τους κάτω από διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες, ώστε να είναι σε θέση κατά τη διάρκεια ενός αθλητικού διαγωνισμού να υπολογίσουν ποια θα είναι η κατάλληλη ποσότητα υγρών που θα πρέπει να καταναλώσουν και να μη βασίζονται σε γενικές οδηγίες.

Η ωσμωτικότητα του ορού διατηρήθηκε σταθερή και ίση με 287.15±1.3 mOsm/kg χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων ποτών με εξαίρεση τη δοκιμασία με το Plac όπου παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική μείωση στην ωσμωτικότητα του ορού στο τέλος των 4 ωρών σε σχέση με τις αρχικές τιμές ($p < 0.05$). Παρόλα αυτά, με τα ποτά HNa και LNa η ωσμωτικότητα του ορού ήταν υψηλότερη στο τέλος των 4 ωρών σε σχέση με τα ποτά Plac και Wat ($p < 0.01$) γεγονός που ήταν άλλωστε αναμενόμενο εξαιτίας της περιεκτικότητας των HNa και LNa σε νάτριο, σε αντίθεση με τα άλλα δύο ποτά.

Το κάλιο στον ορό φάνηκε να αυξάνεται κατά τη διάρκεια του πειράματος και στις 4 δοκιμασίες. Συνεπώς, η παρατήρηση αυτή μπορεί να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα πως η προσθήκη καλίου στα αθλητικά ποτά δεν είναι απαραίτητη αφού ο οργανισμός μπορεί από μόνος τους να διατηρεί τη συγκέντρωσή του σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Όσον αφορά τις αλλαγές στην αλδοστερόνη πλάσματος, ορμόνη που ρυθμίζει την επαναρρόφηση του νατρίου από τα νεφρά, η συγκέντρωσή της αυξήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος σε όλες τις δοκιμασίες, όμως η αύξηση αυτή ήταν σημαντικά χαμηλότερη στα ποτά HNa και LNa, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, σε σχέση με το Plac και το Wat ($p < 0.001$). Παρόλα αυτά η αύξηση που σημειώθηκε δεν ήταν αρκετή στις δοκιμασίες Plac και Wat, ώστε να αποτρέψει την εμφάνιση υπονατριαιμίας.

Το ειδικό βάρος ούρων, η ωσμωτικότητά τους και η συγκέντρωση νατρίου σε αυτά, δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, για κανένα από τα ποτά που χορηγήθηκαν. Η μόνη διαφορά ήταν στο ποτό HNa που παρουσίασε μεγαλύτερη ωσμωτικότητα και ειδικό βάρος στο τέλος της άσκησης σε

σχέση με το Plac ($p < 0.05$ και $p < 0.01$ αντίστοιχα), που πιθανόν δείχνει μία μεγαλύτερη απώλεια ηλεκτρολυτών μέσω των ούρων στη δοκιμασία με HNa σε μία προσπάθεια του οργανισμού να διατηρήσει την ωσμωτικότητα του ορού του αίματος σταθερή. Η στατιστικά σημαντική μείωση του νατρίου στα ούρα στο τέλος της άσκησης σε σχέση με την αρχή ($p < 0.01$) στη δοκιμασία με το Wat ίσως επίσης να φανερώνει τη προσπάθεια του οργανισμού να διατηρήσει τα επίπεδα του νατρίου στο αίμα σταθερά, μειώνοντας τις απώλειες.

Τα επίπεδα γλυκόζης κατά τη στιγμή των 220 min, μετά τη φάση μείωσης του μυϊκού γλυκογόνου, φαίνεται πως συντηρούνται καλύτερα με τα υδατανθρακούχα ποτά (LNa και HNa) σε σχέση με τα ποτά ελεύθερα γλυκόζης (Plac και Wat). Το εύρημα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τις υπάρχουσες συστάσεις για τους αθλητές (ACSM 2000), όπου η προσθήκη γλυκόζης στα αθλητικά ποτά θεωρείται σημαντική, ιδιαίτερα όταν η φυσική δραστηριότητα είναι παρατεταμένη. Παρόλα αυτά, το αίσθημα της κόπωσης δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των διαφόρων δοκιμασιών, όπως φαίνεται και από τα σχεδιαγράμματα της καρδιακής συχνότητας και του γαλακτικού οξέος (σχ. 13 & 14 αντίστοιχα).

Επομένως, από όλα τα παραπάνω, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως η προσθήκη νατρίου στα αθλητικά ποτά είναι ωφέλιμη και ικανή να ελαχιστοποιήσει την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε ασκήσεις παρατεταμένης διάρκειας, σε θερμό περιβάλλον, όταν η κατανάλωση υγρών εξισορροπεί τις απώλειες που συμβαίνουν μέσω του ιδρώτα, ενώ ποσότητα νατρίου ίση με 24 mmol/L στα αθλητικά ποτά φαίνεται να είναι επαρκής.

Βιβλιογραφία

1. Adolph EF, Associates. Physiology of man in the desert. New York: Intersciences, 1947
2. Allan JR, Wilson CG. Influence of acclimatization on sweat sodium concentration. J Appl Physiol 1971; 30:708–12
3. Almond CS, Shin AY, Fortescue EB, et al. Hyponatremia among Runners in the Boston Marathon. N Engl J Med. 2005; 352:1550–1556
4. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. Med. Sci. Sports Exerc. 2000; 33(12): 2130-2145
5. American College of Sports Medicine. Position stand on exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc 1996; 28:i-vii
6. Arieff AI. Neurological manifestations and morbidity of hyponatremia: correlation with brain water and electrolytes. Medicine (Baltimore). 1976; 55:121
7. Armstrong LE, Curtis WC, Hubbard RW, et al. Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in heat. Med Sci Sports Exerc. 1993; 25: 543–549
8. Armstrong LE, Hubbard RW, Szlyk PC, Matthew WT, Sils IV. Voluntary ehydration and electrolyte losses during prolonged exercise n the heat. Aviat Space Environ Med 1985; 6:765–70
9. Ayus JC, Varon J, Arieff AI. Hyponatremia, cerebral edema, and noncardiogenic pulmonary edema in marathon runners. Ann Intern Med. 2000; 132:711–714
10. Backer HD, Shopes E, Collins SL, et al. Exertional heat illness and hyponatremia in hikers. Am J Emerg Med. 1999; 17:532–539
11. Bar-Or O, Blimkie CJ, Hay JA, et al. Voluntary dehydration and heat intolerance in cystic fibrosis. Lancet. 1992; 339:696–699
12. Barr SI, Costill DL, Fink WJ. Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. Med Sci Sports Exerc. 1991; 23:811–817
13. Brouns F. Heat—sweat—dehydration—rehydration: a praxis oriented approach. J Sports Sci 1991; 9:143–52
14. Casa DJ. USATF Self-Testing Program for Optimal Hydration. http://www.org/groups/Coaches/library/hydration/USATFSelfTestingforOptimal-Hydration.pdf. 2003
15. Clark JM, Gennari FJ. Encephalopathy due to severe hyponatremia in an ultramarathon runner. West J Med. 1993; 159:188–189
16. Clarkson PM. The effects of exercise and heat on vitamin requirements. In:

Marriott BM, ed. Nutritional needs in hot environments. Washington, DC: National Academy Press 1993; 137–71

17. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, et al. American College of Sports Medicine position stand: exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc 1996; 28:i–vii
18. Davis DP, Videen JS, Marino A, et al. Exercise-associated hyponatremia in marathon runners: a two-year experience. J Emerg Med. 2001; 21: 47–57
19. Dugas JP, Noakes TD. Case Report: Hyponatraemic encephalopathy despite a modest rate of fluid intake during a 109 km cycle race. Br J Sports Med. 2005 Oct; 39(10):e38; discussion e38
20. Engell DB, Maller O, Sawka MN, Francesconi RN, Drolet L,Young AJ. Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. Physiol Behav 1987; 40:229–36
21. Flinn SD, Sherer RJ. Seizure after exercise in the heat. Physician Sports Med. 2000;28:61–67
22. Frizzell RT, Lang GH, Lowance DC, et al. Hyponatremia and ultramarathon running. JAMA. 1986; 255:772–774
23. Galun E, Tur-Kaspa I, Assia E, et al. Hyponatremia induced by exercise: a 24-hour endurance march study. Miner Electrolyte Metab. 1991; 17: 315–320
24. Gardner JW, Gutmann FD. Fatal water intoxication of an Army trainee during urine drug testing. Mil Med. 2002; 167:435–437
25. Gardner JW. Death by water intoxication. Mil Med. 2002; 167:432–434
26. Garigan TP, Ristedt DE. Death from hyponatremia as a result of acute water intoxication in an Army basic trainee. Mil Med. 1999; 164:234–238
27. Glace BW, Murphy CA, McHugh MP. Food intake and electrolyte status of ultramarathoners competing in extreme heat. J Am Coll Nutr. 2002 Dec; 21(6):553-9
28. Glace BW. Hyponatremia and Rhabdomyolysis - Runner. Med Sci Sports Exerc. 2003;35 : S261
29. Herfel R, Stone CK, Koury SI, et al. Iatrogenic acute hyponatraemia in a college athlete. Br J Sports Med. 1998; 32:257–258
30. Hew TD, Chorley JN, Cianca JC, et al. The incidence, risk factors, and clinical manifestations of hyponatremia in marathon runners. Clin J Sport Med. 2003; 13:41–47
31. Hiller DB, O'Toole ML, Fortress EE, et al. Medical and physiological considerations in triathlons. Am J Sports Med. 1987; 15:164–168

32. Hiller WDB. Dehydration and hyponatremia during triathlons. Med Sci Sports Exerc. 1989; 21(Suppl):219–221
33. Hiller, W.D.B., M.L. O'Toole, E.E. Fortess, and R.H. Laird. Medical and physiological consideration in triathlons. Am. J. Sports Med. 1987; 15:164–167.
34. Hsieh M, Roth R, Davis DL, et al. Hyponatremia in runners requiring on-site medical treatment at a single marathon. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34:185–189
35. Hubbard RW, Sandick BL, Matthew WT, et al. Voluntary dehydration and alliesthesia for water. J Appl Physiol 1984; 57:868–73
36. Irving RA, Noakes TD, Buck R, et al. Evaluation of renal function and fluid homeostasis during recovery from exercise-induced hyponatremia. J Appl Physiol. 1991; 70:342–348
37. Kavanagh T, Shephard RJ. On the choice of fluid for the hydration of middle-aged marathon runners. Br J Sports Med. 1977; 11:26–35
38. Knepper MA. Urinary Concentrating Mechanism. In Brenner B, ed. The Kidney, London: W.B. Saunders, 2003
39. Kratz A, Lewandrowski KB, Siegel AJ, et al. Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers. Am J Clin Pathol. 2002; 118:856–863
40. Kriemler S, Wilk B, Schurer W, et al. Preventing dehydration in children with cystic fibrosis who exercise in the heat. Med Sci Sports Exerc. 1999; 31:774–779
41. Levine L, Quigley MD, Cadarette BS, Sawka MN, Pandolf KB. Physiologic strain associated with wearing toxic-environment protective systems during exercise in the heat. In: Das B, ed. Advances in industrial ergonomics and safety II. London: Taylor & Francis 1990; 897–904
42. Malhortra MS, Sridharan K, Venkataswamy Y, et al. Effect of restricted potassium intake on its excretion and on physiological response during heat stress. Eur J Appl Physiol 1981;47:169
43. Mallié JP, Ait-Djafer Z, Saunders C, et al. Renal handing of salt and water in humans during exercise with or without hydration. Eur J Appl Physiol 2002; 86:196
44. Marriott BM, ed. Fluid replacement and heat stress. Washington, DC: National Academy Press, 1994
45. Marriott BM, ed. Nutritional needs in hot environments: application for military personnel in field operations. Washington, DC: National Academy Press 1993
46. Meyer F, Bar-Or O, MacDougall D, Heigenhauser GJF. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation Med Sci Sports Exerc 1992; 24:776–81

47. Mitchell JB, Philips MD, Mercer SP, Baylies HL, Pizza FX. Postexercise rehydration: effect of NA_ and volume on restoration of fluid spaces and cardiovascular function. J Appl Physiol 2000;89:1302
48. Morimoto T, Slabochova Z, Naman RK, Sargent F 2nd. Sex differences in physiological reactions to thermal stress. J Appl Physiol 1967; 22:526–32
49. Naghii MR. The significance of water in sport and weight control. Nutr Health 2000; 14:127
50. Nelson PB, Robinson AG, Kapoor W, et al. Hyponatremia in a Marathoner. Physician Sports Med. 1988; 16:78–87
51. Neufer PD, Young AJ, Sawka MN. Gastric emptying during exercise: effects of heat stress and hypohydration. Eur J Appl Physiol 1989; 58:433–9
52. Noakes TD, Goodwin N, Rayner BL, et al. Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. Med Sci Sports Exerc. 1985;17: 370–375
53. Noakes TD, Wilson G, Gray DA, et al. Peak rates of diuresis in healthy humans during oral fluid overload. S Afr Med J. 2001; 91:852–857
54. Noakes TD. Fluid Replacement during Marathon Running. Clin J Sport Med. 2003; 13:309–318
55. Noakes TD. Sodium ingestion and the prevention of hyponatraemia during exercise. Br J Sports Med. 2004; 38:790–793
56. Noakes, T.D., R.J. Norman, R.H. Buck, J. Godlonton, K. Stevenson, and G.C. Pitts. The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise. Med. Sci. Sports Exerc. 1990; 22:165–170
57. O'Brien KK, Montain SJ, Corr WP, et al. Hyponatremia associated with overhydration in U.S. Army trainees. Mil Med. 2001; 166:405–410
58. O'Toole ML, Douglas PS, Laird RH, et al. Fluid and electrolyte status in athletes receiving medical care at an ultradistance triathlon. Clin J Sport Med. 1995; 5:116–122
59. Orenstein DM, Henke KG, Costill DL, et al. Exercise and heat stress in cystic fibrosis patients. Pediatr Res. 1983; 17:267–269
60. Owen MD, Kregel KC, Wall PT, Gisolfi CV. Effects of ingesting carbohydrate beverages during exercise in the heat. Med Sci Sports Exerc 1986; 18:568–75
61. Powers SK, Lawler J, Dodd S, Tulley R, Landry G, Wheeler K. Fluid replacement drinks during high intensity exercise: effects on minimizing exercise induced disturbances in homeostasis. Eur J Appl Physiol 1990;60:54
62. Reid SA, Speedy DB, Thompson JM, et al. A study of haematological and biochemical parameters in runners completing a standard marathon. Clin J Sport

Med. 2004; 14:344–353
63. Reynolds NC Jr, Schumaker HD, Feighery S. Complications of fluid overload in heat casualty prevention during field training. Mil Med. 1998; 163:789–791
64. Rintamäki H, Mäkinen T, Oksa J, Latvala J. Water balance and physical performance in cold. Arch Med Res 1995;45(suppl 2):32
65. Sanders B, Noakes TD, Dennis SC. Sodium replacement and fluid shifts during during prolonged exercise in humans. Eur J Appl Physiol. 2001 May; 84(5):419-25
66. Sanders B, Noakes TD, Dennis SC. Water and electrolyte shifts with partial fluid replacement during exercise. Eur J Appl Physiol 1999;80:318
67. Sawka MN, Francesconi RF, Young AJ, Pandolf KB. Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in the heat. JAMA 1984;252:1165
68. Sawka MN, Hubbard RW, Francesconi RP, Horstman DH. Effects of acute plasma volume expansion on altering exercise-heat performance. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1983; 51(3):303-12
69. Sawka MN, Pandolf KB. Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In: Gisolfi CV, Lamb DR, eds. Perspectives in exercise science and sports medicine. Vol 3. Carmel, IN: Benchmark Press 1990; 1–38
70. Sawka MN, Wenger CB, Pandolf KB. Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. In: Fregly MJ, Blatteis CM, eds. Handbook of physiology. Section 4, environmental physiology. New York: Oxford University Press 1996; 157–85
71. Schwartz WB, Bennett W, Curelop S, et al. A Syndrome of Renal Sodium Loss and Hyponatremia Probably Resulting from Inappropriate Secretion of Antidiuretic Hormone. Am J Med. 1957; 23:529–542
72. Shapiro Y, Pandolf KB, Goldman RF. Predicting sweat loss response to exercise, environment and clothing. Eur J Appl Physiol 1982; 48:83–96.
73. Sharwood K, Collins M, Goedecke J, et al. Weight changes, medical complications and performance during an Ironman triathlon. Br J Sports Med. 2004; 38:718–724
74. Shirreffs SM, Maughan RJ. Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses. Am J Physiol. 1998 May;274(5 Pt 2):F868-75
75. Smith HR, Dhatt GS, Melia WM, et al. Cystic fibrosis presenting as hyponatraemic heat exhaustion. BMJ. 1995; 310:579–580
76. Speedy DB, Faris JG, Hamlin M, et al. Hyponatremia and weight changes in an ultradistance triathlon. Clin J Sport Med. 1997;7:180–184
77. Speedy DB, Noakes TD, Boswell T, et al. Response to a fluid load in athletes with

a history of exercise induced hyponatremia. Med Sci Sports Exerc. 2001; 33:1434–1442

78. Speedy DB, Noakes TD, Kimber NE, et al. Fluid balance during and after an ironman triathlon. Clin J Sport Med. 2001; 11:44–50
79. Speedy DB, Rogers I, Safih S, et al. Hyponatremia and seizures in an ultradistance triathlete. J Emerg Med. 2000; 18:41–44
80. Speedy DB, Rogers IR, Safih S, et al. Profound hyponatremia and seizures in an Ironman triathlete. J Emerg Med. 2000; 18:41–44
81. Speedy DB, Thompson JM, Rodgers I, et al. Oral salt supplementation during ultradistance exercise. Clin J Sport Med. 2002; 12:279–284
82. Speedy, D.B., T.D. Noakes, I.R. Rogers, J.M.D. Thompson, R.G.D. Campbell, J.A. Kuttner, D.R. Boswell, S. Wright, and M. Hamlin. Hyponatremia in ultradistance triathletes. Med. Sci. Sports Exerc. 1999; 31:809–815
83. Spital A. Diuretic-induced hyponatremia. Am J Nephrol. 1999; 19: 447–452
84. Stanghelle JK, Maehlum S, Skyberg D, et al. Biochemical changes and endocrine responses in cystic fibrosis in relation to a marathon race. Int J Sports Med. 1988; 9(suppl.):45–50
85. Stuempfle KJ, Lehmann DR, Case HS, et al. Hyponatremia in a cold weather ultraendurance race. Alaska Med. 2002; 44:51–55
86. Surgenor S, Uphold RE. Acute hyponatremia in ultra-endurance athletes. Am J Emerg Med. 1994; 12:441–444
87. Thompson J, Wolff AJ. Hyponatremic encephalopathy in a marathon runner. Chest. 2003; 124:313S
88. Twerenbold R, Knechtle B, Kakebeeke TH, et al. Effects of different sodium concentrations in replacement fluids during prolonged exercise in women. Br J Sports Med. 2003; 37:300–303
89. USACHPPM. Hyponatremia hospitalizations, U.S. Army 1989–1996. Med. Surveill. U. S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine. Monthly Rep. 1997; 9–10
90. USACHPPM. Overhydration and hyponatremia among active duty soldiers, 1997–1999. Med. Surveillance Monthly Rep. 2000; 6:9 –11
91. Verbalis JG. Disorders of body water homeostasis. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab. 2003; 17:471–503
92. Verbalis JG. The Syndrome of Inappropriate Antidiuretic Hormone Secretion and Other Hypoosmolar Disorders. In Schrier RW, ed. Diseases of the Kidney, pp 2511–48. Philadelphia: Lippincott, 2001

93. Vrijens DM, Rehrer NJ. Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. J Appl Physiol. 1999; 86:1847–1851
94. Wade CE. Response, regulation, and actions of vasopressin during exercise: a review. Med Sci Sports Exerc. 1984; 16:506–511
95. Weschler LB. Exercise-associated hyponatremia: A mathematical review. Sports Med. 2005; 35(10):899-922
96. Young M, Sciurba F, Rinaldo J. Delirium and pulmonary edema after completing a marathon. Am Rev Respir Dis. 1987; 136:737–739
97. Zelingher J, Putterman C, Ilan Y, et al. Case series: hyponatremia associatedwith moderate exercise. Am J Med Sci. 1996; 311:86–91

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Χ Α Ρ Ο Κ Ο Π Ε Ι Ο Π Α Ν Ε Π Ι Σ Τ Η Μ Ι Ο

ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 70, 176 71 ΑΘΗΝΑ – ΤΗΛ. : 210 9549100, FAX: 210 9577050

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ -

ΣΥΜΦΩΝΗΤΙΚΟ ΕΘΕΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ

ΕΓΩ, Ο ……
ΚΑΤΟΙΚΟΣ ……...
ΜΕ ΤΟ ΠΑΡΩΝ ΕΓΓΡΑΦΟ ΑΝΑΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΩ ΤΑ ΑΚΟΛΟΥΘΑ:

Με το παρών έγγραφο δηλώνω την εθελοντική συμμετοχή μου στην ερευνητική μελέτη με τίτλο «Η επίδραση της διαιτητικής πρόσληψης νατρίου στην ομοιόσταση των σωματικών υγρών, στην ηλεκτρολυτική ισορροπία και στη νευρομυϊκή λειτουργία κατά τη διάρκεια άσκησης χαμηλής έντασης», η οποία θα διεξαχθεί στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο από το δρ. Κάβουρα Σταύρο και το δρ. Συντώση Λάμπρο.

Κατανοώ ότι πριν αρχίσουν οι πειραματικές μετρήσεις θα παρακολουθήσω μια προφορική σύντομη επεξήγηση των πιθανών κινδύνων και των πλεονεκτημάτων από τη συμμετοχή μου στη μελέτη. Εάν τελικά επιλέξω να συμμετάσχω στη μελέτη θα συμπληρώσω ένα ερωτηματολόγιο σχετικό με το ιατρικό ιστορικό μου και το ιστορικό αλλεργιών.

Η μελέτη θα εξετάσει την επίδραση της πρόσληψης μικρής ποσότητας νατρίου στην υδατική και ηλεκτρολυτική ισορροπία κατά τη διάρκεια άσκησης μέτριας έως υψηλής έντασης, η οποία θα έχει ως στόχο τη μείωση των επιπέδων σωματικού νερού και ηλεκτρολυτών. Η συμμετοχή μου θα συνίσταται από πέντε συνολικά επισκέψεις στο Εργαστήριο Διατροφής και Κλινικής Διαιτολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Η πρώτη επίσκεψη θα αφορά τη μέτρηση της σύστασης σώματος με τη μέθοδο απορρόφησης με ακτίνες Χ διπλής ενέργειας (Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, DXA) διάρκειας περίπου 20 λεπτών.

Το πείραμα θα περιλαμβάνει μια φάση στην οποία θα ασκούμαι σε δαπεδοεργόμετρο και κυκλοεργόμετρο εναλλάξ για 180 λεπτά και σε σχετικά μικρή ένταση (45% - 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου εναλλάξ). Στη συνέχεια θα πρέπει να εκτελέσω ισοκινητική άσκηση, η οποία θα έχει ως στόχο τη μείωση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου. Η διάρκεια της φάσης αυτής θα είναι 20 λεπτά. Τέλος θα ακολουθήσει ένα τρίτο σετ άσκησης στο δαπεδοεργόμετρο, σε σχετικά χαμηλή ταχύτητα και υπό κλίση, διάρκειας 45 λεπτών. Σε κάθε πείραμα, η άσκηση θα διακόπτεται σε τακτά χρονικά διαστήματα για τη μέτρηση του σωματικού μου βάρους και οι απώλειες υγρών που προσδιορίζονται με βάση τη μεταβολή του σωματικού μου βάρους θα

αναπληρώνονται με την αντίστοιχη κατανάλωση ενός από τα υπό εξέταση διαλύματα.
Τα διαλύματα αυτά, τα οποία θα μου χορηγηθούν με τυχαία σειρά, ένα σε κάθε πείραμα είναι τα παρακάτω:

1. Νερό, με γλυκαντικές ουσίες και χρωματισμένο (εικονική δοκιμή, placebo)
2. Μεταλλικό νερό, μικρής περιεκτικότητας σε νάτριο
3. Διάλυμα το οποίο θα περιέχει μικρή περιεκτικότητα σε νάτριο (30 mmol/L) και γλυκόζη
4. Διάλυμα το οποίο θα περιέχει σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο (90 mmol /L) και γλυκόζη

Η όλη διαδικασία κάθε δοκιμασίας διαρκεί περίπου τέσσερις ώρες.

Κατανοώ ότι οφείλω να μην καταναλώσω αλκοόλ, καφεΐνη ή οποιαδήποτε φάρμακα για 24 ώρες πριν από κάθε δοκιμασία. Επίσης οφείλω να μην καταναλώσω οποιοδήποτε τρόφιμο 10-12 ώρες πριν από κάθε δοκιμασία.

ΚΑΤΑΝΟΩ ΟΤΙ Η ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ ΘΑ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΑ ΑΚΟΛΟΥΘΑ:

Ι. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Κατανοώ ότι τα ακόλουθα φυσικά χαρακτηριστικά θα μετρηθούν και θα καταγραφούν: ηλικία, ύψος και σωματικό βάρος. Η σωματική σύσταση θα μετρηθεί με απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA). Η μέθοδος αυτή συνίσταται από τη σάρωση ολόκληρης της επιφάνειας του σώματος, πάνω από τα ρούχα μου, με ακτίνες Χ 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 διαρκεί περίπου 20 λεπτά, ενώ μετά την ολοκλήρωσή της θα μπορώ να ενημερωθώ, εάν το επιθυμώ, για τη σωματική μου σύσταση και την οστική μου πυκνότητα.

ΙΙ. ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΙΜΑΤΟΣ

Κατανοώ ότι σε κάθε μία από τις τέσσερις δοκιμές ένας αποστειρωμένος καθετήρας θα τοποθετηθεί σε μία επιφανειακή φλέβα του χεριού από ένα έμπειρο άτομο. Ο καθετήρας αυτός θα χρησιμοποιηθεί για τη λήψη αίματος κατά την έναρξη και στο τέλος του πειράματος, όπως επίσης και σε τακτά μεσοδιαστήματα. Συνολικά θα πραγματοποιηθούν οκτώ λήψεις αίματος σε κάθε δοκιμασία. Τα δείγματα αίματος θα χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση των ακόλουθων παραμέτρων: γλυκόζη, γαλακτικό οξύ, αιματοκρίτης, αιμοσφαιρίνη, ηλεκτρολύτες (νάτριο και κάλιο), ωσμωτικότητα πλάσματος και αλδοστερόνη. Η συνολική λήψη αίματος για την ολοκλήρωση του πειράματος είναι περίπου 100 mL αίματος σε διάστημα 4 ή περισσότερων εβδομάδων που ισοδυναμεί με το ένα πέμπτο μίας αιμοδοσίας.

ΙΙΙ. ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΥΡΩΝ

Κατανοώ ότι σε κάθε μία δοκιμασία θα γίνεται συλλογή ούρων τρεις φορές, μία κατά την άφιξή μου στο εργαστήριο, μία έπειτα από τις 3 πρώτες ώρες άσκησης και μία στο τέλος κάθε πειράματος. Τα δείγματα αυτά θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του όγκου των ούρων και του ειδικού βάρους, της ωσμωτικότητας και της περιεκτικότητας σε ηλεκτρολύτες (νάτριο και κάλιο).

IV. ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ

Κατανοώ ότι κατά τη διάρκεια κάθε δοκιμασίας θα πρέπει να αναφέρω τις υποκειμενικές μου εκτιμήσεις όσων αφορά το αίσθημα της δίψας, το βαθμό δυσκολίας της άσκησης και τον πόνο ή την εμφάνιση κραμπών κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ο προσδιορισμός των εκτιμήσεων αυτών θα γίνει με τη βοήθεια μιας κλίμακας για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους.

ΔΗΛΩΝΩ ΟΤΙ ΚΑΤΑΝΟΩ ΤΑ ΑΚΟΛΟΥΘΑ:

1. Την ημέρα κάθε δοκιμασίας θα βρίσκομαι στο εργαστήριο στις 8:00 π.μ. σε κατάσταση φυσιολογικής υδάτωσης, χωρίς να έχω προπονηθεί έντονα για 24 ώρες. Κατανοώ πως δε θα πρέπει να έχω καταναλώσει αλκοόλ, φάρμακα ή ποτά που περιέχουν καφεΐνη τις προηγούμενες 24 ώρες.
2. Αφού δώσω ένα δείγμα ούρων, θα γίνει μέτρηση του σωματικού μου βάρους και θα καθίσω σε μια καρέκλα για 30 λεπτά.
3. Στη συνέχεια θα τοποθετηθεί ένας καθετήρας σε μια επιφανειακή φλέβα του χεριού μου και μετά από 15 λεπτά θα γίνει η πρώτη λήψη αίματος.
4. Θα ακολουθήσει το πρώτο σετ άσκησης, στο οποίο η άσκηση θα εναλλάσσεται σε δαπεδοεργόμετρο και κυκλοεργόμετρο, με μεσοδιαστήματα στα οποία θα καταναλώνω τα υπό εξέταση διαλύματα σε ποσότητες οι οποίες θα είναι ανάλογες με τη μείωση του σωματικού μου βάρους κατά τη διάρκεια της άσκησης.
5. Στο τέλος του πρώτου σετ άσκησης θα γίνει νέα συλλογή αίματος και ούρων και νέα μέτρηση του σωματικού μου βάρους. Και στη φάση αυτή θα καταναλώσω ποσότητα από τα εξεταζόμενα διαλύματα ίση με τη μείωση του σωματικού μου βάρους.
6. Θα ακολουθήσει το δεύτερο σετ άσκησης, όπου θα πραγματοποιηθούν οι ίδιες μετρήσεις, όπως και στο πρώτο σετ.
7. Στο τρίτο σετ άσκησης θα πραγματοποιηθούν οι ίδιες μετρήσεις, με τη διαφορά ότι θα ληφθούν δύο δείγματα αίματος και κατά τη διάρκεια της άσκησης, ενώ παράλληλα θα πρέπει να αναφέρω και τις υποκειμενικές μου εκτιμήσεις σε παραμέτρους που σχετίζονται με την αντίληψή μου για τη δυσκολία της άσκησης, την πληρότητα του στομάχου και τον πόνο που αισθάνομαι στα πόδια ή την εμφάνιση κραμπών.

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

1. Κατανοώ ότι η αξιολόγηση της σωματικής σύστασης με τη μέθοδο DXA εκλύει ακτινοβολία πολύ μικρής ισχύος που ισούται με το 1/100 της ακτινοβολίας μιας ακτινογραφίας θώρακος ή λιγότερο από μία αεροπορική πτήση 4-5 ωρών.
2. Κατανοώ ότι η ενόχληση από τις αιμοληψίες είναι ελάχιστη. Κατανοώ πως σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να δημιουργηθεί μελανιά ή λοίμωξη στην περιοχή τοποθέτησης του καθετήρα, κάτι το οποίο μπορεί να προκαλέσει πόνο, παρά το ότι η εισαγωγή του καθετήρα θα γίνει από ειδικευμένο άτομο και σε συνθήκες ασηψίας. Γνωρίζω ότι ο ελαστικός αυτός καθετήρας θα παραμείνει στο χέρι μου για περίπου 3 ώρες σε κάθε δοκιμασία. Κατανοώ ότι ένα διάλυμα φυσιολογικού ορού με μια ελάχιστη ποσότητα ηπαρίνης (διάλυμα 20 μονάδων/mL, το οποίο είναι περίπου το 1% της ποσότητας που χρησιμοποιείται στην κλινική πρακτική) είναι αποτελεσματικό για τη διατήρηση του καθετήρα ανοιχτού, προλαμβάνοντας, σχεδόν πάντα, τη δημιουργία θρόμβου στο άκρο του καθετήρα.
3. Κατανοώ ότι οι δοκιμασίες άσκησης θα είναι εξαντλητικές, και επομένως υπάρχει η πιθανότητα συγκεκριμένων επεισοδίων κατά τη διάρκεια αυτών των δοκιμασιών. Τα επεισόδια αυτά περιλαμβάνουν ζάλη, λιποθυμία, ναυτία και διαταραχές της καρδιακής συχνότητας. Κατανοώ πως θα γίνει ότι είναι δυνατό προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν αυτοί οι κίνδυνοι μέσω ελέγχου του ιατρικού μου ιστορικού και με ιατρική εξέταση πριν την έναρξη της μελέτης, καθώς και μέσω συνεχούς επίβλεψης κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

ΣΥΝΟΨΗ

1. Κατά την άποψή μου έχω λάβει επαρκή ενημέρωση για: α) τη φύση, τη διάρκεια και το σκοπό της μελέτης, β) τα μέσα με τα οποία θα διεξαχθεί η μελέτη και γ) κάθε πιθανή ενόχληση, κινδύνους και παρενέργειες για την υγεία μου που θα μπορούσαν να προκύψουν από τη συμμετοχή μου στη μελέτη.
2. Κατανοώ ότι οποιαδήποτε ερωτήματα που αφορούν οποιαδήποτε διαδικασία και τα πειράματα θα απαντηθούν πλήρως από τους δρ. Κάβουρα Σταύρο (210 954-9173) και δρ. Συντώση Λάμπρο (210 954-9154).
3. Γνωρίζω ότι διατηρώ το δικαίωμα να αποσύρω την αποδοχή συμμετοχής μου στη μελέτη και να διακόψω τη συμμετοχή μου, χωρίς προκατάληψη, ανεξάρτητα από το στάδιο της έρευνας. Επίσης κατανοώ ότι η συμμετοχή μου στη μελέτη μπορεί να τερματισθεί σε οποιαδήποτε φάση από τους υπεύθυνους της μελέτης.

4. Οποιαδήποτε πληροφορία που αφορά εμένα και αποτελέσματα εξετάσεών μου τα οποία θα προκύψουν κατά τη διάρκεια της μελέτης θα παραμείνουν **απόρρητα** και δε θα δημοσιευθούν ονομαστικά σε οποιαδήποτε δημοσίευση προκύψει από τη συγκεκριμένη μελέτη.
5. Εγώ, ο υπογραφόμενος, κατανοώ τις παραπάνω εξηγήσεις και δίνω τη συναίνεσή μου για την εθελοντική συμμετοχή μου στη μελέτη αυτή από το δρ. Κάβουρα Σταύρο και το δρ. Συντώση Λάμπρο.
6. Η ηλικία μου είναι …… Η ημερομηνία γέννησής μου είναι …./…./19….. Δηλώνω ότι υπογράφω αυτό το Συμφωνητικό Εθελοντικής Συμμετοχής με ελεύθερη βούληση.
7. Η σημερινή ημερομηνία είναι …./…./2005.

Το παρόν υπογράφηκε υπό την παρουσία μου, καθώς και την παρουσία των ακολούθων:

Ο εθελοντής

(όνομα και υπογραφή)

Ο μάρτυρας

(όνομα και υπογραφή)

Ο ερευνητής

(όνομα και υπογραφή)

ΙΑΤΡΙΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ / ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΑΛΛΕΡΓΙΩΝ
ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Ονοματεπώνυμο: .....
Ημερομηνία: ...../...../.....
Διεύθυνση: .....
Τηλέφωνα: .....

1. ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Καταγράψτε τα φάρμακα που ενδεχομένως καταναλώνετε:

Φάρμακα	*Αιτιολογία*
.....	.....
.....	.....
.....	.....

Έχετε κάποια αλλεργία σε κάποιο φάρμακο; Εξηγήστε:
.....
.....

Έχετε κάποιες άλλες αλλεργίες; Εξηγήστε:
.....
.....

2. ΝΟΣΗΛΕΙΕΣ

Καταγράψτε ενδεχόμενες νοσηλείες σε νοσοκομείο στο παρελθόν:

Έτος	Αιτιολογία	Νοσοκομείο
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

3. ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ

Καταγράψτε ενδεχόμενες χρόνιες ασθένειες για τις οποίες αναζητήσατε ιατρική φροντίδα:
.....
.....
.....

Είχατε ποτέ στο παρελθόν (ή έχετε τώρα) μία από τις παρακάτω ασθένειες;

Τσεκάρετε *ναι* ή *όχι* για κάθε ασθένεια.

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
σακχαρώδης ή άποιος διαβήτης	☐	☐
μεταλλικά εμφυτεύματα	☐	☐
νεφρική νόσος	☐	☐
μεταβολικά νοσήματα	☐	☐
καρδιολογικά προβλήματα	☐	☐
επιληψία	☐	☐
ίλιγγος / λιποθυμικά επεισόδια	☐	☐
άσθμα	☐	☐
χρόνιοι πονοκέφαλοι	☐	☐
χρόνιος βήχας ή ιγμορίτιδα	☐	☐
υπέρταση	☐	☐
καρδιακή προσβολή	☐	☐
υψηλή χοληστερόλη ορού	☐	☐
ρευματοειδής πυρετός	☐	☐
εμφύσημα	☐	☐
βρογχίτιδα	☐	☐
ηπατίτιδα	☐	☐
φυματίωση	☐	☐
ίκτερος	☐	☐
αναιμία	☐	☐
προβλήματα θυρεοειδή αδένα	☐	☐
προβλήματα γαστρεντερικού	☐	☐
αρθρίτιδα	☐	☐

άλλες ασθένειες (καθορίστε ποιες)
.....
.....
.....

Αισθάνεστε ποτέ πόνο στο στήθος; ☐ ναι ☐ όχι

Έχετε ποτέ ταχυκαρδία; ☐ ναι ☐ όχι

Αισθάνεστε ποτέ ναυτία ή εμετούς; ☐ ναι ☐ όχι

Αισθάνεστε ποτέ δυσκολία στην αναπνοή; ☐ ναι ☐ όχι

Έχετε ποτέ άπνοια όταν κάθεστε, όταν γυμνάζεστε ή κατά τη διάρκεια του ύπνου; ☐ ναι ☐ όχι

4. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΝΟΣΟΙ

Έχετε ποτέ πάθει θερμικές κράμπες, θερμική εξάντληση, θερμοπληξία ή θερμική συγκοπή; Αν ναι, πότε; Εξηγήστε:
.....
.....
.....

Πόσο καλά ανέχεστε τις θερμές περιβαλλοντικές συνθήκες; Εξηγήστε:
.....
.....
.....

Πόσο καλά ανέχεστε την άσκηση σε θερμές περιβαλλοντικές συνθήκες; Εξηγήστε:
.....
.....
.....

5. ΦΥΣΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Τι είδους προπόνηση κάνετε; .....

Πόσες φορές την εβδομάδα προπονείστε; .....

Πόσες ώρες διαρκεί η προπόνησή σας; .....

Προπονήστε με βάρη; ☐ ναι ☐ όχι

Αν ναι, πόσες φορές την εβδομάδα; .....

Έχετε παρατηρήσει κάποια μεταβολή στο σωματικό σας βάρος τον τελευταίο μήνα;

☐ ναι ☐ όχι

Αν ναι, καθορίστε πόσο .....κιλά
*(σημειώστε **+** για αύξηση σωματικού βάρους και **–** για μείωση)*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Πόσο διψασμένος αισθάνεσαι τώρα;

καθόλου **Υπερβολικά διψασμένος**

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Πόσο διψασμένος αισθάνεσαι τώρα;

καθόλου **Υπερβολικά διψασμένος**

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Πόσο πλήρες αισθάνεσαι το στομάχι σου τώρα;

καθόλου **Υπερβολικά πλήρες**

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Πόσο πλήρες αισθάνεσαι το στομάχι σου τώρα;

καθόλου **Υπερβολικά πλήρες**

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Πόσο ξηρό αισθάνεσαι το στόμα σου τώρα;

καθόλου — **Υπερβολικά ξηρό**

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Πόσο ξηρό αισθάνεσαι το στόμα σου τώρα;

καθόλου — **Υπερβολικά ξηρό**

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Πόσο ευχάριστη θεωρείτε τη γεύση του ποτού που πίνετε;

καθόλου | **Υπερβολικά ευχάριστη**

Δοκιμαζόμενος # :_____ Χρόνος:_____

Δοκιμή: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Πόσο ευχάριστη θεωρείτε τη γεύση του ποτού που πίνετε;

καθόλου | **Υπερβολικά ευχάριστη**