

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας & Διατροφής (ΠΜΣ)

**“Η επίδραση των στοματικών και φαρυγγικών υποδοχέων
μέσω πρόσληψης υγρών στην αθλητική απόδοση”**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΒΑΒΟΥΡΑΚΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

ΑΘΗΝΑ, 2011

Τριμελής Επιτροπή:

Επιβλέπων Καθηγητής: Κάβουρας Σταύρος, Επίκουρος Καθηγητής

Συντώσης Λάμπρος, Καθηγητής

Τέντα Ρωξάνη, Λέκτορας

**‘‘Η επίδραση των στοματικών και φαρυγγικών υποδοχέων
μέσω πρόσληψης υγρών στην αθλητική απόδοση’’**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σταύρο Κάβουρα, για την ανάθεση του θέματος, την πολύτιμη βοήθεια, στήριξη και καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου μελέτης όπως και τον Γιάννη Αρναούτη για τις πολύτιμες επιστημονικές συμβουλές και την συνολική αμέριστη υποστήριξή του σε όλο το διάστημα της συνεργασίας μας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον μέλη της επιτροπής μου κ. Λάμπρο Συντώση και την κα. Ρωξάνη Τέντα για την πολύτιμη παροχή γνώσεων που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΓΡΩΝ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	6
1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΥΓΡΩΝ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	7
1.3 ΡΥΘΜΙΣΗ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ.....	9
1.4 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΨΑΣ – ΣΤΟΜΑΤΟΦΑΡΥΓΓΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ.....	10
2 ΘΕΡΜΟΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	13
2.1 ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΚΚΡΙΣΗΣ ΙΔΡΩΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	13
2.2 ΘΕΡΜΟΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ.....	14
2.3 ΘΕΡΜΟΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ.....	16
3 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ	17
3.1 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ.....	20
4 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΥΓΡΩΝ	23
4.1 ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ.....	23
4.2 ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ.....	23
4.3 ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ.....	24
5 ΔΕΙΚΤΕΣ ΥΔΑΤΩΣΗΣ	25
6 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΟΜΑΤΙΚΟ-ΦΑΡΥΓΓΙΚΩΝ ΥΠΟΔΟΧΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ	27
7 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	31
B ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	32
Γ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	36
Δ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42

A ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πιθανότατα ξεπλύνοντας το στόμα με νερό κατά τη διάρκεια της άσκησης σε θερμό περιβάλλον, διεγείρονται οι στοματικοί και φαρυγγικοί υποδοχείς, επιδρώντας έτσι στην παράταση της συγκεκριμένης δοκιμασίας όταν οι αθλητές είναι ήδη αφυδατωμένοι. **Σκοπός:** Να μελετηθεί εάν η διέγερση των στοματικο-φαρυγγικών υποδοχέων μπορεί να επιδράσει στην παράταση μιας συγκεκριμένης δοκιμασίας, στην ποδηλασία σε θερμό περιβάλλον, σε ήδη αφυδατωμένους αθλητές. **Μεθοδολογία:** Το ερευνητικό πρωτόκολλο αποτελούνταν από 2 στάδια και ολοκληρώθηκε από 10 ποδηλάτες ($VO_{2max} = 53,8 \text{ ml/kg} \cdot \text{min} \pm 1,5$). Στόχος του πρώτου σταδίου ήταν η επίτευξη αφυδάτωσης 2% εκτελώντας μέτριας έντασης άσκηση σε δαπεδοεργόμετρο και κυκλοεργόμετρο εναλλακτικά, σε ειδικά διαμορφωμένο θάλαμο 30°C . Το δεύτερο στάδιο αποτελούνταν από 3 διαφορετικές περιπτώσεις (επισκέψεις) και περιείχε μία δοκιμασία μέχρι εξάντλησης σε ένταση στο 75% της μέγιστης ισχύος (W_{max}) του κάθε εθελοντή. Στην πρώτη περίπτωση (SW) δινόταν στον εθελοντή 25 ml νερό κάθε 5 λεπτά, όπου και το κατάπινε. Στην δεύτερη περίπτωση (MR) ο εθελοντής ξέπλενε το στόμα του, κάθε 5 λεπτά, με την ίδια ποσότητα νερού. Στην τρίτη περίπτωση (NF ή ελέγχου) ο εθελοντής δεν κατανάλωνε καθόλου υγρά. Μετρήσεις στο σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου αφυδάτωσης και στο τέλος της δοκιμασίας εκτίμησης της αθλητικής απόδοσης όπως και οι μεταβολές του όγκου πλάσματος χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση των επιπέδων αφυδάτωσης. **Αποτελέσματα:** Ο χρόνος μέχρι εξάντληση ήταν σημαντικά βελτιωμένος στην δοκιμασία SW σε σύγκριση με την NF και την MR δοκιμασία ($21,94 \pm 1,2 \text{ min}$ με $17,7 \pm 1,1 \text{ min}$ και $18,7 \pm 1,3 \text{ min}$ αντίστοιχα, $p \leq 0,05$). Δεν υπήρχαν διαφορές στον μέσο όρο παραγωγής έργου, στην καρδιακή συχνότητα (HR) ή στον βαθμό εκτίμησης κόπωσης (RPE) μεταξύ των τριών δοκιμασιών ($p > 0,05$). **Συμπέρασμα:** Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η κατάποση ελάχιστης ποσότητας νερού μπορεί να βελτιώσει τον χρόνο μέχρι εξάντληση, σε ήδη αφυδατωμένους αθλητές, ενδεχομένως μέσω διέγερσης φαρυγγικών υποδοχέων, βοηθώντας στην βελτίωση της απόδοσης.

A ABSTRACT

Probably, rinsing the mouth with water during exercise in hot environment, oral and pharyngeal receptors are stimulated, thereby influencing the extension of a given workload when athletes are already dehydrated. However the existing results are controversial. **Purpose:** To investigate the possible role of oral and pharyngeal receptors in the mouth, in influencing exercise performance in the heat when athletes are already dehydrated. **Methods:** The exercise protocol consisted of two phases and completed by 10 cyclists ($\text{VO}_{2\text{max}} = 53,8 \text{ ml/kg*min} \pm 1,5$). The aim of the first stage was to achieve 2% dehydration by performing moderate-intensity exercise on a treadmill and ergometer alternatively in a specially designed chamber 30°C . The second stage consisted of three separate occasions (visits) which contained a trial to exhaustion in intensity in 75% of maximum power (W_{max}) of each volunteer. In the first case (SW) the volunteer ingest 25 ml of plain water at the beginning and every five minutes. In the second case (MR) the volunteer rinsed his mouth at the beginning and every five minutes, with the same amount of plain water. In the third case (NF or control), there was no fluids consumption. Measurements of body weight during the dehydration protocol and at the end of the test assessment of athletic performance as well as changes in plasma volume were used to measure the levels of dehydration. **Results:** Time to exhaustion was significantly improved in the SW compared to the NF and MR ($21,94 \pm 1,2 \text{ min}$ vs $17,7 \pm 1,1 \text{ min}$ and $18,7 \pm 1,3 \text{ min}$ respectively, $p \leq 0,05$). There were no differences in mean power output, heart rate (HR) or in the rating of perceived exertion (RPE), between the three trials ($p > 0,05$). **Conclusion:** The results demonstrate that the ingestion of a small amount of water may improve time to exhaustion in already dehydrated athletes, probably via pharyngeal stimulation, which in turn helps to improve performance.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ζωή μας εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το νερό, γεγονός που φαίνεται από το ότι ο άνθρωπος αδυνατεί να ζήσει χωρίς αυτό παραπάνω από μερικές ημέρες, ενώ ανέχεται τη στέρηση της τροφής για τουλάχιστον ένα μήνα (Lawrence 1982, Brown 1947). Η περιεκτικότητα του ανθρώπινου οργανισμού σε νερό εξαρτάται από την ηλικία, όπου περιορίζεται με την πρόοδό της, λόγω προοδευτικής αύξησης του λίπους και μείωσης της μυϊκής μάζας και από το φύλο. Κατά την γέννηση, όπου η περιεκτικότητα του οργανισμού σε λίπος είναι πολύ μικρή, το νερό αποτελεί το 75% του σωματικού βάρους και στα δύο φύλα. Όσο αυξάνεται η ηλικία η περιεκτικότητα του οργανισμού σε νερό είναι διαφορετική ανάμεσα στα δύο φύλα. Ειδικότερα οι άνδρες έχουν μεγαλύτερη ποσότητα νερού από αυτή των γυναικών, λόγω της μικρότερης περιεκτικότητας του σώματός τους σε λίπος. Για τον ίδιο λόγο, τα παχύσαρκα άτομα έχουν λιγότερο νερό από τα λιπόσαρκα. Ακριβέστερα το νερό στους άνδρες καλύπτει το 60% του σωματικού τους βάρους, ενώ στις γυναίκες το 50% (Altma 1961). Στους αθλητές από την άλλη υπάρχει αυξημένο ποσοστό σωματικού νερού λόγω του χαμηλού ποσοστού λιπώδους ιστού, υψηλού ποσοστού άλιπης μάζας και υψηλών επιπέδων μυϊκού γλυκογόνου. Τα αυξημένα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου αυξάνουν την περιεκτικότητα σε νερό των άλιπων ιστών λόγω της οσμωτικής πίεσης που ασκείται από κοκκία γλυκογόνου εντός των μυών του σαρκοπλάσματος (Neufer 1991, Olsson and Saltin 1970).

Στις μελέτες ισορροπίας υγρών του σώματος έχει φανεί ότι οι καθημερινές ανάγκες σε νερό αυξάνονται με την ηλικία από 0,6 λίτρα στα νεογέννητα σε 1,7 λίτρα στη παιδική ηλικία (Goellner 1981, Ballauff 1988). Για τους ενήλικες, οι καθημερινές ανάγκες σε υγρά φθάνουν τα 2,5 λίτρα για τους άνδρες που κάνουν καθιστική ζωή και αυξάνονται σε περίπου 3,2 λίτρα αν εκτελούν φυσική δραστηριότητα μέτριας έντασης (Greenleaf 1977, Gunga 1993). Σε πιο δραστήριους ενήλικες που ζουν σε θερμά περιβάλλοντα, οι καθημερινές τους ανάγκες σε νερό φθάνουν περίπου τα 6 λίτρα (Welch 1958).

1.1 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΓΡΩΝ ΣΩΜΑΤΟΣ

Το συνολικό νερό σώματος κατέχεται από τον ενδοκυττάριο και τον εξωκυττάριο χώρο και αποτελεί περίπου το 63,3% (0,6 λίτρα/κιλό) της σωματικής μάζας. Τον εξωκυττάριο όγκο αποτελούν όλα τα υγρά που βρίσκονται έξω από τα κύτταρα (1/3 του συνολικού νερού σώματος), περιλαμβάνοντας το πλάσμα ή ενδοαγγειακό (1/3) και τον διάμεσο χώρο ή μεσοκυττάριο υγρό (2/3) το οποίο κατέχει το 24,9% (0,2 λίτρα/κιλό) της σωματικής μάζας. Τον

ενδοκυττάριο όγκο (2/3 του συνολικού νερού σώματος) περιλαμβάνουν τα υγρά που βρίσκονται μέσα στους ιστούς των κυττάρων και κατέχουν το 38,4% (0,4 λίτρα/κιλό) της σωματικής μάζας. (Armstrong 2007).

Ο εξωκυττάριος όγκος υγρών αποτελεί το μέσο με το οποίο μεταφέρονται οι θρεπτικές ουσίες και τα προϊόντα του μεταβολισμού, ενώ ο ενδοκυττάριος παρέχει την αρχιτεκτονική δομή των κυττάρων και βοηθά στη λειτουργία τους. Βέβαια το ενδοκυττάριο νερό δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο σε όλα τα κύτταρα του οργανισμού. Η μεγαλύτερη συγκέντρωσή του βρίσκεται σε αυτά που έχουν έντονο μεταβολισμό (μυϊκά, ηπατικά, νεφρικά) και η μικρότερη στα σχετικώς αδρανή κύτταρα, όπως είναι τα οστεοκύτταρα (Koeppen and Stanton 2007, Guyton 1975).

Η ανταλλαγή νερού μεταξύ ενδοκυττάριου και εξωκυττάριου όγκου εξαρτάται από την ωσμωτική κλίση. Το νερό περνά διαμέσου των μεμβρανών από περιοχές χαμηλής ωσμωτικότητας σε περιοχές υψηλής, προσπαθώντας να εξισώσει τις διαφορές στην ωσμωτικότητα κατά μήκος της μεμβράνης. Το νερό διαχέεται κατά μήκος των κυτταρικών μεμβρανών για να εξισώσει τις ωσμωτικότητες των εξωκυττάριων και ενδοκυττάριων υγρών. Παρά του ότι τα δύο διαμερίσματα περιλαμβάνουν διαφορετικές συγκεντρώσεις ατόμων, η συνολική ισορροπία συγκέντρωσης κατιόντων και ανιόντων είναι ίδια και στο ενδοκυττάριο και στο εξωκυττάριο υγρό, όπως περιγράφεται από την ισορροπία Gibbs-Donnan. Οι διαφορές στις συγκεντρώσεις νατρίου και καλίου μεταξύ ενδοκυττάριου και εξωκυττάριου υγρού διατηρούνται μέσω των δραστικών αντλιών μεταφοράς ιόντων εντός των κυτταρικών μεμβρανών (IOM 2004).

1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΥΓΡΩΝ ΣΩΜΑΤΟΣ

Η ισορροπία υγρών εξαρτάται από την καθαρή διαφορά μεταξύ του προσλαμβανόμενου και του αποβαλλόμενου νερού (IOM 2004).

Πρόσληψη προκύπτει από την κατανάλωση υγρών και τροφίμων (το κρέας περιέχει κατά 70% νερό, ενώ τα φρούτα και τα λαχανικά κατά 95-100%) και την παραγωγή από τον μεταβολισμό (από το νερό που παράγεται κατά την οξείδωση των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπών ώστε να αντισταθμιστούν οι απώλειες νερού) (IOM 2004). Απώλειες νερού προκύπτουν από δερματικές, αναπνευστικές, νεφρικές και γαστρεντερικές οδούς (Bossingham 2005, Kavouras 2002).

Οι δερματικές απώλειες πραγματοποιούνται μέσω της διάχυσης και της έκκρισης του ιδρώτα όπου για έναν μέσο ενήλικα η απώλεια υγρών μέσω διάχυσης είναι περίπου στα 500ml/day. Ο οργανισμός κατά τη διάρκεια της σωματικής άσκησης αποβάλλει θερμότητα με τέσσερις μηχανισμούς: Την αγωγή, την περιαγωγή, την ακτινοβολία και την εξάτμιση. Κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον η εξάτμιση του ιδρώτα αποτελεί τον βασικότερο μηχανισμό για την απώλεια θερμότητας και την ψύξη του σώματος προς αποφυγή αύξησης της θερμοκρασίας του πυρήνα (IOM 2004, ACSM 2007). Οι απώλειες νερού μέσω της εφίδρωσης ποικίλουν και εξαρτώνται από το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Shapiro 1982, Jay and Webb 2009).

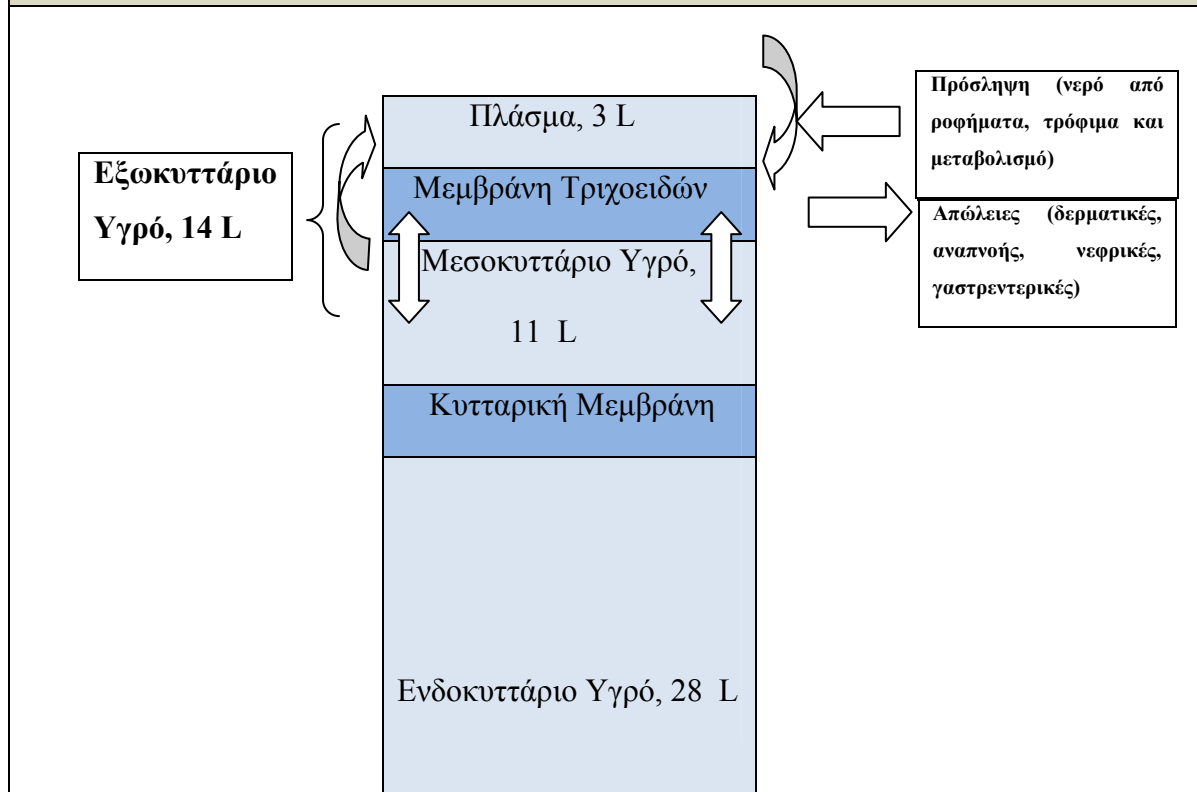
Η απώλεια νερού από το αναπνευστικό σύστημα μέσω των πνευμόνων, εξαρτάται από την πίεση των ατμών νερού αλλά και από τον αναπνευστικό όγκο. Ο αναπνευστικός όγκος αυξάνεται με τη φυσική δραστηριότητα, την υποξία και την υπερκαπνία, όπου πίεση ατμών νερού τροποποιείται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και την βαρομετρική πίεση. Η φυσική δραστηριότητα έχει μεγαλύτερη επίδραση στην απώλεια νερού από το αναπνευστικό σύστημα και από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η ημερήσια αναπνευστική απώλεια για τα άτομα που ακολουθούν καθιστική ζωή είναι περίπου 250-350 ml, αλλά μπορεί να αυξηθεί σε 500-600 ml για τα πιο δραστήρια άτομα που ζουν σε εύκρατα κλίματα (Hoyt 1996).

Οι νεφρικές απώλειες πραγματοποιούνται μέσω του ουροποιητικού συστήματος (1400ml) και αυτό εξαρτάται από τον όγκο πρόσληψης υγρών και τροφίμων και από τις συνολικές απώλειες από άλλες διόδους. Όταν υπάρχει περιορισμένη πρόσληψη νερού οι νεφροί θα διαφυλάξουν το νερό παράγοντας συμπυκνωμένα ούρα. Συνήθως η μέγιστη ωσμωτικότητα ενός ατόμου είναι περίπου 900-1200 mOsmol/kg (Maughan 2003). Κατά τη διάρκεια της άσκησης και του θερμικού στρες η σπειραματική διήθηση και η νεφρική αιματική ροή μειώνονται σημαντικά καταλήγοντας σε μειωμένη παραγωγή ούρων (Zambraski 2005). Έτσι, όταν υπερκαταναλώνονται υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης, ίσως να υπάρχει μειωμένη ικανότητα να παραχθούν ούρα για την έκκριση του πλεονάσματος του όγκου (ACSM 2007).

Σχετικά μικρό ποσό νερού χάνεται καθημερινά μέσω των κοπράνων (100 ml). Σε περιπτώσεις διάρροιας, εμέτου και άλλων γαστροεντερικών διαταραχών οι απώλειες μπορούν να αυξηθούν σημαντικά και να προκαλέσουν σοβαρή αφυδάτωση.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα διαμερίσματα υγρών σώματος, όπου αποτελούν 42L του συνολικού νερού σώματος ενός ατόμου 70 kg. Πηγές πρόσληψης και αποβολής υγρών (Guyton 1996).

Πίνακας 1. Πηγές πρόσληψης και αποβολής υγρών



1.3 ΡΥΘΜΙΣΗ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Η ισορροπία νερού του σώματος ρυθμίζεται από πολλούς παράγοντες. Αλλαγές στην ωσμωτική πίεση ή στον όγκο αίματος της κυκλοφορίας διεγείρουν τους ωσμωϋποδοχείς στον υποθάλαμο και τους τασοϋποδοχείς στην καρδιά και στα αιμοφόρα αγγεία. Η ισορροπία νερού επίσης ρυθμίζεται από πολλές ορμόνες. Το σύστημα ρενίνης- αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης ρυθμίζει την κατακράτηση νατρίου, και της βασοπρεσσίνης (αντιδιουρητικής ορμόνης ADH) ρυθμίζει την κατακράτηση νερού στους νεφρούς (Manz and Wentz 2003, Kavouras 2002).

Η ADH είναι η πρώτη ορμόνη που εκκρίνεται κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης (Boudy and Fernandes 2003). Η σημαντικότερη διέγερση της έκκρισης της ADH είναι η ωσμωτική πίεση του πλάσματος αλλά και άλλοι παράγοντες όπως η μείωση της αρτηριακής πίεσης ή του όγκου πλάσματος, η ναυτία, το στρες και η θερμοκρασία (Berl and Robertson 2000). Η απελευθέρωση της ADH αρχίζει με μία μέση ωσμωτικότητα πλάσματος περίπου στα 280 mOsmol/L νερού, ενώ το αίσθημα της δίψας ξεκινάει εφόσον η ωσμωτικότητα του πλάσματος φτάσει τα 290 mOsmol/L νερού (Boudy and Fernandes 2003). Όταν μειωθεί η πρόσληψη του

νερού, η ωσμωτικότητα των υγρών αυξάνεται. Το γεγονός αυτό διεγείρει την έκκριση ADH από την υπόφυση, η οποία επιδρά στα αθροιστικά σωληνάρια, όπου σχηματίζεται cAMP, το οποίο αυξάνει τη διαπερατότητα των σωληναριακών κυττάρων στο νερό.

Όταν το νερό που χάνεται είναι υπότονο, αυξάνεται η ωσμωτικότητα του ορού, οπότε εκκρίνεται ADH για να αποκαταστήσει τη διαταραχή, κατακρατώντας υγρά και αποβάλλοντας πυκνότερα ούρα. Ταυτόχρονα διεγείρεται το αίσθημα της δίψας και προσλαμβάνεται νερό, το οποίο επίσης τείνει να επαναφέρει την ωσμωτικότητα προς τα φυσιολογικά. Αντίθετα όταν προσλαμβάνεται υπερβολική ποσότητα νερού, μειώνεται η ωσμωτικότητα του ορού, με αποτέλεσμα να καταστέλλεται η έκκριση ADH (τα ούρα γίνονται αραιότερα) και αποβάλλονται δι' αυτών μεγαλύτερες ποσότητες νερού (Guyton 1998, Baylis 1987).

1.4 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΨΑΣ – ΣΤΟΜΑΤΟΦΑΡΥΓΓΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

Δίψα είναι η υποκειμενική αντίληψη όπου εξασφαλίζει την επιθυμία των ανθρώπων να καταναλώνουν υγρά (Michael 2004). Η επαναπρόσληψη του συνολικού νερού που χάθηκε μετά από αφυδάτωση εξαρτάται από το ωσμορυθμιστικό κέντρο, από την έκκριση ADH και από αντανakλαστικά συμπεριφοράς όπου ρυθμίζουν τη δίψα και την πρόσληψη υγρών (Figora and Mack 1997). Στους ανθρώπους, η δίψα και η ADH ρυθμίζονται από ίδιους ευαίσθητους ωσμορυθμιστικούς μηχανισμούς. Πάνω από ένα ωσμωτικό κατώφλι των 280 – 288 mOsm/kg H₂O, υπάρχει μία γραμμική σχέση μεταξύ της αύξησης ωσμωτικότητας του πλάσματος (pOsm) και της αύξησης στην ADH και την δίψα (Bayliss and Robertson 1980). Ο Robertson (1991) καθόρισε το ωσμωτικό κατώφλι για την έναρξη της δίψας να είναι περίπου στα 294 mOsm/kg H₂O ενώ το κατώφλι απελευθέρωσης ADH να είναι περίπου στα 284 mOsm/kg H₂O σε υγιή άτομα. Επιπλέον, διαφορετικά σήματα που προέρχονται από στοματοφαρυγγικές περιοχές συμβάλουν στο αίσθημα της δίψας και στην έκκριση της ADH (Applegren 1991, Holmes 1964). Υπάρχουν 4 σήματα όπου έχουν αναφερθεί να διεγείρουν το αίσθημα της δίψας και φαίνεται να επηρεάζουν την πρόσληψη νερού σε ποντίκια. Αυτά τα σήματα περιλαμβάνουν την αυξημένη ωσμωτικότητα του πλάσματος (ανιχνεύεται από εγκεφαλικούς ωσμουποδοχείς), τον μειωμένο όγκο αίματος (ανιχνεύεται από καρδιακούς υποδοχείς), τα αυξημένα επίπεδα αγγειοτενσίνης II (ανιχνεύονται από υποδοχείς αγγειοτενσίνης I) (Weisinger 1997) και την αυξημένη φόρτιση γαστρικού νατρίου (ανιχνεύονται από υποδοχείς νατρίου πιθανότατα στα σπλάχνα) (Sticker and Sved 2000).

Η δράση των ορμονών ξεκινάει από μία αυξημένη ωσμωτικότητα όπου τραβάει νερό από τα κύτταρα προς στο αίμα. Έτσι αφυδατώνονται συγκεκριμένοι ωσμωϋποδοχείς του εγκεφάλου, όπου διεγείρουν το αίσθημα της δίψας και απελευθερώνουν την ADH. Η ADH μειώνει τις απώλειες νερού μέσω μικρότερου όγκου ούρων. Η εξωκυτταρική αφυδάτωση (υποβολιαμία) διεγείρει συγκεκριμένους αγγειακούς υποδοχείς όπου δίνουν σήμα στα κέντρα του εγκεφάλου να ξεκινήσουν την κατάποση και την απελευθέρωση της ADH. Τασούποδοχείς που βρίσκονται στα νεφρά συμμετέχουν στην διέγερση και την απελευθέρωση του ενζύμου ρενίνη όπου με την σειρά του θα παράγει την αγγειοτενσίνη II. Η αγγειοτενσίνη επίσης ξεκινάει την κατάποση και την απελευθέρωση της ADH. Αυτή με τη σειρά της θα διεγείρει την απελευθέρωση αλδοστερόνης όπου θα μειώσει την απώλεια νατρίου ούρων στα νεφρά. Η αγγειοτενσίνη II μαζί με την ADH είναι ορμόνες που θα μπορούσαν να δουλέψουν για να μειώσουν την διάμετρο των αιμοφόρων αγγείων γύρω από το υπολειπόμενο αίμα.

Όλα αυτά τα γεγονότα δρουν μαζί έτσι ώστε το καρδιαγγειακό σύστημα να μπορέσει να διατηρήσει μία σταθερή πίεση, ειδικά προς τον εγκέφαλο. Ακόμα και όταν δεν υπάρχει κατανάλωση νερού, η ADH, η αγγειοτενσίνη και η αλδοστερόνη απελευθερώνονται. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η θεραπεία της υπέρτασης, της παχυσαρκίας, του καρκίνου και του διαβήτη εμπλέκουν τους ανταγωνιστές ρενίνη-αγγειοτενσίνη II. Αυτό δείχνει ότι ίσως υπάρχει μία δυσλειτουργία του ρυθμιστικού μηχανισμού δίψας, στους ανθρώπους (Thornton 2010).

Φαίνεται ότι έλλειμμα υγρών σώματος όπως η κυτταρική αφυδάτωση ή η εξάντληση του εξωκυττάριου όγκου υγρών οδηγούν στην έναρξη της κατανάλωσης υγρών (Figaro and Mack 1997). Ίσως αυτή η κατανάλωση υγρών να συνεχίζεται μέχρι το έλλειμμα των υγρών του σώματος να αναπληρωθεί. Όμως, επειδή η απορρόφηση του νερού που καταναλώνεται θέλει χρόνο, αυτός ο μηχανισμός είναι απίθανο να είναι τόσο γρήγορος ώστε να δικαιολογήσει την γρήγορη λήξη της κατανάλωσης υγρών, εκτός από περιπτώσεις όπου ο τρόπος κατανάλωσης είναι αργός και διακοπτόμενος. Αυτό το γεγονός προτείνει έναν προ-απορροφητικό μηχανισμό σημαντικό στον κορεσμό όπου χρησιμοποιεί σήματα από το στόμα, τον οισοφάγο και το στομάχι. Ένας τέτοιος πιθανός μηχανισμός μπορεί να προέρχεται από την στοματοφαρυγγική διέγερση όπου συμβαίνει καθώς το νερό καταναλώνεται.

Δοκιμάζοντας και καταπίνοντας το νερό ίσως να είναι αρκετό να προκαλέσει κορεσμό άρα να τερματίσει και την κατάποση. Πειραματικές μελέτες όπου δεν κατάπιναν το νερό δείχνουν ότι η πρόσληψη νερού καθοδηγείται και συντηρείται από στοματοφαρυγγική αίσθηση (Epstein 1973). Η απλή δράση της πλήρωσης της στοματικής κοιλότητας με υγρό και της κατάποσης ανακουφίζει από το αίσθημα της δίψας στην απουσία οποιασδήποτε αλλαγής στην συγκέντρωση νατρίου πλάσματος (Bruner 1993). Πολλοί ερευνητές έχουν δείξει μία απότομη

και ξαφνική αύξηση της ADH μετά την κατανάλωση και/ή στοματοφαρυγγική διέγερση, ταυτόχρονα με μία παρόμοια αναστολή της δίψας (Applegren 1991, Bruner 1993, Figaro and Mack 1997). Αυτή η αναστολή δεν μπορεί να οφείλεται στην αραίωση του πλάσματος ή στην αναστολή της λειτουργίας των ωσμωϋποδοχέων διότι πραγματοποιείται πριν συμβεί οποιαδήποτε σημαντική αλλαγή στην ωσμωτικότητα του πλάσματος. Αντιθέτως, η γρήγορη αναστολή της δίψας και της έκκρισης της ADH φαίνεται να είναι υπεύθυνη για την στοματοφαρυγγική διέγερση από τη στιγμή που τα αφυδατωμένα άτομα κατανάλωναν νερό από το στόμα. Σε άλλη μελέτη όπου τα άτομα ήταν σε στέρηση νερού, όταν στη συνέχεια αυτό χορηγήθηκε από το στόμα, ο ρυθμός λήψης του ήταν αρχικά πολύ μεγάλος και κατόπιν το αίσθημα της δίψας μειώθηκε απότομα, πριν επιτευχθεί αραίωση του ορού. Αυτό επίσης υποδηλώνει ότι η διέγερση του φάρυγγα αποτελεί έναν παθογενετικό μηχανισμό μέσω του οποίου αναστέλλεται το αίσθημα της δίψας που υπήρχε (Baylis 1987). Ο Seckl και οι συνεργάτες του (1986) βρήκαν ότι κάνοντας σε αφυδατωμένους εθελοντές μπουκώματα με νερό βρύσης μειώνεται το αίσθημα της δίψας (Seckl 1986). Σε ποιά πρόσφατη μελέτη όπου αφυδατωμένα άτομα έκαναν μπουκώματα με νερό από το στόμα, φάνηκε επίσης ο ρόλος των στοματοφαρυγγικών υποδοχέων, εφόσον μείωσαν το αίσθημα της δίψας χωρίς βέβαια να το καταργήσουν τελείως (Obica 2009).

2 ΘΕΡΜΟΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ο βαθμός της έντασης που προκαλείται από την άσκηση σε θερμό περιβάλλον καθορίζεται από το θερμικό φορτίο. Η θερμότητα που αποκτάται θα πρέπει να είναι σχεδόν ανάλογη με την αποβολή της θερμότητας όταν ο αθλητής συνεχίσει να ασκείται σε ένα σταθερό επίπεδο άσκησης.

Εξωγενείς παράγοντες όπου συμβάλλουν στην απόκτηση θερμότητας περιλαμβάνουν την θερμοκρασία περιβάλλοντος, την ταχύτητα του ανέμου, την υγρασία, την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και έμμεση), την θερμική ακτινοβολία εδάφους και τον ρουχισμό (Werner 1993). Η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η υγρασία είναι οι κύριοι παράγοντες. Η έλλειψη ανέμου και η παρουσία υψηλής υγρασίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος μπορεί να προκαλέσουν σοβαρό θερμικό στρες λόγω του άφθονου ιδρώτα που δεν μπορεί να ψύξει το σώμα (ο ιδρώτας δεν εξατμίζεται από το σώμα), γεγονός που επιτείνει την υπερθερμία (Nadel 1990). Ο κύριος ενδογενής παράγοντας είναι η μεταβολική θερμότητα των συσπωμένων μυών η οποία επηρεάζεται από την ένταση της άσκησης.

Το σώμα προσπαθεί να ισορροπήσει την εσωτερική θερμοκρασία με τη διάχυση της θερμότητας μέσω της αγωγής, περιαγωγής, εξάτμισης και ακτινοβολίας (Werner 1993, Stitt 1993). Η διάχυση της θερμότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Καθώς η θερμοκρασία περιβάλλοντος αυξάνεται, η ακτινοβολία και η μεταγωγή μειώνονται αισθητά ενώ η απώλεια θερμότητας με αγωγιμότητα δεν είναι σημαντική τις περισσότερες φορές (Werner 1993, Armstrong 1993). Η απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης είναι ο βασικός μηχανισμός διάχυσης της θερμότητας κατά την άσκηση σε θερμό περιβάλλον. Σε ζεστό, ξηρό περιβάλλον η εξάτμιση μπορεί να ανέλθει έως και στο 98% της ψύξης, ενώ σε ζεστό και υγρό περιβάλλον ανέρχεται στο 80% και το υπόλοιπο μέσω της συναγωγής και της ακτινοβολίας (Armstrong 1993).

2.1 ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΚΚΡΙΣΗΣ ΙΔΡΩΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Θερμότερες θερμοκρασίες αέρα σχετίζονται με αυξημένο ιδρώτα (Nadel 1979). Από τη στιγμή που μόνο η εξάτμιση είναι μία αποδοτική λειτουργία διάχυσης της θερμότητας στην προκειμένη περίπτωση, η φυσιολογική καταπόνηση επιδεινώνεται με τον μειωμένο εξωκυττάριο όγκο υγρών που σχετίζεται με την μεγάλη εφίδρωση. Βραχυπρόθεσμα, το σώμα ψύχεται, αλλά η αυξημένη αφυδάτωση αλλάζει την καρδιαγγειακή λειτουργική ικανότητα. Αυτό μπορεί να

οδηγήσει σε μειωμένη ροή αίματος στο δέρμα και μειωμένο ρυθμό εφίδρωσης καθώς το σώμα προσπαθεί να διατηρήσει την κεντρική κυκλοφορία και την πίεση του αίματος.

Σε ζεστό και υγρό περιβάλλον, η μεταγωγή και η ακτινοβολία είναι σχεδόν ανύπαρκτες (Nadel 1979, Sato 1993). Χωρίς την ύπαρξη διάχυσης της θερμότητας, η αφυδάτωση λαμβάνει χώρα, και η θερμοκρασία πυρήνα αυξάνεται σε σοβαρό βαθμό (Armstrong 1996). Ο βαθμός της υπερθερμίας μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως είναι η αερόβια ικανότητα (Nadel 1990) ,ο τύπος της άσκησης (Irion 1987), η ηλικία (Pandolf 1997) και ο εγκλιματισμός (Buskirk 1958).

2.2 ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ

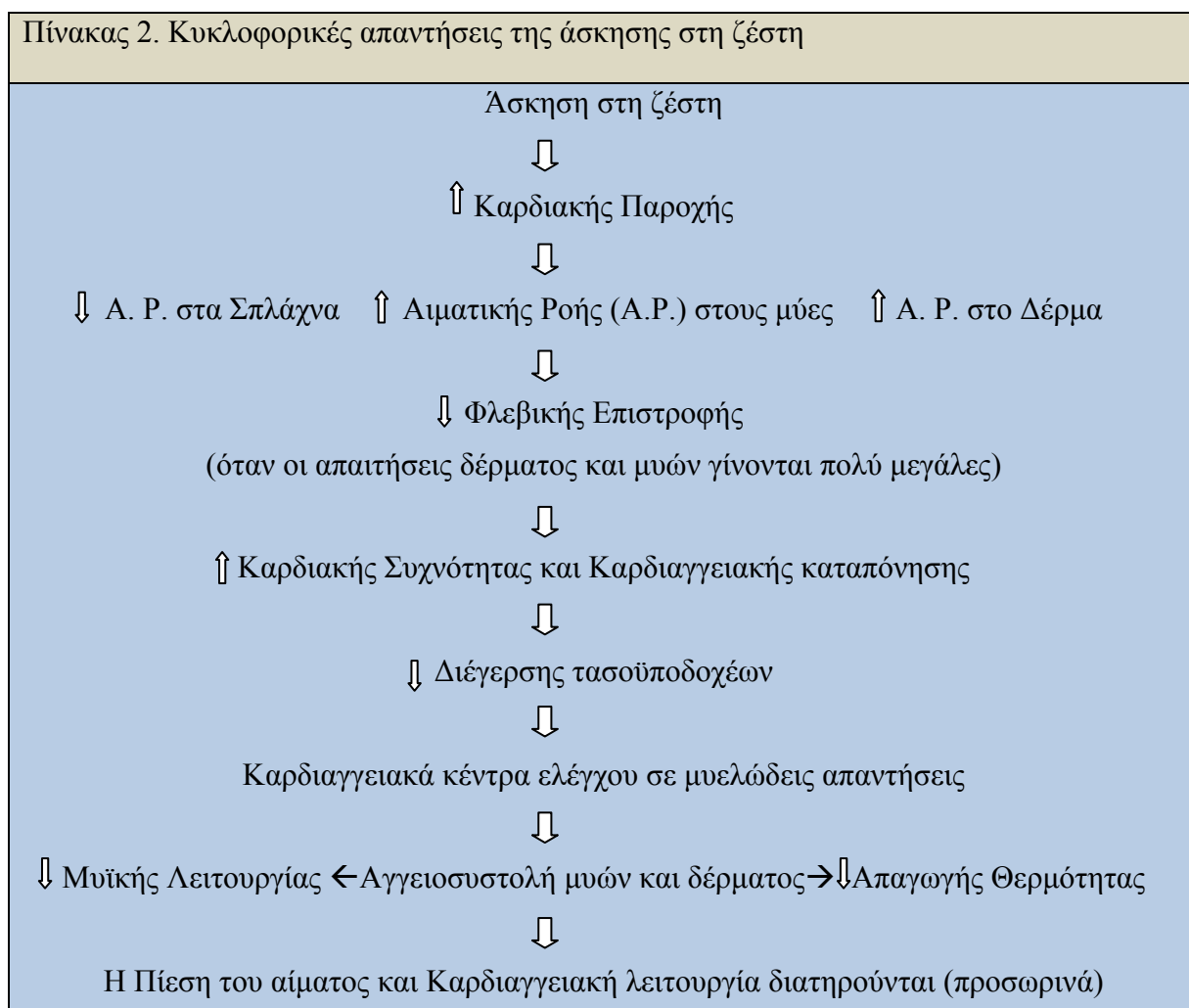
Κατά την διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον, η θερμοκρασία πυρήνα σώματος και η καρδιακή συχνότητα αυξάνονται από 0.126C σε 0.256C και από 3 σε 5 beats/min, αντίστοιχα, για κάθε απώλεια 1% της σωματικής μάζας (Montain 1998, Buono 2000). Το καρδιαγγειακό σύστημα δεν μπορεί να καλύψει τις μέγιστες απαιτήσεις του δέρματος (να μειώσει το θερμικό φορτίο) και των μυών ταυτόχρονα (Rowell 1986, Holtz 1996). Τελικά, ή διατήρηση της πίεσης του αίματος θα έχει προτεραιότητα έναντι της δερματικής ροής του αίματος (π.χ. ψύξη του σώματος) και της ροής αίματος στους μύες (π.χ. ικανότητα απόδοσης). Ταυτόχρονα αυξάνει το ρυθμό υπερθερμίας και την μεταβολική ανικανότητα (Rowell 1986, Young 1990). Αυτή η ιεράρχηση μπορεί να καταλήξει σε υπερθερμία, ειδικά σε πληθυσμούς που πρέπει να εκτελέσουν μέγιστη φυσική δραστηριότητα (αθλητές, στρατιώτες, εργάτες κτλ.).

Οι μεταβολικές αλλαγές αντανακλώνται σε ένα αυξημένο επίπεδο γαλακτικού οξέος, όπου προκύπτει από την μειωμένη ηπατική ροή αίματος - αγγειοσυστολή μυών (η οποία επηρεάζει την απομάκρυνση των αποβλήτων, την μεταφορά οξυγόνου κτλ.) – και σε μία αύξηση στην θερμοκρασία των μυών (Young 1990). Διαφοροποιήσεις στην έναρξη αυτών των αλλαγών μπορούν να αλλάξουν τον ρυθμό στον οποίο ένας αθλητής αντιλαμβάνεται την κόπωση. Η μειωμένη φλεβική επιστροφή μειώνει τη διέγερση των ευαίσθητων στην πίεση τασούποδοχέων στο δεξιό μέρος της καρδιάς και στην πνευμονική κυκλοφορία (Coyle 1991). Κατόπιν τα μηνύματα στέλλονται στα μυελώδη ρυθμιστικά κέντρα του καρδιαγγειακού συστήματος, όπου μπορούν να προκαλέσουν μυϊκή ή δερματική αγγειοσυστολή, ή και τα δύο, διαφυλάσσοντας έτσι την πίεση του αίματος και την καρδιαγγειακή λειτουργία (Rowell 1996).

Ελάχιστες μειώσεις στην καρδιακή παροχή έχουν βρεθεί σε εθελοντές που εκτελούσαν άσκηση σε υπομέγιστες εντάσεις σε ζέστη (Rowell 1996, Saltin 1964). Μία αύξηση στην

καρδιακή συχνότητα αντισταθμίζει την μείωση στον όγκο παλμού, και η καρδιαγγειακή χωρητικότητα δεν παρεμποδίζεται, εκτός αν ακραίοι ρυθμοί εφίδρωσης ή μακρόχρονες συνεδρίες άσκησης, προκαλούν σημαντική αφυδάτωση. Αλλά όταν επιχειρείται μέγιστη άσκηση στη ζέστη, το πεπερασμένο όριο της καρδιακής συχνότητας δεν αντισταθμίζεται για τις μεγαλύτερες μειώσεις του όγκου παλμού. Οφείλεται κυρίως στην παρέκκλιση του αίματος στο δέρμα και στους ενεργούς μύες όπως και στην προοδευτική αφυδάτωση (Rowell 1986, Sawka 1988). Η κατάληξη είναι μειώσεις τόσο στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου όσο και στην απόδοση της άσκησης (Rowell 1986, Cheuvront 2010).

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι κυκλοφορικές απαντήσεις της άσκησης στη ζέστη (Douglas 1999).



2.3 ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Η αθροιστική επίδραση της έντασης που προκαλείται από την άσκηση σε θερμό περιβάλλον θα θέσει σε κίνδυνο τελικά την αθλητική απόδοση. Επιπρόσθετα, η άσκηση στη ζέστη συχνά προκαλεί αφυδάτωση (από τη στιγμή που οι ρυθμοί εφίδρωσης σπάνια ταιριάζουν με τους ρυθμούς επανυδάτωσης), όπου επιτείνει επιπλέον την κατάσταση (Convertino 1996, Greenleaf 1992).

Είναι πολύ δύσκολο να διαχωριστούν οι επιδράσεις της ζέστης από αυτές της αφυδάτωσης, από τη στιγμή που συχνά συμβαίνουν μαζί κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, όμως κάποιοι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να συνδυάσουν την απώλεια ιδρώτα με την πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Ο Rowell και οι συνεργάτες του (1966) βρήκαν μεγάλες μειώσεις στον όγκο παλμού παρόλο που διατήρησαν τον κεντρικό όγκο αίματος. Η βελτιωμένη φυσική κατάσταση και ο θερμοεγκλιματισμός αυξάνουν την ανοχή στη ζέστη ανεξάρτητα αλλά με παρόμοιο τρόπο και βελτιστοποιούν την ανοχή στην ζέστη όταν συνδυάζονται (Roberts 1977). Σύμφωνα με τον Sawka και τους συνεργάτες του (1996) το θερμικό στρες και η αφυδάτωση μπορούν να δράσουν ανεξάρτητα για τον συμβιβασμό της φυσιολογικής λειτουργίας όταν οι ακραίες απαιτήσεις για την δερματική ροή αίματος μειώνουν την καρδιακή παροχή, όπου με τη σειρά της περιορίζει τον εφοδιασμό του οξυγονομένου αίματος σε ολόκληρο το σώμα. Όταν θερμικό στρες και αφυδάτωση συμβαίνουν ταυτόχρονα, αυτή η φυσιολογική κατάσταση επιδεινώνεται.

Οι καρδιαγγειακές προσαρμογές που συνοδεύονται από υψηλές θερμοκρασίες δέρματος (T_{sk}), μόνες τους ή με υψηλές θερμοκρασίες πυρήνα σώματος (T_c), παρέχουν μία πρωταρχική εξήγηση για την εξασθενημένη αερόβια απόδοση της άσκησης σε θερμό περιβάλλον. Οι ανεξάρτητες (T_{sk}) ή συνδυασμένες ($T_{sk} + T_c$) επιδράσεις της υπερθερμίας μειώνουν την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}), όπου οδηγεί σε υψηλότερη σχετική ένταση της άσκησης και σε μείωση της αερόβιας απόδοσης σε ένα οποιοδήποτε δοσμένο έργο άσκησης (Cheuvront 2010).

3 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

Αφυδάτωση που υπερβαίνει την απώλεια 2% της σωματικής μάζας θέτει σε κίνδυνο την αερόβια απόδοση σε εύκρατο και θερμό περιβάλλον, και αυξάνει τον κίνδυνο θερμικού επεισοδίου, εξάντλησης και κραμπών (ACSM 2007, Cheuvront 2010). Η αφυδάτωση προκαλεί αλλαγές στις θερμορυθμιστικές απαντήσεις, στις καρδιαγγειακές, του πλάσματος, στις γαστροεντερικές, στις ενδοκρινικές, στις μυϊκές και στις μεταβολικές απαντήσεις, κατά την διάρκεια της άσκησης (Murray 1995, Horswill 1992). Το καρδιαγγειακό σύστημα ενός αφυδατωμένου ατόμου που ασκείται προσπαθεί να διατηρήσει την καρδιακή πίεση πλήρωσης ενώ θυσιάζει την περιφερική κυκλοφορία (Rowell 1986). Αλλά η αφυδάτωση, σε συνδυασμό με την απαγωγή θερμότητας στο δέρμα και την αυξημένη ροή αίματος στους μύες, περιορίζει την καρδιαγγειακή ικανότητα ανεξάρτητα από το πόσο αίμα μεταφέρεται από την περιφέρεια στην κεντρική κυκλοφορία (Coyle 1993, Sawka 1992). Αυξημένη γλοιότητα και μειωμένος όγκος του αίματος που επιστρέφει στην καρδιά μειώνει την πίεση πλήρωσης, και με τη σειρά του, τον όγκο παλμού (Gonzalez-Alonso 1995). Για την εξουδετέρωση αυτών των αλλαγών, αυξάνεται η καρδιακή συχνότητα στα όριά της αλλά η καρδιακή παροχή αρχίζει να μειώνεται, σηματοδοτώντας τις καρδιαγγειακές απαντήσεις του συστήματος, όπου περιορίζουν τη λειτουργία του δέρματος και των μυών (Armstrong 1997). Το αποτέλεσμα είναι μία μειωμένη ικανότητα να απομακρυνθεί θερμότητα, οπότε η παραγωγή υπερβαίνει την απώλεια θερμότητας. Η υπερβολική θερμότητα σε συνδυασμό με την μειωμένη αιμάτωση των μυών περιορίζουν την απόδοση και προκαλούν θερμική καταπόνηση (Sawka 1990).

Έχει φανεί ότι εκτελώντας κάποιος άσκηση ενώ είναι αφυδατωμένος έχει κάποιες επιδράσεις και στο θερμορυθμιστικό σύστημα (Sawka 1996) και ίσως αναιρέσει τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την αυξημένη αερόβια ικανότητα (Cadarette 1984) και τον εγκλιματισμό στη ζέστη (Sawka 1983). Ο Sawka και οι συνεργάτες του (1992) παρατήρησαν μειωμένη ανοχή στη ζέστη σε εθελοντές που αφυδατώθηκαν στο 8% του σωματικού τους βάρους και βρήκε ότι οι στρατιώτες είχαν μεγαλύτερη εξάντληση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα όταν αφυδατώνονταν.

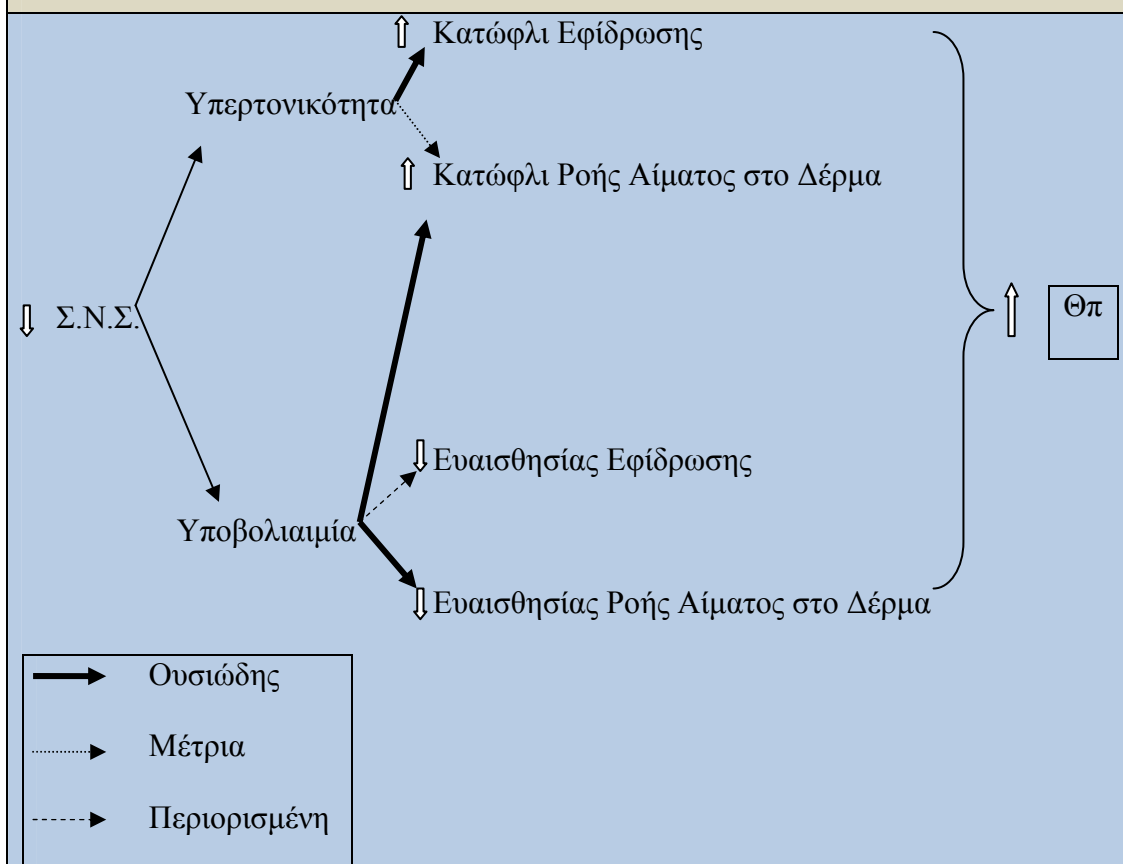
Η άσκηση, το θερμικό στρες και η αφυδάτωση επηρεάζουν την ανακατανομή των υγρών του σώματος με αλλαγές στην υδροστατική και την ωσμωτική πίεση (Greenleaf 1996). Για παράδειγμα, επειδή ο ιδρώτας είναι υποτονικός, ο αφυδατωμένος αθλητής παθαίνει υπερωσμωτικότητα του πλάσματος η οποία επηρεάζει τη διανομή των υγρών (Sawka 1990). Ήπια αφυδάτωση προκαλεί κυρίως απώλειες υγρών εξωκυττάριου χώρου, αλλά καθώς η αφυδάτωση επιδεινώνεται, αναλογικά περισσότερα υγρά χάνονται από τον ενδοκυττάριο χώρο (Durkot 1986). Ο Nose και οι συνεργάτες του (Nose 1983) ανέφεραν ότι η απώλεια από το

ενδοκυττάριο και το εξωκυττάριο υγρό είναι κυρίως από τους μύες και το δέρμα. Αυτή η επιλεκτική ρύθμιση των υγρών του σώματος διατηρεί το εσωτερικό περιβάλλον των πιο βασικών οργάνων όπως ο εγκέφαλος και το ήπαρ (Sawka 1990). Αλλαγές στην κατανομή των υγρών του σώματος σχετίζονται με την δυνατότητα να μετακινούνται υγρά από τον ενδοκυττάριο χώρο, όπου συνδέεται στενά με τις συγκεντρώσεις νατρίου στον ιδρώτα (Nose 1988). Έτσι, οι μειωμένες συγκεντρώσεις που σημειώθηκαν μετά τον εγκλιματισμό στη ζέστη ίσως βοηθάνε στη διατήρηση του όγκου πλάσματος κατά την αφυδάτωση. Τελικά, η ανακατανομή υγρών που προκύπτει από την αφυδάτωση προκαλεί υπερωσμωτική υποβολαιμία (Szlyk-Modrow 1996), όπου διεγείρει τον όγκο και τους υποδοχείς των υγρών στο σώμα, ώστε αυτό με τη σειρά του να διατηρήσει τα υγρά και να διεγείρει την επανυδάτωση (Greenleaf 1996).

Αλλαγές στο πλάσμα έχουν φανεί να είναι η κύρια αιτία για τις θερμορυθμιστικές αλλαγές κατά την αφυδάτωση. Η υπερωσμωτικότητα (Candas 1986) και η υποβολαιμία (Fortney 1988) είναι πιθανότητα υπεύθυνες για τις αλλαγές στην αιματική ροή του δέρματος και στον ρυθμό εφίδρωσης όπως και στη συνακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα (Sawka 1990). Η υποβολαιμία είναι αρχικά υπεύνηνη για τις θερμορυθμιστικές αλλαγές, μειώνοντας τον κεντρικό όγκο αίματος, όπου ίσως αλλάξει την ανατροφοδότηση στον υποθάλαμο μέσω των αρτηριακών τασοϋποδοχέων (Fortney 1981). Τα θερμορυθμιστικά κέντρα του υποθαλάμου ίσως μετά μειώσουν τον όγκο αίματος που εκχύεται στο δέρμα, προσπαθώντας να αποκαταστήσουν έναν φυσιολογικό κεντρικό όγκο αίματος (Gaddis 1984).

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι επιδράσεις της μείωσης του συνολικού νερού σώματος (Σ.Ν.Σ.) στα κατώφλια και τις ευαισθησίες στην εφίδρωση και στη ροή αίματος στο δέρμα. Θερμοκρασία πυρήνα (Θπ). (Cheuvront 2004).

Πίνακας 3. Επιδράσεις της μείωσης του συνολικού νερού σώματος (Σ.Ν.Σ.) στα κατώφλια και τις ευαισθησίες στην εφίδρωση και στη ροή αίματος στο δέρμα. Θερμοκρασία πυρήνα (Θπ).



Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται συνοπτικά οι επιδράσεις της αφυδάτωσης, προκαλούμενη είτε πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης, λόγω αποτυχίας αναπλήρωσης απωλειών ιδρώτα (Maughan 2007).

Πίνακας 4. Επιδράσεις αφυδάτωσης προκαλούμενη είτε πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης, λόγω αποτυχίας αναπλήρωσης απωλειών ιδρώτα
1. Εξασθενημένη θερμορύθμιση
2. Μειωμένος όγκος αίματος
3. Αυξημένη καρδιακή συχνότητα
4. Αυξημένη αίσθηση προσπάθειας
5. Μειωμένη αθλητική απόδοση
6. Πονοκέφαλοι, ναυτία
7. Εξασθενημένη πνευματική λειτουργία
8. Αυξημένος κίνδυνος θερμικού επεισοδίου

3.1 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Η αφυδάτωση μπορεί να μειώσει την απόδοση της άσκησης. Όταν η αφυδάτωση είναι μεγαλύτερη από το 2% του σωματικού βάρους μειώνεται η αθλητική απόδοση, ειδικά σε θερμά περιβάλλοντα (IOM 2004, Cheuvront 2010). Το μέγεθος της μείωσης της απόδοσης εξαρτάται από το άτομο, από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και από τον τύπο της άσκησης. Ωστόσο, για ένα συγκεκριμένο άτομο και γεγονός, όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο της αφυδάτωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση της απόδοσης (Douglas 2010). Η αφυδάτωση δεν φαίνεται να αλλάζει τη μυϊκή δύναμη (Greiwe 1998) αλλά μερικές φορές έχει αναφερθεί να μειώνει δυναμικά τη μυϊκή αντοχή (Bigard 2001, Montain 1998). Φυσιολογικοί παράγοντες που συμβάλουν στην μείωση της απόδοσης προκαλούμενη από την αφυδάτωση περιλαμβάνουν την υπερθερμία (Nielsen 2001), την αυξημένη καρδιοαναπνευστική καταπόνηση (Gonzalez-Alonso 1995), την διαφορετική μεταβολική λειτουργία (Febbraio 2000), και παράγοντες που προέρχονται από το κεντρικό νευρικό σύστημα (Montain 1998). Ωστόσο, κάθε παράγοντας είναι μοναδικός και γεγονότα δείχνουν ότι αλληλεπιδρούν και συμβάλουν μαζί στη μείωση της απόδοσης. Η σχετική συνεισφορά του κάθε παράγοντα ίσως να διαφέρει και να εξαρτάται από το γεγονός, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και από το αθλητικό υπόβαθρο. Βέβαια, η αυξημένη υπερθερμία πιθανότατα να δρα για να επιτείνει την μείωση της απόδοσης (Cheuvront 2003, Gonzalez-Alonso 2000). Κάποιες μελέτες έχουν δείξει μειώσεις στην απόδοση (Douglas 2010,

Webster 1990) ενώ άλλες δεν έχουν δείξει αλλαγές (Saltin 1964, Ahlman 1961). Ωστόσο, όταν βρίσκονταν μειώσεις στη δύναμη, συνήθως συνέβαιναν όταν η αφυδάτωση υπερέβαινε τη μείωση του 5% του συνολικού βάρους. Επιπλέον, η αφυδάτωση που προκύπτει από τον περιορισμό υγρών φαίνεται να είναι πιο επιβλαβής από αυτή που προκαλείται από την άσκηση και το θερμικό στρες, όμως ο περιορισμός υγρών μπορεί να προκαλέσει εν μέρει θερμικό έλλειμμα (Sawka 1996).

Όσον αφορά τις επιπτώσεις της αφυδάτωσης στην μυϊκή αντοχή, γενικά, έχει φανεί ότι 3-4% αφυδάτωση προκαλεί μειώσεις στην απόδοση (Saltin 1964) αλλά κάποιες μελέτες που ερευνούσαν μεγαλύτερα επίπεδα αφυδάτωσης δεν βρήκαν διαφορές στην απόδοση (Sawka 1996). Ο Horswill (1992) κατέληξε στο ότι στους παλαιστές (που είναι συχνά αφυδατωμένοι), συνδυασμένη αφυδάτωση και μέγιστη ή σχεδόν μέγιστη μυϊκή δραστηριότητα που υπερβαίνει τα 30 δευτερόλεπτα ίσως τελικά να συνδυάζονται για να μειώσουν την απόδοση.

Περιβαλλοντικές καταστάσεις ίσως παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην μυϊκή αντοχή (Sawka 1996, Edwards 1972), εφόσον έβρισκαν μεγαλύτερη αφυδάτωση, συχνά, να συμβαίνει σε θερμές καταστάσεις. Σε μία πιο πρόσφατη έρευνα, ο Shirreffs (2009) έδειξε ότι η μείωση 2% της σωματικής μάζας ήταν ανεκτή κάτω από $\leq 22^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασία, αλλά αυτή η αλλαγή επηρέαζε την παραγωγή απόλυτης δύναμης και έθετε τους αθλητές σε θερμική καταπόνηση κάτω από θερμοκρασίες περιβάλλοντος που ήταν μεγαλύτερες από $>30^{\circ}\text{C}$.

Οι επιπτώσεις της αφυδάτωσης στην μέγιστη αερόβια δύναμη και στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{max}}$) είναι εξίσου σημαντικές. Η μέγιστη αερόβια δύναμη συνήθως μειώνεται όταν η αφυδάτωση υπερβαίνει μια μείωση της τάξης του 2-3% του σωματικού βάρους ενώ όταν εκτελείται σε ζέστη οι μειώσεις είναι μεγαλύτερες (Sawka 1996, Douglas 2010, Cheuvront 2010). Παρατηρείται μείωση ακόμα και με αφυδάτωση της τάξης του 1-2% σε ψυχρό περιβάλλον (Armstrong 1985). Ο Pinchan (1988) και ο Walsh (1994) παρατήρησαν μειώσεις στην $\text{VO}_{2\text{max}}$ με λιγότερο από 2% αφυδάτωση κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης στη ζέστη. Όταν η αφυδάτωση αυξανόταν, η $\text{VO}_{2\text{max}}$ μειωνόταν ακόμα περισσότερο (Craig 1966) και συχνά μειωνόταν ακόμα και όταν η μέγιστη αερόβια δύναμη δεν άλλαζε (Armstrong 1985, Burge 1993). Οι Buskirk και Puhl (1996) πρότειναν ότι κάποιες από αυτές τις μειώσεις με χαμηλά έως μέτρια επίπεδα αφυδάτωσης ίσως εν μέρει οφείλονται σε μία αυξημένη αίσθηση της κόπωσης αλλά και σε άλλες παραμέτρους άσκησης, όπως η ένταση και η διάρκεια της άσκησης, το περιβαλλοντικό στρες αλλά και ατομικοί παράμετροι. Σε μία άλλη έρευνα, ο Below και οι συνεργάτες του (1995), παρατήρησαν ότι όταν οι αθλητές (ποδηλάτες) εκτελούσαν αερόβιο έργο σε θερμό περιβάλλον και αφυδατώνονταν στο 2% της σωματικής τους μάζας, η

απόδοσή τους έπεφτε κατά μέσο όρο 6,5% σε σύγκριση με τους αθλητές που αναπλήρωναν το 80% των απωλειών του ιδρώτα.

Φαίνεται λοιπόν ότι μεγαλύτερη αφυδάτωση κατά τη διάρκεια της άσκησης σχετίζεται με χαμηλότερη θερμοκρασία οισοφάγου, χαμηλότερη καρδιακή συχνότητα και μειωμένη αίσθηση προσπάθειας. Τελικά η αφυδάτωση αυξάνει την υπερθερμία και την μείωση στον όγκο του πλάσματος και συνδυάζεται με την εκτεταμένη καρδιαγγειακή καταπόνηση και την μειωμένη VO₂max. Οι αρνητικές συνέπειες της αφυδάτωσης για την απόδοση χειροτερεύουν καθώς η T_(sk) αυξάνεται (Cheuvront 2010, Merry 2010).

4 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ ΥΓΡΩΝ

4.1 ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

Ο σκοπός της ενυδάτωσης πριν την άσκηση είναι να ξεκινήσει το άτομο την άσκηση ενυδατωμένο και με φυσιολογικά επίπεδα ηλεκτρολυτών στο πλάσμα. Αν καταναλώνονται επαρκή ροφήματα με τα γεύματα και έχει επέλθει μία περίοδος ανάπαυσης περίπου 8-12 ωρών από την τελευταία συνεδρία άσκησης, τότε το άτομο θα είναι σε καλή κατάσταση ενυδάτωσης (IOM 2005). Σε αντίθετη περίπτωση το άτομο θα πρέπει να ακολουθήσει πρόγραμμα ενυδάτωσης πριν από την άσκηση. Το άτομο θα πρέπει να καταναλώνει αργά ροφήματα (5-7 ml/kg/BW) τουλάχιστον 4 ώρες πριν ξεκινήσει η άσκηση ή 400 mL - 600 mL υγρών 2 ώρες πριν την έναρξη της άσκησης (Latzka and Montain 1999). Αν το άτομο δεν παράγει ούρα ή αν τα ούρα είναι σκούρα ή έχουν υψηλή συγκέντρωση, θα πρέπει να καταναλώνει αργά περισσότερα ροφήματα (3-5ml/kg επιπλέον) περίπου 2 ώρες πριν την άσκηση. Με το να ενυδατώνεται πολλές ώρες πριν την άσκηση υπάρχει επαρκής χρόνος για την παραγωγή ούρων και να ασκηθεί φυσιολογικά. Καταναλώνοντας ροφήματα με νάτριο (20-50 mEq/L) και/ή μικρά ποσά αλατισμένων γευμάτων θα βοηθήσει να διεγείρει το αίσθημα της δίψας και να διατηρήσει να υγρά που καταναλώθηκαν (Ray 1998). Αν το άτομο προσπαθήσει να υπερενυδατωθεί με υγρά που επεκτείνονται από τον έξω- και ενδοκυτταριο χώρο (διαλύματα νερού και γλυκερόλης) θα αυξήσει πολύ τον κίνδυνο εμετού κατά τη διάρκεια της άσκησης (O'Brien 2005) και δεν δείχνει κάποιο επιπλέον πλεονέκτημα στην απόδοση από την ενυδάτωση (Kavouras 2006). Επιπλέον, η υπερενυδάτωση μπορεί να αραιώσει σημαντικά και να χαμηλώσει το νάτριο πλάσματος (O'Brien 2005) πριν την έναρξη της άσκησης και έτσι να αυξηθεί ο κίνδυνος υπονατραιμίας, αν τα υγρά αντικαθιστώνται δραστικά κατά την διάρκεια της άσκησης (Montain 2006).

4.2 ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Ο σκοπός της κατάποσης κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι να εμποδιστεί η υπερβολική αφυδάτωση του αθλητή (απώλειες νερού μεγαλύτερες από 2% του σωματικού βάρους) (Latzka and Montain 1999, ACSM 2007) και οι υπερβολικές αλλαγές στην ισορροπία ηλεκτρολυτών ώστε να μην τεθεί σε κίνδυνο η απόδοσή του. Το ποσό και ο ρυθμός αντικατάστασης των υγρών εξαρτάται από τον προσωπικό ρυθμό εφίδρωσης του κάθε ατόμου,

την διάρκεια της άσκησης και τη δυνατότητα κατανάλωσης υγρών (Montain 2006). Έτσι συνίσταται το κάθε άτομο να καταγράφει τις αλλαγές στο σωματικό του βάρος πριν και μετά την άσκηση/αγώνα ώστε να εκτιμηθούν οι απώλειες από τον ιδρώτα και να καθοριστεί το πρόγραμμα αποκατάστασης υγρών (ACSM 2007, NATA 2000). Γενικότερα για κάθε αθλητή συνίσταται η κατανάλωση 200-300ml νερού κάθε 10-20 λεπτά (Latzka and Montain 1999, NATA 2000). Για έναν μαραθωνοδρόμο ένα πιθανό πρόγραμμα υδάτωσης θα ήταν η κατά βούληση κατανάλωση υγρών από 0,4 έως 0,8 L/h, με τους υψηλότερους ρυθμούς να αναλογούν σε πιο γρήγορους και βαριούς αθλητές που αγωνίζονται σε θερμά περιβάλλοντα, ενώ οι χαμηλότεροι ρυθμοί για πιο ελαφριούς και αργούς αθλητές που αγωνίζονται σε ψυχρότερα περιβάλλοντα (ACSM 2007). Κατά τη διάρκεια άσκησης που διαρκεί λιγότερο από 90 λεπτά, το νερό από μόνο του είναι αρκετό για την αντικατάσταση των υγρών. Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης μεγαλύτερης των 90 λεπτών, ροφήματα που περιέχουν υδατάνθρακες και ηλεκτρολύτες θα πρέπει να καταναλώνονται ώστε να παρέχουν μία εξωγενή πηγή υδατανθράκων και έτσι να διατηρούν την οξείδωση υδατανθράκων, άρα και την απόδοση της άσκησης αντοχής. Συμπλήρωση με ηλεκτρολύτες γενικά δεν είναι απαραίτητη εφόσον η διαιτητική πρόσληψη επαρκεί για να καλύψει τους ηλεκτρολύτες που χάνονται μέσω του ιδρώτα και των ούρων. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών προπόνησης σε θερμά περιβάλλοντα ή όταν τα γεύματα δεν επαρκούν θερμιδικά, επιπλέον πρόσληψη αλατιού ενδείκνυται για την διατήρηση ισορροπίας νατρίου (Latzka and Montain 1999).

4.3 META THN ASKΗΣΗ

Η ενυδάτωση μετά την άσκηση θα πρέπει να έχει σαν στόχο να διορθωθεί οποιαδήποτε απώλεια υγρών που προκλήθηκε από τον αγώνα ή την άσκηση. Η επανυδάτωση θα πρέπει να γίνει μέσα σε 2 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Θα πρέπει να περιέχει νερό ώστε να αποκαταστήσει την κατάσταση υδάτωσης, υδατάνθρακες για να αναπληρώσει τις αποθήκες γλυκογόνου και ηλεκτρολύτες για την γρήγορη επανυδάτωση. Ο αρχικός στόχος είναι η άμεση επιστροφή του οργανισμού στις φυσιολογικές του λειτουργίες (ειδικά όταν πρόκειται να ακολουθήσει επόμενη συνεδρία άσκησης). Όταν πρέπει να γίνει γρήγορη επανυδάτωση ο αθλητής πρέπει να αντισταθμίσει τις υποχρεωτικές απώλειες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επανυδάτωσης και να πιεί περίπου 25-50% επιπλέον υγρά από αυτά που χάθηκαν κατά τη διάρκεια της άσκησης μέσω εφίδρωσης, ώστε να εξασφαλίσει μία θετική υδάτωση τις επόμενες 4-6 ώρες μετά τον αγώνα/άσκηση (NATA 2000).

5 ΔΕΙΚΤΕΣ ΥΔΑΤΩΣΗΣ

Οι δείκτες υδάτωσης πρέπει να είναι αρκετά ευαίσθητοι και ακριβείς για να ανιχνεύσουν τις διακυμάνσεις νερού ~3% του συνολικού νερού σώματος. Επιπλέον, ο δείκτης θα πρέπει να είναι πρακτικός (χρόνος, κόστος, τεχνικά ειδικός) ώστε να χρησιμοποιηθεί από αθλητές και προπονητές (ACSM 2007). Μέθοδοι αραίωσης του συνολικού νερού σώματος με μετρήσεις ωσμωτικότητας πλάσματος δίνουν τις ακριβέστερες και πιο έγκυρες μετρήσεις της κατάστασης υδάτωσης του σώματος (IOM 2005), αλλά δεν είναι πρακτικές για χρήση από την πλειονηφία των ατόμων. Άλλοι περίπλοκοι δείκτες όπως ο όγκος πλάσματος, οι ρυθμιστικές ορμόνες υγρών και οι μετρήσεις με βιοηλεκτρική εμπέδηση διαβάλλονται εύκολα και/ή δεν είναι έγκυρες (IOM 2005). Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να καθορίσουν την κατάσταση υδάτωσης τους μέσω χρήσης πολλών απλών δεικτών (ούρα και σωματικό βάρος) όπου όταν χρησιμοποιούνται μαζί και σωστά μπορούν να δώσουν μία αξιόπιστη εικόνα.

Η χρήση της πρώτης πρωινής ζύγισης του σωματικού βάρους μετά την κένωση, σε συνδυασμό με την μέτρηση της συγκέντρωσης ούρων είναι αρκετά ευαίσθητη μέθοδος ώστε να ανιχνεύσει παρεκκλίσεις στην ισορροπία υγρών. Οι δείκτες ούρων της κατάστασης υδάτωσης, μπορούν να διακρίνουν αν το άτομο είναι ενυδατωμένο ή αφυδατωμένο. Το ειδικό βάρος των ούρων (USG) και η ωσμωτικότητα (UOsmol) είναι μετρήσιμα, ενώ το χρώμα των ούρων και ο όγκος των ούρων συχνά είναι υποκειμενικά και συγχεόμενα. USG μικρότερο ή ίσο με 1,020 δείχνει ότι είναι ενυδατωμένο το άτομο. Τιμές στην UOsmol μικρότερες ή ίσες με 700 mOsmol/kg δείχνουν επίσης ότι το άτομο είναι ενυδατωμένο (Popowski 2001, Shirreffs 1998).

Οι μετρήσεις σωματικού βάρους είναι μία άλλη απλή και αποτελεσματική μέθοδος (Cheuvront 2004). Για καλά ενυδατωμένα άτομα τα οποία είναι σε ενεργειακή ισορροπία, μία πρώτη πρωινή ζύγιση του σώματος (κατόπιν διούρησης) θα είναι σταθερή και κυμαινόμενη < 1% (Grandjean 2003). Τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες πρώτες πρωινές μετρήσεις θα πρέπει να γίνουν για να εδραιώσουν μία βάσιμη τιμή, όπου προσεγγίζει την ενυδάτωση, σε ενεργούς άνδρες που καταναλώνουν τρόφιμα και υγρά κατά βούληση (Cheuvront 2004). Οι γυναίκες ίσως χρειάζονται επιπλέον μετρήσεις σωματικού βάρους για να καθορίσουν μία βάσιμη τιμή επειδή ο καταμήνιος κύκλος τους επηρεάζει την κατάσταση νερού στο σώμα τους (Bunt 1989).

Άμεσες αλλαγές στο σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση του ρυθμού εφίδρωσης και τις διαταραχές στην κατάσταση υδάτωσης που συμβαίνουν σε διαφορετικά περιβάλλοντα (Cheuvront 2002). Αυτή η προσέγγιση υποθέτει ότι 1ml απώλειας ιδρώτα αντιπροσωπεύει απώλεια στο σωματικό βάρος ίση με 1g (το ειδικό βάρος του ιδρώτα είναι 1,0 g/mL). Οι μετρήσεις σωματικού βάρους πριν την άσκηση χρησιμοποιούνται με μετρήσεις του σωματικού βάρους μετά την άσκηση (διορθωμένες από τις

απώλειες ούρων και όγκου κατανάλωσης υγρών) . Η ζύγιση και η εκτέλεση της άσκησης θα πρέπει να γίνεται με κατάλληλα ρούχα ή όσο το δυνατό λιγότερα ώστε να αποφευχθούν διορθώσεις για τον ιδρώτα που ίσως να εγκλωβίζεται στα ρούχα . Άλλοι παράγοντες που συνεισφέρουν στην απώλεια σωματικού βάρους κατά τη διάρκεια της άσκησης περιλαμβάνουν το νερό από την αναπνοή και την ανταλλαγή ανθράκων (Mitchell 1972). Αγνοώντας αυτούς τους δύο παράγοντες θα υπερεκτιμηθεί ο ρυθμός εφίδρωσης περίπου 5-15% αλλά γενικά δεν χρειάζονται διορθώσεις για ασκήσεις διάρκειας < 3 ωρών (Cheuvront 2002). Αν γίνεται ο κατάλληλος έλεγχος, οι αλλαγές στο σωματικό βάρος μπορούν να δώσουν μία πολύ καλή και ακριβέστατη εκτίμηση, των αλλαγών του συνολικού νερού σώματος ώστε να υπάρχει πρόσβαση στις αλλαγές υδάτωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης.

6 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΟΜΑΤΙΚΟ-ΦΑΡΥΓΓΙΚΩΝ ΥΠΟΔΟΧΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Στην πρώτη μελέτη ο Carter (2004) και οι συνεργάτες του ήθελαν να ερευνήσουν τον πιθανό ρόλο των υποδοχέων υδατανθράκων (CHO) του στόματος, ως προς στην επίδρασή τους, στην απόδοση της άσκησης. Έτσι 7 άντρες και 2 γυναίκες ποδηλάτες αντοχής ολοκλήρωσαν 2 δοκιμασίες στις οποίες έπρεπε να φέρουν εις πέρας ένα καθορισμένο ποσό έργου όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Στην μία περίπτωση ξέπλεναν το στόμα τους με διάλυμα μαλτοδεξτρίνης 6.4% (CHO) για κάθε 12.5% που ολοκληρωνόταν από τον κύκλο. Στη δεύτερη περίπτωση, ξέπλεναν το στόμα τους με νερό (PLA). Οι εθελοντές δεν επιτρέπονταν να καταπίνουν κανένα από τα δύο διαλύματα, και κάθε γουλιά πεταγόταν μετά από ξέπλυμα 5 δευτερολέπτων.

Το αποτέλεσμα ήταν ο χρόνος απόδοσης και η μέση απόδοση ισχύος να βελτιωθούν στατιστικά σημαντικά κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας με CHO. Ο πιθανός μηχανισμός που ευθύνεται για τη βελτίωση της απόδοσης φάνηκε να εμπλέκει μία αύξηση στην κεντρική μονάδα ή στο κίνητρο (Κεντρικό Νευρικό Σύστημα) και όχι κάποια μεταβολική αιτία.

Ο σκοπός της δεύτερης μελέτης (Whitham and McKinney 2007) ήταν να καθορίσει την επίδραση ξεπλύματος του στόματος με CHO στην απόδοση στο τρέξιμο. Σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις, 7 άντρες ολοκλήρωσαν μία δοκιμασία όπου περιλάμβανε τρέξιμο, 15min στο 65% VO₂max και 45min σε υψηλή ένταση που ρύθμιζε ο αθλητής, σε μηχανοκίνητο διάδρομο. Κάθε 6min οι εθελοντές ξέπλεναν το στόμα τους, είτε με ένα διάλυμα που περιείχε 6% μαλτοδεξτρίνη και 3% χυμό λεμονιού (δοκιμασία CHO) ή μόνο 3% χυμό λεμονιού (δοκιμασία placebo). Στα πρώτα 15min μετρήθηκε ο καρδιακός σφυγμός, η πρόσληψη O₂, ο ρυθμός ανταλλαγής αερίων (RER) και ο βαθμός κόπωσης (RPE), ενώ πριν και μετά την δοκιμασία (1h) μετρήθηκε η γλυκόζη αίματος και το γαλακτικό οξύ.

Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απόσταση που καλύφθηκε μεταξύ των 2 δοκιμασιών όπως επίσης δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δοκιμασιών ως προς την καρδιακή συχνότητα, την δρομική ταχύτητα, την VO₂max, το RER ή στον RPE. Το γαλακτικό οξύ αίματος και η γλυκόζη αυξήθηκαν, πιθανότατα ως αποτέλεσμα του πρωτοκόλλου άσκησης, χωρίς να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δοκιμασιών. Το συμπέρασμα ήταν να μην βρεθεί θετική επίδραση του ξεπλύματος του στόματος με υδατάνθρακες στην δρομική δοκιμασία, διάρκειας 1 ώρας. Όπως ειπώθηκε όμως από τους συγγραφείς, η έλλειψη βελτίωσης της απόδοσης σε αυτές τις μελέτες ίσως οφειλόταν στο σχεδιασμό της μελέτης. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να πάρουν μία συνειδητή

απόφαση να αλλάξουν το βηματισμό τους στο μηχανοκίνητο διάδρομο κι ως εκ τούτου, η δρομική ταχύτητα ήταν πολύ πιο σταθερή κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας σε σύγκριση με τη μεταβλητή ιπποδύναμη που συνήθως παρατηρείται κατά τη διάρκεια μίας δοκιμασίας ποδηλάτησης. Ωστόσο η συγκεκριμένη δοκιμασία άσκησης η οποία απαιτεί συνειδητή αλλαγή της παραγόμενης δύναμης πιθανόν να μην κατόρθωσε να οδηγήσει στην τήρηση των προτεινόμενων μη συνειδητών κεντρικών επιδράσεων του ξεπλύματος υδατανθράκων από το στόμα.

Η μελέτη που ακολούθησε (Pottier 2008) ήθελε να ερευνήσει περαιτέρω την επίδραση της κατάποσης και του ξεπλύματος από το στόμα με διάλυμα υδατανθράκων-ηλεκτρολυτών (CES) ως προς την απόδοση κατά τη διάρκεια 1h ποδηλασίας υψηλής έντασης, σε προπονημένους αθλητές. Οι εθελοντές ξέπλεναν το στόμα ή κατάπιναν ένα ισοτονικό διάλυμα με 6% CES ή τεχνητό πριν και κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας, στην οποία έπρεπε να φέρουν εις πέρας ένα καθορισμένο ποσό έργου όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Στην περίπτωση που ξέπλεναν το στόμα τους με το διάλυμα CES, ο χρόνος ολοκλήρωσης του σετ ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερος, ενώ στην περίπτωση κατάποσης, δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ του τεχνητού και του CES διαλύματος. Αυτό το εύρημα ίσως να σχετίζεται με τη διάρκεια που παρέμεναν τα ροφήματα στη στοματική κοιλότητα. Οι εθελοντές κρατούσαν το ρόφημα στην στοματική κοιλότητα για περισσότερο χρόνο (5 s) όταν τους ζητούσαν να κάνουν μπούκωμα με το ποτό σε σύγκριση με όταν το κατάπιναν (σχεδόν κατευθείαν). Η εργογόνος επίδραση της παρουσίας CES στο στόμα ίσως οπότε να χάθηκε στην κατάσταση κατάποσης λόγω του μικρού χρόνου που έμεναν οι CES στη στοματική κοιλότητα. Παρόλο που το παραγόμενο έργο και η συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη διάρκεια της άσκησης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη όταν οι εθελοντές ξέπλεναν το στόμα τους με CES, η εκτίμηση του αντιλαμβανόμενου βαθμού κόπωσης δεν διέφερε στις δύο περιπτώσεις.

Η αίσθηση παρουσίας CHO στο στόμα φάνηκε να ξεκινάει μία κεντρική επίδραση όπου επιτρέπει στους εθελοντές να δουλεύουν πιο σκληρά για την ίδια υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης. Οι αθλητές φάνηκε πως ασυνείδητα αύξαναν μόνοι τους τον βηματισμό τους και βελτιώναν την απόδοσή τους όταν ξέπλεναν το στόμα τους με CES, πιθανότατα από μία κεντρική καταστολή των μυϊκών σημάτων κόπωσης ή κάποιας κινητήριας επίδρασης. Το ενδιαφέρον εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι μόνο ξεπλένοντας (σε σχέση με την κατάποση) το στόμα τους με CES βελτιωνόταν η απόδοσή τους.

Η 4^η στη σειρά μελέτη (Rollo 2008) ήθελε να εξετάσει την επίδραση ξεπλύματος του στόματος με CHO σε αυτο-επιλεγμένες δρομικές ταχύτητες κατά τη διάρκεια 30 λεπτών τρεξίματος σε διάδρομο. Δέκα προπονημένοι άνδρες αντοχής εκτέλεσαν 2 δοκιμασίες όπου η

κάθε μία περιλάμβανε ζέσταμα 10min στο 60% VO₂max και ακολουθούσε 30min τρέξιμο. Το τρέξιμο πραγματοποιούνταν σε έναν αυτόματο διάδρομο όπου επέτρεπε την αυθόρμητη επιλογή των ταχυτήτων από τον αθλητή ανάλογα με το πώς αισθανόταν εφόσον βέβαια τους είχε ζητηθεί να τρέχουν με ταχύτητες που να εξισώνονται σε βαθμό δυσκολίας του 15 της κλίμακας Borg, ενώ ξέπλεναν το στόμα τους είτε με διάλυμα 6% CHO ή με τεχνητό ίδιας γεύσης (PLA). Οι ερευνητές κατέγραφαν τις ταχύτητες (που επέλεγαν μόνοι τους οι αθλητές) και την συνολική απόσταση που καλύπτονταν όπως επίσης αξιολογούσαν και τα υποκειμενικά αισθήματα των δρομέων.

Το αποτέλεσμα ήταν να επιλεγθούν γρηγορότερες ταχύτητες κατά τη διάρκεια των πρώτων 5 λεπτών της άσκησης όπου αντιστοιχούσε με αυξημένο αισθήματα ευχαρίστησης όταν ξέπλεναν το στόμα με διάλυμα CHO. Επιπλέον το ξέπλυμα του στόματος με διάλυμα CHO αύξησε τη συνολική απόσταση που καλύφθηκε κατά τη διάρκεια αυτο-επιλεγμένου 30λεπτου τρεξίματος σε σύγκριση με το ξέπλυμα του στόματος με το τεχνητό διάλυμα.

Στόχος της προτελευταίας, χρονικά, έρευνας του Chambers και των συνεργατών του (2010) ήταν αρχικά να παρατηρήσει το πώς το ξέπλυμα του στόματος με διαλύματα που περιέχουν γλυκόζη και μαλτοδεξτρίνη, συγκαλυμμένα με τεχνητά γλυκαντικά, θα επηρέαζαν την απόδοση της άσκησης. Ο δεύτερος στόχος ήταν να χρησιμοποιήσουν μαγνητική τομογραφία (*f* MRI) για να αναγνωρίσουν τις περιοχές του εγκεφάλου που ενεργοποιούνται από τις ουσίες. Στη μελέτη 1A, 8 προπονημένοι ποδηλάτες αντοχής ολοκλήρωσαν μία δοκιμασία ποδηλασίας σημαντικά γρηγορότερα όταν ξέπλεναν το στόμα τους με διάλυμα 6.4% γλυκόζης σε σύγκριση με το τεχνητό που περιείχε σακχαρίνη. Η αντίστοιχη μελέτη *f* MRI (μελέτη 1B) αποκάλυψε ότι η στοματική έκθεση στη γλυκόζη ενεργοποιούσε περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με την ανταμοιβή, ενώ ήταν απαθής στο διάλυμα σακχαρίνης (τεχνητό). Στην μελέτη 2A, 8 προπονημένοι ποδηλάτες αντοχής δοκίμασαν την επίδραση του ξεπλύματος με διάλυμα 6.4% μαλτοδεξτρίνης πάνω στην απόδοση της άσκησης η οποία φάνηκε να μειώνει σημαντικά το χρόνο μέχρι την ολοκλήρωση της δοκιμασίας με ποδήλατο σε σύγκριση με το τεχνητό γλυκαντικό. Η δεύτερη νευροαπεικονική μελέτη (μελέτη 2B) σύγκρινε την φλοιώδη απάντηση στο ξέπλυμα του στόματος με μαλτοδεξτρίνη και γλυκόζη, αποκαλύπτοντας ένα παρόμοιο πρότυπο ενεργοποίησης του εγκεφάλου ως απάντηση στα δύο διαλύματα υδατανθράκων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η βελτίωση στην απόδοση της άσκησης που παρατηρήθηκε με την παρουσία υδατανθράκων στο στόμα ίσως οφειλόταν στην ενεργοποίηση περιοχών του εγκεφάλου που εμπλέκονται στον έλεγχο της ανταμοιβής και του κινήτρου όπως επίσης ότι ενδεχομένως να υπάρχει μία τάξη από μη ταυτοποιημένους μέχρι στιγμής στοματικούς υποδοχείς όπου ανταποκρίνονται στους υδατάνθρακες ανεξάρτητα από αυτούς με γλυκαντικά.

Τέλος, το γεγονός ότι οι εθελοντές στις δοκιμασίες γλυκόζης και μαλτοδεξτρίνης δούλευαν σε ένα υψηλότερο έργο έχοντας όμως το ίδιο αίσθημα κόπωσης όπως στις δοκιμασίες με το εικονικό, προτείνει ότι η στοματική έκθεση με υδατάνθρακες προκάλεσε μία κεντρική απάντηση όπου επέτρεπε στους εθελοντές να αυξήσουν την παραγόμενη δύναμη με το να μειώνουν την αντίληψη της κόπωσης σε ένα δοσμένο έργο.

Ο σκοπός της τελευταίας, χρονικά, έρευνας (Rollo 2011) ήταν να μελετήσει την επίδραση της κατάποσης και του ξεπλύματος του στόματος με διάλυμα υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών (CHO-E) ως προς την απόδοση, κατά τη διάρκεια μία ώρας τρεξίματος σε μηχανοκίνητο διάδρομο. Δέκα προπονημένοι άνδρες δρομείς αντοχής ολοκλήρωσαν, μετά από 14-ωρη νηστεία, δρομικές δοκιμασίες διάρκειας 1 ώρας ενώ τους ζητήθηκε να τρέξουν όσο πιο γρήγορα μπορούν μέσα σε αυτήν την ώρα. Οι δοκιμασίες εκτελέστηκαν σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις και απείχαν μεταξύ τους 1 εβδομάδα, ενώ είχε προηγηθεί μία δοκιμασία εξοικείωσης των εθελοντών με τον διάδρομο. Επιπλέον τους είχε ζητηθεί να απέχουν από έντονη άσκηση και να καταναλώνουν μια τυποποιημένη διαίτα 48 ώρες πριν από κάθε δοκιμασία. Στις δύο περιπτώσεις οι εθελοντές κατάπιναν 8 ml/kg σωματικής μάζας από διάλυμα είτε 6,5% CHO-E (C) ή τεχνητό διάλυμα (P), 30 λεπτά πριν και 2 ml/kg σωματικής μάζας κάθε 15 λεπτά κατά τη διάρκεια της 1 ώρας τρεξίματος. Στην 3^η περίπτωση, οι εθελοντές ξέπλεναν (R) το στόμα τους με διάλυμα 6,5% CHO-E, χωρίς να το καταπίνουν, κατά τη διάρκεια των ίδιων χρονικών περιόδων με τις δοκιμασίες κατάποσης. Σε όλες τις περιπτώσεις οι εθελοντές κρατούσαν το διάλυμα για 5 δευτερόλεπτα στην στοματική κοιλότητα και έπειτα είτε το κατάπιναν ή το έφτυναν σε ένα προζυγισμένο πλαστικό δοχείο.

Οι δρομείς στην δοκιμασία C έτρεξαν 320 μέτρα περισσότερο από την δοκιμασία P και 230 μέτρα περισσότερο από την R δοκιμασία. Το αποτέλεσμα ήταν να επιλεγθούν γρηγορότερες ταχύτητες κατά τη διάρκεια της C δοκιμασίας όπου αντιστοιχούσε με αυξημένο αισθήματα ευχαρίστησης όταν κατάπιναν το διάλυμα CHO-E. Επιπλέον η κατάποση του στόματος με διάλυμα CHO-E αύξησε τη συνολική απόσταση που καλύφθηκε κατά τη διάρκεια αυτο-επιλεγμένου τρεξίματος διάρκειας 1 ώρας σε σύγκριση με την κατάποση τεχνητού διαλύματος ή ξέπλυμα του στόματος με CHO-E ίσης ποσότητας.

7 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της έρευνας είναι να μελετηθεί εάν η διέγερση των στοματικο-φαρυγγικών υποδοχέων μπορεί να επιδράσει στην παράταση μιας συγκεκριμένης δοκιμασίας, στην ποδηλασία σε θερμό περιβάλλον, σε ήδη αφυδατωμένους αθλητές. Η ερευνητική υπόθεση είναι ότι ξεπλένοντας το στόμα με νερό κατά τη διάρκεια της άσκησης σε θερμό περιβάλλον, διεγείρονται οι στοματικοί και φαρυγγικοί υποδοχείς, επιδρώντας έτσι στην παράταση της συγκεκριμένης δοκιμασίας όταν οι αθλητές είναι ήδη αφυδατωμένοι.

Εθελοντές

Στη μελέτη συμμετείχαν ως εθελοντές 10 νέοι υγιείς ποδηλάτες με καλή φυσική κατάσταση ($VO_{2max} = 53,8 \pm 1,5$). Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (οι τιμές παρουσιάζονται ως μέση τιμή $\pm$ τυπικό σφάλμα):

Ηλικία	$26 \pm 1,1$
Βάρος (kg)	$78,2 \pm 2,2$
Ύψος (m)	$1,78 \pm 1,2$
BMI	$23,4 \pm 0,4$
% Σωματικού Λίπους	$15,6 \pm 1,6$
VO_{2max} (ml/kg*min)	$53,8 \pm 1,5$

Οι ποδηλάτες εθελοντές επιλέχθηκαν βάση τριών παραγόντων: την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, την μέγιστη ικανότητα απόδοσης έργου (W_{max}) και την σύσταση σώματος.

B ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το πειραματικό πρωτόκολλο περιλάμβανε τέσσερις επισκέψεις στο εργαστήριο. Στην πρώτη επίσκεψη ο εθελοντής ενημερωνόταν αναλυτικά και του δινόταν οδηγίες για το πρωτόκολλο που θα ακολουθούσε. Μία ημέρα πριν από την κάθε επίσκεψη ο εθελοντής έπρεπε να απέχει από έντονη φυσική δραστηριότητα, από αλκοολούχα ποτά, από καφεΐνη και από προϊόντα καπνού. Επιπλέον ο εθελοντής έπρεπε να ακολουθήσει 12ωρη νηστεία πριν την δοκιμασία και να καταναλώνει υγρά καθ'όλη την διάρκεια της προηγούμενης ημέρας ώστε να είναι επαρκώς ενυδατωμένος πριν την έναρξη της κάθε δοκιμασίας όπως επίσης γινόταν καταγραφή της διατροφής του κάθε εθελοντή μία ημέρα πριν την πρώτη δοκιμασία. Με αυτόν τον τρόπο ο κάθε εθελοντής ξεχωριστά ακολουθούσε την ίδια διατροφή μία ημέρα πριν την κάθε δοκιμασία. Την ίδια ημέρα (πρώτη επίσκεψη) έγινε μέτρηση της σύστασης σώματος με την μέθοδο απορροφησιμετρίας ακτινών X διπλής ενέργειας (DXA). Η τεχνική αυτή προσφέρει τη δυνατότητα ποσοτικής μέτρησης των μαλακών ιστών και των οστών ολόκληρου του σώματος ή συγκεκριμένων ανατομικών περιοχών και βασίζεται στο μοριακό μοντέλο των 3 διαμερισμάτων. Η εξασθένηση των ακτινών X από τους ιστούς του σώματος υπολογίζεται από έναν υπολογιστή και βάση αυτής υπολογίζεται το ποσοστό σωματικού λίπους και μαλακών ιστών ή η οστική πυκνότητα (συνολικά ή σε συγκεκριμένα σημεία). Η μέτρηση αυτή διαρκεί περίπου 20 λεπτά.

Κατόπιν γινόταν η αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης των εθελοντών. Ο εθελοντής ποδηλατούσε για 5 λεπτά σε ένταση 100 Watt και μετά κάθε 2,5 λεπτά αυξάνονταν η ένταση κατά 50 Watt μέχρι η καρδιακή του συχνότητα να ξεπεράσει τους 160 παλμούς το λεπτό. Μετά από αυτό η ένταση αυξανόταν κατά 25 Watt κάθε 2,5 λεπτά μέχρι εξάντλησης (Arts 1993). Η δοκιμασία έγινε σε κυκλοεργόμετρο Monark 839E και η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας με καρδιοσυχνόμετρο Suunto T3C. Με την συγκεκριμένη δοκιμασία καθορίστηκε το μέγιστο παραγόμενο έργο (W_{max}) που μπορούσε να ποδηλατήσει ο εθελοντής και η μέγιστη ένταση στην οποία ποδηλάτησε για 2,5 λεπτά στα συγκεκριμένα Watt.

Για κάθε μία από τις επόμενες 3 επισκέψεις ο κάθε εθελοντής ξεχωριστά ερχόταν στις 9 το πρωί στο εργαστήριο όπου παραλαμβάνονταν δείγμα των πρώτων πρωινών ούρων και γινόταν η πρώτη μέτρηση του σωματικού βάρους. Επιπλέον γινόταν τοποθέτηση φλεβοκαθετήρα από εξειδικευμένο προσωπικό για την πρώτη αιμοληψία για την μέτρηση του αιματοκρίτη (με την μέθοδο του μικροαιματοκρίτη) και της αιμοσφαιρίνης (με τη μέθοδο της κυανομεθαιμοσφαιρίνης χρησιμοποιώντας αντιδραστήρια της Sigma-Aldrich, Inc). Η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας γινόταν τηλεμετρικά με παλμογράφο, κάθε λεπτό και κάθε 2 λεπτά γινόταν εκτίμηση του βαθμού κόπωσης του εθελοντή (RPE) με την κλίμακα Borg (1992) (πίνακας 5). Υπήρχε ένας ειδικά διαμορφωμένος θάλαμος θερμοκρασίας 30 °C όπου οι

εθελοντές εκτελούσαν τις δοκιμασίες. Η σειρά των 3 δοκιμασιών ήταν τυχαία και οι επισκέψεις στο εργαστήριο απείχαν μεταξύ τους 1 εβδομάδα και περιλάμβαναν 2 στάδια.

Στον πίνακα 5 παρουσιάζετε η εκτίμηση του βαθμού κόπωσης του αθλητή (RPE) (Borg 1992).

Πίνακας 5. ΚΛΙΜΑΚΑ BORG	
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΚΟΠΩΣΗΣ (RPE)	
6	
7	ΠΟΛΥ, ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ
8	
9	ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ
10	
11	ΑΡΚΕΤΑ ΕΥΚΟΛΟ
12	
13	ΚΑΠΩΣ ΔΥΣΚΟΛΟ
14	
15	ΔΥΣΚΟΛΟ
16	
17	ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ
18	
19	ΠΟΛΥ, ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ
20	ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ

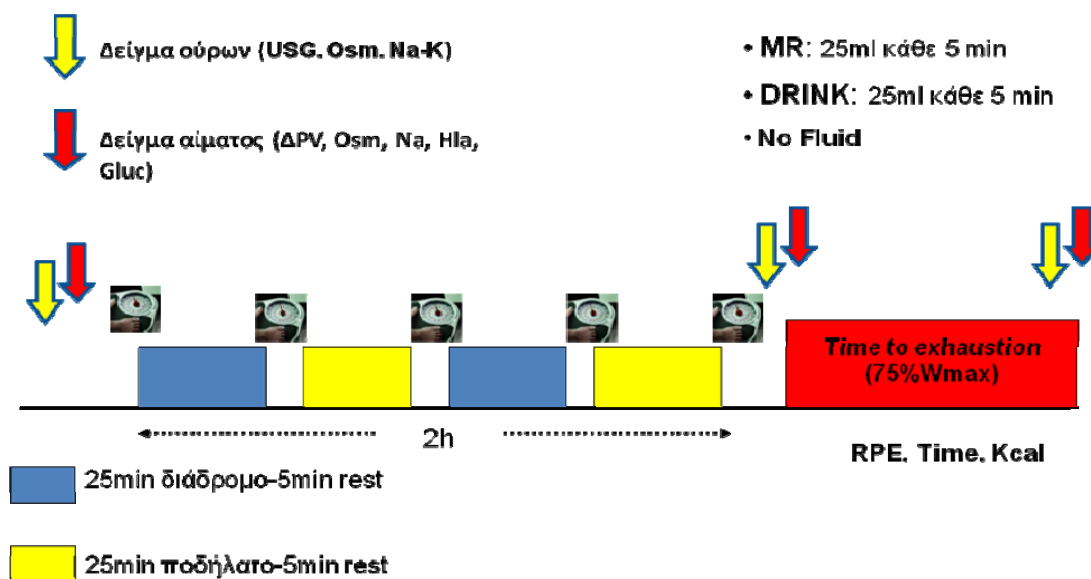
Το πρώτο στάδιο κάθε δοκιμασίας περιλάμβανε το πρωτόκολλο αφυδάτωσης όπου οι εθελοντές εκτελούσαν άσκηση μέτριας έντασης (130-140 παλμούς/λεπτό). Ο κάθε εθελοντής για την επίτευξη απώλειας βάρους 2% εκτελούσε 25 λεπτά άσκηση σε δαπεδοεργόμετρο, 5 λεπτά ξεκούραση, 25 λεπτά άσκηση σε κυκλοεργόμετρο, 5 ξεκούραση και επανάληψη αυτών μέχρι την επίτευξη του στόχου. Γινόταν μέτρηση του σωματικού βάρους κατά τη διάρκεια κάθε πεντάλεπτου διαλείμματος και της καρδιακής συχνότητας καθόλη την διάρκεια του πρωτοκόλλου αφυδάτωσης. Με την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου γινόταν ζύγιση, συλλογή ούρων και αιμοληψία (Kenefick 2000).

Το δεύτερο στάδιο περιλάμβανε την δοκιμασία εκτίμησης της αθλητικής απόδοσης όπου ο κάθε εθελοντής έπρεπε να ποδηλατίσει στο 75% της W_{max} του, μέχρι την εξάντληση (Time to exhaustion) (Jeukendrup 1996). Η δοκιμασία αυτή περιλάμβανε 3 διαφορετικές περιπτώσεις (3 επισκέψεις) όπου οι εθελοντές τις εκτελούσαν με τυχαία σειρά προκειμένου να αποκλειστεί οποιαδήποτε επίδραση. Στην πρώτη περίπτωση (SW) δινόταν στον εθελοντή 25 ml νερό κάθε 5 λεπτά, όπου και το κατάπινε. Στην δεύτερη περίπτωση (MR) ο εθελοντής ξέπλενε το στόμα του, κάθε 5 λεπτά, με την ίδια ποσότητα νερού. Στην τρίτη περίπτωση (NF ή ομάδα ελέγχου) ο εθελοντής δεν κατανάλωνε καθόλου υγρά. Η συγκεκριμένη δοκιμασία σταματούσε όταν ο εθελοντής ποδηλατούσε με ταχύτητα κάτω από 50 rpm, όπου γινόταν καταγραφή της διάρκειας της δοκιμασίας και της ενέργειας που είχε καταναλώσει έως τη λήξη της. Κατόπιν γινόταν η τελική ζύγιση και αιμοληψία του εθελοντή.

Οι αλλαγές στο σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου αφυδάτωσης και στο τέλος της δοκιμασίας εκτίμησης της αθλητικής απόδοσης όπως και οι μεταβολές του όγκου πλάσματος χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση των επιπέδων αφυδάτωσης. Οι μεταβολές του όγκου πλάσματος προσδιορίστηκαν από τις τιμές του μικροαιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης με βάση την εξίσωση των Dill και Costill (1974).

Συνοπτικά το ερευνητικό πρωτόκολλο, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ

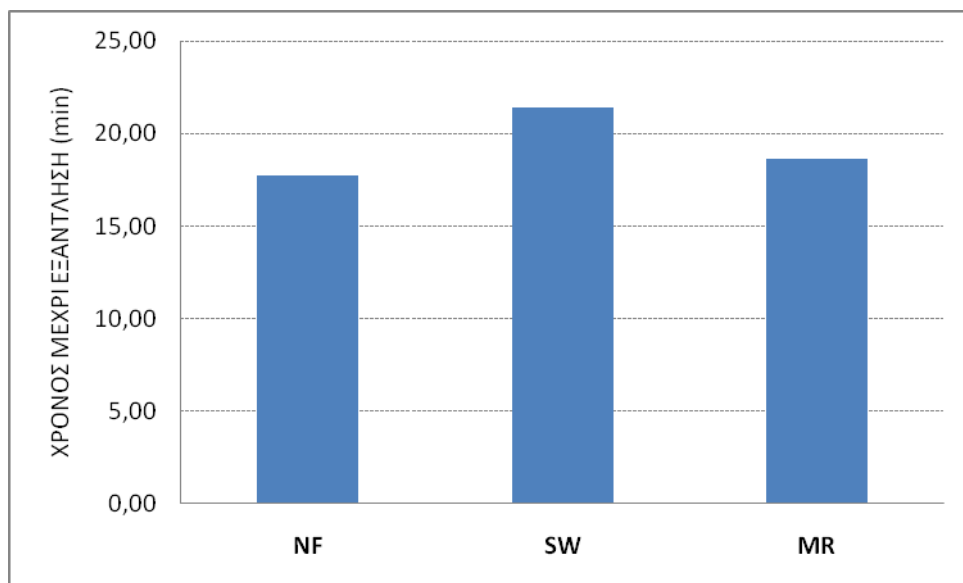


Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα επεξεργασίας στατιστικών δεδομένων SPSS 14.0 και περιλαμβάνει τον υπολογισμό του μέσου όρου και της τυπικό σφάλμα ($\pm$) των τιμών τους. Προκειμένου να βρεθεί η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων (χρόνου μέχρι εξάντλησης, παραγόμενου έργου, καρδιακής συχνότητας και εκτίμησης βαθμού κόπωσης), ανάμεσα στις 3 διαφορετικές δοκιμασίες, χρησιμοποιήθηκε η στατιστική μέθοδος **“ R-ANOVA ”**. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας που χρησιμοποιήθηκε είναι το $p \leq 0,05$.

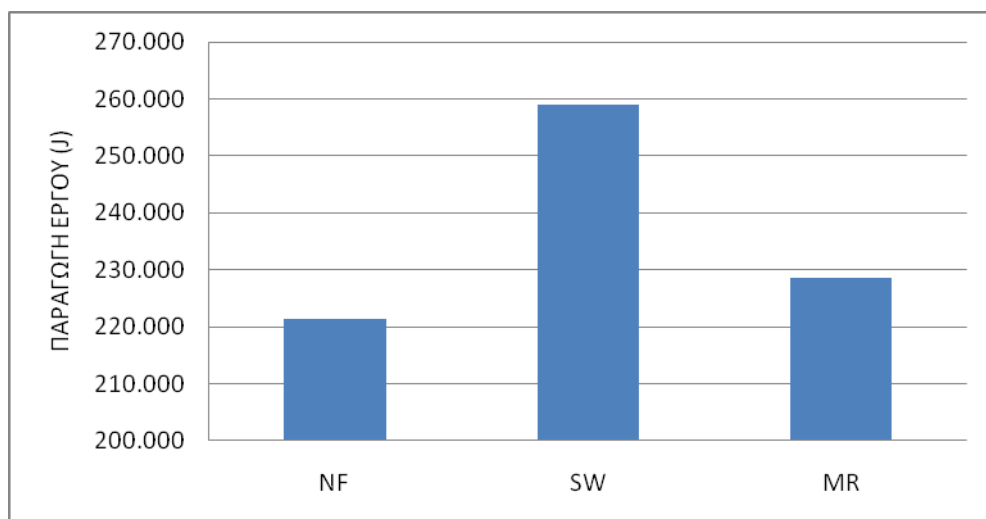
Γ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χρόνος Μέχρι Εξάντληση και Παραγωγή Έργου. Ο χρόνος μέχρι εξάντληση, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1., ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος στην δοκιμασία SW σε σύγκριση με την NF και την MR ($21,94 \pm 1,2$ min με $17,7 \pm 1,1$ min και $18,7 \pm 1,3$ min αντίστοιχα, $p \leq 0,05$). Δείχνοντας έτσι μία βελτίωση στην απόδοση καταπίνοντας έστω και μία μικρή ποσότητα νερού.



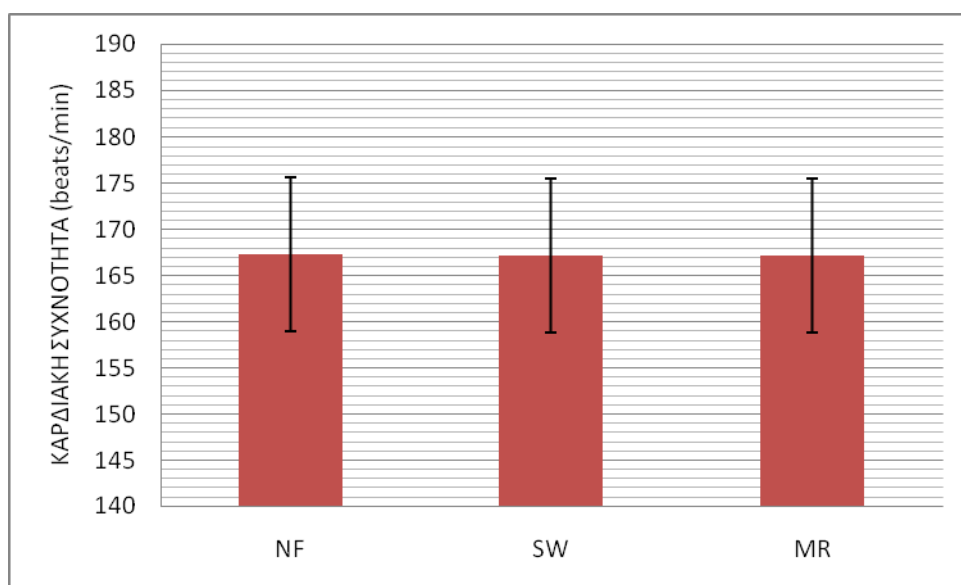
Διάγραμμα 1. Απεικόνιση της σύγκρισης των 3 δοκιμασιών με τον χρόνο μέχρι εξάντληση (min).

Το διάγραμμα 2. συγκρίνει το παραγόμενο έργο με τις 3 διαφορετικές δοκιμασίες των εθελοντών. Δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών δοκιμασιών ($SW = 258993,7 \pm 15033,1$ J με $NF = 221470,4 \pm 16182,9$ J και $MR = 228673,6 \pm 20304,3$ J, $p > 0,05$). Το γεγονός όμως ότι η παραγωγή έργου ήταν η μέγιστη κατά τη δοκιμασία της κατάποσης δείχνει την τάση για βελτίωση της αθλητικής απόδοσης καταπίνοντας έστω και μία μικρή ποσότητα νερού.



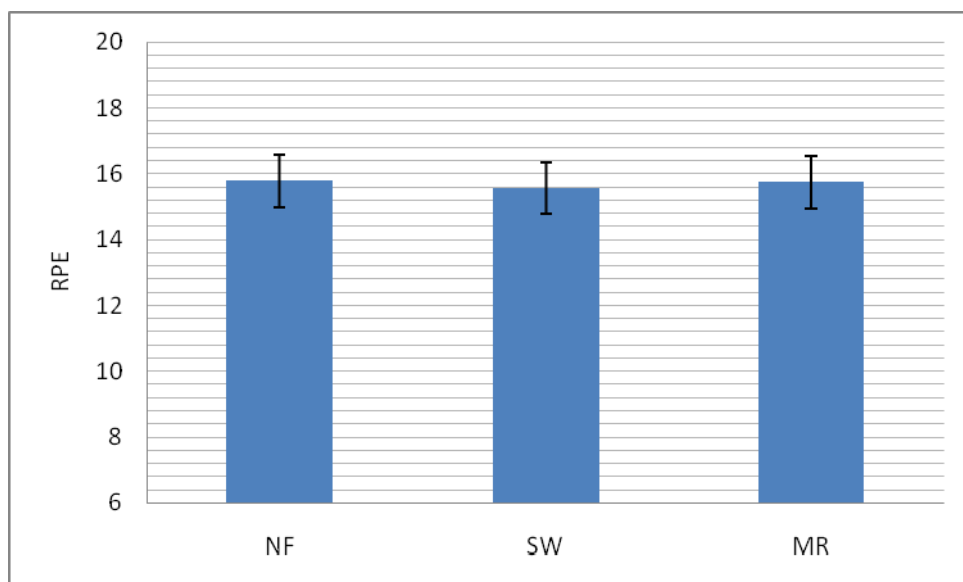
Διάγραμμα 2. Απεικόνιση της σύγκρισης των 3 δοκιμασιών με την παραγωγή έργου (J).

Καρδιακή Συχνότητα (HR) και Εκτίμηση Βαθμού Κόπωσης (RPE). Η καρδιακή συχνότητα αυξανόταν σταδιακά κατά την διάρκεια των δοκιμασιών μέχρι εξάντλησης. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην καρδιακή συχνότητα των αθλητών ανάμεσα στις τρεις διαφορετικές δοκιμασίες (SW = $167,1 \pm 3,5$ beats/min με NF = $167,3 \pm 3,1$ beats/min και MR = $167,2 \pm 3$ beats/min, $p > 0,05$, διάγραμμα 3.).



Διάγραμμα 3. Απεικόνιση της σύγκρισης των 3 δοκιμασιών με την καρδιακή συχνότητα (HR, beats/min).

Οι τιμές του βαθμού εκτίμησης της κόπωσης αυξήθηκαν κατά τη διάρκεια όλων των δοκιμασιών. Το διάγραμμα 4. δείχνει ότι ενώ η μικρότερη τιμή βρέθηκε στην δοκιμασία SW σε σύγκριση με την δοκιμασία NF και MR ($15,5 \pm 0,4$ με $15,7 \pm 0,5$ και $15,5 \pm 0,4$ με $15,7 \pm 0,4$ αντίστοιχα), δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών δοκιμασιών ($p > 0,05$).



Διάγραμμα 4. Απεικόνιση της σύγκρισης των 3 δοκιμασιών με τον βαθμό εκτίμησης της κόπωσης (RPE).

Δ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Είναι η πρώτη μελέτη που προσπαθεί να ερευνήσει εάν “ξεπλέοντας” το στόμα με νερό, διεγείρονται στοματικοί και φαρυγγικοί υποδοχείς, επιδρώντας με αυτόν τον τρόπο στην παράταση μιας συγκεκριμένης δοκιμασίας, στην ποδηλασία σε θερμό περιβάλλον, σε ήδη αφυδατωμένους αθλητές. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι όταν η αφυδάτωση είναι μεγαλύτερη από το 2% του σωματικού βάρους μειώνεται η αθλητική απόδοση, ειδικά σε θερμά περιβάλλοντα (IOM 2004, Cheuvront 2010) και όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο της αφυδάτωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση της απόδοσης (Douglas 2010).

Κατά πλειοψηφία, οι αθλητές γνωρίζουν τις αρνητικές επιδράσεις της μη πρόσληψης υγρών, είτε πριν, είτε κατά την διάρκεια της άσκησης ή του αγώνα (Maughan 2007). Λόγω συνθηκών όμως (γαστρεντερικές διαταραχές κατά την διάρκεια του αγώνα, Pals 1997, Baska 1990) ή λόγω του ότι σε πολλά αθλήματα επιβάλλεται κατά τη διάρκεια του αγώνα να έχεις συγκεκριμένο σωματικό βάρος για να συμμετάσχει σε επιθυμητή κατηγορία (ο περιορισμός υγρών μπορεί να προκαλέσει εν μέρει θερμιδικό έλλειμμα, Sawka 1996), αποφεύγεται η κατανάλωση υγρών και συχνά παρατηρείται πολλοί αθλητές να “ξεπλέονουν” το στόμα τους με νερό. Μέχρι στιγμής δεν έχει ερευνηθεί ο μηχανισμός ή η αιτιολογία της συγκεκριμένης πράξης.

Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι η διέγερση του στόματος και του φάρυγγα αποτελεί έναν παθογενετικό μηχανισμό μέσω του οποίου αναστέλλεται το αίσθημα της δίψας (Baylis 1987). Ο Seckl και οι συνεργάτες του (1986) παρατήρησαν πως τα μπουκώματα με νερό βρύσης σε αφυδατωμένους εθελοντές μειώνουν το αίσθημα της δίψας. Σε ποιά πρόσφατη μελέτη, παρατηρήθηκε επίσης ο ρόλος της διέγερσης των στοματοφαρυγγικών υποδοχέων, μιας και μετά από μπουκώματα με νερό το αίσθημα της δίψας μειώθηκε, χωρίς βέβαια να καταργηθεί τελείως (Obica 2009). Φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω, ότι η πρόσληψη νερού επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση σημαντικών σημάτων εντός του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος εφόσον η πρωταρχική αισθητήρια πληροφορία προέρχεται από υποδοχείς που αισθάνονται τον κυτταρικό όγκο και τον όγκο του εξωκυττάριου διαμερίσματος αλλά και από αισθητηριακές πληροφορίες που προέρχονται από την στοματοφαρυγγική περιοχή (Mack 1998).

Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής κάνοντας “μπουκώματα” με υγρά, ως προς την βελτίωση της αθλητικής απόδοσης, αναφέρονται σε συμπληρώματα υδατανθράκων και όχι στο νερό. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών έδειξαν ότι η βελτίωση στην απόδοση της άσκησης που παρατηρήθηκε με την παρουσία υδατανθράκων στο στόμα ίσως να οφείλετε στην ενεργοποίηση περιοχών του εγκεφάλου που εμπλέκονται στον έλεγχο της ανταμοιβής και του κινήτρου. Επίσης, ενδεχομένως να υπάρχει μία τάξη από μη ταυτοποιημένους μέχρι στιγμής στοματικούς υποδοχείς όπου ανταποκρίνονται στους υδατάνθρακες. Έτσι είναι δυνατό, η

στοματική έκθεση με υδατάνθρακες να προκαλεί μία κεντρική απάντηση όπου να επιτρέπει στους αθλητές να αυξήσουν την παραγόμενη δύναμη με το να μειώσουν την αντίληψη της κόπωσης σε ένα δοσμένο έργο.

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ του “ξέπλυματος” του στόματος με νερό και της κατάποσης ίδιας ποσότητας ή απουσίας νερού, ως προς την αθλητική απόδοση. Παρατηρήθηκε σημαντικά μεγαλύτερος χρόνος μέχρι εξάντλησης των αθλητών καταπίνοντας το νερό (SW), συγκριτικά με την απουσία νερού (NF) και “ξέπλυματος” του στόματος με νερό (MR), φανερώνοντας έτσι μία τάση για βελτίωση της αθλητικής απόδοσης με αυτόν τον τρόπο. Το γεγονός αυτό προτείνει έναν πιθανό μηχανισμό που να εμπλέκει φαρυγγικούς υποδοχείς ώστε να επιτρέπει σε αθλητές, που πρέπει να απέχουν από την κατανάλωση νερού, να παρατείνουν τον χρόνο μέχρι εξάντλησης και ίσως να βελτιώνουν την απόδοσή τους.

Το παραγόμενο έργο στις 3 διαφορετικές δοκιμασίες των εθελοντών ήταν μεγαλύτερο στην δοκιμασία SW σε σύγκριση με την NF και την MR, όπως επίσης μεγαλύτερο ήταν στην σύγκριση της MR με την NF δοκιμασία, χωρίς όμως να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0,05$). Το γεγονός ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δοκιμασίες δεν μπορεί να αποκλείσει το ενδεχόμενο μίας πιθανή δράσης στοματικών και φαρυγγικών υποδοχέων στην βελτίωση της αθλητικής απόδοσης.

Η ενυδάτωση από το στόμα, σε αντίθεση με την ενδοφλέβια έγχυση, έχει αναφερθεί να μειώνει τις τιμές RPE και το αίσθημα της δίψας κατά την διάρκεια άσκησης (74% VO₂max) σε θερμό περιβάλλον (Maresh 2001). Τα συμπεράσματα αυτά επιβεβαιώνονται από αναφορές προσωρινής μείωσης της δίψας ως αποτέλεσμα “ξέπλυματος” της στοματικής κοιλότητας με νερό βρύσης (Seckl 1986). Στην συγκεκριμένη μελέτη, η μικρότερη τιμή του βαθμού εκτίμησης της κόπωσης (RPE) βρέθηκε στην δοκιμασία SW σε σύγκριση με την δοκιμασία NF και MR χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική. Στην δοκιμασία MR η τιμή του RPE ήταν επίσης μικρότερη από την NF αλλά όχι στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$), δείχνοντας επίσης ότι δεν πρέπει να αποκλειστεί να ενδεχόμενο πιθανής δράσης στοματικών και φαρυγγικών υποδοχέων στην βελτίωση της αθλητικής απόδοσης.

Όσο χαμηλότερη είναι η καρδιακή συχνότητα τόσο λιγότερο επιβαρύνεται η καρδιακή λειτουργία και μειώνεται το αίσθημα της κόπωσης κατά την διάρκεια της άσκησης (Maughan 2007). Η καρδιακή συχνότητα αυξανόταν σταδιακά κατά την διάρκεια των δοκιμασιών μέχρι εξάντλησης, χωρίς όμως να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Στην δοκιμασία SW βρέθηκε η χαμηλότερη τιμή της καρδιακής συχνότητας σε σύγκριση με την δοκιμασία NF και MR όπως επίσης στη δοκιμασία MR η καρδιακή συχνότητα ήταν μικρότερη

από την NF δοκιμασία. Το γεγονός αυτό δείχνει μία πιθανή τάση για βελτίωση της αθλητικής απόδοσης μέσω της κατάποση κυρίως αλλά και το “ξέπλυμα” του στόματος με νερό, σε σχέση με την απουσία νερού.

Στην παρούσα έρευνα φάνηκε ότι με την κατάποση έστω και μικρής ποσότητας νερού βελτιώνετε η αθλητική απόδοση πολύ περισσότερο σε σύγκριση με το “ξέπλυμα” του στόματος με νερό ή απουσίας νερού. Από την άλλη, αν και δεν βρέθηκε στατιστική σημαντικότητα, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε το γεγονός ότι υπήρχε μία τάση για βελτίωσης της αθλητικής απόδοσης όταν οι αθλητές “ξέπλεναν” το στόμα τους με νερό, σε σχέση με την απουσία νερού.

Ενδεχομένως η στοματική έκθεση με νερό να προκαλεί μία κεντρική απάντηση η οποία να μπορεί να βελτιώσει τον χρόνο μέχρι εξάντληση, σε ήδη αφυδατωμένους αθλητές, μέσω διέγερσης φαρυγγικών υποδοχέων, βοηθώντας στην βελτίωση της απόδοσης. Με αυτόν το τρόπο πιθανότατα οι αθλητές που πρέπει να απέχουν από την κατανάλωση υγρών πριν ή κατά τη διάρκεια του αγώνα, να έχουν καλύτερη απόδοση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. Ahlman K, Karvonen MJ. Weight reduction by sweating in wrestlers, and its effect on physical fitness. J Sports Med Phys Fitness. 1961;1:58-62.
2. Altman PL. Blood and other body fluids. Washington, DC: Federation of American Societies for Experimental Biology. 1961.
3. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand: exercise and fluid replacement. Medicine and Sciences in Sports Exercise, 2007;39(2):377-390.
4. Appelgren B. H., Thrasher T. N., Keil L.C and Ramsay D. J. Mechanism of drinking-induced inhibition of vasopressin secretion in dehydrated dogs. Am. J. Physiol. Regulatory, Integrative Comp Physiol. 1991;261:R1226 – R1233.
5. Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. Med Sci Sports Exerc. 1985;17:456-461.
6. Armstrong LE, Maresh CM. The exertional heat illnesses: a risk of athletic participation. Med Exerc Nutr Health. 1993;2:125-134.
7. Armstrong, Maresh C.M, Castellani J.W., Bergeron M.F. and Kenefick R.W. Urinary indices of hydration status. International Journal of Sports Nutrition. 1994;4:265-279.
8. Armstrong LE, Epstein Y, Greenleaf JE, et al. American College of Sports Medicine position stand: heat and cold illnesses during distance running. Med Sci Sports Exerc. 1996;28(12):i-x.

9. Armstrong LE, Maresh CM, Gabaree CV, et al. Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake. *J Appl Physiol.* 1997;82:2028-2035.
10. Armstrong L.A. Hydration Status: The Elusive Gold Standard. *Journal of the American College of Nutrition.* 2007;26:575S–584S.
11. Armstrong L.E., Pumerantz A.C., Fiala K.A., Roti M.W., Kavouras S.A., Casa D.J., Maresh C.M. Human hydration indices: acute and longitudinal reference values. 2010;20(2):145-53.
12. Arts F.J.P., Kuipers H., Jeukendrup A.E., Saris W.H.M. A Short Cycle Ergometer Test to Predict Maximal Workload and Maximal Oxygen Uptake. *Int. J. Sports Med* 14. 1993;460-464.
13. Ballauff A., Kersting M., Manz F. Do children have an adequate fluid intake? Water balance studies carried out at home. *Ann Nutr Metab.* 1988;32:332–339.
14. Baska, R.S., Moses F.M., Graeber G. and Kearney G. Gastrointestinal bleeding during an ultramarathon. *Dig. Dis. Sci.* 1990;35: 276–270.
15. Bunt J.C., Lohman T.G., Boileau R.A. Impact of total body water fluctuations on estimation of body fat from body density. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21(1):96-100.
16. Baylis, P. H and Robertson, G.L. Plasma vasopressin response to hypertonic saline infusion to assess posterior pituitary function. *J. Roy. Med.* 1980;73: 255-260.
17. Baylis PH. Osmoregulation and control of vasopressin secretion in healthy humans. *Am. J. Physiol.* 1987;253: R671-R678.

18. Below PR, Mora-Rodriguez R, Gonzalez-Alonso J, Coyle EF. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995;27:200–210.
19. Berl T., Robertson GL. Pathophysiology of water metabolism. In the kidney. Ed. BM. Brenner. Philadelphia; Saunders. 2000;866-924
20. Boudy S., Fernandes S. Mild dehydration, vasopressin and the kidney: animal and human studies. *European Journal of Clinical Nutrition* 57. 2003;2:S39-S46.
21. Bigard A H, Sanchez G Claveyrolas, S Martin, et al. Effects of dehydration and rehydration on EMG changes during fatiguing contractions. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001;33:1694–1700.
22. Bosco J.S., Terjung R.L., Greenleaf J.E. Effects of progressive hypohydration on maximal isometric muscular strength. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 1968;8:81-86.
23. Bossingham M.J., Carnell N.S and Campbell W.W. Water balance, hydration status, and fat-free mass hydration in younger and older adults. *American Journal of Clinical Nutrition.* 2005;81(6):1342-1350.
24. Brown A.H. Survival without drinking water in the desert. In: Adolph E.F., editor. *Physiology of man in the desert.* New York: Interscience. 1947;271-279.
25. Bruner, F.P. Pathophysiology of dehydration. *Schweiz Rundsch. Med. Prax* 82.1993;(29-30): 784 – 787.
26. Buono M.J., Wall A.J. Effect of hypohydration on core temperature during exercise in temperate and hot environments. *Pflugers Arch.* 2000;440(3):476–480.

27. Burge C.M., Carey M.F., Payne W.R. Rowing performance, fluid balance, and metabolic function following dehydration and rehydration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1993;25:1358-1364.
28. Buskirk E.R., Iampietro P.F., Bass D.E. Work performance after dehydration: effects of physical conditioning and heat acclimatization. *J. Appl. Physiol.* 1958;12:189-194.
29. Buskirk E.R., Puhl S.M. Effects of acute body weight loss in weight controlling athletes. In: Buskirk E.R., Puhl S.M., eds, *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*. New York, NY: CRC Press; 1996:283-296.
30. Cadarette B.S., Sawka M.N., Toner M.M., Pandolf K.B. Aerobic fitness and the hypohydration response to exercise heat-stress. *Aviat Space Environ Med.* 1984;55:507-512.
31. Candas , Libert J.P., Brandenberger G., Sagot J.C., Amoros C., Kahn J.M. Hydration during exercise: effects on thermal and cardiovascular adjustments. *Eur J Appl Physiol.* 1986;55:113-122.
32. Carter J.M., Jeukendrup A.E. and Jones D.A. The Effect of Carbohydrate Mouth Rinse on 1-h Cycle Time Trial Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004;36:2107–2111.
33. Casa Douglas J., Rebecca L. Stearns, Rebecca M. Lopez, Matthew S. Ganio, Brendon P. McDermott, Susan Walker Yeargin, Linda M. Yamamoto, Stephanie M. Mazerolle, Melissa W. Roti, Lawrence E. Armstrong, Carl M. Maresh. Influence of Hydration on Physiological Function and Performance During Trail Running in the Heat. *Journal of Athletic Training* 2010;45(2):147–156.

34. Chambers E.S., Bridge M.W., Jones D.A. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *Journal of Athletic Training* 2010;45(2):147–156.
35. Cheuvront S.N., Haymes E.M. and Sawka M.N. Comparison of sweat loss estimates for women during prolonged high-intensity running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002;34:1344-1350.
36. Cheuvront S.N., Carter III R., Sawka M.N. Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep.* 2003;2:202–208.
37. Cheuvront S.N., Carter III R., Montain S.J., et al. Influence of hydration and airflow on thermoregulatory control in the heat. *J. Therm. Biol.* 2004;29:471–477.
38. Cheuvront S.N., Carter III R., Montain S.J. and Sawka M.N. Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2004;14:532-540.
39. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J. Appl. Physiol.* 2010.
40. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, et al. American College of Sports Medicine position stand: exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1996;28(1):i-vii.
41. Coyle EF. Cardiovascular function during exercise: neural control factors. *Sports Sci Exchange.* 1991;4:34.
42. Coyle EF, Montain SJ. Thermal and cardiovascular responses to fluid replacement during exercise. In: Gisolfi CV, Lamb DR, Nadel ER, eds. *Exercise, Heat, and Thermoregulation*. Dubuque, IA: Brown and Benchmark. 1993:179 -212.

43. Craig EN, Cummings EG. Dehydration and muscular work. *J. Appl. Physiol.* 1966;21:670-674.
44. Douglas J.C. Exercise in the Heat. I. Fundamentals of Thermal Physiology, Performance Implications, and Dehydration. *Journal of Athletic Training.* 1999;34(3):246-252.
45. Durkot MJ, Martinez O, Brooks-McQuade D, Francesconi R. Simultaneous determination of fluid shifts during thermal stress in a small-animal model. *J Appl Physiol.* 1986;61:1031-1034.
46. Edwards RHT, Harris RC, Hultman E, Kaijser L, Koh D, Nordesjo L. Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained to fatigue, of the quadriceps muscle in man. *J. Physiol. (Lond).* 1972;220:335-352.
47. Epstein, A.N. The physiology of thirst. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 1973;54(5):640-648.
48. Febbraio MA. Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat? *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 2000;28:171-176.
49. Figaro, M. K and Mack, G.W. Regulation of fluid intake in dehydrated humans: role of oropharyngeal stimulation. *Am. J Physiol.* 1997;272: 1740-1746.
50. Fortney SM, Nadel ER, Wenger CB, Bove JR. Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. *J. Appl. Physiol.* 1981;51:1594-1600.
51. Fortney SM, Vroman NB, Beckett WS, Permutt S, LaFrance ND. Effect of exercise hemoconcentration and hyperosmolality on exercise responses. *J. Appl. Physiol.* 1988;65:519-524.

52. Gaddis GM, Elizondo RS. Effect of central blood volume decrease upon thermoregulation responses to exercise in the heat. *Fed Proc.* 1984;43:627.
53. Goellner MH, Ziegler EE, Fomon SJ. Urination during the first three years of life. *Nephron.* 1981;28: 174–178.
54. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodriguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J. Appl. Physiol.* 1995;79:1487-1496.
55. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodriguez R, Coyle EF. Stroke volume during exercise: interaction of environment and hydration. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2000;278:H321–H330.
56. Grandjean A.C., Reimers k.j., Haven M.C., Curtis G.L. The Effect on Hydration of Two Diets, One with and One without Plain Water. *Journal of the American College of Nutrition.* 2003;22:165–173.
57. Greenleaf J, Bernauer E, Juhos L, Young H, Morse J, Staley R. Effects of exercise on fluid exchange and body composition in man during 14-day bed rest. *J. Appl. Physiol.* 1977;43:126–132.
58. Greenleaf JE. Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992;24:645-656.
59. Greiwe JS, Staffey KS, Melrose DR, Narve M, Knowlton RG. Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998;30:284–288.

60. Greenleaf JE, Morimoto T. Mechanisms controlling fluid ingestion: thirst and drinking. In: Buskirk ER, Puhl SM, eds. Body Fluid Balance: Exercise and Sport. New York, NY: CRC Press: 1996:1-17.
61. Gunga H, Maillet A, Kirsch K, Rucker L, Gharib C, Vaernes R. Water and salt turnover. Adv Space Biol Med. 1993;3:185–200.
62. Guyton AC, Taylor AE, Granger HJ. Circulatory Physiology II: Dynamics and Control of Body Fluids. Philadelphia: W.B. Saunders. 1975.
63. Guyton A.C., Hall J.E. The body fluid compartments: extracellular and intracellular fluids; interstitial fluid and edema. In: “Textbook of Medical Physiology.” Philadelphia: W.B. Saunders Co, pp. 297–313, 1996.
64. Guyton A. C., Φυσιολογία του ανθρώπου, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 1998, σελ. 307-319, 345- 364, 1037-1038.
65. Holmes J. H. (1964). Thirst and fluid intake problems in clinical medicine in thirst. M. J. Waymer (ed.), NY. Macmillan.
66. Holtz J. Peripheral circulation: fundamental concepts, comparative aspects of control in specific vascular sections, and lymph flow. In: Greger R, Windhorst U, eds. Comprehensive Human Physiology: From Cellular Mechanisms to Integration. New York, NY: Springer; 1996:1865-1915.
67. Horswill C.A. Applied physiology of amateur wrestling. Sports Med. 1992;14:114-143.
68. Hoyt R.W. and Honing A. Environmental influences on body fluid balance during exercise. Altitude. In: Buskirk ER, Puhl SM, eds, Body Fluid Balance: Exercise and Sport. Boca Raton, FL: CRC Press. 1996:183-196.

69. Institute Of Medicine of the National Academies, Dietary Reference Intakes for water, potassium, chloride, and sulfate. Washington, DC: National Academies Press. 2004.
70. Institute of Medicine. Water. In: Dietary Reference Intakes for Water, Sodium, Chloride, Potassium and Sulfate. Washington. D.C: National Academy Press. 2005;73-185.
71. Irion GL. Responses of distance runners and sprinters to exercise in a hot environment. *Aviat Space Environ Med.* 1987;58:948-953.
72. Jay O. and Webb P. Improving the prediction of sweat losses during exercise. *J Appl Physiol.* 2009;107:375-376.
73. Jeukendrup A., Saris W.H., Brouns F., Kester A.D. A new validated endurance performance test. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1996;28(2):266-70.
74. Kavouras S.A. Assessing hydration status. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab.* 2002; 5:519-524.
75. Kavouras S.A., Armstrong L.E., Maresh C.M et al. Rehydration with glycerol: endocrine, cardiovascular and thermoregulatory responses during exercise in heat. *J. Appl. Physiol.* 2006;100:442–450.
76. Kenefick, R.W., Maresh C.M., Armstrong L.E., Castellani J.W., Riebe D., Echegaray M.E., Kavouras S.A. Plasma vasopressin and aldosterone responses to oral and intravenous saline rehydration. *J. Appl. Physiol.* 2000;89:2117–2122.
77. Koeppen B.M and Stanton B.A. *Renal Physiology*, 4th Edition. Elsevier Mosby. 2007.
78. Latzka W.A., Montain S.J. Water and electrolyte requirements for exercise. *Clin Sports Med.* 1999;18(3):513-24.

79. Lawrence A. L., Marliss E.D. Survival During Fasting May Depend on Fat as Well as Protein Stores. JAMA. 1982;248(18):2306-2307.
80. Lim C. L., Byrne C., Lee J. K.W. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. Annals Academy of Medicine Singapore 2008;37:347-53.
81. Mack G.W. Recovery after exercise in the heat--factors influencing fluid intake. Int J Sports Med. 1998;19(2):S139-41.
82. Manz F., Wentz A. Hydration status: parameters, epidemiology and recommendations. European Journal of Clinical Nutrition. 2003;57(2):S10-S18.
83. Maresh C.M., Herrera-Soto J.A., Armstrong L.E., et al. Perceptual responses in the heat after brief intravenous versus oral rehydration,. Med. Sci. Sports Exerc.2001; 33:1039 – 1045.
84. Maughan R.J. Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. European Journal of Clinical Nutrition. 2003;57(2):S19-S23.
85. Maughan R.J., S.M. Shirreffs, and P. Watson. Exercise, Heat, Hydration and the Brain. Journal of the American College of Nutrition. 2007;26(5):604S–612S.
86. Merry TL, Ainslie PN, Walker R, Cotter JD. Fitness alters fluid regulatory but not behavioural responses to hypohydrated exercise. Physiol Behav. 2008;95(3):348-52.
87. Merry TL, Ainslie PN, Cotter JD. Effects of aerobic fitness on hypohydration-induced physiological strain and exercise impairment. Acta Physiol (Oxf). 2010;198(2):179-90.

88. Michael J., McKinley and Alan Kim Johnson. The Physiological Regulation of Thirst and Fluid Intake. *News Physiol. Sci.* 2004;19(1):1-6.
89. Mitchell JW, Nadel ER, Stolwijk JA. Respiratory weight losses during exercise. *J. Appl. Physiol.* 1972;32(4):474-476.
90. Montain SJ, Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.* 1992;73(4):1340–1350.
91. Montain SJ, Sawka MN, Latzka WA, Valeri CR. Thermal and cardiovascular strain from hypohydration: influence of exercise intensity. *Int. J. Sports Med.* 1998;19(2):87–91.
92. Montain SJ, Smith SA, Matott RP, et al. Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: A ³¹P MRS study. *J. Appl. Physiol.* 1998;84:1889–1894.
93. Montain S.J., Chevront S.N., Sawka M.N. Exercise-associated hyponatremia: quantitative analysis for understand the aetiology. *Br. J. Sports Med.* 2006;40:98-106.
94. Murray R. Fluid needs in hot and cold environments. *Int. J. Sport Nutr.* 1995;5:S62-S73.
95. Nadel ER, Cafarelli E, Roberts MF, Wenger CB. Circulatory regulation during exercise in different ambient temperatures. *J Appl Physiol.* 1979;46:430-437.
96. Nadel ER. Control of sweating rate while exercising in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1979;11:31 35.
97. Nadel ER. Limits imposed on exercise in a hot environment. *Sports Sci. Exchange.* 1990;3:27.

98. Neufer PD, Sawka MN, Young A, Quigley M, Latzka WA, Levine L. Hypohydration does not impair skeletal muscle glycogen resynthesis after exercise. *J. Appl. Physiol.* 1991;70:1490–4.
99. Nielsen B, Hyldig T, Bidstrup F, et al. Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. *Pflugers Arch.* 2001;442:41–48.
100. Nose H, Morimoto T, Ogura K. Distribution of water losses among fluid compartments of tissues under thermal dehydration in the rat. *Jpn. J. Physiol.* 1983;33:1019-1029.
101. Nose H, Mack G.W., Shi X., Nadel E.R. Shift in body fluid compartments after dehydration in humans. *J. Appl. Physiol.* 1988;65:318-324.
102. Szlyk-Modrow P.C., Francesconi R.P., Hubbard R.W. Integrated control of body fluid balance during exercise. In: Buskirk ER, Puhl SM, eds. *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*. New York, NY: CRC Press. 1996:117-136.
103. Obica L.F.O., Idu F.K., George G.O., Ajayi O.I. and Mowoe R.S. Thirst Perception and Drinking in Euhydrate and Dehydrate Human Subjects. *Nigerian Journal of Physiological Sciences.* 2009;24(1):25 –32.
104. O'Brien C., Freund B.J., Young A.J. and Sawka M.N. Glycerol hyperhydration: physiological responses during cold-air exposure. *J. Appl. Physiol.* 2005;99:515-521.
105. Olsson K.E., Saltin B. Variation in total body water with muscle glycogen changes in man. *Acta Physiol. Scand.* 1970;80(1):11-8.
106. Pals K.L., Chang R.T, Ryan A.J. and Gisolfi C.V. Effect of running intensity on intestinal permeability. *J. Appl. Physiol.* 1997;82(2):571–576.

107. Pandolf K.B. Aging and human heat tolerance. *Exp Aging Res.* 1997;23:69-105.
108. Pinchan G., Gauttam R.K., Tomar O.S., Bajaj A.C. Effects of primary hypohydration on physical work capacity. *Int. J. Biometeorol.* 1988;32:176-180.
109. Popowski L.A., Oppliger R.A., Patrick L.G., Johnson R.F., Kim J.A. and Gisolf C.V. Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001; 33:747-753.
110. Pottier A., Bouckaert J., Gilis W., Roels T., Derave W.. Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance. *Scand J. Med. Sci. Sports.* 2010 Feb;20(1):105-11.
111. Ray M.L., Bryan M.W., Ruden T.M., Baier S.M., Sharp R.L. and King D.S. Effect of sodium in a rehydration beverage when consumed as a fluid or meal. *J. Appl. Physiol.* 1998;85:1329-1336.
112. Rintamäki H, Mäkinen T, Oksa J, Latvala J. Water balance and physical performance in cold. *Arch. Med. Res.* 1995;45(2):32.
113. Roberts MF, Wenger CB, Stolwijk AJ, Nadel ER. Skin blood flow and sweating changes following exercise and heat acclimation. *J. Appl. Physiol.* 1977;43:133-137.
114. Robertson, G. L. Disorders of thirst in Man In: Thirst, physiological and psychological aspects (eds: D. J Ramsay and D.A. Booth), Springer Verlag, London. 1991;453-477.
115. Rollo I., Williams C., Gant N., Nute M. The Influence of Carbohydrate Mouth Rinse on Self-Selected Speeds During a 30-min Treadmill Run. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2008;18:585-600.

116. Rollo I., Williams C., Nevill M. Influence of Ingesting versus Mouth Rinsing a Carbohydrate Solution during a 1-h Run. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011;43(3):468-75.
117. Rowell L.B., Marx H.J., Bruce R.A., Conn R.D., Kusumi F. Reductions in cardiac output, central blood volume, and stroke volume with thermal stress in normal men during exercise. *J. Clin. Invest.* 1966;45:1801-1816.
118. Rowell L.B. *Human Circulation Regulation During Physiological Stress*. New York, NY: Oxford University Press. 1986.
119. Rowell L.B., O'Leary D.S., Kellogg D.L. Integration of cardiovascular control systems in dynamic exercise. In: Rowell L.B., Shepherd J.T., eds. *Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems*. New York, NY: Oxford University Press. 1996:770-738.
120. Saltin B. Aerobic and Anaerobic Work Capacity After Dehydration. *J. Appl. Physiol.* 1964;19:1114-8.
121. Saltin B. Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J. Appl. Physiol.* 1964;19:1125-1132.
122. Sato K. The mechanism of eccrine sweat secretion. In: Gisolfi C.V., Lamb D.R., Nadel E.R., eds. *Exercise, Heat, and Thermoregulation*. Dubuque, IA: Brown and Benchmark. 1993:85-110.
123. Sawka M.N., Hubbard R.W., Francesconi R.P., Horstman D.H. Effects of acute plasma volume expansion on altering exercise-heat performance. *Eur J Appl Physiol.* 1983;51:303-312.

124. Sawka M.N., Young A.J., Francesconi R.P., Muza S.R., Pandolf K.B. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol.* 1985;59(5):1394–1401.
125. Sawka M.N., Wenger C.B. Physiological responses to acute exercise-heat stress. In: Pandolf K.B., Sawka M.N., Gonzalez R.R., eds. *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. Dubuque, IA: Brown and Benchmark. 1988:97-152.
126. Sawka M.N., Pandolf K.B. Effect of body water loss on physiological function and exercise performance. In: Gisolfi C.V., Lamb D.R., eds. *Fluid Homeostasis During Exercise*. Carmel, IN: Brown and Benchmark. 1990:1-30.
127. Sawka M.N. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance thermoregulation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992;24:657-670.
128. Sawka M.N., Young A.J., Latzka W.A., Neufer P.D., Quigley M.D., Pandolf K.B. Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. *J. Appl. Physiol.* 1992;73:368-375.
129. Sawka M.N., Montain S.J., Latzka W.A. Body fluid balance during exercise heat exposure. In: Buskirk E.W., Puhl S.M., eds. *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*. New York, NY: CRC Press. 1996:139-157.
130. Seckl J.R., Williams T.D.M., and Lightman S.L. Oral hypertonic saline causes transient fall of vasopressin in humans. *Am. J. Physiol.* 1986;251:R214–R217.

131. Shapiro Y., Pandolf K.B., Goldman R.F. Predicting sweat loss response to exercise, environment and clothing. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1982;48:83–96.
132. Seckl J.R., Williams T.D. and Lightman S.L. Oral hypertonic saline causes transient fall of vasopressin in humans. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 1986;251:R214-R217.
133. Shirreffs S.M. and Maughan R.J. Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998;30:1598-1602.
134. Shirreffs, S. M., Symposium on “Performance, exercise and health” hydration, fluids and performance. *Nutrition Society.* 2009;68:17-22.
135. Sticker, E. M and Sved, A.F. Thirst. *Nutrition.* 2000;16(10): 821-826.
136. Stitt JT. Central regulation of body temperature. In: Gisolfi C.V., Lamb D.R., Nadel E.R., eds. *Exercise, Heat, and Thermoregulation.* Dubuque, IA:Brown and Benchmark; 1993:1-39.
137. Thornton S.N. Thirst and hydration: physiology and consequences of dysfunction. *Physiol. Behav.* 2010;100(1):15-21.
138. Walsh R.M., Noakes T.D., Hawley J.A., Dennis S.C. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int. J. Sports Med.* 1994;15:392-398.
139. Webster , Rutt , Weltman A. Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Me Sc Sports Exerc.* 1990;22:229-234

140. Weisinger, R.S. Blair–West, J. R., Denton, D. A and Tarjan, E. Role of brain angiotensin II in thirst and sodium appetite of sheep. *A J. Physiol.* 1997;(1pt 2):R187–R196.
141. Welch , Buskirk , Iampietro P. Relation of climate and temperature to food and water intake in man. *Metabolism.* 1958;7:141–148.
142. Werner J. Temperature regulation during exercise: an overview. In: Gisolfi C.V., Lamb D.R., Nadel E.R., eds. *Exercise, Heat, and Thermoregulation.* Dubuque, IA: Brown and Benchmark; 1993:49-77.
143. Whitham M., McKinney J. Effect of a carbohydrate mouthwash on running time-trial performance. *Journal of Sports Sciences.* 2007;25:1385-1392.
144. Young A.J. Energy substrate utilization during exercise in extreme environments. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 1990;18:65-117.
145. Zambraski, E. J. The renal system. In: *ACSM's Advanced Exercise Physiology*, C. M. Tipton, M. N. Sawka, C. A. Tate, and R. L. Terjung. Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Wilkins. 2005:521-532.