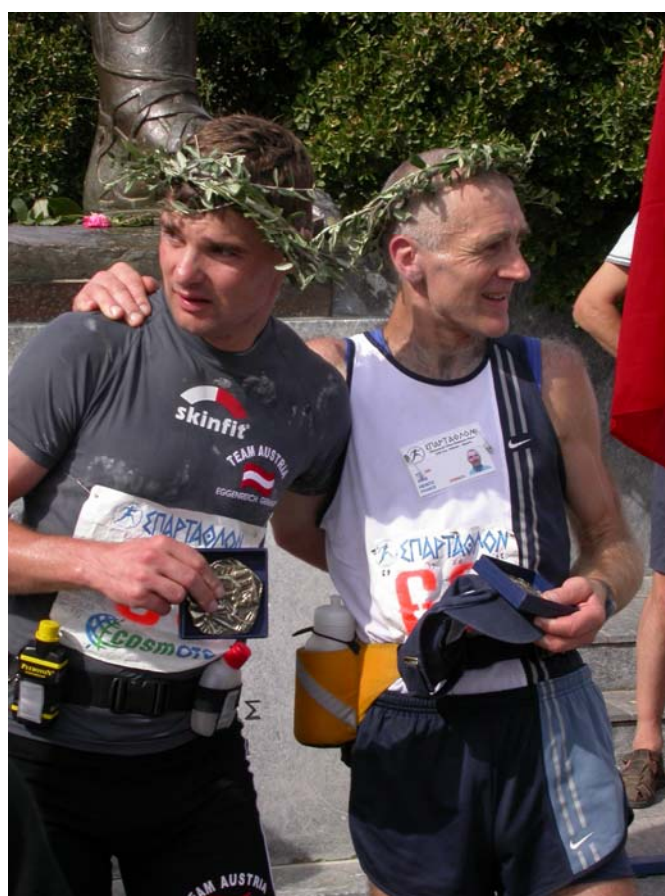


ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ-ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

**ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΕ
ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗ**



Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αντωνία-Λήδα Ματάλα

Τριμελής επιτροπή: Αντωνία-Λήδα Ματάλα
 Σταύρος Κάβουρας
 Νικόλαος Γιαννακούρης

Αθήνα 2003

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ-ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

**ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΕ
ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗ**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αντωνία-Λήδα Ματάλα

Τριμελής επιτροπή: **Αντωνία-Λήδα Ματάλα**
 Στάυρος Κάβουρας
 Νικόλαος Γιαννακούρης

Αθήνα 2003

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφεραν όλο το διάστημα της συγγραφής της πτυχιακής μου τους Ματάλα Αντωνία, Κάβουρα Σταύρο, Σκενδέρη Κατερίνα και Σιταρά Μαριέττα.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Σκενδέρη Κατερίνα για το χρόνο και τον κόπο που μου αφιέρωσε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Αριθμός σελίδας:

1. Θεωρητικό μέρος	
1.1 Γενικά	1
1.2 Ενδοκυττάριο και εξωκυττάριο υγρό.....	1
1.3 Νάτριο.....	2
1.4 Ρύθμιση του όγκου υγρών και της συγκέντρωσης νατρίου.....	4
1.5 Μεταβολές στα υγρά και τους ηλεκτρολύτες κατά την άσκηση.....	6
1.6 Υπονατριαιμία.....	8
1.7 Λίγα λόγια για τα αθλητικά ποτά.....	9
1.8 Η υπονατριαιμία στην άσκηση.....	10
1.8.1 Συχνότητα εμφάνισης-Κλινικά περιστατικά.....	11
1.8.2 Πιθανοί παράγοντες που προκαλούν το φαινόμενο.....	16
1.8.3 Η επίδραση της παρατεταμένης διάρκειας άσκησης στη λειτουργία των νεφρών.....	21
1.8.4 Κατανάλωση αθλητικών ποτών και δισκίων NaCl κατά τη διάρκεια του αγώνα.....	22
1.8.5 Συστάσεις.....	24
1.8.6 Πρόληψη-Διάγνωση-Θεραπεία.....	25
1.9 Τι είναι το Σπάρταθλον-Ιστορικά στοιχεία.....	30
2. Πειραματικό μέρος	
2.1 Σκοπός της έρευνας.....	35
2.2 Μεθοδολογία.....	35
2.2.1 Ερωτηματολόγια.....	35
2.2.2 Ανθρωπομετρικές μετρήσεις.....	36
2.2.3 Λήψη και ανάλυση δειγμάτων αίματος.....	36
2.2.4 Στατιστική επεξεργασία.....	37
2.3 Αποτελέσματα.....	37
2.3.1 Ανθρωπομετρικά στοιχεία και στοιχεία για την επίδοση στον αγώνα.....	37
2.3.2 Επίπεδα ηλεκτρολυτών.....	39
2.3.3 Συσχετίσεις μεταξύ των ανθρωπομετρικών στοιχείων, της επίδοσης στον αγώνα και των επιπέδων των ηλεκτρολυτών.....	40

2.4 Σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	41
2.5 Συμπεράσματα.....	43
3. Βιβλιογραφία.....	46

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το ανθρώπινο σώμα περιέχει 60% περίπου νερό το οποίο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την επιβίωση του ανθρώπου. Ένας άνθρωπος καταναλώνει ημερησίως περίπου 2000 ml νερού, τα οποία προέρχονται κατά 2/3 από το πόσιμο νερό και 1/3 από τις τροφές, ενώ περίπου 150-250 ml παράγονται επιπλέον ως προϊόν του μεταβολισμού (1). Η ποσότητα του μεταβολικά παραγόμενου νερού αυξάνεται κατά την άσκηση και είναι ευθέως ανάλογη του έργου που παράγεται, ωστόσο μικρό μόνο μέρος της εισέρχεται στην κυκλοφορία και συνεπώς δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την ισορροπία των υγρών και ηλεκτρολυτών κατά την άσκηση (2). Φυσιολογικά η απώλεια νερού ισούται με την πρόσληψη, δηλαδή είναι περίπου 2300 ml, από τα οποία 1400 ml περίπου αποβάλλονται στα ούρα, 100 ml στον ιδρώτα και 100 ml στα κόπρανα ενώ άλλα 700 ml χάνονται με την άδηλο αναπνοή μέσω του αναπνευστικού συστήματος και του δέρματος (1).

Ορισμένες από τις λειτουργίες του νερού στο ανθρώπινο σώμα είναι ότι αποτελεί δομικό συστατικό, προστατεύει όργανα καθώς είναι ασυμπίεστο, συμβάλλει στη διατήρηση της ωσμωτικής ισορροπίας στο σώμα, μεταφέρονται μέσω αυτού ουσίες στο αίμα, συμμετέχει στη λειτουργία των αισθήσεων και ρυθμίζει τη θερμοκρασία του σώματος (3).

1.2 ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΟ ΚΑΙ ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΟ ΥΓΡΟ

Τα υγρά του ανθρώπινου σώματος κατανέμονται σε δύο κύρια διαμερίσματα, το ενδοκυττάριο και το εξωκυττάριο. Το ενδοκυττάριο υγρό είναι αυτό που περιέχεται στα κύτταρα, ενώ το εξωκυττάριο αυτό που βρίσκεται έξω από τα κύτταρα και το οποίο διαιρείται σε διάμεσο υγρό, πλάσμα, εγκεφαλονωτιαίο υγρό, ενδοφθάλμιο υγρό, υγρά του γαστρεντερικού σωλήνα και υγρά των δυναμικών χώρων. Το πλάσμα αποτελεί το μέρος του αίματος χωρίς κύτταρα και επικοινωνεί μέσω των τριχοειδών αγγείων με το διάμεσο υγρό. Ο όγκος του είναι περίπου 3 λίτρα ενώ του αίματος είναι 5 λίτρα λόγω της ύπαρξης των έμμορφων

συστατικών σε αυτό. Ωστόσο οι τιμές αυτές μεταβάλλονται πολύ και εξαρτώνται από παράγοντες όπως το φύλο και το βάρος.

Τα σημαντικότερα συστατικά του εξωκυττάριου υγρού εκτός από το νερό είναι το νάτριο, το κάλιο, τα διττανθρακικά ιόντα και στο πλάσμα οι πρωτεΐνες ενώ του ενδοκυττάριου τα ιόντα καλίου, τα φωσφορικά ιόντα, τα ιόντα μαγνησίου και τα θειικά ιόντα ενώ περιέχονται και πρωτεΐνες σε συγκέντρωση τετραπλάσια από αυτή του πλάσματος. Οι συγκεντρώσεις αυτές των δύο διαμερισμάτων διατηρούνται λόγω των αρχών της ώσμωσης αλλά και την κατανάλωση ενέργειας από τα κύτταρα. Τα διαλύματα τα οποία έχουν συγκέντρωση ίδια με αυτή των σωματικών υγρών ονομάζονται ισότονα και τέτοια είναι τα διαλύματα NaCl 0,9% και γλυκόζης 5%. Τα διαλύματα αυτά μπορούν να χορηγηθούν σε ασθενείς ενδοφλέβια χωρίς να διαταράξουν την ισορροπία των σωματικών υγρών του ατόμου.

Σε περίπτωση περίσσειας υγρών στους ιστούς παρουσιάζεται οίδημα το οποίο μπορεί να είναι ενδοκυττάριο ή εξωκυττάριο. Το ενδοκυττάριο οίδημα στο οποίο η περίσσεια των υγρών βρίσκεται μέσα στα κύτταρα οφείλεται κυρίως σε ανεπαρκή θρέψη των κυττάρων ή σε φλεγμονή τους. Στο εξωκυττάριο οίδημα, η περίσσεια των υγρών βρίσκεται στο εξωκυττάριο διαμέρισμα και οφείλεται είτε σε παθολογική έξοδο του υγρού από τα τριχοειδή αγγεία στο διάμεσο χώρο και αδυναμία παροχέτευσης τους είτε σε υπέρμετρη νεφρική κατακράτηση νατρίου και νερού (1). Η υπερυδάτωση που συμβαίνει κατά το οίδημα μπορεί να είναι ισότονη, υπότονη ή υπέρτονη ανάλογα με τη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών στο εξωκυττάριο υγρό. Κατά την υπότονη υπερυδάτωση ή δηλητηρίαση από νερό, νερό εισέρχεται κυρίως στα κύτταρα του κεντρικού νευρικού συστήματος με αποτέλεσμα αυξημένη ενδοκρανιακή πίεση, πονοκεφάλους, ναυτία, εμετούς και σύγχυση (4).

1.3 ΝΑΤΡΙΟ

Το νάτριο μαζί με το χλώριο και το κάλιο αποτελούν τους κυριότερους ηλεκτρολύτες του ανθρώπινου σώματος και από αυτά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η ισορροπία υγρών σε αυτό. Συνολικά στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν περίπου 120 mg νατρίου το 30% των οποίων εντοπίζεται στην επιφάνεια των

κρυστάλλων των οστών. Από εκεί μπορεί να αποδεσμευτεί και να απελευθερωθεί στην κυκλοφορία του αίματος σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης υπονατριάμιας. Το νάτριο βρίσκεται κυρίως στο εξωκυττάριο υγρό και αποτελεί το σημαντικότερο κατιόν καθώς το 93% των κατιόντων του σώματος είναι ιόντα νατρίου (5). Εκτός αυτού συμμετέχει σε ορισμένες σημαντικές για τον οργανισμό λειτουργίες όπως η μεταβίβαση των νευρικών ώσεων, η μυϊκή συστολή, η οξεοβασική ισορροπία και η ομοιόσταση του όγκου του αίματος (3).

Συνιστώμενη διαιτητική πρόσληψη για το νάτριο δεν έχει οριστεί ωστόσο θεωρείται ότι για να καλυφθούν οι ανάγκες του οργανισμού χρειάζονται περίπου 500 mg την ημέρα. Πρακτικά η κατανάλωση φθάνει τα 3500-5000 mg την ημέρα. Κυριότερη πηγή νατρίου για τον οργανισμό αποτελεί το αλάτι (NaCl) το οποίο προστίθεται στα τρόφιμα. Έρευνες έχουν δείξει ότι το 75% περίπου της πρόσληψης νατρίου προέρχεται από το αλάτι που έχει προστεθεί κατά τη βιομηχανική επεξεργασία των τροφίμων, 15% από επιτραπέζιο άλας και μόλις 10% από νάτριο που περιέχεται φυσικά στην τροφή. Άλλες πηγές νατρίου αποτελούν διάφορα άλατα πχ. το όξινο ανθρακικό νάτριο (σόδα), το γλουταμινικό νάτριο και το κιτρικό νάτριο που χρησιμοποιούνται συχνά στη μαγειρική ενώ καλές φυσικές πηγές νατρίου αποτελούν το κρέας, το ψάρι, το αυγό και το γάλα.

Το νάτριο που καταναλώνεται απορροφάται σε ποσοστό 95% και μόνο 5% καταλήγει στα κόπρανα (5). Η απορρόφηση του νατρίου συμβαίνει με τρεις τρόπους. Ο πρώτος τρόπος λαμβάνει χώρα στο λεπτό έντερο και προϋποθέτει την ύπαρξη πρωτεϊνών μεταφορέων, οι οποίες δεσμεύουν σε θέσεις υποδοχείς ιόντα νατρίου και μόρια γλυκόζης και τα μεταφέρουν ταυτόχρονα στο εσωτερικό των επιθηλιακών κυττάρων. Αντίστοιχοι υποδοχείς υπάρχουν και στα νεφρά και μεταφέρουν ένα μόριο γλυκόζης δεσμευμένο με δύο ιόντα Na^+ (2). Εκτός της γλυκόζης μπορούν να δεσμευτούν και άλλα μόρια όπως αμινοξέα, διπεπτίδια, τριπεπτίδια και μερικές βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Το νάτριο από το εσωτερικό του κυττάρου μεταφέρεται με τη βοήθεια της Na,K-ATPάσης και με κατανάλωση ενέργειας μέσω της βασοεπλευρικής μεμβράνης στην κυκλοφορία, ενώ η βαθμίδωση της συγκέντρωσης νατρίου που δημιουργείται έτσι, προκαλεί περαιτέρω είσοδο νατρίου στο κύτταρο από τον αυλό. Η απορρόφηση νατρίου συμβαίνει στο λεπτό και στο παχύ έντερο με ένα δεύτερο τρόπο ταυτόχρονης μεταφοράς ιόντων χλωρίου. Ο μηχανισμός δεν είναι γνωστός, ωστόσο η ύπαρξη

του είναι σχεδόν βέβαιη λόγω του ότι η πρόσληψη νατρίου επηρεάζεται από την ύπαρξη χλωρίου στο έντερο και αντίστροφα. Ένας τρίτος τρόπος απορρόφησης νατρίου, ο οποίος συμβαίνει στο παχύ έντερο, είναι μέσω ηλεκτρογενούς συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση το νάτριο διαχέεται στα εντερικά κύτταρα μέσω διαύλων νατρίου ενώ το ακολουθούν νερό λόγω ώσμωσης και ανιόντα προκειμένου να διατηρηθεί η ηλεκτρολυτική ισορροπία.

Η απέκκριση του νατρίου γίνεται κατά 90-95% από τα ούρα ενώ μικρό ποσοστό αποβάλλεται μέσω του ιδρώτα και των κοπράνων. Σε φυσιολογικές συνθήκες, η ποσότητα νατρίου που απεκκρίνεται είναι ίση αυτής που προσλαμβάνεται (6). Η απέκκριση του νατρίου από τους νεφρούς επηρεάζεται από το ρυθμό σπειραματικής διήθησης, τη λειτουργία των κυττάρων του νεφρώνα, το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης, το συμπαθητικό νευρικό σύστημα, την ύπαρξη κατεχολαμινών στην κυκλοφορία και την αρτηριακή πίεση (7). Επίσης αν η πρόσληψη νατρίου είναι χαμηλή η απέκκριση του μειώνεται ενώ εάν είναι υψηλή η απέκκριση αυξάνεται έως και 13 gr/ημέρα (5).

1.4 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

Ο όγκος, η σύσταση και η ωσμωμοριακότητα των σωματικών υγρών καθορίζονται κυρίως από τη λειτουργία των νεφρών. Εάν στον οργανισμό υπάρχει περίσσεια ή έλλειψη υγρών απεκκρίνονται αντίστοιχα αραιά ή πυκνά ούρα έτσι ώστε να επανέρχεται ο οργανισμός στη φυσιολογική του κατάσταση. Αυτή η ομοιοστατική διαδικασία εξαρτάται από την αντιδιουρητική ορμόνη (ADH), η οποία εκκρίνεται από τον οπίσθιο λοβό της υπόφυσης και δρα στους νεφρούς με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση των ούρων. Η διαδικασία αποβολής αραιών ούρων είναι σχετικά απλή και προϋποθέτει την επαναρρόφηση από τα τελικά τμήματα των νεφρικών σωληναρίων διαλυτών ουσιών χωρίς να γίνεται επαναρρόφηση νερού. Ο μηχανισμός αποβολής πυκνών ούρων αντίθετα είναι πιο πολύπλοκος και ονομάζεται μηχανισμός αντιρεύματος. Η αποβολή πυκνών ούρων εξαρτάται από την παρουσία της αντιδιουρητικής ορμόνης η οποία με ενδιάμεσο σχηματισμό κυκλικής μονοφωσφορικής αδενοσίνης (cAMP) δρα στα

νεφρικά σωληνάκια των νεφρών αυξάνοντας τη διαπερατότητα τους για το νερό με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη επαναρρόφησή του.

Τα νεφρά ελέγχουν την ωσμωμοριακότητα του εξωκυττάριου υγρού κυρίως ελέγχοντας τη συγκέντρωση Na σε αυτό καθώς αποτελεί το πιο άφθονο στοιχείο του. Η συγκέντρωση του Na στο εξωκυττάριο υγρό φυσιολογικά είναι 142 mEq/l, ενώ η ωσμωμοριακότητα του εξωκυττάριου υγρού είναι 300 mOsm/l. Στο Na οφείλεται αυτή η ωσμωμοριακότητα κατά 90-95%, καθώς άλλες ουσίες άφθονες στο εξωκυττάριο υγρό όπως η γλυκόζη και η ουρία συνεισφέρουν ελάχιστα σε αυτήν. Η ρύθμιση της συγκέντρωσης Na και συνεπώς η ωσμωμοριακότητα του εξωκυττάριου υγρού γίνονται κυρίως με τρεις μηχανισμούς: το σύστημα ωσμωνατριούποδοχέων-ADH, ο μηχανισμός της δίψας και η επιθυμία για λήψη αλατιού. Οι ωσμωνατριούποδοχείς που συμμετέχουν σε αυτή τη διαδικασία βρίσκονται στον υποθάλαμο και η διέγερσή τους προκαλεί την έκκριση ADH από την υπόφυση με αποτέλεσμα την αποβολή πυκνών ούρων και την κατακράτηση υγρών.

Δύο ακόμα τρόποι ρύθμισης της υδατικής και ηλεκτρολυτικής ισορροπίας στον οργανισμό είναι η δίψα και η επιθυμία για λήψη NaCl. Η δίψα, που ορίζεται ως η συνειδητή επιθυμία για λήψη νερού, προκαλείται από την ίδια περιοχή του υποθαλάμου που προκαλεί την έκκριση της ADH και διεγείρεται από παράγοντες όπως υψηλή ωσμωμοριακότητα του εξωκυττάριου υγρού που προκαλεί συνακόλουθη αφυδάτωση των νευρικών κυττάρων και απώλεια K^+ από το σώμα. Αντίστοιχα η επιθυμία για πρόσληψη Na οφείλεται επίσης σε κέντρα του υποθαλάμου και προκαλείται από ελάττωση της συγκέντρωσης του στο εξωκυττάριο υγρό και κυκλοφορική ανεπάρκεια που συνήθως τη συνοδεύει. Ωστόσο ενώ η δίψα προκαλείται αμέσως, η επιθυμία για πρόσληψη αλατιού αυξάνεται σταδιακά μετά από ώρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύστημα ADH-δίψας συμμετέχουν και άλλοι υποδοχείς, οι αρτηριακοί τασεοϋποδοχείς και υποδοχείς όγκου, οι οποίοι βρίσκονται σε σημεία του καρδιαγγειακού συστήματος και ενεργοποιούνται σε περίπτωση ελάττωσης του όγκου αίματος (1). Η μη ωσμωτική διέγερση των υποδοχέων αυτών, όταν ο όγκος του εξωκυττάριου υγρού μειωθεί πολύ, επικρατεί των ωσμωτικών ερεθισμάτων γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υπονατριαιμία (6).

Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο ρυθμίζεται η συγκέντρωση του Na στο σώμα είναι η έκκριση αλδοστερόνης. Η αλδοστερόνη εκκρίνεται από τα επινεφρίδια

όταν αυξάνεται η αγγειοτενσίνη II στο αίμα, αυξάνεται η συγκέντρωση ιόντων K ή όταν ελαττώνεται η συγκέντρωση ιόντων Na και δρα στα νεφρικά σωληνάρια με αποτέλεσμα την κατακράτηση Na. Η αγγειοτενσίνη II παράγεται ως απώτερο αποτέλεσμα της ελάττωσης του όγκου του εξωκυττάριου υγρού και της διέγερσης του συμπαθητικού συστήματος. Ακολούθως παράγεται ρενίνη από την παρασπειραματική συσκευή, η οποία προκαλεί το σχηματισμό αγγειοτενσίνης I η οποία, τέλος, μετατρέπεται σε αγγειοτενσίνη II (8). Ωστόσο σε αυτό το μηχανισμό υπάρχει παλίνδρομη ρύθμιση καθώς αυξάνεται μέσω της κατακράτησης Na και ο όγκος του κατακρατούμενου νερού. Έτσι αυξάνεται ο όγκος του εξωκυττάριου υγρού και η αρτηριακή πίεση με αποτέλεσμα την περαιτέρω απέκκριση υγρών και Na (7). Η συγκέντρωση Na στο αίμα όπως και ο όγκος του αίματος εξαρτώνται και από το νατριουρητικό παράγοντα, ο οποίος εκλύεται από τους κόλπους της καρδιάς όταν υπερδιατείνονται και δρα στα νεφρά με αποτέλεσμα την απέκκριση Na στα ούρα (8). Άλλοι παράγοντες που επίσης συμμετέχουν σε μικρότερο βαθμό στη ομοιόσταση του Na και εκκρίνονται από τα νεφρά είναι κινίνες, προσταγλανδίνες η ενδοθηλίνη και άλλοι λιγότερο γνωστοί (2).

1.5 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΑ ΥΓΡΑ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

Κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης ο οργανισμός αποβάλλει θερμότητα με τέσσερις μηχανισμούς: την αγωγή, την περιαγωγή, την ακτινοβολία και την εξάτμιση. Το 75% της ενέργειας που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της άθλησης είναι θερμότητα και όχι μηχανικό έργο (9). Οι απώλειες αυτές αντικατοπτρίζουν αντίστοιχες απώλειες υγρών μέσω εξάτμισης λόγω της εφίδρωσης και της αναπνοής που μπορεί να είναι έως και 5 kgf υγρών την ώρα. Μάλιστα, κατά την εξάτμιση ενός λίτρου ιδρώτα αποβάλλονται από τον οργανισμό 586 kcal. Ωστόσο παράγοντες όπως η υψηλή θερμοκρασία, η αυξημένη υγρασία, η άπνοια και η ηλιακή ακτινοβολία μπορούν να εμποδίσουν τη λειτουργία αυτών των μηχανισμών (3). Σε απώλειες υγρών τέτοιες ώστε να μειωθεί το σωματικό βάρος κατά 3% μειώνεται η απόδοση του αθλητή, ενώ σε μεγαλύτερες απώλειες από 5-10% μπορεί να υπάρξουν συμπτώματα αφυδάτωσης

όπως μυικές κράμπες και ναυτία (1). Η μείωση της απόδοσης των αθλητών κατά την αφυδάτωση οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, τη μείωση του ρυθμού εφίδρωσης, τη μείωση του πλάσματος και την αδυναμία του αίματος να προσφέρει επαρκές οξυγόνο στους ιστούς (2). Η αφυδάτωση των αθλητών μπορεί να προσδιορισθεί κυρίως με μέτρηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος και όχι τόσο με αυτής των ούρων καθώς αυτή δεν ανταποκρίνεται γρήγορα στις μεταβολές της υδατικής ισορροπίας όπως έδειξε έρευνα των Popowski et al (10).

Ο ιδρώτας είναι υποτονικός σε σχέση με τα υπόλοιπα σωματικά υγρά ωστόσο οι απώλειες Na σε αγωνίσματα παρατεταμένης διάρκειας μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό πρόβλημα (3). Ο ιδρώτας περιέχει περίπου 20-80 mmol/l Na⁺ και 4-8 mmol/l K⁺, ενώ οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις τους στο πλάσμα είναι 130-155 mmol/l και 3,2-5,5 mmol/l και στα κύτταρα 10 mmol/l και 150 mmol/l. Επειδή ο ιδρώτας είναι υπότονος σε σχέση με το πλάσμα εκτεταμένη εφίδρωση χωρίς πρόσληψη νερού είναι δυνατόν να προκαλέσει αύξηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος, γεγονός που συνδέεται με αδυναμία διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματος και πτώση της αθλητικής απόδοσης (11).

Αν και κατά την άσκηση χάνεται σημαντική ποσότητα NaCl, κατά τον εγκλιματισμό ενός αθλητή που ίσως διαρκέσει 1-2 εβδομάδες οι ιδρωτοποιοί αδένες προσαρμόζονται και χάνεται μικρότερη ποσότητα NaCl στον ιδρώτα. Η διαδικασία αυτή οφείλεται στην έκκριση αλδοστερόνης που προκαλεί επαναρρόφηση NaCl πριν εξέλθει ο ιδρώτας από τους αδένες, με αποτέλεσμα την κατακράτηση Na⁺ και Cl⁻ (8). Σε αυτή τη διαδικασία ωστόσο είναι πιθανό να υπάρξουν μεγαλύτερες απώλειες K⁺ στα ούρα και τον ιδρώτα (1).

Κατά τον εγκλιματισμό στο θερμό περιβάλλον αυξάνεται και ο όγκος πλάσματος, ενώ μένουν σταθερές οι συγκεντρώσεις των ηλεκτρολυτών, γεγονός που συνεπάγεται μεγαλύτερα αποθέματα (11). Σε έρευνα των Sawka et al (12), που αποτελεί μετά-ανάλυση άλλων ερευνών, παρατηρήθηκε αύξηση του όγκου πλάσματος έως 30% σε αθλητές κατά τον εγκλιματισμό τους, ενώ σε μη αθλούμενους ο όγκος του πλάσματος αυξάνεται κατά περίπου 5% τους θερμούς μήνες και μειώνεται 3% τους ψυχρούς. Ο αυξημένος όγκος πλάσματος συνεπάγεται μεγαλύτερη παροχή αίματος στο δέρμα και απώλειες ιδρώτα. Έτσι,

δεν αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος, ο αθλητής αποδίδει καλύτερα, αλλά χρειάζεται να καταναλώσει και μεγαλύτερες ποσότητες υγρών (11).

1.6 ΥΠΟΝΑΤΡΙΑΙΜΙΑ

Το νάτριο αποτελεί το κυριότερο ιόν του εξωκυττάριου υγρού και συνεπώς μεταβολές στη συγκέντρωση του συνεπάγονται αντίστοιχες μεταβολές στην ωσμωτικότητα και τον όγκο των υγρών του σώματος. Η υπονατρίαμια ορίζεται ως συγκέντρωση νατρίου στον ορό μικρότερη από 135 mmol/l καθώς φυσιολογικές τιμές νατρίου είναι 135-146 mmol/l (13). Στην υπονατρίαμια το συνολικό νάτριο στο σώμα μπορεί να είναι φυσιολογικό, χαμηλό ή υψηλό ενώ και η ωσμωτικότητα του ορού μπορεί να είναι φυσιολογική, χαμηλή ή υψηλή οπότε η διαταραχή αντίστοιχα είναι ισοωσμωτική, υποωσμωτική και υπερωσμωτική. Η πρώτη περίπτωση είναι σπάνια και συναντάται σε ορισμένες κλινικές περιπτώσεις όπως η διουρηθρική προστατεκτομή. Η υπερωσμωτική υπονατρίαμια οφείλεται συνήθως σε μετατόπιση νερού από το εσωτερικό του κυττάρου στο εξωκυττάριο διαμέρισμα. Αυτό μπορεί να συμβεί σε περιπτώσεις που αυξάνεται η ωσμωτικότητα του εξωκυττάριου υγρού όπως είναι η υπεργλυκαιμία. Το πιο σύνηθες, ωστόσο, είναι η υπονατρίαμια να συνοδεύεται από υποωσμωτικότητα του εξωκυττάριου υγρού. Αυτό μπορεί να συμβεί κυρίως σε περιπτώσεις υπερβολικής πρόσληψης ή μειωμένης αποβολής νερού. Φυσιολογικά οι νεφροί απεκκρίνουν το επιπλέον νερό στο σώμα και αποβάλουν έως και 20 λίτρα την ημέρα. Σε κλινικές περιπτώσεις, όμως, όπως η πρωτοπαθής πολυδιψία και η ελάττωση του ρυθμού σπειραματικής διήθησης οι ομοιοστατικοί μηχανισμοί του οργανισμού αδυνατούν να αποβάλλουν το επιπλέον νερό οπότε εμφανίζεται υπονατρίαμια. Άλλοι λόγοι που προκαλούν υποωσμωτική υπονατρίαμια είναι η ελάττωση της ταχύτητας επαναρρόφησης νατρίου στα ούρα και η παθολογική έκκριση ADH με αποτέλεσμα να μην αραιώνονται όσο θα έπρεπε τα ούρα. Σε ορισμένα άτομα που παρουσιάζουν υπονατρίαμια δημιουργείται νέα ρύθμιση του ωσμωστάτη και έτσι μπορούν να αραιώσουν ακόμα περισσότερο τα ούρα κάνοντας πιο δύσκολη την αντιμετώπιση της υπονατρίαμιας (6).

Κατά την ανάπτυξη υπονατριαιμίας αναπτύσσεται οίδημα στον εγκέφαλο καθώς νερό από το εξωκυττάριο διαμέρισμα εισέρχεται λόγω της διαφοράς ωσμωτικότητας στο εσωτερικό των νευρικών κυττάρων. Αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση οξέων διαταραχών της νοητικής κατάστασης του ατόμου. Συνήθως άτομα με συγκέντρωση νατρίου μεγαλύτερη από 125 mmol/lit δεν παρουσιάζουν συμπτώματα, ωστόσο εάν επιδεινωθεί η κατάσταση εμφανίζονται πονοκέφαλος, ναυτία, ανορεξία, εμετοί, λήθαργος, μυϊκή αδυναμία, κράμπες, ευερεθιστότητα, μειωμένα αντανεκλαστικά, σύγχυση και εχθρική συμπεριφορά. Σε ακόμα πιο βαριές περιπτώσεις εμφανίζονται διαταραχές στη βάδιση, ημικώμα, σπασμοί, κρίσεις επιληψίας, σχηματισμός κήλης στο στέλεχος του εγκεφάλου και μόνιμες βλάβες στον εγκέφαλο ενώ λόγω του εγκεφαλικού οιδήματος και της αύξησης της ενδοκρανιακής πίεσης μπορεί να προκληθεί και θάνατος (13).

Το πρώτο βήμα στην αντιμετώπιση της υπονατριαιμίας είναι η εκτίμηση του επιπέδου υδάτωσης του ατόμου, ενώ πρέπει να μετρώνται συχνά το βάρος, οι ηλεκτρολύτες του ορού και των ούρων και οι όγκοι των υγρών που προσλαμβάνονται και αποβάλλονται. Για τη θεραπεία πρέπει καταρχήν να αντιμετωπίζεται η υποκείμενη αιτία, ενώ χορηγείται ορός με συγκεντρώσεις νατρίου και καλίου μεγαλύτερες από αυτές των ούρων έτσι ώστε να αυξηθεί το νάτριο του ορού. Ωστόσο, σε περιπτώσεις υπερογκαιμίας ή υποογκαιμίας που συνοδεύει την υπονατριαιμία πιθανόν να χρειάζεται περιορισμός νατρίου και νερού ή μεγαλύτερη πρόσληψη τους αντίστοιχα. Κατά την αντιμετώπιση, επίσης, πρέπει να μην μεταβάλλονται τα επίπεδα νατρίου ορού περισσότερο από 20 mEq/lit την ημέρα και να μην χορηγείται νάτριο περισσότερο από 2,5 mEq/lit την ώρα. Σε περιπτώσεις που η υπονατριαιμία διαρκεί περισσότερο από 48 ώρες η μεταβολή του νατρίου στον ορό δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,5 mEq/lit την ώρα καθώς υπάρχει ο κίνδυνος κεντρικής γεφυρικής μυελινολύσης (6).

1.7 ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΠΟΤΑ

Τα πρώτα αθλητικά ποτά είχαν σύσταση όμοια με αυτή του ιδρώτα και δεν θεωρούνταν απαραίτητα στην άσκηση. Σταδιακά προστέθηκαν υδατάνθρακες και ηλεκτρολύτες καθώς είναι πλέον γνωστές οι θετικές επιδράσεις τους στην άσκηση (9). Η κούραση που εμφανίζεται στα μικρής διάρκειας αθλητικά

γεγονότα οφείλεται σε εξάντληση των αποθεμάτων υδατανθράκων του οργανισμού. Αντίθετα σε αγωνίσματα που διαρκούν περισσότερο από πέντε ώρες πιο σημαντικό ρόλο παίζουν η υδατική και ηλεκτρολυτική κατάσταση του αθλητή ειδικά σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας. Σε τέτοιες συνθήκες η αθλητική απόδοση μπορεί να μειωθεί κατά το ήμισυ.

Η διαθεσιμότητα του νερού και των υπόλοιπων συστατικών ενός αθλητικού ποτού εξαρτάται από το ρυθμό γαστρικής κένωσης και εντερικής απορρόφησης. Η κένωση του στομάχου γίνεται πιο γρήγορα όταν αυτό είναι γεμάτο και ελαττώνεται καθώς αδειάζει. Επίσης, αραιά διαλύματα περνούν πιο γρήγορα στο έντερο από πυκνά, ωστόσο, λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης τους τα πυκνά παρέχουν μεγαλύτερες ποσότητες γλυκόζης στον ίδιο χρόνο. Έτσι, αραιά διαλύματα χρησιμοποιούνται όταν προτεραιότητα είναι η υδάτωση, ενώ πιο πυκνά όταν προτεραιότητα είναι η αναπλήρωση των αποθηκών υδατανθράκων του σώματος. Ακόμα, έχει βρεθεί ότι τα ανθρακούχα αναψυκτικά απορροφώνται πιο γρήγορα, ωστόσο, μπορούν να προκαλέσουν και αίσθημα δυσφορίας στο στομάχι (11). Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει την πρόσληψη υγρών είναι η αφυδάτωση, αφού έχει βρεθεί ότι προκαλεί αύξηση του χρόνου κένωσης του στομάχου και αίσθημα δυσφορίας στο στομάχι (9).

Η απορρόφηση της γλυκόζης και του νατρίου στο έντερο συμβαίνει ταυτόχρονα με μηχανισμό που απαιτεί ενέργεια. Αντίθετα το νερό μετακινείται παθητικά ανάλογα με την ωσμωμοριακότητα του αυλού. Διαλύματα ελαφρώς πιο υποτονικά από το πλάσμα μεγιστοποιούν την απορρόφηση νερού ενώ πυκνά διαλύματα είναι δυνατό να προκαλέσουν μετακίνηση νερού στον αυλό. Στα αθλητικά ποτά συνήθως δεν χρησιμοποιείται γλυκόζη αλλά πολυμερή γλυκόζης ή άλλα μίγματα σακχάρων καθώς έχουν τα ίδια αποτελέσματα με αυτήν (11).

1.8 Η ΥΠΟΝΑΤΡΙΑΙΜΙΑ ΣΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

Η υπονατρίαμια συναντάται όχι μόνο σε κλινικές περιπτώσεις αλλά και σε αθλητές αγωνισμάτων παρατεταμένης διάρκειας όπως οι υπερμαραθώνιοι. Η αιτιολογία της δεν έχει ακόμα διευκρινιστεί, όπως και το γιατί ορισμένοι αθλητές είναι περισσότερο επιρρεπείς, ωστόσο, διάφοροι μηχανισμοί έχουν προταθεί. Η άποψη που επικρατεί είναι πως η υπονατρίαμια της άσκησης, που μπορεί να

είναι συμπτωματική ή ασυμπτωματική, οφείλεται κυρίως σε υπερβολική κατανάλωση νερού, η οποία μάλιστα αναφέρεται και ως τοξίκωση ή δηλητηρίαση από νερό, και δευτερευόντως στις απώλειες νατρίου από τον ιδρώτα (3).

1.8.1 Συχνότητα εμφάνισης-Κλινικά περιστατικά

Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα αθλητών που εμφάνισαν υπονατριαιμία σε αθλήματα υπεραντοχής. Οι πρώτες δύο περιπτώσεις που αναφέρονται εμφανίστηκαν το 1981 σε αγώνα στη Νότιο Αφρική, ενώ με την αύξηση της δημοτικότητας των αγωνισμάτων αντοχής τα περιστατικά έχουν αυξηθεί και αφορούν ακόμα και απλούς μαραθώνιους (14). Τη συχνότητα εμφάνισης υπονατριαιμίας σε υπερμαραθωνοδρόμους προσπάθησαν να προσδιορίσουν οι Noakes et al (15) σε έρευνα τους. Στην έρευνα συμμετείχαν αθλητές από τους αγώνες Comrades Marathons του 1986 και 1987 και Carling Ultratriathlon του 1985. Για τους αγώνες Comrades Marathons η έρευνα έδειξε ότι το 9% των αθλητών που κατέρρευσαν είχαν νάτριο αίματος χαμηλότερο από 130 mmol/Lt ενώ συμπτωματική υπονατριαιμία εμφάνισε το 0,29% του συνόλου των δρομέων. Για των αγώνα Carling Ultratriathlon δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικά στοιχεία που να αφορούν το νάτριο. Οι ερευνητές επίσης τονίζουν ότι λιγότερο από το 2% των αθλητών που συμμετέχουν σε τέτοιους αγώνες είναι πιθανόν να αναπτύξουν υπονατριαιμία. Επιρρεπείς στην εμφάνιση υπονατριαιμίας είναι, ωστόσο, και οι αθλητές αντοχής όπως έδειξε έρευνα των Margaret Hsieh et al (16). Σε μαραθώνιο που διεξήχθη το Μάιο του 2000 στις ΗΠΑ βρέθηκε ότι το 5,6% των αθλητών που χρειάστηκαν επί τόπου περίθαλψη είχαν συγκέντρωση νατρίου πλάσματος μικρότερη από 130 mmol/Lt, ενώ στο σύνολο των αθλητών το ποσοστό των υπονατριαιμικών ήταν 0,1%. Παρόλα αυτά, οι ερευνητές διευκρινίζουν ότι τα αποτελέσματα ενδεχομένως να μην είναι αντιπροσωπευτικά του πληθυσμού, καθώς οι συνθήκες διεξαγωγής του αγώνα ήταν ακραίες, ενώ ορισμένοι αθλητές που αποχώρησαν κατά τη διάρκεια του αγώνα με προβλήματα υγείας δεν συμπεριλήφθησαν στην έρευνα.

Αρκετές είναι οι έρευνες στις οποίες παρουσιάζονται περιστατικά αθλητών με υπονατριαιμία. Σε έρευνα των Noakes et al (17) παρουσιάζονται τέσσερις τέτοιες περιπτώσεις, δύο από τις οποίες σοβαρές, οι οποίες συνέβησαν σε αθλητές που συμμετείχαν σε παρατεταμένης διάρκειας αγωνίσματα. Σε όλες

πιστεύεται ότι έπαιξε ρόλο η κατανάλωση υποτονικών διαλυμάτων κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση. Η πρώτη περίπτωση αφορά μια 46χρονη υγιή γυναίκα που συμμετείχε στον αγώνα 88 χιλιομέτρων Comrades Marathon το 1981. Η γυναίκα έτρεχε για 3 ½ χρόνια έχοντας τρέξει 1700 km τους πέντε μήνες πριν τον αγώνα και ήταν καλά πριν την αρχή του αγώνα. Στα πρώτα 30 km του αγώνα όμως ανέπτυξε υδαρή διάρροια και μέχρι τα επόμενα 40 km είχε άλλες τέσσερις κενώσεις. Κατά τη διάρκεια του αγώνα έπινε περίπου 250 ml υγρών σε κάθε ενδιάμεσο σταθμό που απείχε από τον προηγούμενο περίπου 3 km και έτσι κατανάλωσε συνολικά περίπου 6 lt. Τα υγρά που κατανάλωνε ήταν μίγμα Coca-Cola και νερού 1:1 και υπολογίζεται ότι καταναλώθηκαν κατά τη διάρκεια του αγώνα 20mmol νατρίου. Στο σημείο αυτό η γυναίκα απομακρύνθηκε εξουθενωμένη και πνευματικά αποδιοργανωμένη από τον αγώνα από το σύζυγο της, τον οποίο και δεν αναγνώριζε. Μεταφέρθηκε στο νοσοκομείο όπου της χορηγήθηκε ενδοφλέβια διάλυμα ηλεκτρολυτών 1:1 και της δόθηκε εξιτήριο. Επιστρέφοντας στο σπίτι, ωστόσο, παρουσίασε επιληπτικό παροξυσμό και εισήχθη ξανά στο νοσοκομείο. Κατά την εισαγωγή της ήταν σε κωματώδη κατάσταση, ανταποκρινόταν χωρίς τη θέληση της σε επίπονα ερεθίσματα και παρουσίαζε μυικές συσπάσεις στα άκρα. Οι σφυγμοί, η πίεση και το μέγεθος της καρδιάς ήταν φυσιολογικά, ενώ κατά την ακρόαση της καρδιάς ακούγονταν τριγμοί στις βάσεις των πνευμόνων. Η εξέταση του κεντρικού νευρικού συστήματος έδειξε υπερτονία όλων των μυών και αυξημένα αντανακλαστικά, ενώ η οφθαλμοσκοπική εξέταση οίδημα της θηλής και στους δυο οφθαλμούς. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα έδειξε βραδυκαρδία και η ακτινογραφία θώρακος οξύ πνευμονικό οίδημα. Οι εξετάσεις αίματος φανέρωσαν υπονατραιμία και υποχλωραιμία που υποχώρησαν μετά από τρεις ημέρες, ενώ όλες οι άλλες αιματολογικές, ηλεκτρολυτικές και βιοχημικές παράμετροι ήταν φυσιολογικές εκτός από τα λευκά αιμοσφαίρια που ήταν αυξημένα, γεγονός αναμενόμενο λόγω της έντονης άσκησης. Η διαφορική διάγνωση που ετέθη ήταν δηλητηρίαση από νερό ή αιμορραγία του υπαραχνοειδούς και χορηγήθηκε ορός 0,9% NaCl. Μετά από 12 ώρες η κατάσταση της ασθενούς άρχισε να βελτιώνεται και ανέπτυξε διούρηση αποβάλλοντας τέσσερα λίτρα την ημέρα. Σε 48 ώρες η νοητική της κατάσταση βελτιώθηκε, όπως και όλες οι εξετάσεις της. Η κατάσταση της εξακολούθησε να βελτιώνεται ώπου της δόθηκε εξιτήριο μετά από έξι ημέρες

παραμονής στο νοσοκομείο. Η ασθενής πλέον δεν έχει προβλήματα υγείας και συνέχισε να αθλείται τερματίζοντας σε διάφορους υπερμαραθώνιους μεταξύ των οποίων και ο Comrades Marathon.

Η δεύτερη περίπτωση αφορά έναν 37χρονο άνδρα ο οποίος συμμετείχε σε αγωνίσματα υπεραντοχής για τρεις μήνες και έτρεχε στην προπόνηση 60-80 km κάθε εβδομάδα. Ο αθλητής συμμετείχε στον αγώνα Comrades Marathon το 1981 και τερμάτισε σε 10 ώρες και 10 λεπτά. Κατά τη διάρκεια του αγώνα κατανάλωσε περίπου 12 lt υγρού ίδιου με αυτό της πρώτης περίπτωσης και απέβαλε λίγα ούρα. Η συνολική πρόσληψη Na υπολογίζεται περίπου σε 41mmol. Την τελευταία 1 ½ ώρα ο αθλητής ανέπτυξε ήπιες μυικές κράμπες τις οποίες απέδωσε σε διαταραχές ηλεκτρολυτών για αυτό και συνέχισε να καταναλώνει υγρά με ηλεκτρολύτες. Τερμάτισε και ήπие 500 ml τσάι και 70 ml μπύρα. Μετά από πέντε ώρες ωστόσο παρουσίασε μυικές συσπάσεις και απώλεια συνείδησης και μεταφέρθηκε στο νοσοκομείο. Οι σφυγμοί και η πίεση του ήταν φυσιολογικά ενώ δεν είχε ακροαστικά και άλλα κλινικά ευρήματα. Οι εξετάσεις αίματος έδειξαν υπονατραιμία και υποχλωραιμία ενώ οι υπόλοιποι ηλεκτρολύτες στο αίμα ήταν φυσιολογικοί. Στον ασθενή χορηγήθηκε ορός 0,9% NaCl / 5% δεξτρόζη και αφού έλαβε 2,5 lt ορού είχε ήδη αποβάλει 2,8 lt ούρων ενώ βελτιώθηκαν τα επίπεδα Na και Cl αίματος. Η έγχυση του ορού συνεχίστηκε όλο το βράδυ και την επόμενη ημέρα οι ηλεκτρολύτες του ασθενούς ήταν φυσιολογικοί και πήρε εξιτήριο. Από τότε δεν έχει προβλήματα υγείας και κατόπιν σύστασης να μην πίνει πολλά υγρά κατά τη διάρκεια αγώνων έχει τερματίσει σε πολλούς αγώνες χωρίς προβλήματα.

Το τρίτο περιστατικό αφορά έναν 20χρονο άνδρα που συμμετείχε στον αγώνα Comrades Marathon το 1982, και ο οποίος έτρεχε επί έξι μήνες περίπου 60 km την εβδομάδα στην προπόνηση. Ο αθλητής κατανάλωνε περίπου 150 ml σε κάθε ενδιάμεσο σταθμό που απείχε από τον προηγούμενο περίπου 3 km. Τα υγρά που κατανάλωνε ήταν είτε αθλητικό ποτό που περιείχε ηλεκτρολύτες είτε μίγμα νερού και Coca Cola όπως οι προηγούμενοι αθλητές. Η συνολική πρόσληψη υγρών στις 9 ώρες που έτρεχε υπολογίστηκε περίπου 9 lt ενώ το Na που προσέλαβε 34 mmol. Ενώ αισθανόταν καλά αμέσως μετά τον τερματισμό, μια ώρα μετά παρουσίασε κρίση επιληψίας και μεταφέρθηκε στο νοσοκομείο. Στο νοσοκομείο παρουσίασε διάφορα ευρήματα νευρομυικής φύσης, ενώ οι σφυγμοί, η πίεση και η λειτουργία της καρδιάς δεν παρουσίαζαν προβλήματα. Οι εξετάσεις

αίματος έδειξαν υπονατριαιμία και υποχλωραιμία, φυσιολογικά επίπεδα καλίου, διττανθρακικών και ουρίας και αυξημένα επίπεδα γλυκόζης, ασβεστίου και ανόργανων φωσφορικών. Στον ασθενή χορηγήθηκε φαρμακευτική αγωγή και ορός NaCl 0,9%. Σταδιακά αυξήθηκε η διούρηση του, όπως και τα επίπεδα Na και Cl αίματος, ενώ παράλληλα υποχώρησαν τα κλινικά ευρήματα. Ο ασθενής βγήκε υγιής από το νοσοκομείο σε τέσσερις ημέρες.

Το τέταρτο περιστατικό αφορά μια 29χρονη γυναίκα, που έτρεξε στον αγώνα Comrades Marathon το 1983 τερματίζοντας σε 7 ώρες και 29 λεπτά. Μετά τον αγώνα ένιωθε φουσκωμένη όμως δεν είχε κάποιο άλλο πρόβλημα. Δέκα εβδομάδες αργότερα συμμετείχε στο Durban Triathlon, αγώνα στον οποίο έπρεπε να κολυμπήσει, να κάνει ποδήλατο και να τρέξει κάποιες αποστάσεις. Αν και κατάφερε να τερματίσει στα τελευταία 14 km δυσκολευόταν να αναπνεύσει και έτσι αμέσως μετά μεταφέρθηκε στο νοσοκομείο. Η αθλήτρια κατανάλωσε περίπου 8 lt κατά τη διάρκεια του αγώνα ουρώντας μόνο μια φορά και η πρόσληψη νατρίου ήταν περίπου 27 mmol. Οι κλινικές εξετάσεις που έγιναν στο νοσοκομείο ήταν όλες φυσιολογικές εκτός από την ακρόαση και την ακτινογραφία του θώρακος που έδειξαν πνευμονικό οίδημα. Οι εξετάσεις αίματος έδειξαν υπονατριαιμία και υποχλωραιμία και στην ασθενή χορηγήθηκαν διουρητικό και ορός NaCl 0,9%. Η κατάσταση της βελτιώθηκε γρήγορα και βγήκε από το νοσοκομείο σε τέσσερις ημέρες. Συνεχίζοντας τις προπονήσεις της παρατήρησε ότι έχανε 100, 300 και 500 gr/h σε κάθε τμήμα του αγώνα και για αυτό της συστάθηκε να πίνει λιγότερο από 450 ml/h υγρών. Στη συνέχεια κατάφερε να τερματίσει χωρίς πρόβλημα στον αγώνα Hawaiian Triathlon διάρκειας 12 ωρών πίνοντας 5 ½ lt υγρών σε αντίθεση με τα 8 lt που κατανάλωσε στις 10 ώρες του Comrades Marathon.

Ο ερευνητής, στη συνέχεια, προσπαθεί να εξηγήσει το φαινόμενο και δεδομένων των προσλήψεων νερού στις περιπτώσεις που ανέφερε πιστεύει ότι ευθύνεται κυρίως η υπερυδάτωση των αθλητών και όχι τόσο η υπερβολική απώλεια Na από τον ιδρώτα. Επίσης, αναφέρει ότι τα υγρά που κατανάλωσαν οι αθλητές κάλυπταν μόνο το 1/10 των απωλειών Na και ότι στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας συμβάλει και το νερό που παράγεται μεταβολικά στον οργανισμό. Ακόμα ο ερευνητής αποδίδει την αδυναμία του οργανισμού να αποβάλλει τα υπερβολικά υγρά με τα ούρα σε μηχανισμούς που συντηρούν τα υγρά και το νάτριο και οι οποίοι δρουν σε συνθήκες έντονης φυσικής δραστηριότητας. Τέλος,

εκφράζεται η αντίληψη ότι η ανάπτυξη υπονατριαιμίας δεν σχετίζεται με την επίδοση αλλά με το βάρος του αθλητή, καθώς αθλητές με μικρότερο βάρος παρουσιάζουν πιο εύκολα το φαινόμενο.

Ανάλογα περιστατικά παρουσιάζονται από τους Ayus et al (18) σε έρευνα τους. Σε αυτή την έρευνα παρουσιάζονται 7 περιστατικά αθλητών που παρουσίασαν υπονατριαιμία σε υπερμαραθώνιους από το 1993 έως το 1999. Όλοι οι αθλητές παρουσίασαν ναυτία, εμετούς και πνευμονικό οίδημα κατά τη διάρκεια του αγώνα. Επίσης στους 6 πραγματοποιήθηκε μαγνητική τομογραφία που εμφάνισε εγκεφαλικό οίδημα, ενώ το άτομο που δεν έκανε την εξέταση πέθανε. Η αυτοψία έδειξε εγκεφαλικό οίδημα, σχηματισμό κήλης στο εγκεφαλικό στέλεχος και πνευμονικό οίδημα. Σε όλους τους ασθενείς η αναπνοή υποστηρίχθηκε μηχανικά ενώ στους 6 χορηγήθηκε NaCl ενδοφλεβίως. Σε αυτούς τα επίπεδα νατρίου στο πλάσμα αυξήθηκαν, το οίδημα υποχώρησε και δεν παρουσίασαν άλλες επιπλοκές. Οι ερευνητές αναφέρονται ακόμα σε άλλες τέσσερις περιπτώσεις αθλητριών που παρουσίασαν υπονατριαιμία μετά από έναν υπερμαραθώνιο με επίπεδα νατρίου ορού από 114 έως 128 mmol/l και συμπτώματα όπως ναυτία, εμετούς και κρίσεις επιληψίας. Αναφέρεται ότι μια από τις αθλήτριες αυτές είχε καταναλώσει μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα, όμως δεν δίνονται άλλα στοιχεία για αυτές. Αξιολογώντας την έρευνα οι συγγραφείς συσχετίζουν την ύπαρξη εγκεφαλικού οιδήματος με το πνευμονικό και ισχυρίζονται ότι η χορήγηση υπέρτονου διαλύματος NaCl οδηγεί στην υποχώρηση τους. Ακόμα, ισχυρίζονται ότι πιθανώς οι γυναίκες είναι πιο ευάλωτες στην ανάπτυξη υπονατριαιμίας, καθώς 5 από τα 7 άτομα της έρευνας ήταν γυναίκες. Τέλος, υποστηρίζουν ότι υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα ανάπτυξης οξείας υπονατριαιμίας όταν κάποιος αθλητής σταματά την άσκηση επειδή τότε αυξάνει απότομα η ροή αίματος προς το έντερο και απορροφώνται γρηγορότερα τα υγρά που έχουν καταναλωθεί, με αποτέλεσμα τη μείωση των επιπέδων νατρίου στον ορό.

Η συσχέτιση του φύλου και της χρήσης μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων με την ανάπτυξη της υπονατριαιμίας της άθλησης διερευνάται περισσότερο σε έρευνα των Davis et al (19). Σε αυτήν συμμετείχαν αθλητές από τους αγώνες Suzuki Rock'N'Roll Marathon του 1998 και του 1999 από τους οποίους το 50% περίπου ήταν γυναίκες. Η έρευνα έδειξε ότι οι γυναίκες ήταν πιο πιθανό να αναπτύξουν υπονατριαιμία γεγονός που οφείλεται κυρίως στη δράση

των ορμονών του φύλου. Αυτές αυξάνουν τη δίψα με αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου πλάσματος, ενώ τα οιστρογόνα που λαμβάνουν οι μετά-εμμηνοπαυσιακές γυναίκες προκαλούν μεγαλύτερη έκκριση αντιδιουρητικής ορμόνης και κατακράτηση υγρών. Ακόμα ίσως στο φαινόμενο υπεισέρχεται και η συμπεριφορά, καθώς οι γυναίκες εφαρμόζουν πιο αυστηρά συστάσεις υδάτωσης κατά τη διάρκεια του αγώνα με αποτέλεσμα να υπερυδατώνονται. Σχετικά με τα μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα, η θετική τους συσχέτιση με την ανάπτυξη υπονατρίαμίας στους αθλητές είναι αναμφισβήτητη σύμφωνα με τους ερευνητές. Τα φάρμακα αυτά πιθανώς αυξάνουν τις επιδράσεις της αντιδιουρητικής ορμόνης και ίσως έχουν τοξική δράση στους νεφρούς κάτω από τις συνθήκες της άσκησης. Περισσότερες έρευνες χρειάζονται για να διευκρινισθεί ο ακριβής τρόπος με τον οποίο δρουν, ωστόσο, έως τότε συστήνεται η αποφυγή της κατανάλωσης τέτοιων φαρμάκων πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Σε έρευνα των Speedy et al (20) παρουσιάζεται ακόμα μια περίπτωση αθλητή που παρουσίασε υπονατρίαμία κατά τη διάρκεια τριάθλου. Ο αθλητής, που ήταν έμπειρος, κατέρρευσε και είχε επιληπτικές κρίσεις αμέσως μετά το τέλος του αγώνα. Το βάρος του είχε αυξηθεί κατά 5% (3,2 kg) και υπολογίζεται ότι κατανάλωσε 23 lt υγρών κατά τη διάρκεια του αγώνα. Οι εξετάσεις αίματος έδειξαν υπονατρίαμία (116 mmol/l) και μεταβολική οξέωση, και χορηγήθηκε ορός και φάρμακα για την αντιμετώπιση των κρίσεων. Η αποβολή ούρων αυξήθηκε και σε 8 ώρες η συγκέντρωση νατρίου ορού ήταν 127 mmol/l. Ο ασθενής ανέκτησε τις αισθήσεις του την τρίτη ημέρα και πήρε εξιτήριο σε 8 ημέρες χωρίς να παρουσιάσει ξανά νευρολογικά προβλήματα.

1.8.2 Πιθανοί παράγοντες που προκαλούν το φαινόμενο

Ο Noakes (21) σε έρευνα του προσπαθεί να επεξηγήσει, με βάση παλαιότερες έρευνες, την αιτιολογία της υπονατρίαμίας σε αθλητές υπεραντοχής. Οι πιθανές αιτίες του φαινομένου σύμφωνα με τον ερευνητή είναι μεγάλες απώλειες νατρίου από τον ιδρώτα, υπερβολική πρόσληψη νερού ή μετακίνηση ιόντων νατρίου σε ένα τρίτο χώρο, πιθανώς τον αυλό του εντέρου. Ωστόσο, θεωρείται ότι σημαντικότερος παράγοντας είναι η κατακράτηση υγρών, η διατήρηση μεγάλου εξωκυττάριου όγκου υγρών και η αδυναμία του οργανισμού κάτω από τις συνθήκες της άσκησης να ρυθμίσει τον εξωκυττάριο όγκο με βάση

τα επίπεδα νατρίου αίματος. Ο ερευνητής στηριζόμενος σε προηγούμενες έρευνες υποστηρίζει ότι σημαντικό μέρος των προσλαμβανόμενων υγρών δεν απορροφάται άμεσα και μένει στον αυλό του εντέρου, ενώ ωσμωτικά μετακινούνται εκεί και ιόντα νατρίου και χλωρίου. Μάλιστα, στο έντερο μπορεί να παραμείνουν χωρίς να απορροφηθούν έως και δύο λίτρα υγρών, ενώ οι απώλειες νατρίου εκεί είναι μεγαλύτερες όταν τα υγρά έχουν υψηλή συγκέντρωση υδατανθράκων.

Στη συνέχεια γίνεται μια ανασκόπηση μελετών πεδίου σχετικά με το φαινόμενο. Σε όλες αναφέρεται ως σημαντικός παράγοντας η υπερβολική πρόσληψη νερού, ωστόσο, σχετικά με την αδυναμία του οργανισμού να διατηρήσει την ομοιόσταση των υγρών υπάρχει διχογνωμία. Ενδεχομένως εμπλέκονται νεφρικοί ή άλλοι μηχανισμοί που δεν έχουν σχέση με τους νεφρούς και μεγάλες απώλειες νατρίου μέσω του ιδρώτα. Ένα ακόμα ενδεχόμενο είναι η υπερυδάτωση να αφορά κυρίως το ενδοκυττάριο διαμέρισμα, καθώς βρέθηκε μειωμένη ικανότητα του οργανισμού στις συνθήκες της έντονης άσκησης να μεταφέρει πρωτεΐνες στον ενδοαγγειακό χώρο. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την παραπάνω κατακράτηση νερού και την επιδείνωση της υπονατριάμιας. Λιγότερες είναι οι έρευνες που έχουν γίνει σε εργαστήρια και μάλιστα, είναι λιγότερο αξιόπιστες, δεδομένου ότι οι συνθήκες κατά την άσκηση διαφέρουν από αυτές στο εργαστήριο. Μια πιο πρόσφατη έρευνα των Speedy et al (22) επιβεβαιώνει ότι ο σημαντικότερος λόγος ανάπτυξης υπονατριάμιας σε αθλητές υπεραντοχής είναι η κατακράτηση υγρών, η οποία συμβαίνει τόσο στο ενδοκυττάριο όσο και στο εξωκυττάριο διαμέρισμα, γεγονός που φανερώνει και η χαμηλή τιμή του αιματοκρίτη στους υπονατριάμικους αθλητές.

Ο Noakes επιχειρεί ακόμα να εντοπίσει τους παράγοντες που προστατεύουν τους αθλητές από την ανάπτυξη υπονατριάμιας και έτσι το φαινόμενο είναι τόσο σπάνιο. Ένας από αυτούς είναι η απώλεια υγρών κατά την άσκηση και η ελάττωση του όγκου του εξωκυτταρίου υγρού. Η ρύθμιση του όγκου του εξωκυτταρίου υγρού εξαρτάται από τα επίπεδα νατρίου και συμβαδίζει με αυτά για αυτό άλλωστε και είναι σπάνιο να παρατηρείται λάθος ρύθμιση του. Ωστόσο, ο ερευνητής υποστηρίζει ότι είναι δυνατόν να εμφανίσει υπονατριάμια αθλητής χωρίς να είναι υπερυδατωμένος, γεγονός που όμως οφείλεται σε πιο μακροπρόθεσμη έλλειψη NaCl.

Σε μια πιο πρόσφατη έρευνα οι Montain et al (23) διερευνούν κατά πόσο είναι βάσιμες οι απόψεις που ήδη υπάρχουν γύρω από την εμφάνιση της υπονατριαιμίας. Η υπερβολική πρόσληψη νερού θεωρείται ο σημαντικότερος παράγοντας για αυτό, ενώ τονίζεται ότι οι αθλητές με χαμηλό σωματικό βάρος είναι πιο εύκολο να αναπτύξουν υπονατριαιμία, καθώς είναι πιο εύκολο να υποστούν υπερυδάτωση. Η ανάπτυξη της κατάστασης χωρίς υπερυδάτωση, αλλά μόνο λόγω υπερβολικών απωλειών ηλεκτρολυτών από τον ιδρώτα, δεν θεωρείται απίθανη από τους ερευνητές. Για να πραγματοποιηθεί όμως αυτό απαιτούνται συγκεντρώσεις νατρίου στον ιδρώτα μεγαλύτερες από 100 mEq/Lt, γεγονός που είναι σπάνιο στον πληθυσμό. Σχετικά με τη μετακίνηση ιόντων νατρίου στον αυλό του εντέρου και το λίμνασμα υγρών σε αυτό οι ερευνητές αμφισβητούν την ύπαρξη του. Υποστηρίζεται ότι εάν υπήρχε αυτός ο τρίτος χώρος θα εμφάνιζαν διάρροια οι αθλητές, γεγονός σπάνιο σε υπονατριαιμικούς αθλητές. Όσον αφορά στην αδυναμία του οργανισμού να αποβάλλει την περίσσεια του νερού στα ούρα φαίνεται ότι αυτή οφείλεται σε μερικές περιπτώσεις στην υπερβολική έκκριση αντιδιουρητικής ορμόνης, χωρίς όμως αυτό να εφαρμόζει σε όλες τις περιπτώσεις. Πιο πιθανό, ωστόσο, θεωρούν οι ερευνητές το φαινόμενο να οφείλεται σε αυξημένη δράση του συμπαθητικού συστήματος και σε μειωμένο ρυθμό σπειραματικής διήθησης που συμβαίνουν σε συνθήκες άσκησης. Τέλος, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι υπάρχουν άτομα με μεταλλάξεις του γονιδίου της κυστικής ίνωσης τα οποία είναι πιο ευαίσθητα στην εμφάνιση υπονατριαιμίας. Τα άτομα αυτά αποβάλλουν μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου στον ιδρώτα αλλά δεν παρουσιάζουν άλλα συμπτώματα της νόσου, όπως διαταραγμένη αναπνευστική και παγκρεατική λειτουργία, οπότε και είναι πιο δύσκολο να διαγνωσθούν.

Σε άλλη έρευνα των Speedy et al (24) διερευνάται, επίσης, η αιτιολογία της υπονατριαιμίας σε αθλητές τριάθλου. Στην έρευνα συμμετείχαν 605 άτομα που πήραν μέρος στον αγώνα τριάθλου New Zealand Ironman και από αυτούς βρέθηκε ότι το 18% είχαν συγκέντρωση νατρίου χαμηλότερη από 135 mmol/Lt, ενώ η υπονατριαιμία ευθυνόταν για το 23% των περιπτώσεων που χρειάστηκαν ιατρική παρακολούθηση. Σημαντικό εύρημα της έρευνας ήταν ότι τα επίπεδα νατρίου στο αίμα συσχετίζονταν στατιστικά σημαντικά αντίστροφα με την απώλεια του βάρους των αθλητών, δηλαδή τα άτομα που έχασαν περισσότερο βάρος κατά τη διάρκεια του αγώνα είχαν υψηλότερα επίπεδα νατρίου στο αίμα ενώ τα άτομα που είχαν μικρές ή καθόλου απώλειες βάρους είχαν χαμηλότερα

επίπεδα νατρίου στο αίμα τους. Οι ερευνητές προτείνουν ως αιτιολογία του φαινομένου τη διαφοροποιημένη λειτουργία των νεφρών και την κατακράτηση νερού στον εξωκυττάριο χώρο, καθώς τα υπονατριαιμικά άτομα είχαν και χαμηλότερο αιματοκρίτη, ενώ η μετακίνηση νατρίου στον αυλό του εντέρου ως ενδιάμεσο χώρο θεωρείται δευτερεύων παράγοντας. Επίσης, για την πιο ήπια υπονατριαιμία υποστηρίζεται ότι αυτή ευθύνεται αφενός σε αυξημένη πρόσληψη νερού και αφετέρου σε μεγάλες απώλειες νατρίου στον ιδρώτα. Σημαντικό εύρημα της έρευνας ήταν επίσης ότι οι γυναίκες, και ιδίως οι προεμμηνοπαυσιακές, έχουν χαμηλότερα επίπεδα νατρίου αίματος και είναι σε πιο μεγάλο κίνδυνο ανάπτυξης υπονατριαιμίας και σοβαρών επιπλοκών από τους άνδρες. Στην έρευνα ακόμα βρέθηκε συσχέτιση, όχι όμως ισχυρή, μεταξύ του χρόνου τερματισμού των αθλητών και του κινδύνου ανάπτυξης υπονατριαιμίας, δηλαδή οι πιο αργοί αθλητές βρέθηκε ότι διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να αναπτύξουν υπονατριαιμία. Ακόμα πιο σημαντικό όμως είναι το εύρημα ότι οι αθλητές που ανέπτυξαν υπονατριαιμία δεν είχαν αυξημένα επίπεδα αντιδιουρητικής ορμόνης σε σχέση με τους υπόλοιπους, συνεπώς, η αδυναμία των νεφρών να αποβάλουν το επιπλέον νερό δεν οφείλεται σε αυτό το γεγονός.

Η συσχέτιση του χρόνου τερματισμού των αθλητών και της ανάπτυξης υπονατριαιμίας επιβεβαιώνεται και από έρευνα των Hew et al (25), στην οποία οι πιο αργοί αθλητές εμφάνισαν χαμηλότερα επίπεδα νατρίου στο αίμα τους κατά τον τερματισμό. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι στην έρευνα αυτή, στην οποία μελετήθηκαν 73 αθλητές που χρειάστηκαν ιατρική φροντίδα κατά τον μααραθώνιο 42 km Houston Marathon του 2000, βρέθηκε το υψηλότερο ποσοστό εμφάνισης υπονατριαιμίας σε κανονικό μααραθώνιο (0,31% του συνόλου των αθλητών), γεγονός που οι ερευνητές αποδίδουν στη συμμετοχή αρκετών άπειρων και χαμηλής δυναμικότητας αθλητών.

Μια ακόμα έρευνα η οποία επικεντρώνεται στην αιτιολογία του φαινομένου είναι αυτή του Noakes (26). Η έρευνα αυτή αποτελεί μια μετά-ανάλυση άλλων ερευνών σχετικά με την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε αθλητές. Σε αυτήν τονίζεται ότι η υπονατριαιμία δεν οφείλεται σε μεγάλες απώλειες νατρίου καθώς αυτές είναι περίπου ίδιες για τους αθλητές, είτε αυτοί παρουσιάζουν είτε όχι υπονατριαιμία, αλλά σε κατανάλωση υγρών κατά την άσκηση ανεξάρτητα με το αν αυτά περιείχαν ή όχι νάτριο. Επίσης, ο συγγραφέας αναφέρει ότι η συγκέντρωση νατρίου στο πλάσμα αθλητών ήταν όμοια είτε αυτοί κατανάλωσαν

νερό είτε ορό με μεγαλύτερη συγκέντρωση νατρίου. Έτσι, η εξήγηση που δίνεται για την ανάπτυξη της υπονατριαιμίας είναι ότι δεν οφείλεται σε έλλειψη νατρίου που χάνεται κατά την άσκηση, αλλά σε διαταραχές της κατανομής του μεταξύ των διαμερισμάτων του σώματος. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι η συγκέντρωση νατρίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον όγκο του εξωκυττάριου διαμερίσματος και αυτός υφίσταται μεταβολές κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση καθώς υγρά ανακατανέμονται μεταξύ πλάσματος και εξωκυττάριου υγρού. Επίσης, ο ερευνητής αναφέρει άλλη μια πιθανή εκδοχή, δηλαδή, το ότι οι απώλειες βάρους κατά την άσκηση υπολογίζεται ότι οφείλονται κυρίως σε απώλειες υγρών από το εξωκυττάριο διαμέρισμα ενώ στην πραγματικότητα υπάρχουν πρόσθετες απώλειες από την καύση των υδατανθράκων και του λίπους αλλά και υγρών από το ενδοκυττάριο διαμέρισμα. Η εξήγηση για την εμφάνιση υπονατριαιμίας σε αθλητές, που προτείνεται από τον Noakes, είναι ότι τα υγρά που καταναλώνονται κατά την άσκηση δεν απορροφώνται άμεσα, όπως σε συνθήκες ηρεμίας, αλλά ενδέχεται να παραμείνουν στον εντερικό αυλό και να προκαλέσουν την είσοδο ιόντων νατρίου στον αυλό, χωρίς να αναπληρώνεται το εξωκυττάριο διαμέρισμα. Τέλος, προτείνεται οι αθλητές που είναι σε ρίσκο για ανάπτυξη υπονατριαιμίας να καταναλώνουν 500 ml/h υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης, ποσότητα που είναι ικανή να αποτρέψει την εμφάνιση υπονατριαιμίας αλλά και αφυδάτωσης, και όχι να πίνουν τόσα υγρά όσες είναι και οι απώλειες τους, καθώς δεν είναι δυνατό να τις υπολογίσουν αυτές.

Η απώλεια στερεής μάζας σώματος κατά την άσκηση επιβεβαιώνεται από τους Speedy et al (27) σε έρευνα τους στην οποία υπολόγισαν ότι κατά τη διάρκεια του τριάθλου Ironman Triathlon οι αθλητές χάνουν περίπου 2 kgf μάζας τα οποία δεν είναι υγρά, αλλά υδατάνθρακες και λίπος που χρησιμοποιεί ως καύσιμο ο οργανισμός. Έτσι, εάν κάποιος αθλητής διατηρήσει το βάρος του κατά τη διάρκεια του αγώνα, ουσιαστικά είναι υπερυδατωμένος κατά 2 lt. Σε άλλη τους έρευνα οι Speedy et al (28) προχώρησαν ακόμη περισσότερο και υπολόγισαν ακριβώς τις απώλειες υδατανθράκων και λίπους κατά τη διάρκεια του αγώνα Ironman Triathlon. Έτσι, βρήκαν ότι ο οργανισμός χρησιμοποιεί περίπου 260 gr λίπους, 535 gr υδατανθράκων, ενώ περίπου 1,5 kgf νερού που είναι συνδεδεμένα με το γλυκογόνο επίσης χάνονται. Συνεπώς, συνολικά ο οργανισμός χάνει περίπου 2,239 kgf βάρος, το οποίο δεν οφείλεται σε απώλειες υγρών.

1.8.3 Η επίδραση της παρατεταμένης διάρκειας άσκησης στη λειτουργία των νεφρών

Υπάρχει μεγάλη διχογνωμία σχετικά με τις μεταβολές που υφίσταται η νεφρική λειτουργία κατά την διάρκεια της άσκησης. Η απώλεια υγρών και η μείωση του όγκου του πλάσματος πιστεύεται ότι προκαλούν αύξηση της συγκέντρωσης της αλδοστερόνης και της αντιδιουρητικής ορμόνης, γεγονός που οδηγεί σε κατακράτηση υγρών και νατρίου. Η έκκριση της αλδοστερόνης κατά την άσκηση πιθανά οφείλεται στην αύξηση του εξωκυττάριου καλίου και τη μείωση της πίεσης στους νεφρούς. Επίσης, η διέγερση του συμπαθητικού συστήματος προκαλεί ελάττωση του όγκου αίματος που διηθείται στους νεφρούς. Οι δύο ορμόνες παραμένουν αυξημένες και μετά την άσκηση έως ότου ρυθμιστεί η υδατική και ηλεκτρολυτική ισορροπία στον αθλητή. Η αλδοστερόνη παραμένει υψηλή έως ότου γίνει φυσιολογικός ο λόγος νατρίου προς κάλιο στο πλάσμα (29). Η αύξηση των δύο αυτών ορμονών επιβεβαιώνεται σε έρευνα των Stuenkel et al (30) στην οποία εξετάστηκαν 20 αθλητές που συμμετείχαν στον αγώνα Susitna 100 του 2002. Κατά τη διάρκεια του αγώνα, η αλδοστερόνη και η αντιδιουρητική ορμόνη αυξήθηκαν, όμως μόνο η αλδοστερόνη πέρα από τα φυσιολογικά όρια. Ωστόσο δεν βρέθηκε συσχέτιση των επιπέδων νατρίου του αίματος με τα επίπεδα των ορμονών αυτών.

Σε έρευνα των Irving et al (31) μελετάται η νεφρική λειτουργία υπονατριαιμικών ατόμων που κατέρρευσαν κατά τη διάρκεια του αγώνα Comrades Marathon του 1988. Οι ερευνητές θεωρούν ότι η υπερυδάτωση είναι ο κύριος παράγοντας που ευθύνεται για το φαινόμενο για αυτό και διερευνούν το γιατί ο οργανισμός αδυνατεί να αποβάλλει το επιπλέον νερό. Η ελάττωση του ρυθμού σπειραματικής διήθησης στα υπονατριαιμικά άτομα θεωρείται απίθανη επειδή οι συγκεντρώσεις ουρίας και κρεατινίνης σε αυτά ήταν ίδιες με τα άτομα του δείγματος ελέγχου, ενώ και η λήψη μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων δεν βρέθηκε να επιδρά στη νεφρική λειτουργία. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η κατακράτηση υγρών οφείλεται κυρίως σε υπέρμετρη έκκριση αντιδιουρητικής ορμόνης. Αυτήν την αποδίδουν σε μείωση του όγκου πλάσματος, καθώς θεωρούν ότι η περίσσεια των υγρών διανέμεται στο ενδοκυττάριο διαμέρισμα. Η αύξηση του όγκου του ενδοκυττάριου χώρου οφείλεται, κατά τους ερευνητές, σε αδυναμία των ατόμων αυτών να

μετακινήσουν πρωτεΐνες στον ενδοαγγειακό χώρο, με αποτέλεσμα τη μείωση της κολλοειδωσμοτικής του πίεσης και τη μετακίνηση υγρών μέσα στα κύτταρα. Ακόμα, αναφέρεται ότι η έκκριση του κοιλιακού νατριουρητικού πεπτιδίου αυξάνει κατά τη διάρκεια της άσκησης, γεγονός που ενδεχομένως προκαλεί μεγαλύτερη απώλεια νατρίου στα ούρα, χωρίς ωστόσο, να σημαίνει αυτό ότι θεωρείται αίτιο της υπονατριαιμίας.

Οι φυσιολογικές τιμές καλίου στο αίμα είναι μεταξύ 3,5-5,3 mmol/l (32). Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης το κάλιο του πλάσματος αυξάνεται ελαφρά παρά τις απώλειες στον ιδρώτα, επανέρχεται όμως γρήγορα στα φυσιολογικά επίπεδα όταν τελειώνει η άσκηση. Η ελαφριά αύξηση οφείλεται σε μετακίνηση καλίου από το ενδοκυττάριο στο εξωκυττάριο διαμέρισμα (10). Η αύξηση της συγκέντρωσης του καλίου, ωστόσο, δεν έχει καμία επίδραση στην υγεία ή την απόδοση των αθλητών κατά την άσκηση.

1.8.4 Κατανάλωση αθλητικών ποτών και δισκίων NaCl κατά τη διάρκεια του αγώνα

Η κατανάλωση νερού μετά το τέλος του αγώνα έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί μείωση των επιπέδων του νατρίου στο πλάσμα. Συνακόλουθα προκαλείται αύξηση της διούρησης και απώλεια νατρίου στα ούρα και έτσι καθυστερεί η υδάτωση του αθλητή. Αντίθετα η κατανάλωση δισκίων NaCl μαζί με νερό είχε ως αποτέλεσμα τη γρήγορη υδάτωση του αθλητή. Για αυτό συστήνεται τα αθλητικά ποτά να περιέχουν νάτριο σε συγκέντρωση τουλάχιστον όση του ιδρώτα (περίπου 80 mmol/l), ωστόσο συνήθως περιέχουν 10-25 mmol/l (11). Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι ιδανικές συγκεντρώσεις νατρίου στα αθλητικά ποτά είναι μεταξύ 17-48 mmol/l, όμως τότε η γεύση του ποτού είναι αλμυρή και δεν είναι εύκολο να καταναλωθεί από τους αθλητές. Επίσης, στα αθλήματα υπεραντοχής πρέπει να αναπληρώνεται τουλάχιστον το 80% των απωλειών υγρών από τον ιδρώτα (9). Όσον αφορά στο κάλιο, έρευνες έχουν δείξει ότι ο εμπλουτισμός των αθλητικών ποτών με αυτό δεν έχει απολύτως καμία επίδραση στα επίπεδα υδάτωσης και την αθλητική απόδοση (11).

Ο τρόπος με τον οποίο η ωσμωμοριακότητα και η συγκέντρωση νατρίου ενός υγρού επηρεάζουν την απορρόφηση του εξετάζεται σε εργασία των Gisolfi et al (33). Στην έρευνα συμμετείχαν 5 άτομα στα οποία δόθηκαν υγρά διαφορετικής ωσμωμοριακότητας και συγκέντρωσης νατρίου. Όλα τα υγρά

περιείχαν 6% υδατάνθρακες, σε διαφορετική όμως μορφή ώστε να μεταβάλλεται η ωσμωτικότητα τους. Το διάλυμα Α ήταν υποτονικό και δεν περιείχε νάτριο. Τα διαλύματα Β και Γ είχαν την ίδια συγκέντρωση νατρίου (17-18 mEq/l), όμως το Β ήταν ισοτονικό ενώ το Γ υποτονικό. Τα διαλύματα Δ και Ε είχαν υψηλή συγκέντρωση νατρίου (45-47 mEq/l), αλλά το Δ ήταν ισοτονικό και το Ε υποτονικό. Η άσκηση των αθλητών είχε διάρκεια 85 λεπτά. Ο ρυθμός της γαστρικής κένωσης βρέθηκε ίδιος σε όλα τα ποτά, παρά τις μεγάλες διαφορές στην ωσμωτικότητα τους, ενώ και η ταχύτητα απορρόφησης νερού ήταν σχεδόν ίδια για όλα τα ποτά. Το τελευταίο οι ερευνητές το αποδίδουν, είτε στην υδρόλυση των διαφόρων τύπων υδατανθράκων, είτε στην επίδραση του νατρίου. Τα ποτά που περιείχαν νάτριο προκάλεσαν μικρότερη έκκριση νατρίου στο δωδεκαδάκτυλο, ωστόσο, το γεγονός αυτό δεν βρέθηκε να επηρεάζει ιδιαίτερα την απορρόφηση νερού. Οι ερευνητές τονίζουν ότι η υποτονικότητα των αθλητικών ποτών ευνοεί την απορρόφηση ύδατος, ωστόσο, και άλλοι παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο, όπως η συνολική ροή των διαλυτών συστατικών, ειδικά στα πρώτα 50cm του εντέρου όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Η ωσμωτικότητα του πλάσματος και η συγκέντρωση του καλίου αυξήθηκαν κατά την άσκηση ενώ του νατρίου παρέμεινε σταθερή. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει ένα αθλητικό ποτό κατάλληλο για κάθε είδους άσκηση ενώ συνιστούν να προστίθενται διάφοροι τύποι υδατανθράκων στα ποτά αλλά σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις ώστε να είναι υποτονικά. Τέλος για το νάτριο συνιστούν να προστίθεται στα αθλητικά ποτά καθώς μειώνει την έκκριση νατρίου από τον οργανισμό στον αυλό του εντέρου και έτσι προάγει την απορρόφηση νερού. Οι Vrijens et al (34) σε σχετική έρευνα τους παρατήρησαν ότι η κατανάλωση υγρών που δεν περιέχουν νάτριο κατά την άσκηση προκαλεί ελάττωση των επιπέδων του στο πλάσμα και έτσι και αυτοί συνιστούν την κατανάλωση υγρών που περιέχουν νάτριο κατά τη διάρκεια άσκησης υπεραντοχής.

Σε έρευνα των Speedy et al (35) παρατηρήθηκε η επίδραση της λήψης αλατιού από το στόμα κατά τη διάρκεια αγώνα υπεραντοχής. Συμπλήρωμα αλατιού δόθηκε σε 38 αθλητές που συμμετείχαν στον αγώνα South African Ironman Triathlon του 2000 ώστε να τους παρέχονται περίπου 700 mg νατρίου την ώρα. Την ομάδα ελέγχου αποτελούσαν 133 αθλητές που τερμάτισαν στον αγώνα και δεν έλαβαν συμπλήρωμα αλατιού. Τα αποτελέσματα της λήψης

συμπληρώματος αλατιού ωστόσο δεν βρέθηκαν ιδιαίτερα σημαντικά καθώς στους αθλητές που έλαβαν τα συμπληρώματα αυξήθηκε το νάτριο του αίματος και υπήρχε μικρότερη απώλεια βάρους αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό που να επηρεάζεται η υγεία και η απόδοση των αθλητών. Παρατηρήθηκε ακόμα ότι ο όγκος του πλάσματος διατηρήθηκε όχι όμως όπως θα γινόταν αν αναπληρώνονταν όλα τα υγρά που χάνονται κατά την άσκηση.

1.8.5 Συστάσεις

Κατά καιρούς διάφορες συστάσεις έχουν γίνει για τον όγκο των υγρών που θα πρέπει να καταναλώνει ένας αθλητής, ωστόσο, πάντα τονίζεται η ιδιαιτερότητα του κάθε αθλητή και συνεπώς, ότι δεν εφαρμόζουν σε όλες τις περιπτώσεις. Το American College of Sports Medicine το 1975 σύστηνε κατανάλωση 400-500 ml υγρών πριν τον αγώνα, ενώ το 1984 σύστηνε 400-600 ml υγρών πριν τον αγώνα και 100-200 ml κάθε 2-3 km, γεγονός που σημαίνει κατανάλωση 300-2000ml την ώρα ανάλογα με τις απαιτήσεις του αθλητή (11). Κάποιες πιο πρόσφατες συστάσεις του American College of Sports Medicine (36) σε αγωνίσματα αντοχής είναι καταρχήν οι αθλητές να καταναλώνουν 400-600 ml νερού 2 ώρες πριν την άσκηση. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετός για τον οργανισμό να ενυδατωθεί εάν δεν είναι επαρκώς ενυδατωμένος αλλά και να αποβάλλει από τους νεφρούς την περίσσια του νερού εάν υπάρχει. Κατά τη διάρκεια του αγώνα συστήνεται η αναπλήρωση όλων των απωλειών υγρών μέσω του ιδρώτα ή η κατανάλωση της μέγιστης ποσότητας που μπορεί να γίνει ανεκτή. Προτείνεται η κατανάλωση 600-1200 ml την ώρα, ωστόσο, πρέπει να δίνεται προσοχή στις μεγάλες διακυμάνσεις του ρυθμού εφίδρωσης και της ανοχής υγρών μεταξύ των αθλητών. Η ιδανική θερμοκρασία ώστε να μεγιστοποιείται η κατανάλωση υγρών θεωρείται ότι είναι μεταξύ 15-21 °C, ενώ τα υγρά πρέπει να έχουν ευχάριστη γεύση. Η προσθήκη νατρίου συστήνεται για αγωνίσματα που διαρκούν περισσότερο από 4-5 ώρες ώστε να αναπληρώνονται οι απώλειες του από τον ιδρώτα, ενώ άλλος ένας λόγος χρησιμοποίησης του είναι η βελτίωση της γεύσης των αθλητικών ποτών. Προτείνεται η προσθήκη 0,5-0,7 gr/lit νατρίου στα αθλητικά ποτά ώστε να αναπληρώνονται οι απώλειες του.

Ανάλογες είναι και οι συστάσεις του American College of Sports Medicine, του Αμερικανικού Συλλόγου Διαιτολόγων και των Διαιτολόγων του Καναδά στην κοινή τους επίσημη θέση (37). Πάλι τονίζεται η σημασία της

νορμοϋδάτωσης πριν τον αγώνα με κατανάλωση 400-600 ml υγρών, ενώ κατά τη διάρκεια του αγώνα συστήνεται κατανάλωση 150-350 ml υγρών κάθε 15-20 λεπτά ανάλογα με την ανοχή του αθλητή. Επίσης, προτείνεται η κατανάλωση 450-675 ml υγρών για κάθε 0,5 kg απώλειας βάρους κατά τη διάρκεια της άσκησης, ώστε να αναπληρώνονται οι απώλειες υγρών, αλλά και η πρόσληψη νατρίου σε ποσότητες 0,5-0,7 gr/lit, ώστε να αποφευχθεί η υπονατριαιμία και να βελτιωθεί η γεύση των αθλητικών ποτών. Μετά την άσκηση συστήνεται η κατανάλωση υγρών για να αναπληρωθούν οι απώλειες που υπάρχουν έως και στο 150%, ώστε να καλυφθούν και οι ανάγκες της διούρησης. Η πρόσληψη νατρίου μετά την άσκηση μπορεί να επιταχύνει την αναπλήρωση των υγρών καθώς μειώνει τη διούρηση και αυξάνει τη δίψα. Δεδομένου ότι η συγκέντρωση νατρίου των περισσότερων αθλητικών ποτών είναι σχετικά χαμηλή η πρόσληψη του μπορεί να γίνει από ένα γεύμα πλούσιο σε NaCl μετά το τέλος του αγώνα. Το νάτριο είναι το μόνο μικροστοιχείο το οποίο συνίσταται να προστίθεται στα αθλητικά ποτά καθώς μεγιστοποιεί την απορρόφηση της γλυκόζης, την κατακράτηση νερού, τη διατήρηση του όγκου του εξωκυττάριου διαμερίσματος ενώ συμβάλλει στην αποφυγή ανάπτυξης υπονατριαιμίας (11).

1.8.6 Πρόληψη-Διάγνωση-Θεραπεία

Η πρόληψη του φαινομένου της υπονατριαιμίας μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Καταρχήν, οι υπερμαραθωνοδρόμοι πρέπει να γνωρίζουν τους κινδύνους από αφυδάτωση ή υπερυδάτωση και όσοι είναι σε κίνδυνο εμφάνισης υπονατριαιμίας να μειώνουν ελαφρά την πρόσληψη υγρών και να καταναλώνουν υγρά πλούσια σε νάτριο. Επίσης, ορισμένοι ερευνητές συνιστούν να ζυγίζονται οι αθλητές πριν και μετά τον αγώνα, να υπάρχει στενότερη ιατρική υποστήριξη κατά τον αγώνα και να είναι μεγαλύτερη η απόσταση μεταξύ των ενδιάμεσων σταθμών υποστήριξης (19). Παρόμοιες τακτικές, όπως και συστάσεις για μετριασμό της κατανάλωσης υγρών, ακολουθήθηκαν στον αγώνα South African Ironman Triathlon του 2000, όπως αναφέρεται σε έρευνα των Sharwood et al (38). Ως αποτέλεσμα, οι αθλητές παρουσίασαν χαμηλότερα ποσοστά υπονατριαιμίας σε σχέση με άλλους αγώνες. Επίσης, αν και η μέση απώλεια βάρους ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με άλλους αγώνες δεν αυξήθηκαν τα περιστατικά που έχριζαν ιατρικής περίθαλψης, αλλά αντίθετα ήταν πολύ χαμηλός ο αριθμός τους. Επίσης ο Siegel σε άρθρο του (39) υποστηρίζει ότι θα πρέπει να

πραγματοποιούνται επί τόπου ταχείες βιοχημικές μετρήσεις σε αθλητές που κατέρρευσαν κατά τη διάρκεια αγώνων ώστε να τίθεται σίγουρη διάγνωση και να εφαρμόζεται η πιο σωστή θεραπεία.

Έρευνα των Speedy et al (40) ασχολείται με τη διάγνωση και πρόληψη του φαινομένου της υπονατριαιμίας, καθώς σε 117 αθλητές του Ironman Triathlon που χρειάστηκαν ιατρική παρακολούθηση στα έτη 1997 και 1998 η υπονατριαιμία ήταν η συχνότερη σοβαρή ιατρική επιπλοκή. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι το 1998, οπότε και εφαρμόστηκαν μέτρα για την πρόληψη της υπονατριαιμίας, η συχνότητα της μειώθηκε. Τα μέτρα που είχαν ληφθεί ήταν ο περιορισμός των διαθέσιμων υγρών στους αθλητές και η ενημέρωσή τους σχετικά με τους κινδύνους της υπερυδάτωσης, και ως αποτέλεσμα τα περιστατικά υπονατριαιμίας από 25 το 1997 μειώθηκαν σε τέσσερα το 1998. Ωστόσο, οι ερευνητές τονίζουν ότι τα αποτελέσματα ίσως δεν είναι πολύ αξιόπιστα, λόγω των διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών στους δύο αγώνες και λόγω του ότι το 1997 εξετάστηκε το νάτριο του πλάσματος σε περισσότερους αθλητές, με αποτέλεσμα να διαγνωσθούν περισσότεροι με υπονατριαιμία. Επιπλέον, αν και παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των αθλητών που αφυδατώθηκαν περισσότερο από 5% κατά τη διάρκεια του αγώνα το 1998, αυτό κατά τους ερευνητές δεν οφείλεται στα μέτρα που ελήφθησαν κατά της υπερυδάτωσης αφού συστηνόταν στους αθλητές να καταναλώνουν έως 1 lt υγρών την ώρα, ενώ και οι σταθμοί που ανεφοδιάζονταν οι αθλητές παρείχαν αρκετά υγρά για να αποφευχθεί αυτό. Προτείνεται ακόμη να γίνεται υποχρεωτική ζύγιση των αθλητών 2 ημέρες πριν τον αγώνα, ώστε να μπορούν οι ιατροί να κρίνουν εάν οι αθλητές που έχουν ανάγκη ιατρικής φροντίδας είναι αφυδατωμένοι ή υπερυδατωμένοι. Η ζύγιση των αθλητών δεν συνιστάται αμέσως πριν τον αγώνα για πρακτικούς λόγους, ωστόσο το βάρος 2 ημερών πριν τον αγώνα έχει αποδειχθεί ότι είναι σχεδόν το ίδιο αξιόπιστο. Τέλος γίνεται η πρόταση να υπάρχει μια ζώνη παρατήρησης αθλητών στο τέλος του αγώνα για τους αθλητές που δεν χρειάζονται ιατρική περίθαλψη, αλλά δεν είναι σε αρκετά καλή κατάσταση ώστε να αφεθούν ελεύθεροι.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει έρευνα των Speedy et al (41) στην οποία μελετώνται οι φυσιολογικές αντιδράσεις αθλητών με ιστορικό υπονατριαιμίας σε υπερφόρτωση με υγρά. Στην έρευνα συμμετείχαν 6 αθλητές που είχαν παρουσιάσει υπονατριαιμία σε αγωνίσματα υπεραντοχής και άλλοι 6 υγιείς που

αποτελούσαν το δείγμα ελέγχου. Όλοι οι αθλητές κατανάλωσαν σε συνθήκες ηρεμίας 1500 ml νερού την ώρα για δύο ώρες. Αν και έχουν περιγραφεί μεγαλύτερες καταναλώσεις υγρών σε αθλητές που παρουσίασαν υπονατριαιμία κατά τη διάρκεια αγώνων, σε συνθήκες ηρεμίας υπάρχουν μικρότερες απώλειες υγρών μέσω ιδρώτα, οπότε οι ερευνητές υπολόγισαν ότι η επιπλέον πρόσληψη νερού είναι περίπου ίδια στις δύο περιπτώσεις.

Η έρευνα έδειξε ότι σχεδόν ίδιο ποσοστό των αθλητών που είχαν ασθενήσει και του δείγματος ελέγχου παρουσίασαν υπονατριαιμία ($\text{Na} < 135 \text{ mmol/l}$) στο πείραμα. Επίσης όμοιες μεταξύ των δύο ομάδων ήταν η παραγωγή ούρων, η μεταβολή στον όγκο πλάσματος, οι συγκεντρώσεις του νατρίου στο πλάσμα και η μεταβολή του βάρους. Φαινομενικά, συνεπώς, είναι ίδιος ο κίνδυνος ανάπτυξης υπονατριαιμίας μεταξύ των δύο ομάδων. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι κάποια άτομα είναι πιο ευάλωτα στην ανάπτυξη του φαινομένου πιθανώς λόγω μεταβολών στις σωματικές λειτουργίες που συμβαίνουν κατά την άσκηση, όπως είναι μειωμένη διούρηση ή αυξημένες απώλειες NaCl στον ιδρώτα. Άλλοι παράγοντες όπως το φύλο, η χρήση μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων και ο χρόνος τερματισμού ενδεχομένως συμβάλουν στην εμφάνιση υπονατριαιμίας. Ως πιθανή αιτιολογία για την αδυναμία των νεφρών να ρυθμίσουν ικανοποιητικά τα επίπεδα νερού και νατρίου στο σώμα οι ερευνητές προβάλλουν το γρήγορο ρυθμό απορρόφησης υγρών από το έντερο ο οποίος προφανώς ξεπερνά το ρυθμό αποβολής υγρών από τους νεφρούς. Πιθανολογείται, ακόμα, ότι κάποιες ορμόνες που υπεισέρχονται στη λειτουργία των νεφρών παίζουν ρόλο στην εμφάνιση του φαινομένου, ωστόσο, ο προσδιορισμός τους απαιτεί περισσότερες μελέτες. Τέλος, σημαντικό ήταν το εύρημα ότι το νάτριο του οργανισμού παρέμεινε στον εξωκυττάριο χώρο και δεν υπήρξε μετακίνηση του στον αυλό του εντέρου και λίμνασμα υγρών σε αυτόν.

Ιδιαίτερα σημαντική στο θέμα της πρόληψης είναι η έρευνα του Noakes (42). Σε αυτήν ο ερευνητής, καταρχήν αντιτίθεται στην επικρατούσα τακτική των περισσότερων ιατρών να αντιμετωπίζουν όλα τα περιστατικά σε αγώνες αντοχής με ενδοφλέβια παροχή υγρών, όπως συμβαίνει σε περιστατικά αφυδάτωσης. Ιδιαίτερα, τονίζει ότι η μέτρια αφυδάτωση που συμβαίνει σε υπερμαραθώνιους, ακόμα και εάν είναι συμπτωματική, μπορεί να αντιμετωπισθεί γρήγορα χωρίς την παροχή υγρών ενδοφλέβια αλλά με κατανάλωση υγρών από το στόμα. Η αφυδάτωση πάντως αποτελεί σημαντικό παράγοντα μείωσης της αθλητικής

απόδοσης ακόμα και εάν δεν είναι συμπτωματική όπως έδειξε έρευνα των Mudambo et al (43). Ο Noakes τονίζει ακόμα, ότι παρά το ότι ιδιαίτερα έως το 1969 στους αθλητές αγωνισμάτων αντοχής είχε συσταθεί να μην καταναλώνουν υγρά κατά την άσκηση, ελάχιστα είναι τα περιστατικά αφυδάτωσης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, γεγονός που δείχνει πως έχει υπερεκτιμηθεί η συχνότητα του φαινομένου στους αθλητές αυτούς. Η αφυδάτωση δεν είναι, κατά τον ερευνητή, συγκεκριμένη ιατρική κατάσταση, ούτε οφείλονται σε αυτήν οι περισσότερες από τις περιπτώσεις κατάρρευσης αθλητών κατά τη διάρκεια αγώνων. Αντίθετα, αυτές τις αποδίδει σε υπόταση που συμβαίνει μετά το τέλος της άσκησης λόγω του λιμνάσματος του αίματος στην περιφέρεια.

Ο ερευνητής συστήνει πριν από την εφαρμογή θεραπείας να γίνεται σωστή διάγνωση ώστε να μην προκαλέσει περισσότερα προβλήματα ενδεχόμενη λανθασμένη θεραπεία. Η διάγνωση στηρίζεται σε δύο κυρίως σημεία. Το πρώτο αφορά στο εάν ο αθλητής κατέρρευσε μετά το τέλος του αγώνα ή κατά τη διάρκεια του. Στην πρώτη περίπτωση, η υπόταση λόγω περιφερικού λιμνάσματος στο αίμα είναι η πιθανότερη αιτία, ενώ στη δεύτερη πιθανές αιτίες είναι η υπονατριαιμία, το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο και η θερμοπληξία. Εάν μετρηθεί η ορθική θερμοκρασία και είναι μεταξύ 37-40 °C, οπότε είναι φυσιολογική η αύξηση της, απορρίπτεται η περίπτωση της θερμοπληξίας, ενώ τελική διάγνωση μπορεί να τεθεί με απευθείας μέτρηση των επιπέδων νατρίου στο πλάσμα. Επίσης, ο ερευνητής διαχωρίζει την υπονατριαιμία από τη θερμική εξάντληση η οποία έχει παρόμοιες διανοητικές επιπλοκές, καθώς η δεύτερη συνοδεύεται από αυξημένη θερμοκρασία σώματος. Σχετικά με τη θεραπεία προτείνεται να μην παρέχονται στους αθλητές ενδοφλέβια υγρά, αλλά να λαμβάνουν τη θέση Trendelenburg ώστε να αναδιανέμονται τα υγρά του σώματος.

Το φαινόμενο της υπότασης και ιδιαίτερα της ορθοστατικής σε αθλητές υπεραποστάσεων εξετάζεται σε έρευνα των Holtzhausen et al (44). Η ορθοστατική υπόταση ορίζεται ως πτώση της συστολικής πίεσης κατά την έγερση από ύπτια στάση κατά 20 mmHg σε σχέση με αυτή της ύπτιας θέσης και η οποία ακολουθείται από συμπτώματα όπως ζαλάδα, πονοκέφαλος, λιποθυμική τάση, αδυναμία και συγκοπή. Η έρευνα διεξήχθη το 1990 στον μααραθώνιο 80 km Karoo και συμμετείχαν 31 αθλητές. Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν το βάρος και την πίεση των αθλητών πριν και μετά τον αγώνα, ενώ οι μετρήσεις της

πίεσης έγιναν σε ύπτια και όρθια στάση. Ακόμα μετρήθηκαν οι σφυγμοί, ενώ ελήφθησαν δείγματα αίματος πριν και μετά τον αγώνα. Τα αποτελέσματα των εξετάσεων υπέστησαν στατιστική επεξεργασία και τα αποτελέσματα σχολιάστηκαν από τους ερευνητές. Οι αθλητές έχασαν κατά τη διάρκεια του αγώνα κατά μέσο όρο 3,5 ($\pm 1,2$) kgf γεγονός που φανερώνει αφυδάτωση 4,6% ($\pm 1,3\%$). Το Na και το Cl αίματος παρέμειναν σχεδόν αμετάβλητα κατά τη διάρκεια του αγώνα σε αντίθεση με τις υπόλοιπες παραμέτρους των αιματολογικών και βιοχημικών εξετάσεων που σχεδόν όλες αυξήθηκαν. Όλες οι πιέσεις μετά τον αγώνα ήταν μικρότερες από τις αντίστοιχες πριν τον αγώνα εκτός από τη διαστολική πίεση στην ύπτια θέση. Επίσης οι σφυγμοί ήταν αυξημένοι μετά τον αγώνα, ειδικά στην όρθια στάση, όπου το 65% των αθλητών είχε σφυγμούς περισσότερους από 120 το λεπτό. Πριν τον αγώνα 31% των αθλητών είχαν συστολική και διαστολική πίεση μεγαλύτερες από 140 και 90 mmHg αντίστοιχα, ενώ μετά τον αγώνα το ποσοστό ήταν μόλις 6,5%. Μάλιστα, ορθοστατική ασυμπτωματική υπόταση παρουσίαζε μετά τον αγώνα το 68% των αθλητών, ενώ πριν τον αγώνα το ποσοστό ήταν 7%. Η μεταβολή στην πίεση πριν και μετά τον αγώνα βρέθηκε να μην εξαρτάται από την ηλικία, τους σφυγμούς πριν τον αγώνα και την απώλεια βάρους και τη μεταβολή του όγκου του πλάσματος κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η υπόταση δεν οφείλεται σε αφυδάτωση ή ελάττωση του όγκου του πλάσματος, αλλά σε συγκέντρωση υγρών στην περιφέρεια, στο στρες λόγω της άσκησης αλλά και στη μειωμένη αντίδραση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος στην υπόταση, γεγονός που πιθανώς οφείλεται στην προπόνηση των αθλητών αυτών. Αυτό άλλωστε επιβεβαιώνεται και από έρευνα των Yamamoto et al (45) στην οποία αποδεικνύεται ότι η προπόνηση αντοχής μειώνει την επίδραση του συμπαθητικού συστήματος και αυξάνει του παρασυμπαθητικού στο καρδιαγγειακό σύστημα. Τέλος, οι ερευνητές συνιστούν σε περιπτώσεις κατάρρευσης αθλητών λόγω υπότασης να μην εφαρμόζεται άμεσα ενδοφλέβια φαρμακευτική αγωγή αλλά να εφαρμόζονται πιο ήπιες μέθοδοι όπως να σηκώνονται τα πόδια έτσι ώστε να αναδιανέμονται τα υγρά μεταξύ των διαμερισμάτων του σώματος. Επίσης, συνιστάται η αντιμετώπιση της αφυδάτωσης από το στόμα αλλά με προσοχή ώστε να μην προκληθεί υπερυδάτωση και υπονατριαιμία.

Ακόμα μια σχετική έρευνα είναι αυτή των Holtzhausen et al (46) που ασχολείται με τα κλινικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά αθλητών υπερμαραθωνίου που κατέρρευσαν. Το δείγμα αποτελούσαν αθλητές που συμμετείχαν στον αγώνα 56 χιλιομέτρων Two Oceans Marathon που διεξήχθη το 1990 στη Νότιο Αφρική και οι οποίοι κατέρρευσαν κατά τη διάρκεια ή στο τέλος του αγώνα. Ένα από τα κυριότερα συμπεράσματα της έρευνας είναι ότι το 85% των αθλητών κατέρρευσαν μετά το τέλος του αγώνα, ενώ η ιατρική υποστήριξη ήταν αναγκαία για όλους τους αθλητές που κατέρρευσαν κατά τη διάρκεια του αγώνα, αλλά μόνο για το 34% αυτών που κατέρρευσαν μετά το τέλος του αγώνα. Επίσης το 10% των αθλητών είχε αναπτύξει ασυμπτωματική υπονατριαιμία, ενώ σε άτομα που θεωρήθηκε ότι είχαν υποστεί θερμική εξάντληση δεν επιβεβαιώθηκε αυτό από τη θερμοκρασία ορθού. Αντίθετα, όλοι οι αθλητές που κατέρρευσαν μετά τον αγώνα βρέθηκε ότι είχαν ορθοστατική υπόταση. Η πιθανή εξήγηση που δίνουν οι ερευνητές είναι ότι, όταν διακόπτεται η άσκηση, αδρανοποιείται η μυϊκή αντλία, με αποτέλεσμα το λίμνασμα του αίματος στα κάτω άκρα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε συγκοπή. Το πρόβλημα μπορεί να επιδεινωθεί εάν υπάρχει περιφερική αγγειοδιαστολή, όπως συμβαίνει στο δέρμα σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η προπόνηση μπορεί να αποτελέσει έναν ακόμα παράγοντα μειωμένης απάντησης του οργανισμού στην αγγειοδιαστολή. Τέλος, η υπέρμετρη απώλεια υγρών κατά την άσκηση προκαλεί μείωση του όγκου πλάσματος και της αρτηριακής πίεσης. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με αυτά της έρευνας των Morikawa et al (47) στην οποία βρέθηκε ότι αθλήτριες αντοχής είχαν διπλάσια πιθανότητα από απροπόνητες γυναίκες να πάθουν συγκοπικό επεισόδιο λόγω ορθοστατικής υπότασης.

1.9 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΣΠΑΡΤΑΘΛΟΝ-ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ένας από τους αγώνες υπεραντοχής που τα τελευταία χρόνια προσελκύει πολλούς αθλητές είναι το Σπάρταθλο. Η ιστορία του Σπάρταθλου ξεκινά 2500 χρόνια πριν και συγκεκριμένα το 490 πχ. Το έτος εκείνο χρονολογείται η μάχη του Μαραθώνα, στην οποία τέθηκαν αντιμέτωποι οι Αθηναίοι και οι σύμμαχοι τους ενάντια στους Πέρσες. Στρατηγός των Ελλήνων σε εκείνη τη μάχη ήταν ο Μιλτιάδης, η ευφυΐα του οποίου μαζί με την αποφασιστικότητα των στρατιωτών

του οδήγησε τους Έλληνες σε μια μεγάλη νίκη, η οποία όχι μόνο απέτρεψε την υποδούλωση τους από τους Πέρσες, αλλά αποτελεί και μια από τις πιο ξακουστές στην παγκόσμια ιστορία. Μάλιστα, συμβολίζει τη νίκη του ελληνικού πνεύματος, των γραμμάτων και του πολιτισμού απέναντι σε αυτών της «βάρβαρης» τότε Ανατολής (48).

Τη μάχη του Μαραθώνα περιγράφει ο αρχαίος ιστορικός Ηρόδοτος, ο οποίος εκτός των άλλων, εξυμνεί το κατόρθωμα ενός αγγελιοφόρου ή «Ημεροδρόμου» του Φειδιππίδη ο οποίος εστάλη από τους Αθηναίους στους άσπονδους εχθρούς τους Σπαρτιάτες προκειμένου να ζητήσει βοήθεια μπροστά στον επερχόμενο κίνδυνο. Ο Φειδιππίδης, ο οποίος είναι πιο γνωστός για το ότι έτρεξε από το Μαραθώνα στην Αθήνα μετά τη μάχη προκειμένου να μεταφέρει την είδηση της νίκης πεθαίνοντας μάλιστα, αφού ολοκλήρωσε την αποστολή του, κατάφερε να φθάσει στη Σπάρτη την επόμενη ημέρα. Σύμφωνα με τις αρχαίες αναφορές ο Φειδιππίδης ξεκίνησε από την Αθήνα το τελευταίο σαββατοκύριακο του Σεπτεμβρίου και ακολούθησε αρχικά την Ιερά οδό φθάνοντας στη Ελευσίνα. Από εκεί ακολούθησε τη Σκυρόνια οδό, ένα στρατιωτικό δρόμο που βρίσκεται στις πλαγιές των Γερανίων ορέων και περνώντας τις περιοχές Ίσθμια, Εξαμίλια και Αρχαία Κόρινθο έφθασε στην Αρχαία Νεμέα. Με αυτό τον τρόπο ο Φειδιππίδης απέφυγε την πόλη-κράτος του Άργους με το οποίο οι Αθηναίοι δεν ήταν σύμμαχοι. Στη συνέχεια, διέσχισε τα βουνά ανάμεσα στην Αργολίδα και την Αρκαδία και ανέβηκε το Παρθένιο όρος όπου συνάντησε το θεό Πάνα. Ακολούθως, κατευθύνθηκε προς τη Τεγέα και μετά νότια προς τη Σπάρτη όπου έφθασε έχοντας διανύσει 1140 στάδια απόσταση που ισοδυναμεί με 246 χιλιόμετρα (49).

Η αναβίωση του Σπάρταθλου έγινε το 1982 με πρωτεργάτη τον John Foden, έναν πιλότο της βρετανικής αεροπορίας, ο οποίος όντας λάτρης της Ελλάδας και της ιστορίας της και καθώς μελετούσε τα γραπτά του Ηροδότου αναρωτήθηκε κατά πόσο είναι δυνατό ένας άνθρωπος να διανύσει τα 246 km μεταξύ Αθήνας και Σπάρτης σε 36 ώρες, όπως μαρτυρούσαν οι αναφορές για το Φειδιππίδη. Ο Foden, ο οποίος ήταν ο ίδιος δρομέας μεγάλων αποστάσεων, ήρθε το φθινόπωρο του ίδιου έτους στην Ελλάδα μαζί με τέσσερις συναδέλφους του και στις 8 Οκτώβρη του ίδιου έτους διήνυσαν τη διαδρομή Αθήνα-Σπάρτη ακολουθώντας όσο το δυνατόν περισσότερο την πορεία του Φειδιππίδη σύμφωνα με τα γραπτά του Ηροδότου. Την επόμενη ημέρα ο Foden και οι συνάδελφοι του

όντως έφθασαν στη Σπάρτη και απέδειξαν την εγκυρότητα των γραπτών του Ηροδότου, θέτοντας παράλληλα τις βάσεις για την ετήσια διεξαγωγή ενός αγώνα αντοχής με διεθνείς συμμετοχές ο οποίος, επιπρόσθετα, θα προωθούσε το πνεύμα του ολυμπισμού και της συνεργασίας μεταξύ των λαών (48).

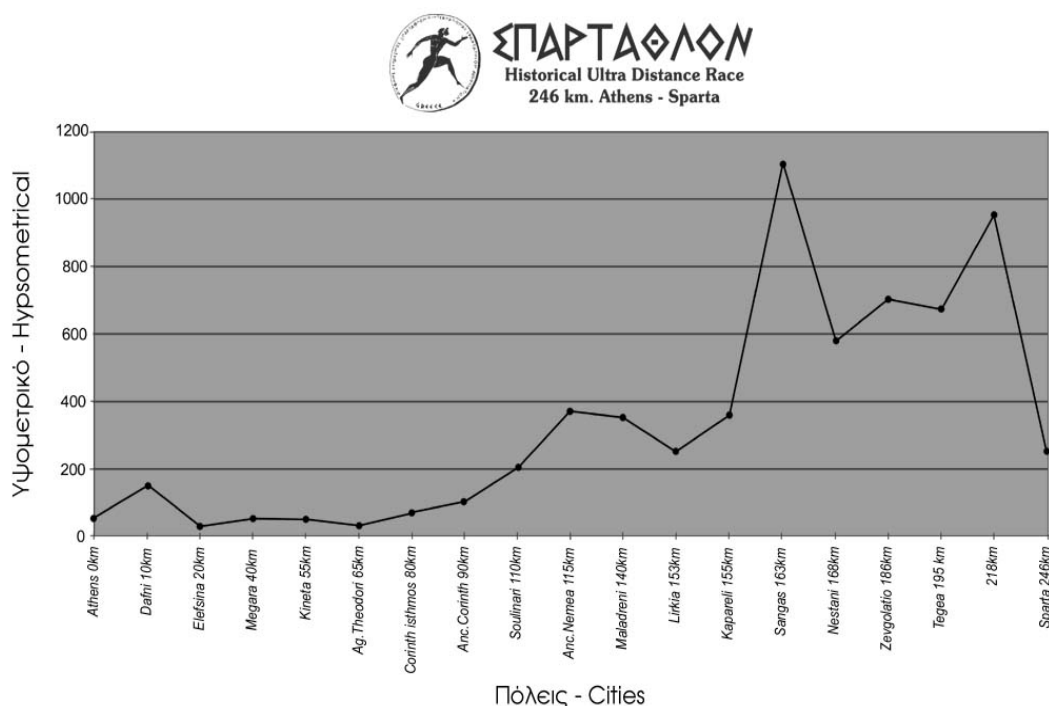
Το πρώτο Σπάρταθλον διεξήχθη το 1983 με 45 συμμετέχοντες από 12 χώρες και η επιτυχία του οδήγησε στην ίδρυση τον επόμενο χρόνο του Διεθνούς Συνδέσμου Σπάρταθλου, ο οποίος είναι μη κερδοσκοπικός οργανισμός, με σκοπό την καλύτερη δυνατή οργάνωση του αγωνίσματος κάθε χρόνο. Οι πόροι που χρησιμοποιούνται προέρχονται από συνδρομές μελών και χορηγίες, ενώ το προσωπικό που ασχολείται με τον αγώνα είναι εθελοντές και μέλη του συνδέσμου. Ευθύνη των ατόμων αυτών είναι η καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των αθλητών με όλα τα υλικά μέσα στους 75 σταθμούς ανεφοδιασμού που υπάρχουν, αλλά κυρίως, η απόλυτη ασφάλεια των αθλητών κάτω από τις αντίξοες συνθήκες στις οποίες διεξάγεται το αγώνισμα (50).



Η πορεία που ακολουθούν οι Σπαρταθλητές σήμερα είναι η πλησιέστερη δυνατή σε αυτή που ακολούθησε ο Φειδιππίδης 2500 χρόνια πριν. Ο αγώνας ξεκινά από τα προπύλαια στις 7.00 πμ την τελευταία Παρασκευή του Σεπτεμβρίου και οι αθλητές ακολουθώντας τις οδούς Αποστόλου Παύλου, Αγίων

Ασωμάτων και Ιερά οδό φθάνουν στην εθνική οδό Αθηνών-Κορίνθου με κατεύθυνση την Ελευσίνα. Περνώντας την Ελευσίνα κατευθύνονται μέσω της παλαιάς εθνικής οδού Αθηνών-Κορίνθου προς την Κόρινθο περνώντας τις περιοχές Λουτρόπυργος, Νέα Πέραμος, Μέγαρο, Κινέττα και Άγιοι Θεόδωροι ενώ περνούν και πάνω από τον Ισθμό της Κορίνθου. Στο σημείο αυτό οι αθλητές έχουν ήδη διανύσει 78,5 km αποτελούμενα από πολλές ανηφόρες και κατηφόρες, ενώ 2,5 km μετά στρίβουν αριστερά με κατεύθυνση την Αρχαία Κόρινθο διασχίζοντας τα Εξαμίλια. Στη συνέχεια οι αθλητές τρέχουν πάνω σε αγροτικούς δρόμους φθάνοντας στην Άσσο, 100 km μακριά από την αφετηρία. Στην κοινότητα αυτή μάλιστα ο κεντρικός δρόμος ονομάζεται «Ημεροδρόμου

Φειδιππίδη» γεγονός που δείχνει την αξία που προσδίδουν οι κάτοικοι της στο Σπάρταθλο. Οι αθλητές συνεχίζουν την πορεία τους για την Αρχαία Νεμέα 24 km μετά, και αφού πρώτα περάσουν το Ζευγολατιό και ορισμένα μονοπάτια μέσα από βουνά. Ακολουθώντας οι αθλητές περνούν τις περιοχές Μαλανδρένι, Στέρνα, Λυρκεία και Καπαρέλλι φθάνοντας μέσω της σήραγγας του Αρτεμισίου στο χωριό Σάγκας της Αρκαδίας. Στο σημείο αυτό έχουν διανύσει 164,3 km, τα τελευταία μάλιστα βραδινές ώρες και σε μονοπάτια με χώμα, λακκούβες και πέτρες. Συνεχίζοντας των αγώνα οι αθλητές φθάνουν στην Τεγέα ή Αλέα περνώντας από τις κοινότητες Νεστάνη και Ζευγολατιό Αρκαδίας, έχοντας πλέον διανύσει 195 km, ενώ μένουν μόνο 50 km ακόμα για τη Σπάρτη. Για να φθάσουν τον τελικό τους προορισμό περνούν από το Καμάρι και τη Μαντινεία ανεβαίνοντας τον Πάρνωνα σε υψόμετρο 900 m. Αργότερα συναντούν το χωριό Βουτιανοί το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 236,2 km από την Αθήνα και από το οποίο φαίνεται η πόλη της Σπάρτης. Οι αθλητές περνούν τον Κλαδά και τη γέφυρα του Ευρώτα και φθάνουν στον προορισμό τους, μπροστά στο άγαλμα του Λεωνίδα, όπου οι κάτοικοι τους υποδέχονται ως ήρωες δίνοντας τους κλαδιά από ελιά και νερό από τον Ευρώτα, όπως γινόταν στην αρχαιότητα για τους ολυμπιονίκες (49).



Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πολλές από τις περιοχές που διέρχονται οι αθλητές οι κάτοικοι οργανώνουν διάφορες εκδηλώσεις και τους τιμούν σαν ήρωες, καθώς όχι μόνο αγωνίζονται με μόνο όφελος τη συμμετοχή τους, αλλά και

οι συνθήκες του αγώνα είναι τέτοιες που τον κάνουν ξεχωριστό. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 30 °C το μεσημέρι και 6 °C το βράδυ ενώ οι αθλητές φθάνουν σε υψόμετρο 1100 m διασχίζοντας κυρίως μονοπάτια σε ορεινές περιοχές (51). Για αυτούς του λόγους άλλωστε κάθε χρόνο μόνο το 1/3 των αθλητών καταφέρνουν να τερματίσουν παρά το ότι από τους διοργανωτές του αγώνα υπάρχουν όροι συμμετοχής έτσι ώστε να συμμετέχουν μόνο έμπειροι δρομείς. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι το ρεκόρ του αγώνα κατέχει ο Έλληνας δρομέας Γιάννης Κούρος ο οποίος το 1994 διήνυσε την απόσταση Αθήνα-Σπάρτη σε 20 h και 25 min (52). Στο Παράρτημα 1.1 παρατίθενται οι λίστες με τους συμμετέχοντες και τους τερματίσαντες του αγώνα Σπάρταθλον 2002 και αιτήσεις συμμετοχής για το Σπάρταθλον 2003 στα ελληνικά και τα αγγλικά.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της έρευνας είναι η μελέτη του φαινομένου της υπονατριαιμίας σε αθλητές αγωνισμάτων υπεραντοχής. Συγκεκριμένα η ομάδα που μελετήθηκε ήταν αθλητές του υπερμαραθωνίου Σπάρταθλον που πραγματοποιήθηκε το 2002. Στην έρευνα προσδιορίστηκαν τα επίπεδα νατρίου και καλίου στον ορό των αθλητών πριν και μετά τον αγώνα. Ακόμα εξετάστηκε εάν συσχετίζονται τα επίπεδα του νατρίου στο αίμα μετά από τον αγώνα με παράγοντες που πιθανόν να τα επηρεάζουν όπως η μεταβολή βάρους που είχαν οι αθλητές, το φύλο και ο χρόνος τερματισμού τους.

2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μελέτη περιλαμβάνει 76 εθελοντές, άνδρες και γυναίκες, οι οποίοι συμμετείχαν στον αγώνα υπεραντοχής Σπάρταθλον 2002. Στον αγώνα συμμετείχαν συνολικά 193 αθλητές από πολλές χώρες, και από αυτούς τερμάτισαν οι 89 (46,11%). Το δείγμα της έρευνας αντιπροσωπεύει το 39,38% του συνόλου των αθλητών. Για τη διεξαγωγή της έρευνας ελήφθη άδεια από την επιτροπή ηθικής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, ενώ για τη διεκπεραίωση της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια, έγιναν ανθρωπομετρικές μετρήσεις και πραγματοποιήθηκε συλλογή και ανάλυση δειγμάτων αίματος από τους αθλητές. Τα αποτελέσματα υπέστησαν στατιστική επεξεργασία για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

2.2.1 Ερωτηματολόγια

Σε όλους τους αθλητές που συμμετείχαν στην έρευνα δόθηκαν ερωτηματολόγια τόσο πριν όσο και μετά τη λήξη του αγώνα. Τα ερωτηματολόγια μεταφράστηκαν σε πέντε γλώσσες: Αγγλικά, Γαλλικά, Γερμανικά, Ισπανικά και Γιαπωνέζικα, δεδομένου ότι η πλειοψηφία των αθλητών ήταν αλλοδαποί. Τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν πριν τον αγώνα συμπληρώθηκαν από όλους τους

αθλητές, ενώ αυτά που δόθηκαν μετά τον αγώνα συμπληρώθηκαν μόνο από τους αθλητές που τερμάτισαν. Οι πληροφορίες που αντλήθηκαν από αυτά αφορούν την εμφάνιση γαστρεντερικών ή άλλων προβλημάτων κατά τη διάρκεια του αγώνα και την ανοχή των αθλητών στις υψηλές θερμοκρασίες. Τα στοιχεία κωδικοποιήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων με τη βοήθεια στατιστικού προγράμματος. Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους αθλητές υπάρχει στο Παράρτημα 1.2.

2.2.2 Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Στην έρευνα αυτή μετρήθηκε το ύψος και το βάρος των δρομέων ενώ από τις τιμές αυτών βρέθηκαν η μεταβολή του βάρους και η επί τοις εκατό μεταβολή του βάρους. Το ύψος μετρήθηκε μόνο πριν τον αγώνα, ενώ το βάρος σε όλους τους αθλητές πριν τον αγώνα και στους τερματίσαντες μετά τον αγώνα. Οι στρογγυλοποιήσεις που έγιναν κατά τις μετρήσεις αφορούσαν τα πλησιέστερα 0,1cm και 0,1kg αντίστοιχα. Η μεταβολή του βάρους υπολογίστηκε από τη διαφορά των βαρών πριν και μετά τον αγώνα, ενώ η επί τοις εκατό μεταβολή του βάρους εκφράζει τη μεταβολή του βάρους κατά τη διάρκεια του αγώνα, ως προς το αρχικό βάρος.

2.2.3 Λήψη και ανάλυση δειγμάτων αίματος

Οι αθλητές που συμμετείχαν στην έρευνα έδωσαν δύο φορές αίμα. Η πρώτη αιμοληψία έγινε στην Αθήνα την προηγούμενη του αγώνα σε καθιστή θέση, ενώ η δεύτερη έγινε κατά τον ίδιο τρόπο στη Σπάρτη, 30 λεπτά μετά τον τερματισμό, οπότε περιελάμβανε μόνο τους αθλητές που τερμάτισαν. Συνολικά έγιναν 45 προσδιορισμοί νατρίου και 43 καλίου σε δείγματα αίματος στην Αθήνα και 47 και 51 αντίστοιχες μετρήσεις στη Σπάρτη.

Έγινε συλλογή περίπου 10 ml φλεβικού αίματος σε ειδικούς σωλήνες για ορό, BD Vacutainer USA. Τα δείγματα στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκαν στις 2500 στροφές για την παραλαβή του ορού. Κατόπιν, χωρίστηκαν σε μικρότερες ποσότητες και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία -70°C προκειμένου να διατηρηθούν. Για να χρησιμοποιηθούν βγήκαν από τους -70°C και έμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος περίπου για 15 λεπτά. Ο προσδιορισμός του νατρίου και του καλίου στα δείγματα αίματος έγινε με τον αυτόματο αναλυτή EKTACHEM DT60.

2.2.4 Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των ανθρωπομετρικών στοιχείων και των συγκεντρώσεων των ηλεκτρολυτών περιλαμβάνει τον υπολογισμό του μέσου και της τυπικής απόκλισης των τιμών τους. Η διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ των στοιχείων γίνεται με τη μέθοδο της απλής παλινδρόμησης, ενώ πραγματοποιούνται και έλεγχοι υποθέσεων (Student's t-test) μεταξύ τερματίσαντων και μη. Επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε η τιμή $p=0,05$. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των στατιστικών επεξεργασιών είναι το MINITAB 13.

2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.3.1 Ανθρωπομετρικά στοιχεία και στοιχεία για την επίδοση στον αγώνα

Στην έρευνα συμμετείχαν 76 αθλητές από τους οποίους 67 (88,16%) ήταν άνδρες και 9 (11,84%) γυναίκες. Από αυτούς τους αθλητές κατάφεραν να τερματίσουν 54 (71,05%), ενώ οι υπόλοιποι 22 (28,95%) δρομείς δεν μπόρεσαν να τερματίσουν. Ο γρηγορότερος αθλητής ολοκλήρωσε τον αγώνα σε 23,8 ώρες, ενώ ο πιο αργός σε 36 ώρες. Ο μέσος χρόνος τερματισμού στους αθλητές του δείγματος που κατάφεραν να τερματίσουν ήταν $32,85 \pm 2,88$ ώρες. Η ηλικία ήταν γνωστή σε 71 από τους δρομείς και ο μέσος όρος ηλικίας σε αυτούς ήταν $44,11 \pm 9,08$ έτη. Ο νεαρότερος δρομέας που έλαβε μέρος στον αγώνα ήταν 26 ετών και ο γηραιότερος 62 ετών. Αξίζει να σημειωθεί ότι 40 (56,34%) αθλητές είχαν ηλικία μικρότερη ή ίση με 45 έτη, ενώ οι υπόλοιποι 31 (43,66%) δρομείς ήταν μεγαλύτεροι από 45 ετών. Στο Παράρτημα 1.3 υπάρχουν οι αντίστοιχοι πίνακες και τα διαγράμματα (ιστογράμματα κατανομής συχνοτήτων) για την ηλικία, το φύλο και το χρόνο τερματισμού των αθλητών.

Από τους 67 άνδρες τερμάτισαν τον αγώνα οι 46 (68,65%) και από τις 9 γυναίκες έφθασαν στη Σπάρτη οι 8 (88,88%). Οι μέσοι χρόνοι τερματισμού ανδρών και γυναικών ήταν $32,86 \pm 2,98$ ώρες και $32,82 \pm 2,45$ ώρες αντίστοιχα και η διαφορά τους 0,04 ώρες, η οποία δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,966$). Από τους 40 αθλητές κάτω των 45 ετών τερμάτισαν οι 29 (72,5%) και από τους 31 άνω των 45 ετών τερμάτισαν οι 23 (74,19%). Επιπλέον, οι

αθλητές κάτω των 45 ετών τερμάτισαν σε $31,96 \pm 3,17$ ώρες και αυτοί άνω των 45 ετών σε $33,85 \pm 2,18$ ώρες. Η διαφορά στους χρόνους τερματισμού ήταν 1,89 ώρες και βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,013$).

Το ύψος και το βάρος μετρήθηκαν σε 51 άτομα στην Αθήνα και οι αντίστοιχες τιμές τους ήταν $173,33 \pm 9,63$ cm και $66,15 \pm 9,90$ kg. Ο ελαφρύτερος αθλητής στην Αθήνα ζύγιζε 41 kg και ο βαρύτερος 89 kg ενώ το ύψος των αθλητών κυμάνθηκε από 144 έως 192 cm. Μετά τον αγώνα το βάρος μετρήθηκε σε 26 δρομείς και βρέθηκε ότι ήταν $62,38 \pm 8,44$ kg. Κατά τη διάρκεια του αγώνα παρατηρήθηκε μείωση του βάρους κατά $3,03 \pm 1,99$ kg, ενώ η εκατοστιαία απώλεια βάρους των αθλητών ήταν $4,64 \pm 3\%$. Από τους 26 αθλητές που υπάρχουν στοιχεία ένας μόνο (3,85%) πήρε ένα κιλό σωματικού βάρους ενώ οι υπόλοιποι 25 (96,15%) είχαν απώλεια βάρους έως και 7 κιλών. Αντίστοιχα η εκατοστιαία μεταβολή του βάρους κατά τη διάρκεια του αγώνα κυμάνθηκε από 1,56% στον αθλητή που πήρε βάρος έως -11,29% σε αθλητή ο οποίος έχασε 7 κιλά. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται διαγραμματικά και σε μορφή πινάκων στο Παράρτημα 1.3.

Συγκρίνοντας τα βάρη του συνόλου των αθλητών σε Αθήνα και Σπάρτη βρέθηκε ότι μεταβλήθηκαν κατά μέσο όρο -3,77 kg, χωρίς όμως η διαφορά αυτή να φθάσει στα όρια της στατιστικής σημαντικότητας ($p\text{-value}=0,087$). Από τους 76 εθελοντές 26 ζυγίστηκαν τόσο στην Αθήνα όσο και στη Σπάρτη. Οι μέσες τιμές των βαρών τους στην Αθήνα ήταν $65,42 \pm 8,64$ kg και στη Σπάρτη $62,38 \pm 8,44$ kg. Η διαφορά των τιμών αυτών ήταν -3,03 kg και βρέθηκε στατιστικά σημαντική σε μεγάλο βαθμό ($p\text{-value}=0,000$). Το βάρος στην Αθήνα μετρήθηκε σε 46 άνδρες, με μέση τιμή $67,42 \pm 8,46$ kg, και σε 5 γυναίκες, με μέση τιμή $54,4 \pm 15,2$ kg. Η διαφορά στο βάρος των ανδρών και των γυναικών βρέθηκε 13,02 kg, δεν ήταν όμως στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,132$).

Διερευνήθηκε ακόμη κατά πόσο οι άνδρες δρομείς έχασαν περισσότερο βάρος από τις γυναίκες, κατά τη διάρκεια του αγώνα, σε 22 άνδρες και 3 γυναίκες για τους οποίους υπήρχαν στοιχεία.. Η μέση απώλεια βάρους, κατά τη διάρκεια του αγώνα, ήταν για τους άνδρες $3,14 \pm 2,15$ kg και για τις γυναίκες $2,333 \pm 0,577$ kg. Η διαφορά στην απώλεια βάρους μεταξύ των δύο υποομάδων ήταν 0,803 kg, χωρίς ωστόσο να είναι στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,182$). Η διαφορά στην ποσοστιαία μεταβολή του βάρους μεταξύ των αθλητών και των αθλητριών αυτών βρέθηκε -0,06% και δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,95$).

2.3.2 Επίπεδα ηλεκτρολυτών

Το νάτριο ορού των αθλητών στην Αθήνα μετρήθηκε σε 45 άτομα και βρέθηκε $140,13 \pm 1,56$ mmol/Lt. Η χαμηλότερη τιμή που βρέθηκε ήταν 136 mmol/Lt και η υψηλότερη 143 mmol/Lt, γεγονός που σημαίνει ότι πριν την έναρξη του αγώνα όλοι οι αθλητές ήταν νορμονατριαιμικοί. Στη Σπάρτη μετρήθηκε το νάτριο σε 47 αθλητές και η μέση τιμή που βρέθηκε ήταν $140,36 \pm 5,12$ mmol/Lt. Το χαμηλότερο νάτριο που μετρήθηκε στον ορό αθλητή μετά τον τερματισμό του αγώνα ήταν 122 mmol/Lt, ενώ το υψηλότερο ήταν 152 mmol/Lt. Από τους 47 δρομείς οι 5 (10,64%) ήταν υπονατριαιμικοί, οι 3 (6,38%) υπερνατριαιμικοί, ενώ οι υπόλοιποι 39 (82,98%) είχαν φυσιολογικά επίπεδα νατρίου στον ορό. Μάλιστα, δύο αθλητές (4,26%) παρουσίασαν σοβαρή υπονατριαιμία ($\text{Na} < 130 \text{ mmol/Lt}$).

Οι τιμές του νατρίου των 45 αθλητών στην Αθήνα συγκρίθηκαν με αυτές των 47 αθλητών της Σπάρτης. Η διαφορά τους ήταν 0,228 mmol/Lt, δεν βρέθηκε όμως στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,772$). Σε 22 δρομείς πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις νατρίου στο αίμα τους τόσο στην Αθήνα όσο και στη Σπάρτη. Οι μέσες τιμές του νατρίου των αθλητών αυτών στην Αθήνα ήταν $139,86 \pm 1,49$ mmol/Lt ενώ στη Σπάρτη $138,77 \pm 6,12$ mmol/Lt και η διαφορά τους είναι -1,09 mmol/Lt, η οποία, ωστόσο, δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,422$).

Τα επίπεδα του καλίου στον ορό μετρήθηκαν σε 43 αθλητές στην Αθήνα και η μέση τιμή που βρέθηκε ήταν $4,33 \pm 0,36$ mmol/Lt. Οι 42 (97,67%) από τους 43 αθλητές είχαν φυσιολογικά επίπεδα καλίου στον ορό τους ενώ ένας (2,33%) παρουσίαζε υπερκαλιαιμία. Ο αθλητής αυτός είχε κάλιο ορού 6 mmol/Lt, ενώ η χαμηλότερη μέτρηση καλίου που βρέθηκε ήταν 3,7 mmol/Lt. Στη Σπάρτη μετρήθηκε το κάλιο σε 51 δείγματα αίματος με μέση τιμή $4,46 \pm 0,61$ mmol/Lt. Οι τιμές που βρέθηκαν κυμαίνονταν από 3,3 mmol/Lt έως 7,5 mmol/Lt. Σους 51 δρομείς ένας (1,96%) είχε υποκαλιαιμία, ένας (1,96%) υπερκαλιαιμία, ενώ 49 (96,08%) είχαν φυσιολογικά επίπεδα καλίου στο αίμα τους.

Αντίστοιχα, εξετάστηκε κατά πόσο διέφεραν οι τιμές του καλίου των 43 αθλητών που υπήρχε μέτρηση καλίου στην Αθήνα από αυτές των 51 αθλητών, των οποίων το κάλιο μετρήθηκε στη Σπάρτη. Η διαφορά των αντίστοιχων μέσων τιμών των μετρήσεων, που όμως δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,218$), ήταν 0,12 mmol/Lt. Στοιχεία για τη συγκέντρωση καλίου τόσο στην

Αθήνα, όσο και στη Σπάρτη, υπάρχουν σε 24 αθλητές. Οι μέσες τιμές καλίου των αθλητών αυτών ήταν $4,38 \pm 0,45$ mmol/l στην Αθήνα και $4,55 \pm 0,75$ mmol/l στη Σπάρτη. Η διαφορά των μέσων τιμών ήταν 0,171 mmol/l, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,250$).

2.3.3 Συσχετίσεις μεταξύ των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, της επίδοσης στον αγώνα και των επιπέδων των ηλεκτρολυτών

Τα επίπεδα του νατρίου στη Σπάρτη συσχετίστηκαν με τη μεταβολή του βάρους, στους 21 αθλητές που ήταν γνωστά τα στοιχεία αυτά. Μεταξύ των στοιχείων αυτών δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση καθώς βρέθηκαν ο συντελεστής $Pearson=-0,084$ και $p\text{-value}=0,716$. Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα όταν αντί για την απόλυτη μεταβολή βάρους χρησιμοποιήθηκε η επί τοις εκατό μεταβολή βάρους στους ίδιους αθλητές ($Pearson=-0,074$, $p\text{-value}=0,750$). Από τους αθλητές που βρέθηκαν να έχουν υπονατριαιμία στη Σπάρτη για δύο ήταν γνωστή η μεταβολή του βάρους. Οι αθλητές αυτοί κατά μέσο όρο έχασαν $3 \pm 2,83$ kg. Μάλιστα ο ένας από τους δύο, ο οποίος είχε νάτριο ορού 129 mmol/l, έχασε μόλις ένα kg σωματικού βάρους, ενώ ο άλλος, που είχε νάτριο ορού 134 mmol/l, έχασε 5 kg. Οι υπόλοιποι αθλητές έχασαν $3,16 \pm 1,99$ kg κατά τη διάρκεια του αγώνα, ωστόσο, δεν ήταν δυνατόν να συγκριθούν στατιστικά οι δύο τιμές λόγω του μικρού αριθμού των υπονατριαιμικών αθλητών των οποίων ήταν γνωστή η απώλεια βάρους.

Τα επίπεδα νατρίου στη Σπάρτη συσχετίστηκαν ακόμα με την αθλητική απόδοση, δηλαδή το χρόνο τερματισμού, στους 42 αθλητές για τους οποίους ήταν γνωστά ο χρόνος τερματισμού και η συγκέντρωση νατρίου στο αίμα τους μετά τον τερματισμό. Βρέθηκε, ωστόσο, ότι δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου τερματισμού των αθλητών και των επιπέδων νατρίου στο αίμα τους ($Pearson=-0,076$, $p\text{-value}=0,634$). Από τους υπονατριαιμικούς αθλητές στο τέλος του αγώνα χρόνος τερματισμού υπάρχει σε δύο. Ο μέσος χρόνος τερματισμού τους βρέθηκε $32 \pm 3,29$ ώρες, ενώ ο χρόνος τερματισμού των υπόλοιπων αθλητών ήταν $32,83 \pm 2,88$ ώρες. Η διαφορά στους χρόνους τερματισμού ήταν $-0,82$ ώρες, όμως δεν μπορούν να προκύψουν στατιστικά συμπεράσματα λόγω του μικρού αριθμού των υπονατριαιμικών αθλητών.

Το φύλο διερευνήθηκε ως ένας από τους παράγοντες που ενδεχομένως παίζουν ρόλο στην εμφάνιση υπονατριαιμίας. Μετρήσεις νατρίου μετά τον

τερματισμό έγιναν σε 40 άνδρες και 7 γυναίκες. Οι αντίστοιχοι μέσοι όροι των μετρήσεων ήταν $140,25 \pm 5,41$ mmol/l και $141 \pm 3,21$ mmol/l και η διαφορά τους, η οποία δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,62$), ήταν $-0,75$ mmol/l.

Επιπλέον εξετάστηκε εάν τα επίπεδα νατρίου της Αθήνας επηρέαζαν αυτά της Σπάρτης, δηλαδή εάν τα άτομα με χαμηλά επίπεδα νατρίου στην Αθήνα εμφάνιζαν χαμηλά επίπεδα νατρίου και στη Σπάρτη, αλλά δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική συσχέτιση (Pearson=0,044, $p\text{-value}=0,850$). Επιπρόσθετα οι αθλητές για τους οποίους υπήρχαν μετρήσεις νατρίου σε Αθήνα και Σπάρτη χωρίστηκαν σε δύο υποομάδες. Στην πρώτη υποομάδα κατατάχθηκαν όσοι είχαν νάτριο ορού στην Αθήνα χαμηλότερο από 140 mmol/l και στη δεύτερη όσοι είχαν μετρήσεις νατρίου μεγαλύτερες ή ίσες με 140 mmol/l. Ακολούθησε διερεύνηση του κατά πόσο διέφεραν τα επίπεδα νατρίου στη Σπάρτη ανάμεσα στις δύο υποομάδες. Οι αντίστοιχοι μέσοι όροι που βρέθηκαν ήταν $137,56 \pm 7,91$ mmol/l και $139,50 \pm 4,87$ mmol/l, αλλά η διαφορά τους ($-2,06$ mmol/l) δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,53$).

2.4 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ο υπερμαραθώνιος Σπάρταθλον κάθε χρόνο προσελκύει πολλούς δρομείς υπεραποστάσεων από πολλές χώρες του κόσμου. Στον αγώνα του 2002 συμμετείχαν 193 αθλητές από τους οποίους τερμάτισαν οι 89 (46,11%). Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά υψηλό, καθώς τα προηγούμενα χρόνια που λάμβανε χώρα ο αγώνας τερμάτιζαν περίπου ένας στους τρεις δρομείς. Στην έρευνα συμμετείχαν 76 αθλητές που αντιπροσώπευαν το 39,38% του συνόλου των αθλητών. Το γεγονός ότι το 43,66% των δρομέων είχε ηλικία μεγαλύτερη από 45 ετών, ο γηραιότερος αθλητής είχε ηλικία 62 ετών αλλά και το ότι στον αγώνα συμμετείχαν 9 γυναίκες (11,84%), φανερώνει πως ο αγώνας αυτός δεν απαιτεί μόνο σωματική αντοχή από τους αθλητές, αλλά κυρίως ψυχικά χαρίσματα και αντοχές. Αξίζει ακόμα να αναφερθεί το ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό τερματισμού των αθλητών του δείγματος (71,05%) αλλά και ο σχετικά χαμηλός χρόνος τερματισμού αυτών ($32,85 \pm 2,88$ ώρες) που δείχνουν πως οι αθλητές που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν σε μεγάλο ποσοστό έμπειροι και αξιόλογοι.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα ότι οι γυναίκες και οι γηραιότεροι αθλητές είχαν σχεδόν τα ίδια ή και μεγαλύτερα ποσοστά τερματισμού από αυτά των υπόλοιπων δρομέων. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στη μεγαλύτερη πειθαρχία των ατόμων αυτών, αλλά και στο ότι συμμετέχουν σε αγώνες υπεραντοχής οι πιο αξιόλογοι από αυτούς και όχι αθλητές χαμηλότερου επιπέδου, όπως συμβαίνει συχνά σε άνδρες νεαρότερης ηλικίας. Παρόλα αυτά δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του χρόνου τερματισμού ανδρών και γυναικών ($p\text{-value}=0,966$), ενώ βρέθηκε ότι οι νεαρότεροι αθλητές είχαν μικρότερους χρόνους τερματισμού και η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}=0,013$).

Το μέσο βάρος των αθλητών στην Αθήνα ήταν $66,15 \pm 9,90$ kgf ενώ στη Σπάρτη ήταν $62,38 \pm 8,44$ kgf. Η μέση απώλεια βάρους των αθλητών βρέθηκε $3,03 \pm 1,99$ kgf, ενώ εκφρασμένη σε επί τοις εκατό ποσοστό ήταν $4,64 \pm 3\%$. Από τους 26 δρομείς που ζυγίστηκαν στην Αθήνα και στη Σπάρτη μόνο ένας κέρδισε βάρος (1 kgf), ενώ όλοι οι υπόλοιποι έχασαν βάρος έως και 7 kgf. Η μέγιστη επί τοις εκατό απώλεια βάρους που είχε αθλητής ήταν 11,29%, ποσοστό αρκετά μεγάλο ώστε να θέσει τον αθλητή σε κίνδυνο αφυδάτωσης και υπερθερμίας. Ο συγκεκριμένος αθλητής μετά τον αγώνα εμφάνισε χαμηλή πίεση και μεταφέρθηκε στο νοσοκομείο για νοσηλεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αθλητής που κέρδισε βάρος κατά τη διάρκεια του αγώνα κατάφερε να τερματίσει, ωστόσο, δεν υπάρχουν για αυτόν μετρήσεις νατρίου, οπότε και δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί εάν είχε υπονατριαιμία λόγω υπερυδάτωσης.

Όλοι οι αθλητές στους οποίους μετρήθηκε το νάτριο στην Αθήνα βρέθηκαν να έχουν φυσιολογικές τιμές. Ο μέσος όρος των μετρήσεων ήταν $140,13 \pm 1,56$ mmol/lit και το εύρος τιμών 136-145 mmol/lit. Στη Σπάρτη ο μέσος όρος των μετρήσεων ήταν $140,36 \pm 5,12$ mmol/l. Αντίθετα με τις μετρήσεις στην Αθήνα, στη Σπάρτη υπήρξαν πέντε υπονατριαιμικοί (10,64%) και τρεις υπερνατριαιμικοί αθλητές, ενώ οι δύο περιπτώσεις υπονατριαιμίας ήταν σοβαρές, δηλαδή το νάτριο αίματος ήταν χαμηλότερο από 130 mmol/lit. Τα στοιχεία αυτά αποδεικνύουν πως η υπονατριαιμία αποτελεί ένα συχνό πρόβλημα σε αγωνίσματα υπεραντοχής, το οποίο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας στους δρομείς. Επιπρόσθετα, αν και δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών νατρίου σε Αθήνα και Σπάρτη, υπάρχει μεγάλη διαφορά στην τυπική τους απόκλιση (1,56 και 5,12 αντίστοιχα). Η διαφορά αυτή

αντικατοπτρίζει τις μεγάλες μεταβολές που συμβαίνουν στους ηλεκτρολύτες κατά τη διάρκεια του αγώνα και φανερώνει την ετερογένεια των μετρήσεων νατρίου στη Σπάρτη, σε αντίθεση με αυτές που έγιναν στην Αθήνα.

Τα επίπεδα του καλίου στο αίμα των δρομέων έμειναν σταθερά κατά τη διάρκεια του αγώνα, καθώς δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των επιπέδων του τερματισμού με αυτά της αφετηρίας, τόσο στο σύνολο των αθλητών, όσο και σε αυτούς που υπήρχαν μετρήσεις σε Αθήνα και Σπάρτη ($p\text{-value}=0,218$ και $p\text{-value}=0,250$ αντίστοιχα). Από τις έρευνες που υπάρχουν ως σήμερα αυτό αναμένεται, αφού τα επίπεδα καλίου αυξάνονται ελαφρώς λόγω της παρατεταμένης άσκησης, αλλά επανέρχονται γρήγορα στα φυσιολογικά επίπεδα μετά τη λήξη της.

Όπως έδειξαν οι περισσότερες έρευνες, όσο μικρότερες είναι οι απώλειες βάρους κατά τη διάρκεια αγωνισμάτων υπεραντοχής, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος ανάπτυξης υπονατριαιμίας. Στη συγκεκριμένη έρευνα, ωστόσο, δεν βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ της απώλειας βάρους των αθλητών (εκφρασμένη σε απόλυτο βαθμό ή σε επί τοις εκατό ποσοστό) με τα επίπεδα νατρίου της Σπάρτης ($p\text{-value}=0,716$ και $p\text{-value}=0,750$ αντίστοιχα).

Το γεγονός ότι δε βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ της απώλειας βάρους των αθλητών και των επιπέδων νατρίου στο αίμα τους μετά τον τερματισμό του αγώνα ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι στο συγκεκριμένο αγώνα σχεδόν όλοι οι αθλητές έχασαν βάρος και μάλιστα η διαφορά μεταξύ των βαρών Αθήνας και Σπάρτης βρέθηκε στατιστικά σημαντική σε πολύ μεγάλο βαθμό ($p\text{-value}=0,000$). Η μεγάλη απώλεια βάρους στους δρομείς της έρευνας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είχαν χαμηλή πρόσληψη υγρών και συνεπώς, είχαν μειωμένη πιθανότητα να αναπτύξουν υπονατριαιμία λόγω υπερυδάτωσης. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι μεγάλο ποσοστό των αθλητών του δείγματος τερμάτισε τον αγώνα, σημειώνοντας, μάλιστα, αξιόλογους χρόνους. Η υπονατριαιμία της άθλησης, αντίθετα, συναντάται συνήθως σε αθλητές χαμηλών επιδόσεων και συχνά συνδυάζεται με υψηλούς χρόνους τερματισμού. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί πως αρκετοί από τους αθλητές που συμμετείχαν στην έρευνα είχαν συμμετάσχει σε αντίστοιχη έρευνα στο Σπάρταθλον 2001, οπότε και πιθανώς να είχαν ευαισθητοποιηθεί για την υπονατριαιμία της άθλησης και την αποφυγή της. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι, αν και δεν είναι γνωστά τα είδη και οι ποσότητες των αθλητικών ποτών που κατανάλωναν οι αθλητές, υπάρχουν

μαρτυρίες ότι ορισμένοι από αυτούς πρόσθεταν αλάτι στα ποτά, προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη υπονατριαιμίας.

Διερευνήθηκε ακόμα κατά πόσο η χαμηλή απόδοση στον αγώνα, δηλαδή ο μεγάλος χρόνος τερματισμού, αποτελεί παράγοντα που συσχετίζεται με την ανάπτυξη υπονατριαιμίας. Αν και από ορισμένους ερευνητές έχει επιβεβαιωθεί η ύπαρξη αυτής της συσχέτισης, κάτι τέτοιο δε βρέθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα ($p\text{-value}=0,634$). Το φύλο αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα που πιθανόν προδιαθέτει τους δρομείς για ανάπτυξη υπονατριαιμίας κατά τη διάρκεια αγωνισμάτων υπεραντοχής, όπως έχουν δείξει σχετικές έρευνες. Στη συγκεκριμένη έρευνα δεν επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ του φύλου και των επιπέδων νατρίου στο αίμα ($p\text{-value}=0,62$). Αξίζει πάντως να αναφερθεί ότι στις έως τώρα έρευνες, το φύλο έχει συσχετιστεί περισσότερο με εντονότερα συμπτώματα της υπονατριαιμίας παρά με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης της, αλλά και το ότι ο αριθμός των γυναικών που συμμετείχαν ήταν μικρός για να εξαχθούν συμπεράσματα.

Στη συνέχεια εξετάστηκε ακόμα εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων νατρίου της Αθήνας με αυτά της Σπάρτης χωρίς όμως να προκύψουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα (Pearson=0,044, $p\text{-value}=0,850$). Αυτό άλλωστε ήταν αναμενόμενο, δεδομένου ότι οι περισσότερες έρευνες έχουν δείξει ότι ο κίνδυνος να αναπτύξει ένας υπερμαραθωνοδρόμος υπονατριαιμία είναι ανεξάρτητος από τη συγκέντρωση νατρίου στο αίμα πριν τον αγώνα.

Το γεγονός ότι πολλές από τις συσχετίσεις που αναμενόταν να βρεθούν, σύμφωνα με τις υπάρχουσες έρευνες, δεν επιβεβαιώθηκαν ενδεχομένως να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Καταρχήν, οι εθελοντές στην έρευνα ($N=76$) δεν ήταν αρκετοί ώστε να μπορούν να εξαχθούν σίγουρα αποτελέσματα, γεγονός που οφείλεται αφενός σε σχετικά μειωμένο ενδιαφέρον των αθλητών για την έρευνα (συμμετείχαν το 39,38% των δρομέων) και αφετέρου στο χαμηλότερο, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, αριθμό δρομέων που πήραν μέρος στον αγώνα. Επιπλέον, δεν έγιναν σε όλους τους συμμετέχοντες όλες οι μετρήσεις, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ελλιπή στοιχεία. Στο γεγονός αυτό συνέβαλε το ότι αρκετοί αθλητές δεν κατάφεραν να τερματίσουν και έτσι δεν έγιναν σε αυτούς ζυγίσεις και εξετάσεις αίματος στη Σπάρτη, αλλά και το ότι υπήρξαν αθλητές οι οποίοι έδωσαν δείγματα αίματος μόνο στη Σπάρτη, και έτσι δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες μετρήσεις της Αθήνας.

2.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η υπονατριαιμία αποτελεί μια από τις πιο επικίνδυνες και συχνές επιπλοκές που συναντώνται σε αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας. Οι αθλητές που εξετάστηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα συμμετείχαν στο αγώνισμα Σπάρταθλον 2002 και μετά τη λήξη του αγώνα βρέθηκαν 5 από αυτούς υπονατριαιμικοί (10,64%), οι δύο μάλιστα με σοβαρή υπονατριαιμία (4,26%). Παρά τα ευρήματα άλλων ερευνών, δεν προέκυψαν συσχετίσεις μεταξύ των επιπέδων νατρίου και της μεταβολής του βάρους των αθλητών, της επίδοσης τους στον αγώνα, του φύλου και των αρχικών επιπέδων νατρίου. Το γεγονός αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι το δείγμα ήταν μικρό, υπήρχαν ελλειπείς μετρήσεις σε ορισμένα στοιχεία με αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του δείγματος αλλά και στο ότι οι αθλητές ήταν πιο έμπειροι και ενημερωμένοι σχετικά με το πρόβλημα της υπονατριαιμίας. Περισσότερες έρευνες είναι απαραίτητο να γίνουν σχετικά με το θέμα, όχι για να επιβεβαιώσουν την ύπαρξη του προβλήματος η οποία είναι αναμφισβήτητη, αλλά για να τεκμηριωθούν επαρκώς οι παράγοντες που το προκαλούν και να προσδιοριστούν τα άτομα που διατρέχουν το μεγαλύτερο κίνδυνο.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Guyton A. C., Φυσιολογία του ανθρώπου, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 1998, σελ. 307-319, 345-364, 1037-1038
- 2) Ziegler E. E., Filer L. J., Present knowledge in nutrition 7th Edition, Publishers: ILSI Press, Washington DC, USA 1996, pp. 35, 98-108, 265-271
- 3) Williams M. H., Διατροφή: Υγεία, Ευρωστία και Αθλητική Απόδοση, Ιατρικές εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα 2003, σελ. 371-422
- 4) Karlson P., Gerok W., Groß W., Κλινική Παθολογική Βιοχημεία, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 1993, σελ. 4, 127-132, 198, 281
- 5) Groff J. L., Gropper S. S., Advanced Nutrition and Human Metabolism 3rd Edition, Publishers: Wadsworth Thompson Learning, Washington DC, USA 2000, pp. 393-395, 491-492
- 6) Andreoli T. E., Bennett J. C., Carpenter C. C. J., Plum F., Cecil Βασική Παθολογία, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 2000, σελ. 246-249
- 7) Schmidt R. F., Thews G. T., Human Physiology, Springer-Verlag: Berlin 1983, pp. 634-637
- 8) Vander A. J., Serman J. H., Luciano D. S., Human Physiology 6th Edition, Publishers: McGraw Hill International Editions, New York, USA 1994, pp. 139-140, 530-539, 641
- 9) Burke L., Deakin V., Clinical Sports Nutrition, Publishers: McGraw Hill Book Company, Sydney, Australia 1998, pp. 333-364
- 10) Popowski L. A., Oppliger R. A., Lambert G. P., Johnson R. F., Johnson A. K., Gisolfi C. V., Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration, Medicine & Science in Sports & Exercise, 33:747-753, 2001
- 11) Williams C., Devlin J. T., Foods, Nutrition and Sports Performance, Publishers: E & FN Spon, London, Great Britain 1999, pp. 147-187
- 12) Sawka M. N., Convertino V. A., Eichner E. R., Schnieder S. M., Young A. J., Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness, Medicine & Science in Sports & Exercise, 32:332-348, 2000
- 13) Adroque H. J., Madias N. E., Hyponatremia, The New England Journal of Medicine, 342:1581-1589, 2000

- 14) Weir E., Ultra-endurance exercise and hyponatremia, *Canadian Medical Association Journal*, 163:439, 2000
- 15) Noakes T. D., Norman R. J., Buck R. H., Godlonton J., Stevenson K., Pittaway D., The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22:165-170, 1990
- 16) Hsieh M., Roth R., Davis D. L., Larrabee H., Callaway C. W., Hyponatremia in runners requiring on-site medical treatment at a single marathon, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34:185-189, 2002
- 17) Noakes T. D., Goodwin N., Rayner B. L., Branken T., Taylor R. K. N., Water intoxication: a possible complication during endurance exercise, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17:370-375, 1985
- 18) Ayus J. C., Varon J., Arieff A. I., Hyponatremia, Cerebral Edema and Noncardiogenic Pulmonary Edema in Marathon Runners, *Annals of Internal Medicine*, 132:711-714, 2000
- 19) Davis D. P., Videen J. S., Marino A., Vilke G. M., Dunford J. V., Camp S. P. V., Maharam L. G., Exercise-associated hyponatremia in marathon runners: a two-year experience, *Journal of Emergency Medicine*, 21:47-57, 2001
- 20) Speedy D. B., Rogers I., Safih S., Foley B, Hyponatremia and Seizures in an Ultradistance Triathlete, *The Journal of Emergency Medicine*, 18:41-44, 2000
- 21) Noakes T. D., The Hyponatremia of Exercise, *International Journal of Sport Nutrition*, 2:205-228, 1992
- 22) Speedy D. B., Rogers I. R., Noakes T. D., Wright S., Thompson J. M. D., Cambell R., Hellemans I., Kimber N. E., Boswell D. R., Kuttner J. A., Safih S., Exercise-Induced Hyponatremia in Ultradistance Triathletes Is Caused By Inappropriate Fluid Retention, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10:272-278, 2000
- 23) Montain S. J., Sawka M. N., Wenger C. B., Hyponatremia Associated With Exercise: Risk Factors and Pathogenesis, *Exercise and Sport Science Reviews*, 29:113-117, 2001
- 24) Speedy D. B., Noakes T. D., Rogers I. R., Thompson J. M. D., Cambell R. G. D., Kuttner J. A., Boswell D. R., Wright S., Hamlin M., Hyponatremia in ultradistance triathletes, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31:809-815, 1999

- 25) Hew T. D., Chorley J. N., Cianca J. C., Divine J. G., The Incidence, Risk Factors, and Clinical Manifestations of Hyponatremia in Marathon Runners, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13:41-47, 2003
- 26) Noakes T. D., Hyponatremia during endurance running: a physiological and clinical interpretation, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24:403-405, 1992
- 27) Speedy D. B., Noakes T. D., Rogers I. R., Hellemans I., Kimber N. E., Boswell D. R., Cambell R., Kuttner J. A., A Prospective Study of Exercise-Associated Hyponatremia in Two Ultradistance Triathletes, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10:136-141, 2000
- 28) Speedy D. B., Noakes T. D., Kimber N. E., Rogers I. R., Thompson J. M. D., Boswell D. R., Ross J. J., Cambell R. G. D., Gallagher P. G., Kuttner J. A., Fluid Balance During and After an Ironman Triathlon, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11:44-50, 2001
- 29) Wolinsky I., *Nutrition in Exercise and Sport* 3rd Edition, Publishers: CRC Press, New York, USA 1998, pp. 262-314
- 30) Stuempfle K. J., Lehmann D. R., Case H. S., Hughes S. L., Evans D., Change in Serum Sodium Concentration During a Cold Weather Ultradistance Race, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13:171-175, 2003
- 31) Irving R. A., Noakes T. D., Buck R., Van Zyl Smit R., Raine E., Godlonton J., Norman R. J., Evaluation of renal function and fluid homeostasis during recovery from exercise-induced hyponatremia, *Journal of Applied Physiology*, 70(1):342-348, 1991
- 32) Fischbach F. Εγχειρίδιο Εργαστηριακών Εξετάσεων, Ιατρικές εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα 1999, σελ. 363-367
- 33) Gisolfi C. V., Lambert G. P., Summers R. W., Intestinal fluid absorption during exercise: role of sport drink osmolality and [Na⁺], *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33:907-915, 2001
- 34) Vrijens D. M. J., Rehrer N. J., Sodium free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat, *Journal of Applied Physiology*, 86(6):1847-1851, 1999
- 35) Speedy D. B., Thompson J. M. D., Rodgers I., Collins M., Sharwood K., Oral Salt supplementation During Ultraendurance Exercise, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12:279-284, 2002

- 36) American College of Sports Medicine Position Stand: Exercise and Fluid Replacement, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28: pp. i-vii, 1996
- 37) American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, Dietitians of Canada, Joint Position Statement: Nutrition and Athletic Performance, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32:2130-2145, 2000
- 38) Sharwood K., Collins M., Goedecke J., Wilson G., Noakes T., Weight Changes, Sodium Levels, and Performance in the South African Ironman Triathlon, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12:391-399, 2002
- 39) Siegel A. J., Role for On-site Point-of-Care Testing in the Emergency Care of Athletes With Exercise-Associated Collapse, *Point of Care: The Journal of Near-Patient Testing & Technology*, 1:132-134, 2002
- 40) Speedy D. B., Rogers I. R., Noakes T. D., Thompson J. M. D., Guirey J., Safih S., Boswell D. R., Diagnosis and Prevention of Hyponatremia at an Ultradistance Triathlon, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10:52-58, 2000
- 41) Speedy D. B., Noakes T. D., Boswell T., Thompson J. M. D., Rehrer N., Boswell D. R., Response to a fluid load in athletes with a history of exercise induced hyponatremia, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33:1434-1442, 2001
- 42) Noakes T. D., Hyponatremia in Distance Athletes, *The Physician And Sportsmedicine*, 28:61, 2000
- 43) Mudambo K. S. M. T., Leese G. P., Rennie M. J., Dehydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and the effects of fluid ingestion during and after exercise, *European Journal of Applied Physiology*, 76:517-524, 1997
- 44) Holtzhausen L. M., Noakes T. D., The prevalence and significance of post-exercise (postural) hypotension in ultramarathon runners, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27:1595-1601, 1995
- 45) Yamamoto K., Miyachi M., Saitoh T., Yoshioka A., Onodera S., Effects on endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33: 1496-1502, 2001
- 46) Holtzhausen L. M., Noakes T. D., Kroning B., Klerk M., Roberts M., Emsley R., Clinical and biochemical characteristics of collapsed ultramarathon runners, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26:1095-1101, 1994

- 47) Morikawa T., Sagawa S., Torii R., Endo Y., Yamazaki F., Shiraki K.,
Hypovolemic intolerance to lower body negative pressure in female runners,
Medicine & Science in Sports & Exercise, 33: 2058-2064, 2001
- 48) International Spartathlon Association
- 49) Marathon and Beyond
- 50) Laconian Professionals
- 51) Greece: From Eurydice to the Euro
- 52) The Ultra Race Distance Resource Site

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



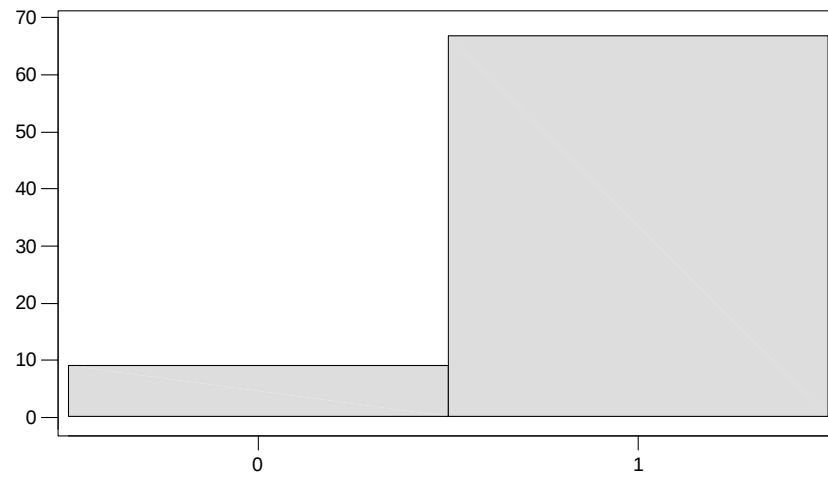
Πίνακας 1: Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και μεταβολή βάρους των αθλητών

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΡΟΜΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ
Ηλικία (έτη)	71	44,11 ± 9,08	26 – 62
Ύψος (cm)	51	173,33 ± 9,63	144 – 192
Βάρος στην Αθήνα (kgr)	51	66,15 ± 9,90	41 – 89
Βάρος στη Σπάρτη (kgr)	26	62,38 ± 8,44	39 – 77
Μεταβολή βάρους (kgr)	26	-3,038 ± (-1,995)	1 – (-7)
Ποσοστιαία μεταβολή βάρους (kgr)	26	-4,644 ± (-3,002)	1,563 – (-11,290)

Πίνακας 2: Συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών στο αίμα των αθλητών πριν και μετά τον αγώνα

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΥΠΙΚΗ ± ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ
Νάτριο στην Αθήνα (mmol/l)	45	140,13 ± 1,56	136 – 143
Νάτριο στη Σπάρτη (mmol/l)	47	140,36 ± 5,12	122 – 152
Κάλιο στην Αθήνα (mmol/l)	43	4,3395 ± 0,3685	3,700 – 6,000
Κάλιο στη Σπάρτη (mmol/l)	51	4,4667 ± 0,6118	3,300 – 7,500

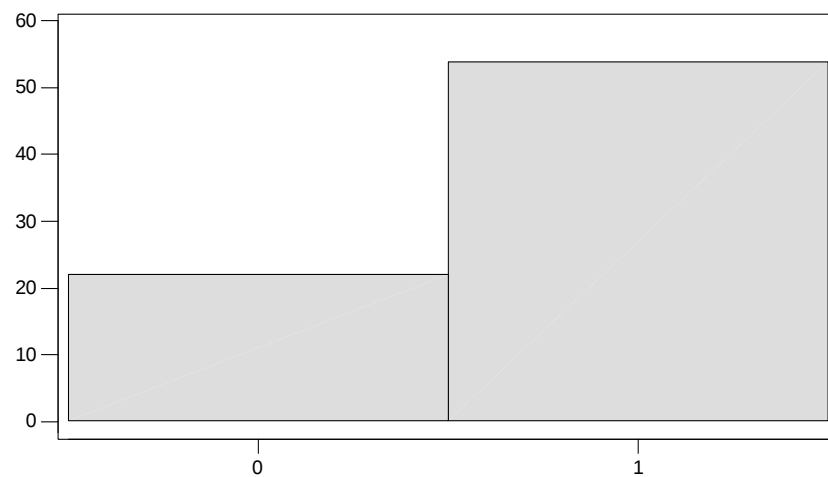
Διάγραμμα 1: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας του φύλου των δρομέων



Άξονας χ: Φύλο (0=θηλυκό, 1=αρσενικό)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

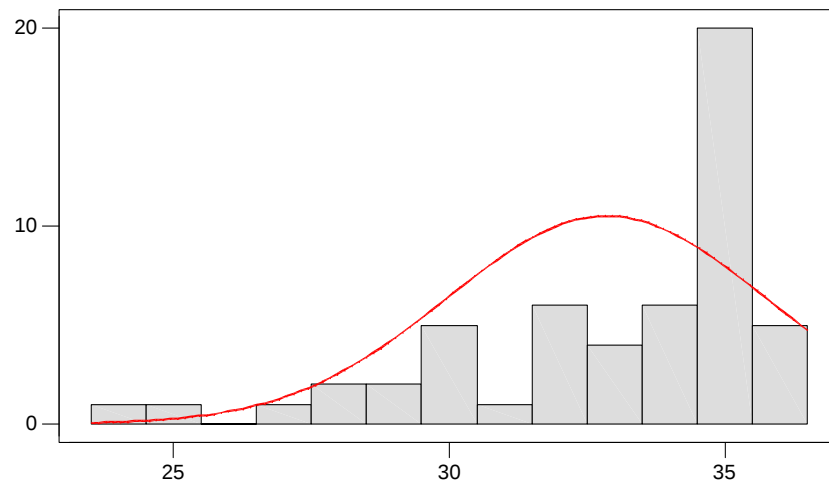
Διάγραμμα 2: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας τερματισμού των δρομέων



Άξονας χ: Τερματισμός ή όχι (0=αποτυχία τερματισμού, 1= τερματισμός)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

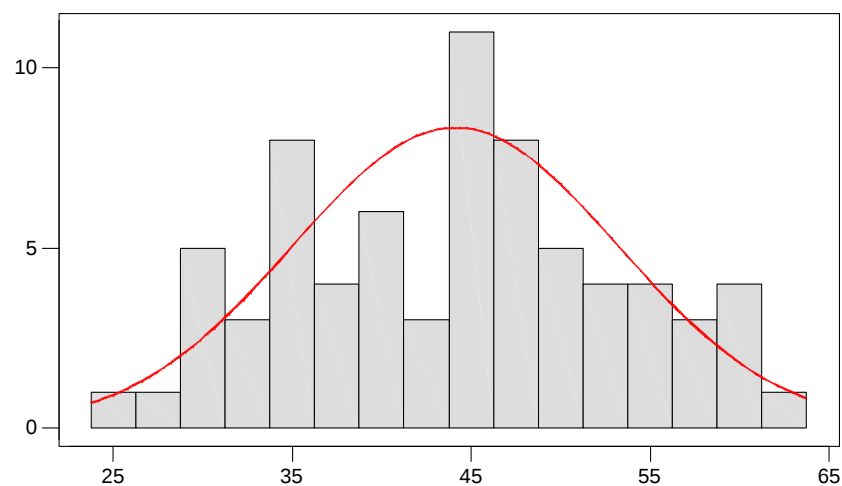
Διάγραμμα 3: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας χρόνου τερματισμού των δρομέων με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Χρόνος τερματισμού (σε ώρες)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

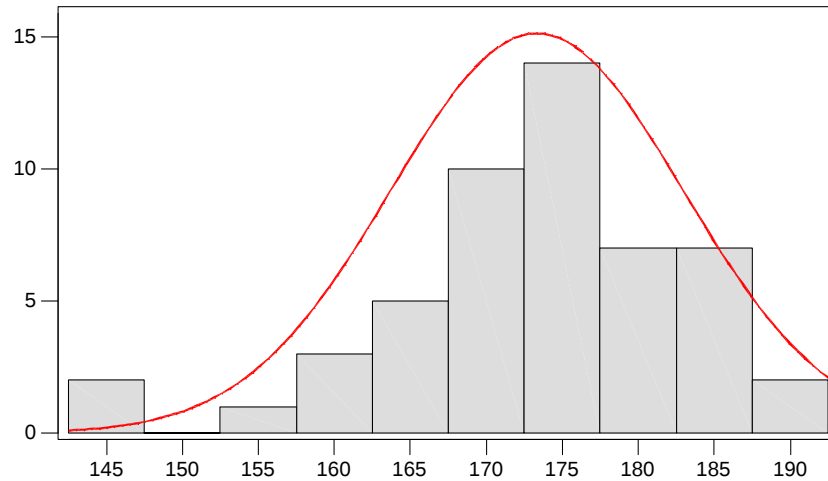
Διάγραμμα 4: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας ηλικίας των δρομέων με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Ηλικία (σε έτη)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

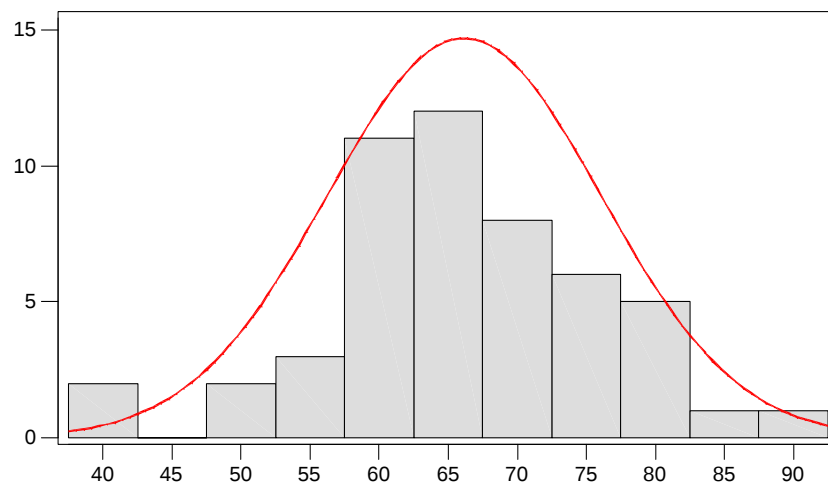
Διάγραμμα 5: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας του ύψους των δρομέων με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Ύψος (σε cm)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

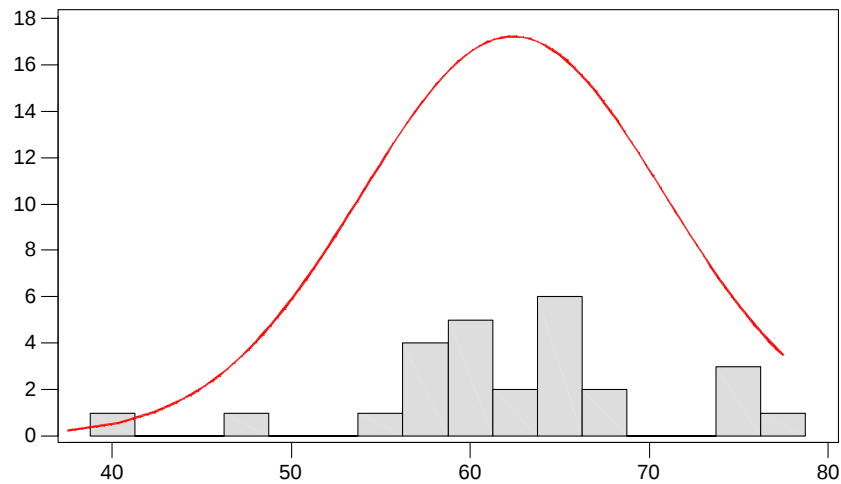
Διάγραμμα 6: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας του βάρους των δρομέων στην Αθήνα με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Βάρος (σε kg)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

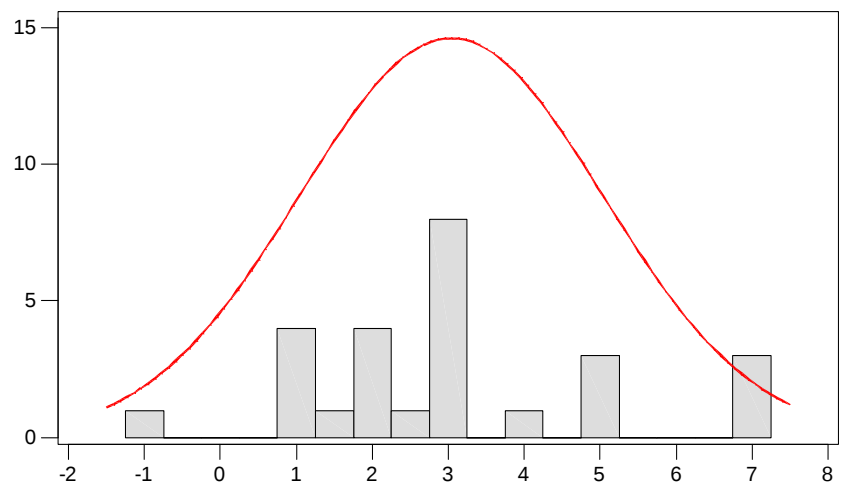
Διάγραμμα 7: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας του βάρους των δρομέων στη Σπάρτη με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Βάρος (σε kgr)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

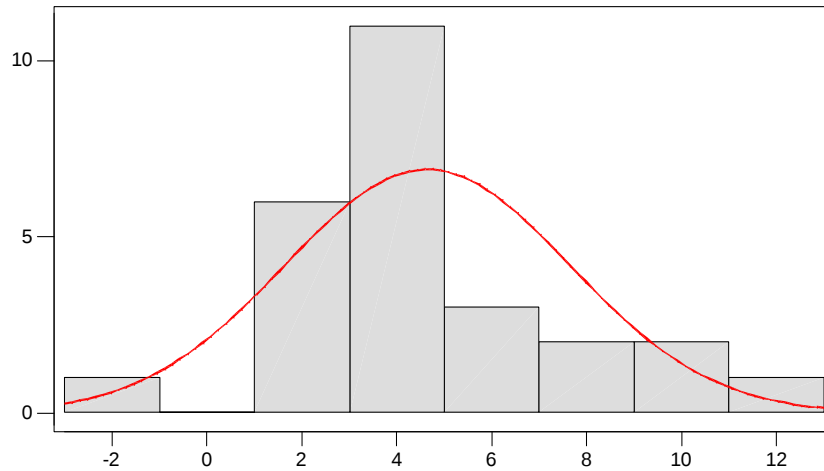
Διάγραμμα 8: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της μεταβολής του βάρους των δρομέων με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Μεταβολή βάρους (σε kgr)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

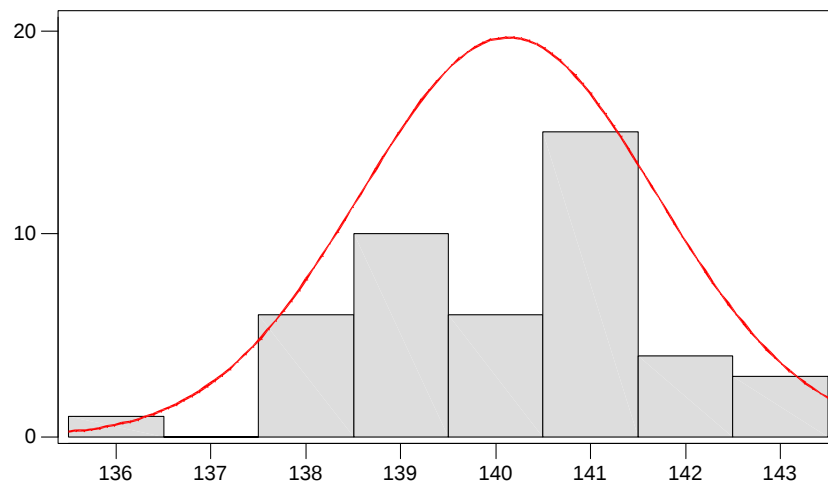
Διάγραμμα 9: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της εκατοστιαίας μεταβολής του βάρους των δρομέων με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Εκατοστιαία μεταβολή βάρους

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

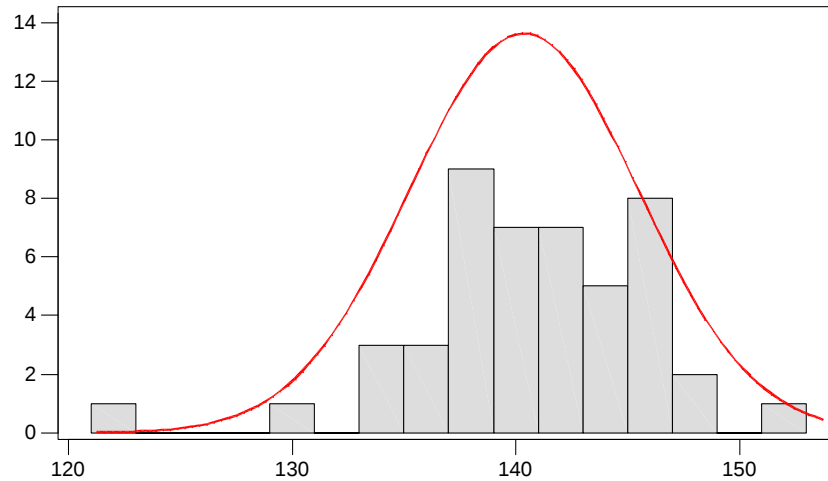
Διάγραμμα 10: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της συγκέντρωσης νατρίου των δρομέων στην Αθήνα με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Συγκέντρωση νατρίου (σε mmol)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

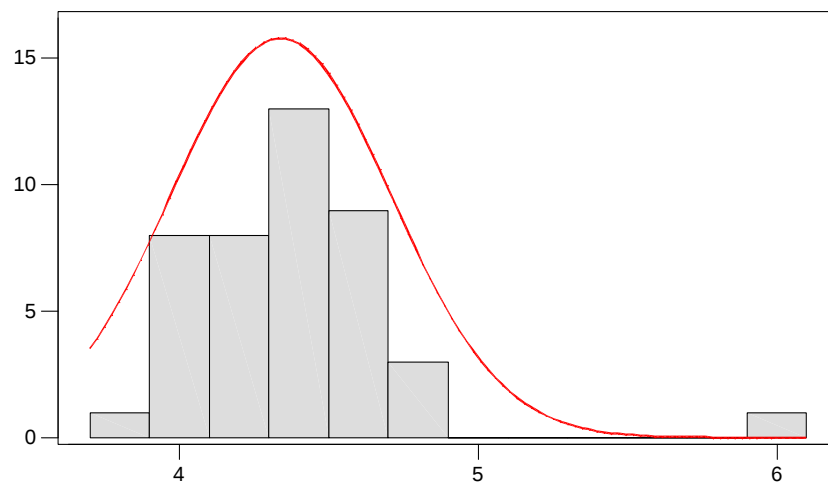
Διάγραμμα 11: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της συγκέντρωσης νατρίου των δρομέων στη Σπάρτη με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Συγκέντρωση νατρίου (σε mmol)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

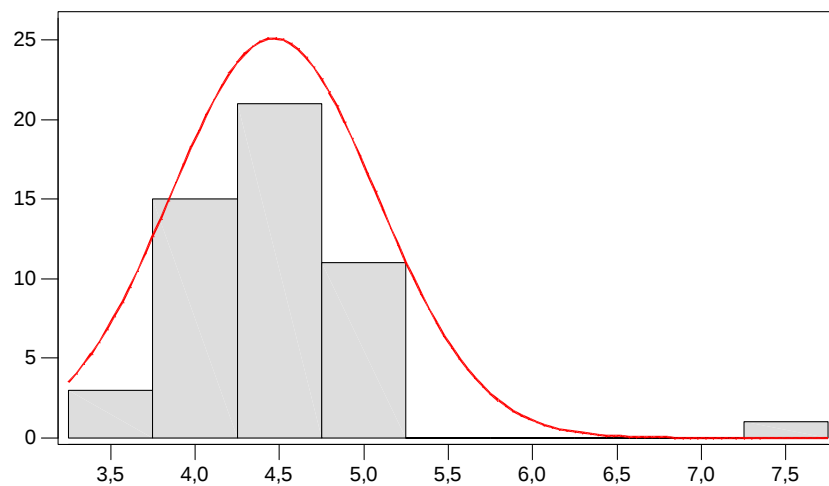
Διάγραμμα 12: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της συγκέντρωσης καλίου των δρομέων στην Αθήνα με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Συγκέντρωση καλίου (σε mmol)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων

Διάγραμμα 13: Ιστόγραμμα κατανομής συχνότητας της συγκέντρωσης καλίου των δρομέων στη Σπάρτη με προσαρμοσμένη καμπύλη κανονικής κατανομής



Άξονας χ: Συγκέντρωση καλίου (σε mmol)

Άξονας ψ: Συχνότητα ατόμων