

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ:

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΠΙΑΣ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΔΗΛΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΕΛΕΝΗ ΚΩΣΤΗ
Α.Μ. 20350

Τριμελής Επιτροπή:

Επιβλέπων: Κάβουρας Σταύρος, Επίκουρος Καθηγητής
Γιαννακούλια Μαρία, Επίκουρη Καθηγήτρια
Παναγιωτάκος Δημοσθένης, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ, 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Σταύρο Κάβουρα, που με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί του σε ένα τομέα που με ενδιαφέρει ιδιαίτερα να ασχοληθώ στην μελλοντική μου πορεία, καθώς και για την επιστημονική καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας και κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Κώστα Μπάρδη για την πολύτιμη καθοδήγησή του, τις συμβουλές του και την ουσιαστική στήριξή του στην ολοκλήρωση της πτυχιακή μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην Αντιγόνη Τσιαφίτσα για την πολύτιμη βοήθειά της, καθώς και στους 10 εθελοντές μας.

Νιώθω ακόμη την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας και Διατροφής, του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών που μου παρείχαν τις γνώσεις τους για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και την συνεχή υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα επίπεδα υδάτωσης έχει αποδειχθεί μέσω επιστημονικών μελετών ότι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο ως προς την αθλητική απόδοση. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της ήπιας αφυδάτωσης λιγότερο του 2% απώλεια σωματικού βάρους προκαλούμενη από εφίδρωση κατά τη διάρκεια έντονης ποδηλασίας είναι ασαφή.

Σκοπός: Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να προσδιορίσει την επίδραση της ήπιας αφυδάτωσης στην ποδηλατική απόδοση κατά τη διάρκεια άσκησης με επαναλαμβανόμενα ανηφορικά επίπεδα σε ζεστό περιβάλλον ($WBGT = 25,75 \pm 0,2^{\circ}C$). **Μεθοδολογία:** Διεξήχθη μια τυχαιοποιημένη μελέτη. Δέκα (10) νέοι και υγιείς άνδρες ποδηλάτες, που συμμετέχουν σε ομάδες ποδηλασίας και αγωνίζονται σε Διεθνείς και Πανελλήνιους αγώνες κατά τη διάρκεια του έτους (ηλικία: 29 ± 6 έτη, σωματικό βάρος: $75,5 \pm 6,9$ kg, ύψος: $1,78 \pm 0,7$ m, VO_{2max} : $52,4 \pm 3,3$ ml·min⁻¹·kg⁻¹), ολοκλήρωσαν ένα πρωτόκολλο αφυδάτωσης μίας (1) ώρας πριν από 5 χιλιόμετρα μέγιστης προσπάθειας των 3 ανηφορικών επιπέδων. Οι εθελοντές ήταν είτε ενυδατωμένοι (EUH) είτε αφυδατωμένοι (DEH). Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε στο ($P \leq 0,05$). **Αποτελέσματα:** Οι εθελοντές ποδηλάτησαν τα 5 χιλιόμετρα πιο γρήγορα στην ενυδατωμένη τους κατάσταση παρά στην αφυδατωμένη σε όλα τα ανηφορικά επίπεδα ($P \leq 0,05$). Ο μέσος όρος της παραγωγής ισχύος είχε στατιστική σημαντικότητα και ήταν υψηλότερος στους ενυδατωμένους από ότι στους αφυδατωμένους αθλητές ($P \leq 0,05$). Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στο ποδηλατικό στροφάρισμα, στην καρδιακή συχνότητα, στις τιμές της κλίμακας Borg, στην παραγωγή γαλακτικού οξέος και στο WBGT. **Συμπέρασμα:** Η ήπια αφυδάτωση της τάξεως του 1% όντως επηρεάζει την απόδοση των αθλητών της ποδηλασίας σε θερμό περιβάλλον.

Λέξεις κλειδιά: Επίπεδα υδάτωσης, καρδιακοί σφυγμοί, ποδηλατική ισχύς, γαλακτικό οξύ, χρόνος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά για το νερό σελ. 4

Λειτουργίες νερού στο σώμα σελ. 4

2. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΩΜΑΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ

Απώλειες σελ. 5

Αναπλήρωση σελ. 6

3. ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

Γενικά για την αφυδάτωση σελ. 9

Θερμορύθμιση σελ. 11

Αθλητική απόδοση σελ. 11

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Δείγμα σελ. 13

Πειραματικό Πρωτόκολλο σελ. 13

Στατιστική ανάλυση σελ. 17

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ σελ. 18

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ σελ. 23

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ σελ. 25

1. Εισαγωγή

Γενικά για το νερό

Το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή και την κυτταρική ομοιόσταση. Περίπου τα 2/3 του ανθρώπινου οργανισμού είναι νερό, το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με τη σύσταση σώματος. Για παράδειγμα, ο όγκος του νερού μειώνεται όταν το ποσοστό του λίπους αυξάνεται στο σώμα μας. Με τη βοήθεια του νερού γίνονται η διατήρηση της ορθής εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος και η αποβολή άχρηστων ουσιών που παράγονται από τον οργανισμό. Αν δεν αντικαταστήσουμε το νερό που χάνουμε βρισκόμαστε σε κίνδυνο υπερθέρμανσης, ενώ αν δεν αναπληρώσουμε τις αποθήκες μας δεν θα επιβιώσουμε παρά μόνο λίγες μέρες. Νερό λαμβάνουμε έμμεσα από τροφές πλούσιες σε νερό, ποτά, ροφήματα και χυμούς [1].

Η δίψα είναι ένας μηχανισμός διατήρησης της ισορροπίας των υγρών, ο οποίος ενεργοποιείται όταν μειώνεται ο όγκος και αυξάνεται η ωσμωτικότητα του πλάσματος [2]. Οι περισσότεροι άνθρωποι δεν συνειδητοποιούν την αφυδάτωση στον οργανισμό τους, διότι έχουν συνηθίσει στη μικρή κατανάλωση νερού. Ο οργανισμός χρησιμοποιεί και άλλους μηχανισμούς για να ρυθμίσει το ισοζύγιο νερού, όπως για παράδειγμα μηχανισμοί που μειώνουν την απώλεια νερού διαμέσου των νεφρών.

Λειτουργίες νερού στο σώμα

Το νερό είναι ο διαλύτης της ζωής και είναι σημαντικό σε πολλές σωματικές λειτουργίες, οπότε η λήψη επαρκούς ποσότητας νερού είναι σημαντική για την επίτευξη της βέλτιστης υγείας. Κάποιες από τις σημαντικότερες λειτουργίες του είναι:

- Βρίσκεται σε όλους τους ιστούς του σώματος.
- Είναι απαραίτητο μέσο για τη λειτουργία των αισθήσεων.
- Προστατεύει ιστούς που είναι σημαντικοί για την ανθρώπινη ζωή, όπως ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός.
- Συμβάλλει στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος, αφού αποτελεί το κύριο συστατικό του ιδρώτα.

- Χρησιμοποιείται σαν λιπαντικό στις αρθρώσεις του σώματος.
- Αποτελεί το κύριο συστατικό στο αίμα, το οποίο είναι βασικός μεταφορέας οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών που είναι πολύ σημαντικά, ειδικά κατά τη διάρκεια της άσκησης. Παράλληλα, μεταφέρει τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού στα όργανα και έτσι συμβάλλει στην απέκκρισή τους [3,4].

2. Ισορροπία σωματικών υγρών

Την υδατική ισορροπία του σώματος αντιπροσωπεύει η διαφορά πρόσληψης και απώλειας υγρών. Η πρόσληψη υγρών, η πρόσληψη τροφής και η παραγωγή νερού από διάφορες μεταβολικές διεργασίες αυξάνουν την ποσότητα σωματικών υγρών, ενώ η απώλεια υγρών μέσω της αναπνοής, του δέρματος, του ουροποιητικού και του γαστρεντερικού συστήματος τη μειώνουν. Η έμμηνος ρύση αποτελεί ακόμα μία οδό απώλειας υγρών στις γυναίκες [5,6]. Στο ανθρώπινο σώμα το νερό δεν έχει σταθερή συγκέντρωση, αλλά μεταβάλλεται καθημερινά. Η διακύμανση είναι στο επίπεδο του $\pm 0,2-0,5\%$ ενώ σε πιο δραστήριους ανθρώπους φτάνει μέχρι και $\pm 1\%$, παρότι μπορεί να αντικαθίστανται πλήρως οι απώλειες λόγω εφίδρωσης [7].

Απώλειες

Σε κάθε άτομο ο ρυθμός εφίδρωσής του εξαρτάται από κάποιους παράγοντες: το είδος ρουχισμού, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης [8]. Ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες (10°C), κατά τη διάρκεια της άσκησης η απώλεια του ιδρώτα μπορεί να ξεπεράσει το 1 L/ώρα. Οι αθλητές που ασκούνται σε θερμό περιβάλλον και υψηλής έντασης δραστηριότητα έχουν ρυθμό εφίδρωσης 1-2 L/ώρα και μάλιστα η απώλεια μπορεί να φτάσει και τα 3 L/ώρα [9].

Για το μέσο ενήλικα η απώλεια υγρών μέσω του δέρματος είναι περίπου 500 ml/ημέρα και πραγματοποιείται με διάχυση και έκκριση ιδρώτα. Αυξημένες απώλειες ιδρώτα έχουμε σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, σε αυξημένο μεταβολισμό, σε εμπύρετο κατάσταση, σε έγκαυμα και κατά τη διάρκεια της άσκησης [10]. Σε θερμό περιβάλλον, ο κύριος μηχανισμός για την απώλεια θερμότητας είναι η εξάτμιση του ιδρώτα. Αυτό γίνεται αφού οι ιδρωτοποιοί αδένες εκκρίνουν στην

επιφάνεια του δέρματος ιδρώτα, το νερό του οποίου εξατμίζεται και έτσι ψύχεται το σώμα [11].

Ακόμα και μέσω της αναπνοής υπάρχουν απώλειες υγρών, η ποσότητα των οποίων εξαρτάται από τη σχετική υγρασία περιβάλλοντος και από τη διατακτική ικανότητα των πνευμόνων [12]. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζουν λιγότερο την απώλεια υγρών από ότι η φυσική δραστηριότητα, μιας και ο εισπνεόμενος όγκος αυξάνεται κατά την άσκηση, την υποξία και την υπερκαπνία. Σε άτομα με καθιστική ζωή οι καθημερινές απώλειες είναι 250-350 ml, ενώ σε δραστήρια άτομα σε εύκρατο κλίμα και χαμηλό υψόμετρο κυμαίνεται στα 500-600 ml/ημέρα [13].

Από το γαστρεντερικό σωλήνα η απώλεια ύδατος στα κόπρανα είναι γενικά πολύ μικρή, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό υγρών επανααρροφάται στο λεπτό έντερο και το υπόλοιπο απορροφάται στο παχύ έντερο [5]. Ιδιαίτερα αυξημένες απώλειες νερού υφίστανται στις περιπτώσεις της διάρροιας και του εμετού, όπου υπάρχει κίνδυνος αφυδάτωσης [6]. Σε υγιείς ενήλικες, οι απώλειες νερού μέσω του γαστρεντερικού συστήματος είναι 100-200 ml/ημέρα [14].

Πολύ σημαντική είναι η απώλεια υγρών μέσω του ουροποιητικού συστήματος. Υπεύθυνοι για τη ρύθμιση της σύστασης και του όγκου του εξωκυττάριου υγρού είναι οι νεφροί [15]. Η παραγωγή ούρων ποικίλει ανάλογα με την κατανάλωση νερού, υγρών και τροφής αλλά γενικά κυμαίνεται σε 1-2 L/ημέρα σε φυσιολογικές συνθήκες, με περιπτώσεις ατόμων που καταναλώνουν πολλά υγρά να φτάνουν ακόμα και τα 20 L/ημέρα [16]. Μείωση των ούρων 20-60% μπορεί να προκληθεί από το στρες της άσκησης και του θερμού κλίματος [17,18].

Αναπλήρωση

Οι καθημερινές ανάγκες για πρόσληψη υγρών εξαρτώνται από το μεταβολικό ρυθμό και το stress από την θερμοκρασία και ποικίλουν για άτομα με καθιστική ζωή, δραστήρια άτομα και αθλητές. Η ποσότητα κυμαίνεται από 3-6 λίτρα/ημέρα σε εύκρατο και 4-12 λίτρα/ημέρα σε θερμό περιβάλλον [19]. Κάποιες έρευνες υποδεικνύουν ότι ίσως εξασθενεί ο περιορισμός του ρυθμού εφίδρωσης, που σχετίζεται με τη θερμική αφυδάτωση, όταν πραγματοποιείται επαναλαμβανόμενη

πρόσληψη υγρών [20-22]. Η αναπλήρωση υγρών για τους αθλητές γίνεται σε 3 στάδια:

1. Πριν την άσκηση, διότι η έναρξη της άσκησης με χαμηλά επίπεδα σωματικού νερού ελαττώνει την απόδοση του αθλητή [23].
2. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, για αποκατάσταση της απώλειας υγρών λόγω εφίδρωσης [24-26].
3. Μετά την άσκηση, για την αποκατάσταση των αθλητών [27-30].

1.Πριν την άσκηση

Η πρόσληψη υγρών πριν την άσκηση έχει στόχο την ενυδάτωση και τα φυσιολογικά επίπεδα ηλεκτρολυτών στο πλάσμα του αθλητή κατά την έναρξη του αγώνα. Σύμφωνα με το Αμερικάνικο Κολέγιο Αθλητιατρικής (ACSM), που το 2007 παρουσίασε δεδομένα για την πρόσληψη υγρών στην άσκηση, ο αθλητής θα πρέπει να κάνει επαρκή πρόσληψη υγρών 24 ώρες πριν την άσκηση. Δηλαδή, θα πρέπει να καταναλώνει ~ 5-7ml/κilo σωματικού βάρους σε αργό ρυθμό, τουλάχιστον 4 ώρες πριν την έναρξη της δραστηριότητας. Αλλά, αν ο αθλητής μετά την πραγματοποίηση αυτής της οδηγίας παράγει ούρα σκούρου χρώματος ή δεν παράγει καθόλου, θα πρέπει να καταναλώσει ~ 3-5ml/κilo σωματικού βάρους 2 ώρες πριν την άσκηση. Με την ενυδάτωση αρκετές ώρες πριν, υπάρχει χρόνος ώστε να γίνει η απορρόφηση αλλά και η αποβολή των υγρών μέσω των ούρων προτού πραγματοποιηθεί η άσκηση [31]. Η κατανάλωση υγρών με νάτριο (20-50mEq/L) ή μικρών ποσοτήτων τροφών που περιέχουν αλάτι, θα διεγείρει το αίσθημα της δίψας και συνεπώς της επιπλέον κατανάλωσης υγρών [32-34]. Η υπερυδάτωση δεν πλεονεκτεί από την ενυδάτωση όσον αφορά την απόδοση του αθλητή [35, 36], μπορεί όμως να προκαλέσει αραίωση και μείωση της συγκέντρωσης του νατρίου στο πλάσμα [37, 38] με αύξηση του κινδύνου πλασματικής υπονατριαιμίας, όταν γίνει επιθετική πρόσληψη υγρών πριν την άσκηση [39]. Άρα, οι αθλητές πρέπει να προσλαμβάνουν επαρκείς ποσότητες υγρών για καλή ενυδάτωση πριν την άσκηση. Έλεγχος για την κατάσταση υδάτωσης του οργανισμού μπορεί να γίνει με ζύγιση του αθλητή [9].

2. Κατά τη διάρκεια της άσκησης

Η πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης, έχει σαν στόχο την πρόληψη της εκτεταμένης αφυδάτωσης ($>2\%$ του σωματικού βάρους), τις σημαντικές αλλαγές στην ισορροπία ηλεκτρολυτών και συνεπώς την μείωση της αθλητικής απόδοσης. Η ποσότητα και ο ρυθμός κατανάλωσης των υγρών για την αποφυγή αφυδάτωσης, εξαρτώνται από τη διάρκεια της άσκησης, το ρυθμό εφίδρωσης του ατόμου και την πρόσβασή του στα υγρά. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην κατανάλωση υγρών, όταν η άσκηση διαρκεί περισσότερο από 3 ώρες. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της άσκησης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ανισορροπία υγρών και ηλεκτρολυτών, που ίσως καταλήξουν σε αφυδάτωση ή εμφάνιση υπονατριαιμίας [24-26, 39]. Είναι δύσκολο να προταθεί κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο αναπλήρωσης υγρών, καθώς οι ανάγκες ποικίλουν ανάλογα με το είδος της άσκησης (διάρκεια, εξοπλισμός, ενδυμασία), τις καιρικές συνθήκες (εύκρατο κλίμα, υγρασία, θερμό περιβάλλον) και άλλους παράγοντες (προπονητική κατάσταση, θερμοεγκλιματισμός, γενετική προδιάθεση) που επηρεάζουν το ρυθμό εφίδρωσης και τη περιεκτικότητα ηλεκτρολυτών του ιδρώτα [39]. Ο κάθε αθλητής μπορεί να εκτιμήσει την απώλεια του ιδρώτα κατά τη διάρκεια της προπόνησης ελέγχοντας τις μεταβολές του σωματικού του βάρους, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις κλιματικές συνθήκες [40]. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε ποδηλάτες κατά τη διάρκεια αγώνων (Tour de France, Tour of Switzerland, Tour de Andalusia, Mediterranean Tour) έδειξαν ότι χάνουν 2,1 - 4,5 κιλά κάθε μέρα, με το μεγαλύτερο μέρος τους να είναι υγρά [9]. Αυτό που προτείνει το ACSM κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι να καταναλωθεί σε τακτά διαστήματα ποτό που είναι γευστικό, άμεσα διαθέσιμο και σε χαμηλή θερμοκρασία ($< 15^{\circ}\text{C}$), με στόχο την αναπλήρωση υγρών σε όγκο ίσο με αυτόν που χάνονται μέσω της εφίδρωσης [31].

3. Μετά την άσκηση

Μετά την άσκηση, στόχος είναι να αναπληρωθεί στον οργανισμό του αθλητή η απώλεια των υγρών και των ηλεκτρολυτών που επήλθε κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ο τρόπος που θα γίνει αυτή η αποκατάσταση εξαρτάται από το χρονικό περιθώριο που έχει ο αθλητής στη διάθεσή του, καθώς και από τον βαθμό απώλειας των υγρών και ηλεκτρολυτών [31]. Οι πρώτες συστάσεις για την αποκατάσταση των αθλητών σε υγρά, αναφέρονταν στην πρόσληψη 1 λίτρου υγρών για κάθε κιλό

σωματικού βάρους που χάθηκε κατά η διάρκεια της άσκησης. Λόγω ότι δεν λαμβάνουν υπόψη την απώλεια μέσω ούρων μετά την άσκηση, αυτές οι συστάσεις δεν επαρκούσαν για την αθλητική αποκατάσταση [41]. Νεότερες συστάσεις από το ACSM το 2007 προτείνουν ότι αν ο χρόνος ανάνηψης είναι 8-12 ώρες, ο αθλητής μπορεί να επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα, καταναλώνοντας επαρκείς ποσότητες υγρών μαζί με τροφή. Αθλητές οι οποίοι χρειάζονται άμεση και πλήρη αποκατάσταση ύστερα από υπερβολική αφυδάτωση, απαραίτητη είναι η κατανάλωση 1,5 λίτρων υγρών για κάθε κιλό σωματικού βάρους που χάθηκε κατά η διάρκεια της άσκησης [31], δηλαδή η επιθετική πρόσληψη υγρών [27, 32, 34]. Ιδανικό ποτό δεν αποτελεί το σκέτο νερό, στη γρήγορη αναπλήρωση για την αποκατάσταση της υδατικής ισορροπίας [27, 42], αφού οδηγεί σε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης νατρίου στο πλάσμα [41]. Η περιεκτικότητα νατρίου στα τρόφιμα και ποτά που καταναλώνει ο αθλητής βοηθούν στην άμεση και πλήρη αποκατάσταση αφού διεγείρουν τη δίψα, κατακρατούν υγρά και αναπληρώνουν το νάτριο που χάθηκε μέσω ιδρώτα, στο οποίο πρέπει η πρόσληψή του να είναι μεγαλύτερη από την απώλεια για να επιτευχθεί ενυδάτωση μετά την άσκηση. Επίσης, αναφέρεται ότι η ενδοφλέβια χορήγηση υγρών δεν πλεονεκτεί σε σχέση με την κατάποση [31].

3. Αφυδάτωση

Γενικά για την αφυδάτωση

Για ένα μέσο νεαρό ενήλικα άνδρα, το συνολικό ποσοστό νερού στο σώμα του κυμαίνεται στο 50-70%. Η άλιπη μάζα σώματος περιέχει ~ 73% νερό, ενώ η λιπώδης ~10% νερό.

Ως αφυδάτωση ορίζεται η απώλεια υγρών που ξεπερνά το 1% του σωματικού βάρους. Στην αφυδάτωση του οργανισμού οδηγούν η ανεπαρκής ενυδάτωση ή οι αυξημένες απώλειες υγρών λόγω αυξημένης σωματικής δραστηριότητας και/ή θερμού περιβάλλοντος. Η σωστή λειτουργία του οργανισμού μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά ακόμη και από ήπια αφυδάτωση, δηλαδή απώλεια υγρών σε ποσοστό 1-2% του συνολικού σωματικού βάρους. Τα συμπτώματα της ήπιας αφυδάτωσης είναι τα εξής:

- Ευερεθιστότητα

- Αδυναμία συγκέντρωσης
- Αίσθημα κόπωσης
- Πονοκέφαλος
- Μειωμένη απόδοση σε σωματικές δραστηριότητες
- Μειωμένη απόδοση σε πνευματικές δραστηριότητες

Κατά τη διάρκεια της παρατεταμένης άσκησης, ειδικά όταν αυτή γίνεται σε θερμό περιβάλλον που η επίδραση είναι εντονότερη, τα συμπτώματα που εμφανίζονται στον αφυδατωμένο οργανισμό είναι:

- Χλωμό πρόσωπο
- Συχνές μυϊκές κράμπες
- Ώθηση προς αφόδευση
- Αδυναμία
- Ζαλάδα
- Λιποθυμία
- Πονοκέφαλος
- Ναυτία
- Ανορεξία
- Διάρροια
- Μειωμένη παραγωγή ούρων
- Θερμοκρασία σώματος που κυμαίνεται 36-40°C [43-55]

Συνεπώς, η αφυδάτωση έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αθλητική απόδοση, στη θερμορύθμιση [56], στη γαστρική κένωση [57] και τη γνωστική λειτουργία [58]. Πιθανά, ο φυσιολογικός μηχανισμός της δίψας να είναι ανεπαρκής εφόσον στον οργανισμό δεν γίνεται επαρκής αναπλήρωση υγρών, ακόμη και αν υφίσταται ελεύθερη οικειοθελής κατανάλωση. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως «εθελοντική αφυδάτωση» [59, 60] και συναντάται συχνά σε αθλητές που μετά το τέλος της άσκησης, στην οποία μπορούν να καταναλώσουν όσα υγρά επιθυμούν, είναι αφυδατωμένοι σε ποσοστό υψηλότερο του 2% του σωματικού τους βάρους [61]. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι ο ρυθμός απώλειας ιδρώτα, ο οποίος μπορεί να

είναι αυξημένος και να κυμαίνεται από 400ml-2L/ώρα, δεν συμβαδίζει με την επιθυμία κατανάλωσης υγρών κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας [62, 25].

Σε περιπτώσεις που η αφυδάτωση είναι πιο σοβαρή, δηλαδή φτάνει το 3-5% της σωματικής μάζας, τα συμπτώματα που μπορεί να εμφανιστούν στον οργανισμό είναι: θολή όραση, ξηροδερμία και ρυτίδωση δέρματος, δυσκολία κατάποσης, μυϊκούς σπασμούς, ακόμη και παραισθήσεις.

Θερμορύθμιση

Κατά την άσκηση, η αυξημένη μυϊκή δραστηριότητα αυξάνει την παραγωγή θερμότητας στο ανθρώπινο σώμα. Ο λόγος είναι η ανικανότητα του εφοδιασμού των μυών με ενέργεια για την παραγωγή ισχύος, μέσω των αναβολικών αντιδράσεων. Στην ποδηλασία το σώμα του αθλητή είναι αποδοτικό περίπου κατά 20% (μέγιστα 25%), δηλαδή μόνο αυτό το ποσοστό χρησιμοποιείται για την ώθηση του ποδηλάτου ενώ το υπόλοιπο 80% από τη συνολική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα. Κάθε λίτρο οξυγόνου που καταναλώνει ο ποδηλάτης παράγονται 4 Kcal θερμότητας και για την παραγωγή μηχανικού έργου γίνεται χρήση μόνο της 1 Kcal. Σε εύκρατα και θερμά κλίματα, η αφυδάτωση συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

Από τη συνολική θερμότητα που παράγουν οι ασκούμενοι μυς, ένα μικρό ποσοστό χάνεται μέσω του δέρματος με την εφίδρωση, η οποία στα αφυδατωμένα άτομα είναι είτε αμετάβλητη είτε μειωμένη σε θερμό περιβάλλον με ένα συγκεκριμένο μεταβολικό ρυθμό. Το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας, μέσω της επιστροφής του φλεβικού αίματος στην καρδιά, μεταφέρεται στον πυρήνα του σώματος. Κατά τα πρώτα λεπτά έντονης ποδηλατικής άσκησης, ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του τετρακέφαλου μυ είναι 1°C ανά λεπτό [9,63].

Αθλητική απόδοση

Σε άρθρο του το Αμερικάνικο Κολέγιο Αθλητιατρικής, παρέχει καθοδήγηση σχετικά με την αναπλήρωση υγρών για τη διατήρηση της κατάλληλης ενυδάτωσης του

ατόμου που εκτελεί σωματική δραστηριότητα. Αναφέρει ότι η ενυδάτωση πριν την έναρξη της άσκησης, έχει σαν στόχο ο αθλητής να ξεκινήσει τη δραστηριότητα ενυδατωμένος και με κανονικά επίπεδα ηλεκτρολυτών στο πλάσμα. Επίσης, μας πληροφορεί ότι οι αθλητές κατά την διάρκεια της άσκησης θα πρέπει να ενυδατώνονται, για να μην ξεπερνούν το 2% απώλειας του σωματικού τους βάρους προκαλούμενη από εφίδρωση, διότι μειώνεται η αθλητική απόδοση ιδιαίτερα σε αερόβια αθλήματα [31].

Στις περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει σε θερμοκρασία 20°C, 90 λεπτά άσκηση με 1-2% ποσοστό αφυδάτωσης, αναφέρεται ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους αφυδατωμένους και ενυδατωμένους αθλητές [64-66]. Βέβαια, όταν η διάρκεια της άσκησης είναι πάνω από 90 λεπτά και το ποσοστό της αφυδάτωσης ξεπερνά το 2% στις ίδιες συνθήκες, παρατηρείται σημαντική μείωση της αθλητικής απόδοσης [67-69]. Έχει παρατηρηθεί ότι αφυδάτωση 2,5% μειώνει την απόδοση κατά 45% σε υψηλής έντασης άσκηση, ενώ όταν η απώλεια ανέρχεται στο 5% του σωματικού βάρους η απόδοση του έργου μειώνεται κατά 30% [9]. Ο Sawka και οι συνεργάτες του υποστηρίζουν ότι σε θερμό περιβάλλον, 1-2% ποσοστό αφυδάτωσης προκαλεί μεγάλη μείωση της απόδοσης των αθλητών [70]. Ο Below και οι συνεργάτες του στην έρευνά τους παρατήρησαν ότι η καλή υδάτωση κατά τη διάρκεια της άσκησης έχει σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη καρδιακή συχνότητα και εσωτερική θερμοκρασία, τα οποία επηρεάζουν το παραγόμενο έργο των αθλητών [26]. Σε μια έρευνα, ο Ebert και οι συνεργάτες του θέλοντας να παρατηρήσουν αν η απώλεια του σωματικού βάρους μέσω αφυδάτωσης επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην ποδηλατική απόδοση σε ανηφόρα (uphill cycling), όπως επίσης και αν η αύξηση της αναλογίας δύναμης – βάρους (power-to-mass ratio) ή η μείωση ενεργειακού κόστους κατά την ποδηλασία επηρεάζουν θετικά την απόδοση. Τελικά, κατέληξαν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας σώματος από την αφυδάτωση αντιστάθμιζε το θεωρητικό όφελος της μείωσης του σωματικού βάρους στην αναλογία δύναμης – βάρους και του κόστους ενέργειας κατά την ποδηλασία [71].

Δεν έχει διευκρινιστεί για το αν μειώνεται η αθλητική απόδοση όταν οι αθλητές είναι ήπια αφυδατωμένοι, δηλαδή όταν υφίστανται απώλεια σωματικού βάρους της τάξεως του 1%, γι' αυτό λοιπόν και εμείς πραγματοποιήσαμε την ακόλουθη μελέτη.

4. Μεθοδολογία Μελέτης

Δείγμα

Στην παρούσα μελέτη πήραν μέρος εθελοντικά 10 νέοι και υγιείς άνδρες ποδηλάτες, με καλή φυσική κατάσταση, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των οποίων αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα:

Ηλικία	29 ± 6
Βάρος (kg)	75,5 ± 6,9
Ύψος (cm)	178 ± 7
BMI (kg/m ²)	23,7 ± 1,3
VO ₂ max (ml/kg*min)	52,4 ± 3,3

Οι αθλητές συμμετέχουν σε ομάδες ποδηλασίας και αγωνίζονται σε Διεθνείς και Πανελλήνιους αγώνες κατά τη διάρκεια του έτους. Ο κάθε εθελοντής πραγματοποίησε 3 επισκέψεις στο εργαστήριο, προκειμένου να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα δεδομένα, για την ολοκλήρωση του πειραματικού μέρους της μελέτης.

Πειραματικό Πρωτόκολλο

1^η επίσκεψη

Κατά την 1^η επίσκεψη των εθελοντών στο εργαστήριο έγιναν μετρήσεις για τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά τους. Ρωτήθηκε η ημερομηνία γεννήσεώς τους (ηλικία), και στη συνέχεια έγινε ζύγιση και μέτρηση αναστήματος με τον ζυγό ακριβείας (Seca 702, England) με ενσωματωμένο αναστημόμετρο. Ακολούθησε μέτρηση σύστασης σώματος με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA), η οποία διαρκεί 20 λεπτά. Η τεχνική αυτή βασίζεται σε ένα μοριακό μοντέλο τριών διαμερισμάτων το οποίο κατηγοριοποιεί το σώμα στα διαμερίσματα της λιπώδους μάζας, της ισχνής μάζας σώματος και της μάζας οστικών μετάλλων. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε το (DXA LUNAR DPX-MD).

Για την αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης των εθελοντών εφαρμόστηκε δοκιμασία μέτρησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) [72] που διαρκεί περίπου 10-15 λεπτά, κατά την οποία οι εθελοντές ποδηλατούσαν σε κυκλοεργόμετρο Monark 839E στα 100 watt και στη συνέχεια αυξάνονταν η ένταση κατά 40 watt κάθε

2 λεπτά μέχρι εξαντλήσεως. Από τη μέτρηση αυτή καθορίζεται το μέγιστο παραγόμενο έργο του κάθε ποδηλάτη (W_{max}).

Μετά το τέλος των μετρήσεων χορηγούνταν στους εθελοντές ένας ουροσυλλέκτης, έγγραφες οδηγίες καθώς και διαιτολόγιο βάσει του πρωτοκόλλου υδατανθράκωσης για την προηγούμενη μέρα από αυτή της δοκιμασίας (μέτρηση επόμενης επίσκεψης). Στο φυλλάδιο οδηγιών τονίζεται ιδιαίτερα η κατανάλωση επαρκών ποσοτήτων υγρών (1,5-2 λίτρα) έτσι ώστε ο οργανισμός των εθελοντών να είναι επαρκώς ενυδατωμένος την ημέρα της δοκιμής. Ζητείται να απέχουν οι ποδηλάτες από οποιαδήποτε επίπονη σωματική δραστηριότητα και ιδιαίτερα από προπόνηση, καθώς και τη μη κατανάλωση ποτών που περιέχουν καφεΐνη (π.χ. καφέ, αναψυκτικά τύπου Cola) ή αλκοόλ. Τέλος, υπενθυμίζεται στους εθελοντές να συλλέξουν τα πρώτα πρωινά ούρα στον ουροσυλλέκτη που τους παρασχέθηκε, να μην καταναλώσουν πρωινό την ημέρα της μέτρησης και να έχουν μαζί τους το ποδήλατο τους καθώς και την απαραίτητη ποδηλατική ενδυμασία.

2^η και 3^η επίσκεψη

Κατά τη 2^η και 3^η επίσκεψη του εθελοντή πραγματοποιούνται οι δύο μετρήσεις, ενυδατωμένη (EU) και αφυδατωμένη (DE), σε τυχαία διασταυρούμενη μελέτη. Στο εργαστήριο προσομοιώνονται οι συνθήκες αγώνα, ενός ποδηλατικού αγώνα τύπου circuit με 3 επαναλαμβανόμενα ανηφορικά επίπεδα: ειδικά διαμορφωμένος θάλαμος με θερμό περιβάλλον 30°C, τοποθέτηση ανεμιστήρα μπροστά τους με συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου [73], χρήση σταθερού προπονητηρίου (Computrainer, Race mate, software 3D Lab) για να τοποθετηθούν τα ποδήλατά τους. Η κάθε μέτρηση αποτελείται από οκτώ στάδια:

1^ο στάδιο: Κατά την άφιξη των εθελοντών στο εργαστήριο παραλαμβάνονται τα πρώτα πρωινά τους ούρα, ελέγχεται το χρώμα των ούρων βάσει της κλίμακας χρώματος ούρων (Urine color chart) [74] και το ειδικό τους βάρος (USG) με τη χρήση διαθλασίμετρου (ATAGO, Hand-held Refractometer), για να διαπιστώσουμε αν ο οργανισμός των αθλητών είναι επαρκώς ενυδατωμένος έτσι ώστε να γίνει η έναρξη της διαδικασίας. Στη συνέχεια καταναλώναν πρωινό γεύμα που έχει ετοιμαστεί, αποτελούμενο από 2 φέτες ψωμί του τοστ και 1 κουταλιά της σούπας μέλι, για να μπορέσει να ανταποκριθεί ο οργανισμός των ποδηλατών στην όλη

διαδικασία. Ακολουθούσε ζύγιση των εθελοντών και τοποθέτηση φλεβοκαθετήρα από εξειδικευμένο προσωπικό. Κατά τη διάρκεια των 10 λεπτών που ακολουθούσαν, για να ηρεμήσουν οι εθελοντές και να γίνει η αιμοληψία, καταγράφεται η 24ωρη ανάκληση διαιτολογίου της προηγούμενης ημέρας. Έπειτα γίνεται καταγραφή της τιμής Wet Bulb Global Temperature (WBGT) του χώρου (υγρασία, ακτινοβολία και ολική θερμοκρασία), της καρδιακής συχνότητας (HR) τηλεμετρικά με παλμογράφο της (Suunto Tc6) που τοποθετήθηκε στο ύψος της ξιφοειδής απόφυσης των αθλητών, καθώς και των επιπέδων της κλίμακας της υποκειμενικής αντιλαμβανόμενης κόπωσης του Borg (Rate Perceived Exertion, RPE) [75] που μας υποδεικνύουν οι εθελοντές (βλ. σελ. 16, πίνακας 1).

2^ο στάδιο: Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται πρωτόκολλο αφυδάτωσης με άσκηση μέτριας έντασης (130-140 καρδιακούς σφυγμούς), το οποίο διαρκεί συνολικά 1 ώρα. Γίνεται σε δύο 25λεπτα και ενδιάμεσα οι εθελοντές κατεβαίνουν από το στατικό ποδήλατο, ζυγίζονται και ξεκουράζονται. Στο τέλος του πρωτοκόλλου αφυδάτωσης και μετά τη ζύγιση, γίνεται αιμοληψία, καταγραφή της τιμής WBGT του χώρου, HR, των επιπέδων της κλίμακας RPE πριν και μετά την άσκηση. Τέλος γίνεται αναπλήρωση υγρών, εφόσον είναι απαραίτητη, έτσι ώστε να επιτευχθεί αφυδάτωση 0% και 1%, στην ενυδατωμένη και αφυδατωμένη μέτρηση αντίστοιχα.

3^ο στάδιο: Στο στάδιο αυτό οι ποδηλάτες θα διανύσουν απόσταση 5km σε διαδρομή με 0% κλίση, όπου θα ποδηλατούν στο 50% του W_{max} , όπως αυτό προέκυψε από τη δοκιμασία μέτρησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου κατά την 1^η επίσκεψη των αθλητών. Πριν και μετά την άσκηση, καταγράφονται τα επίπεδα της κλίμακας RPE, όπως μας τα υποδεικνύουν οι ποδηλάτες. Κατά τη διάρκεια της άσκησης καταγράφονται ανά χιλιόμετρο ο χρόνος (Time), HR, ο μέσος όρος (Average-Avg) του παραγόμενου έργου (watt) και των στροφών ανά λεπτό που ποδηλατούν οι αθλητές (rpm). Τέλος, ζυγίζονται και επαναλαμβάνεται η διαδικασία της αναπλήρωσης υγρών, για την επίτευξη αφυδάτωσης 0% και 1% αντίστοιχα.

4^ο στάδιο: Αυτό είναι ένα από τα πιο σημαντικά στάδια, καθώς πραγματοποιείται μέγιστη προσπάθεια σε ανηφορική διαδρομή 5km. Ανά χιλιόμετρο γίνεται καταγραφή time, HR, του μέσου όρου watt και rpm. Πριν και μετά την άσκηση, καταγράφονται τα επίπεδα της κλίμακας RPE, όπως μας τα υποδεικνύουν οι ποδηλάτες. Αφού κατέβουν από το ποδήλατο, και εφόσον σκουπίσουν τον ιδρώτα

τους, οι ποδηλάτες ζυγίζονται. Ακολουθεί αιμοληψία και αναπλήρωση υγρών, εφόσον είναι απαραίτητη, ανάλογα τη μέτρηση που πραγματοποιείται (0% ή 1%).

5^ο-8^ο στάδιο: Επαναλαμβάνονται τα στάδια 3 και 4, άλλες 2 φορές. Η μόνη διαφοροποίηση είναι ότι στο στάδιο 8 πραγματοποιείται καταγραφή τις τιμές του WBGT.

Μετά το τέλος της διαδικασίας, παρασχέθηκε στους εθελοντές ένα μικρό γεύμα. Φεύγοντας προμηθεύονταν με ουροσυλλέκτη για την επόμενη μέτρηση. Επίσης τους αποστέλλεται με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο το διαιτολόγιο της ανάκλησης 24ώρου, που είχε πραγματοποιηθεί στη αρχή, για να ακολουθήσουν το ίδιο την προηγούμενη ημέρα από την επόμενη μέτρηση.

Συνοπτικά το πρωτόκολλο της μελέτης, εμφανίζεται παρακάτω (βλ. σελ.16,εικόνα 1).



Εικόνα 1

Κλίμακα αντιλαμβανόμενης κόπωσης – Borg Scale (RPE)

6	
7	Πάρα πολύ εύκολη
8	
9	Πολύ εύκολη
10	
11	Σχετικά εύκολη
12	
13	Κάπως δύσκολη
14	
15	Δύσκολη
16	
17	Πολύ δύσκολη
18	
19	Πάρα πολύ δύσκολη
20	

Πίνακας 1

Αίμα

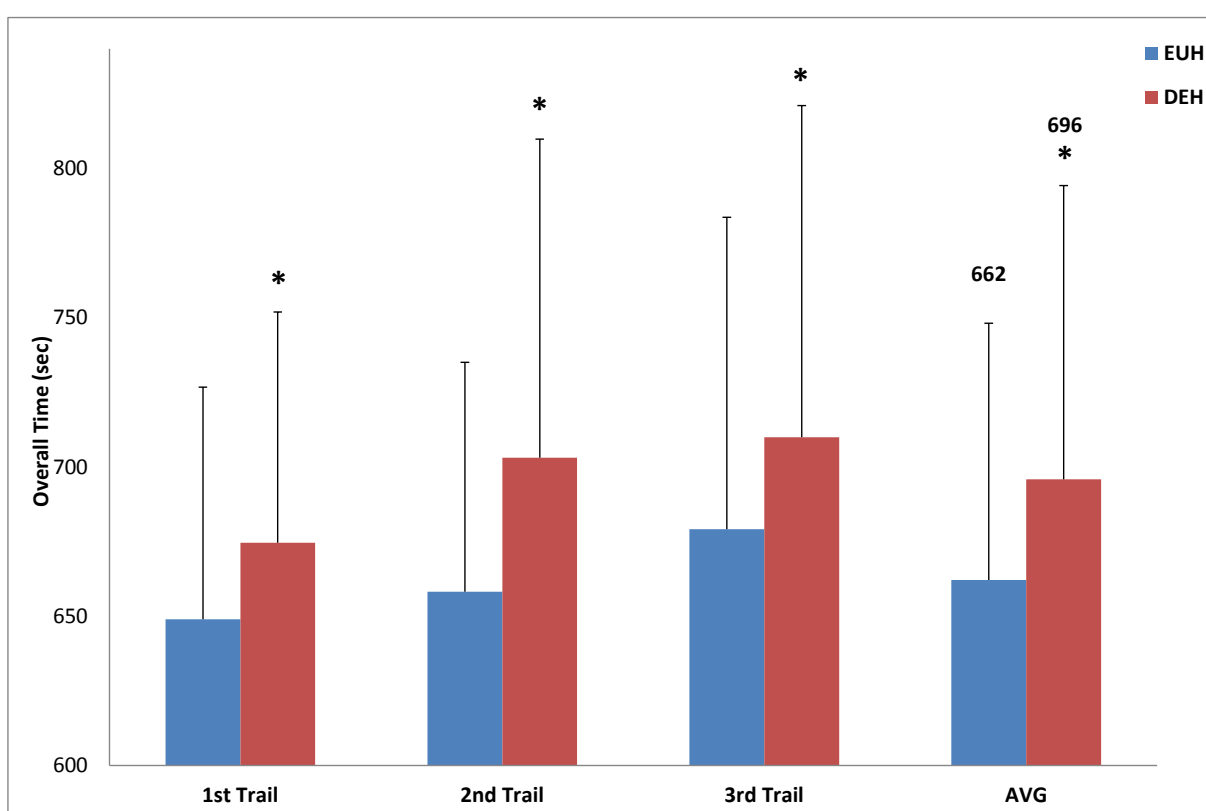
Στα στάδια 1, 2, 4, 6 και 8 έγινε συλλογή αίματος ποσότητας 5ml σε vacutainer πλάσματος για τη μέτρηση του γαλακτικού οξέος με τη συσκευή (Accutrend Lactate, Roche, Germany).

Στατιστική ανάλυση

Για την εύρεση των διαφορών της αθλητικής απόδοσης μεταξύ των δύο ομάδων (ενυδατωμένων - αφυδατωμένων) θα αξιολογηθούν με ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Repeated measures ANOVA). Ύστερα έγινε δοκιμασία Post-Hoc με διόρθωση Bonferoni. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας για αυτόν τον έλεγχο θα καθοριστεί το $P < 0.05$. Για τον έλεγχο των υποθέσεων της συγκεκριμένης μελέτης πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το στατιστικό πακέτο (SPSS 16.0).

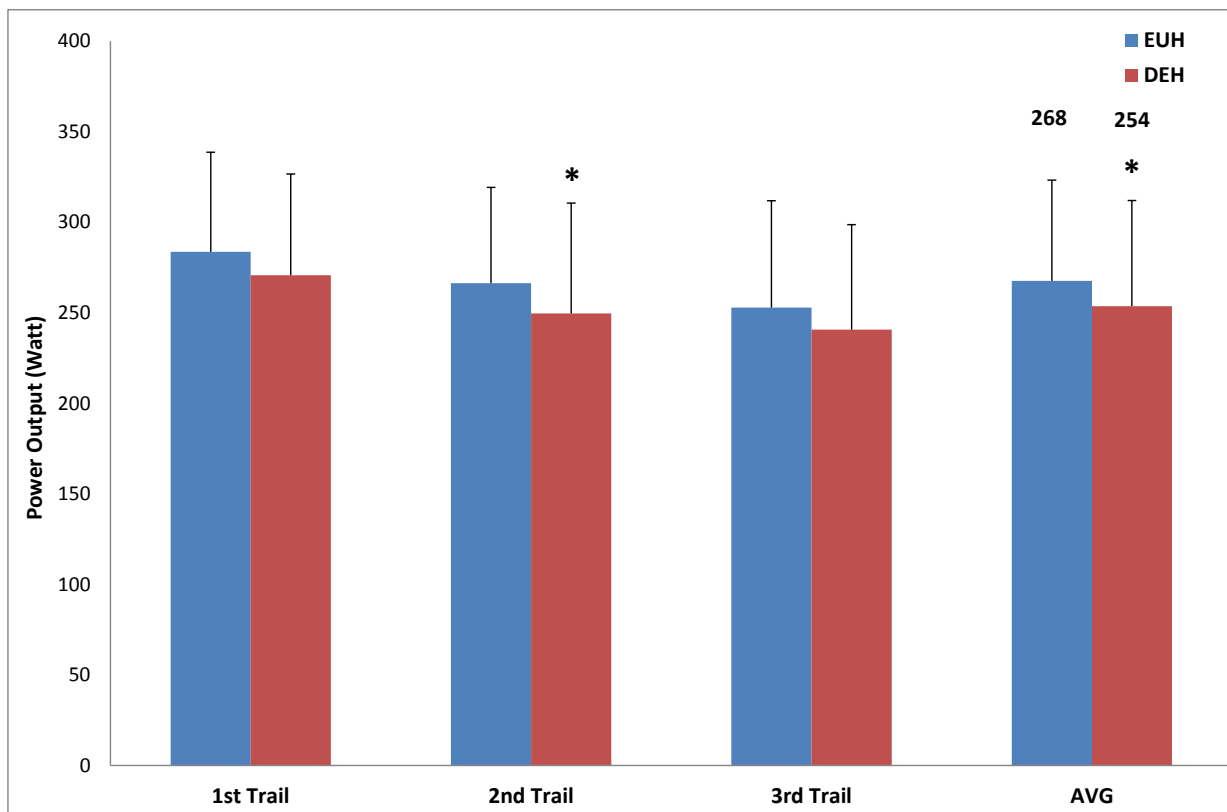
5. Αποτελέσματα

Σε όλες τις ανηφορικές διαδρομές αλλά και στο μέσο όρο αυτών, ήταν στατιστικά σημαντικές οι διαφορές στο χρόνο των αθλητών στις 2 συνθήκες, με το χρόνο των αφυδατωμένων να παραμένει σε υψηλότερο επίπεδο από των ενυδατωμένων σε όλα τα στάδια. Ο μέσος όρος της ενυδατωμένης ομάδας είναι 662sec με τυπική απόκλιση ± 86 . Ο μέσος όρος της αφυδατωμένης ομάδας είναι 696sec με τυπική απόκλιση ± 98 (βλ. σελ.18, διάγραμμα 1).



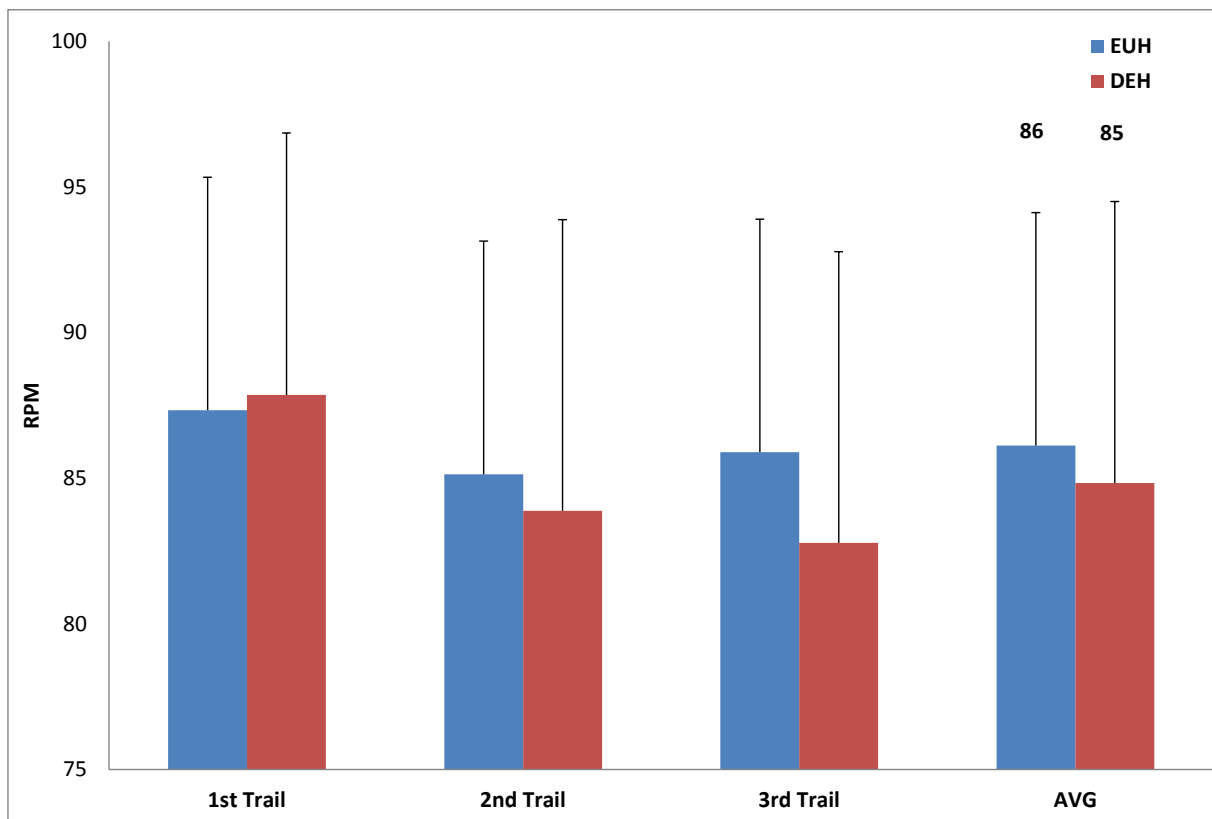
Διάγραμμα 1: Ο χρόνος των ανηφορικών διαδρομών για την ενυδατωμένη και αφυδατωμένη ομάδα. * $p \leq 0,05$

Στην παραγωγή ισχύος, παρότι είναι υψηλότερη των ενυδατωμένων αθλητών σε όλα τα στάδια, στατιστική σημαντικότητα παρατηρείται μόνο στο 2^ο ανηφορικό κομμάτι και στο μέσο όρο. Ο μέσος όρος της ενυδατωμένης ομάδας είναι 268watt με τυπική απόκλιση ± 56 . Ο μέσος όρος της αφυδατωμένης ομάδας είναι 254watt με τυπική απόκλιση ± 58 (βλ. σελ.18, διάγραμμα 2).



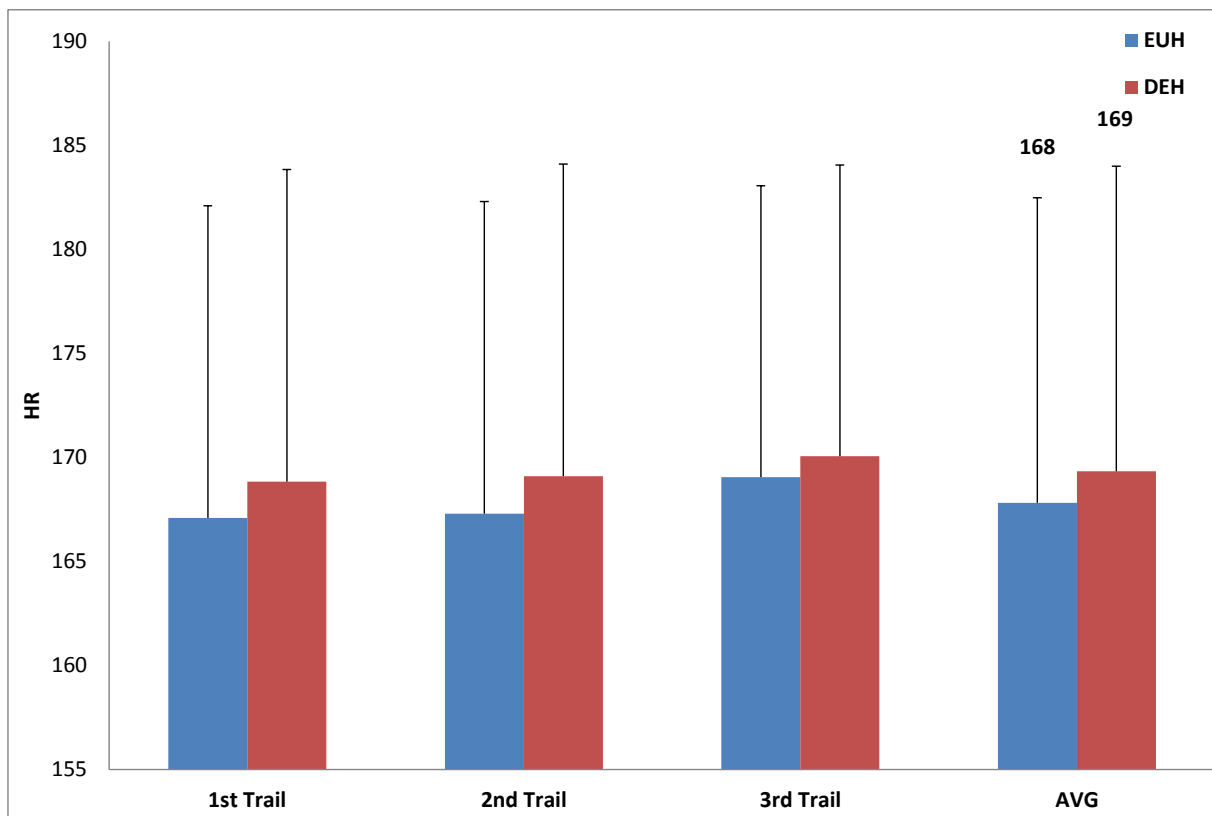
Διάγραμμα 2: Παραγωγή ισχύος των ανηφορικών διαδρομών για την ενυδατωμένη και αφυδατωμένη ομάδα. * $p \leq 0,05$

Στις στροφές ανά λεπτό που ποδηλατούν οι αθλητές, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά σε κανένα από τα ανηφορικά επίπεδα. Στο 1^ο ανηφορικό προηγείται με ελάχιστη διαφορά η αφυδατωμένη ομάδα, στο 2^ο η ενυδατωμένη με λίγο μεγαλύτερη διαφορά, ενώ στο 3^ο ανηφορικό προηγείται η ενυδατωμένη ομάδα με μεγαλύτερη διαφορά. Ο μέσος όρος της ενυδατωμένης ομάδας είναι 86rpm με τυπική απόκλιση ± 8 . Ο μέσος όρος της αφυδατωμένης ομάδας είναι 85rpm με τυπική απόκλιση ± 10 (βλ. σελ.20, διάγραμμα 3).



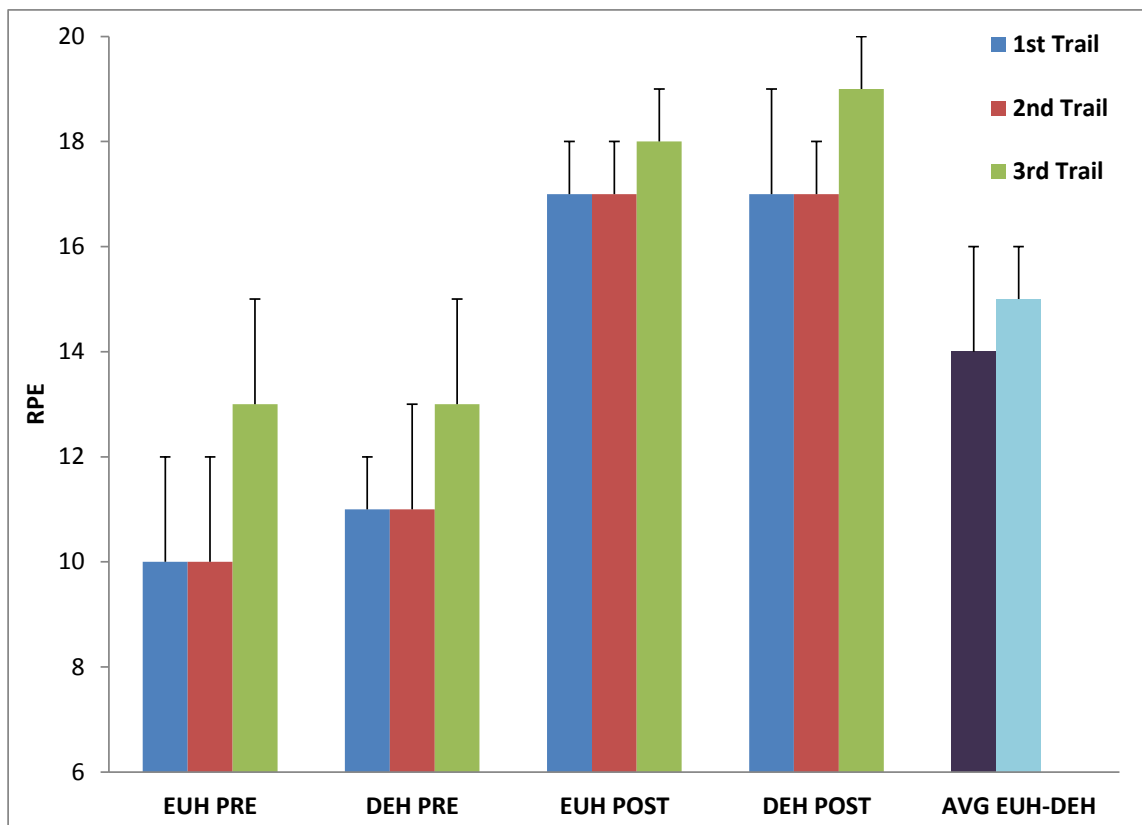
Διάγραμμα 3: Ποδηλατικό στροφάλισμα (στροφές ανά λεπτό που ποδηλατούν οι αθλητές) των ανηφορικών διαδρομών για την ενυδατωμένη και αφυδατωμένη ομάδα.

Καμία στατιστική σημαντικότητα δεν παρατηρείται στους καρδιακούς παλμούς των αθλητών των 2 ομάδων, καθώς δεν υπήρχαν μεγάλες διαφορές στις τιμές τους. Παρόλα αυτά, η καρδιακή συχνότητα των αφυδατωμένων είναι πάντα υψηλότερη σε κάθε στάδιο. Ο μέσος όρος της ενυδατωμένης ομάδας είναι 168HR με τυπική απόκλιση ± 15 . Ο μέσος όρος της αφυδατωμένης ομάδας είναι 169HR με τυπική απόκλιση ± 15 (βλ. σελ.21, διάγραμμα 4).



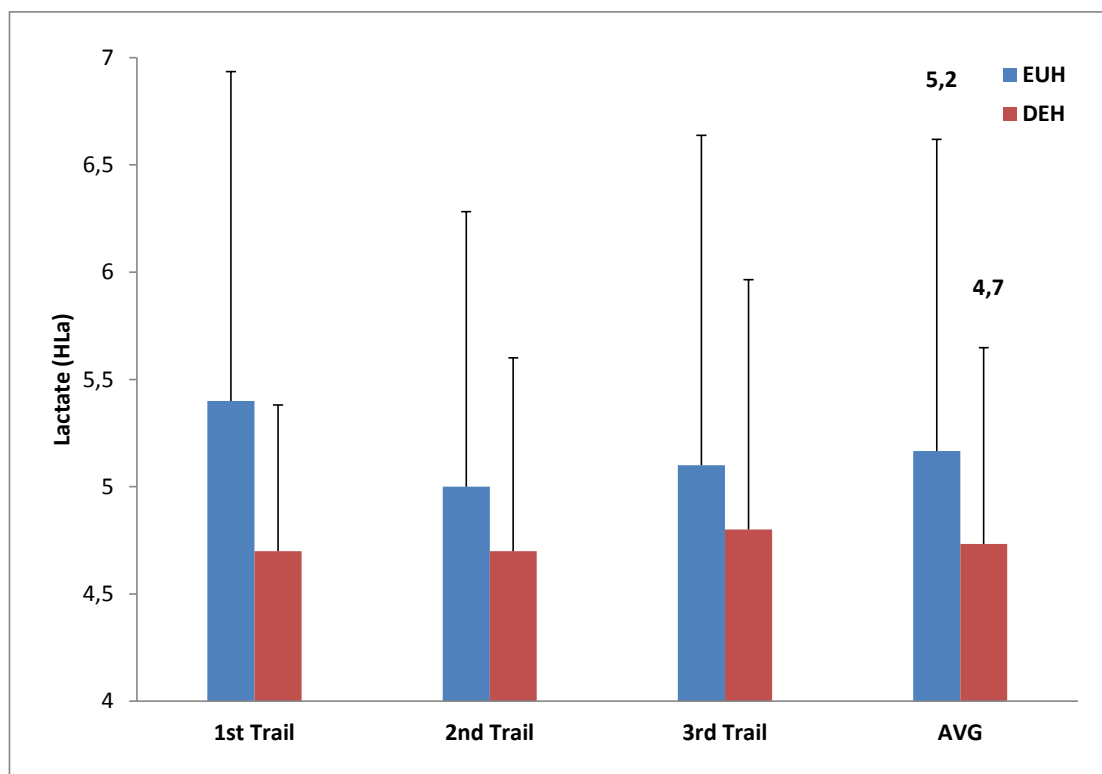
Διάγραμμα 4: Καρδιακή συχνότητα των ανηφορικών διαδρομών για την ενυδατωμένη και αφυδατωμένη ομάδα.

Στην κλίμακα της υποκειμενικής αντιλαμβανόμενης κόπωσης του Borg, οι αλλαγές δεν είναι ιδιαίτερα αισθητές και προφανώς δεν υπάρχει στατιστική διαφορά. Σε όλα τα στάδια, ξεχωρίζει ανοδικά η τιμή του 3^{ου} ανηφορικού και μας παρουσιάζει την κόπωση των αθλητών κατά την πορεία των μετρήσεων. Πριν την έναρξη της ανηφορικής διαδρομής, η αφυδατωμένη ομάδα έχει ένα ελαφρύ προβάδισμα στο 1^ο και 2^ο κομμάτι ενώ στο 3^ο οι τιμές είναι ίδιες. Μετά το πέρας των ανηφορικών μετρήσεων, η αφυδατωμένη ομάδα έχει ένα ελαφρύ προβάδισμα στο 3^ο κομμάτι ενώ στο 1^ο και στο 2^ο οι τιμές είναι ίδιες. Ο μέσος όρος των τιμών δείχνει εντονότερη κόπωση στην ομάδα των αφυδατωμένων αθλητών (βλ. σελ.22, διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5: Κλίμακα της υποκειμενικής αντιλαμβανόμενης κόπωσης του Borg των ανηφορικών διαδρομών (πριν και μετά) για την ενυδατωμένη και αφυδατωμένη ομάδα.

Στη μεταβλητή του γαλακτικού οξέος παραδόξως προηγείται η ενυδατωμένη ομάδα σε όλα τα στάδια, αλλά όχι στατιστικά σημαντικά. Ο μέσος όρος της ενυδατωμένης ομάδας είναι 5,2mg/dL με τυπική απόκλιση $\pm 1,5$. Ο μέσος όρος της αφυδατωμένης ομάδας είναι 4,7mg/dL με τυπική απόκλιση $\pm 0,9$ (βλ. σελ.23, διάγραμμα 6).



Διάγραμμα 6: Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος των ανηφορικών διαδρομών για την ενυδατωμένη και αφυδατωμένη ομάδα.

Στο δείκτη WBGT, ο οποίος μετρά ταυτόχρονα την υγρασία, την θερμοκρασία και ακτινοβολία του χώρου, δεν παρουσιάζεται στατιστική σημαντικότητα καθώς δεν υπήρξε μεγάλη διαφοροποίηση των τιμών. Ο μέσος όρος της ενυδατωμένης ομάδας είναι 25,7°C με τυπική απόκλιση $\pm 0,1$. Ο μέσος όρος της αφυδατωμένης ομάδας είναι 25,8°C με τυπική απόκλιση $\pm 0,3$.

6. Συζήτηση

Σύμφωνα με τη θέση του Αμερικάνικου Πανεπιστημίου Αθλητιατρικής, η αρνητική επίδραση στην αθλητική απόδοση επέρχεται όταν η μείωση του σωματικού βάρους λόγω εφίδρωσης είναι της τάξεως του 2%, ιδιαίτερα στα αερόβια αθλήματα [31]. Λόγω έλλειψης διευκρίνισης για την επίδραση στην απόδοση των αθλητών από τη μείωση του σωματικού βάρους λιγότερο από 2%, διεξάγεται η παρούσα έρευνα.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εκτιμηθούν οι επιδράσεις της ήπιας αφυδάτωσης της τάξεως του 1% μείωσης του σωματικού βάρους σε σχέση με 0% ως προς την αθλητική απόδοση, υπό συνθήκες αγώνα σε επαναλαμβανόμενα ανηφορικά επίπεδα (τύπου circuit) συνολικής απόστασης 30km. Η προσομοίωση του αγώνα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο σε θερμοκρασία 30°C.

Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι θετικά αφού υπήρξε μεγάλη βελτίωση σε όλα τα επαναλαμβανόμενα ανηφορικά επίπεδα και ο μέσος όρος τους είχε στατιστικά σημαντική διαφορά. Δεν ήταν μόνο η μεταβλητή του χρόνου που παρουσίασε στατιστική διαφορά (AVG Time: EUH 662 - DEU 696) αλλά και η παραγωγή ισχύος (AVG Watt: EUH 268 – DEH 254). Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί η σημαντικότητα των 2 μεταβλητών (time & watt), καθώς είναι αυτές που επηρεάζουν άμεσα την απόδοση των αθλητών. Βέβαια, παρατηρείται ότι η ενυδατωμένη ομάδα πραγματοποίησε καλύτερο χρόνο με διαφορά στατιστικά σημαντική σε όλες τις ανηφορικές διαδρομές, αλλά η στατιστική σημαντικότητα της παραγωγής ισχύος παρουσιάζεται μόνο στο 1 από τα 3 ανηφορικά επίπεδα και στο μέσο όρο της. Παρόλα αυτά, η παραγωγή ισχύος της ενυδατωμένης ομάδας είναι μεγαλύτερη από της αφυδατωμένης, σε όλα τα ανηφορικά κομμάτια.

Αντίθετα με τις παραπάνω μεταβλητές, καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε στο ποδηλατικό στροφάρισμα, στην καρδιακή συχνότητα, στις τιμές της κλίμακας Borg, στην παραγωγή γαλακτικού οξέος και στο WBGT. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του RPE οι αθλητές ένιωθαν περισσότερη κόπωση στην αφυδατωμένη δοκιμασία απ' ότι στην ενυδατωμένη, πράγμα που αποδεικνύεται και από την καρδιακή συχνότητα εφόσον είναι υψηλότερη στους αφυδατωμένους ποδηλάτες. Επίσης, η κόπωση των αθλητών παρουσιάζεται και στις στροφές ανά λεπτό που ποδηλατούν καθώς μειώνονται όταν είναι αφυδατωμένοι, σε σχέση με την ενυδατωμένη τους κατάσταση. Ως προς την παραγωγή γαλακτικού οξέος δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε όλα τα ανηφορικά επίπεδα και στις 2 περιπτώσεις (ενυδατωμένων και αφυδατωμένων), άρα δεν υπήρξε διαφορά στο δείκτη κόπωσης του γαλακτικού οξέος. Οι τιμές του δείκτη WBGT είναι παρόμοιες σε όλα τα στάδια αποδεικνύοντας ότι επικρατούσαν ίδιες συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.

Συμπερασματικά, η ήπια αφυδάτωση της τάξεως του 1% όντως επηρεάζει την απόδοση των αθλητών της ποδηλασίας σε θερμό περιβάλλον. Συνεπώς, οι αθλητές θα πρέπει να φροντίζουν για την επαρκή υδάτωση ώστε να διατηρούν το ισοζύγιο νερού στον οργανισμό τους πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τον αγώνα για την καλή κατάσταση, απόδοση και αποκατάστασή τους, αντίστοιχα.

Βιβλιογραφία

1. Armstrong, L.E., *Assessing hydration status: the elusive gold standard*. J Am Coll Nutr, 2007. **26**(5 Suppl): p. 575S-584S
2. Zerbe, R.L. and G.L. Robertson, *Osmoregulation of thirst and vasopressin secretion in human subjects: effect of various solutes*. Am J Physiol, 1983. **244**(6): p. E607-14.
3. Haussinger, D., F. Lang, and W. Gerok, *Regulation of cell function by the cellular hydration state*. Am J Physiol, 1994. **267**(3 Pt 1): p. E343-55.
4. Williams, M.H., *Nutrition for Health, Fitness & Sport*. Vol. 2. 2003: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης. 376-377.
5. Kavouras, S. A.. *Assessing hydration status*. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2002. **5**(5): 519-24.
6. Vander Arthur, S.J., Luciano Dorothy, *Human Physiology, The Mechanisms of Body Function*. Vol. II. 2001: Π.Χ. Πασχαλίδης. 693-708.
7. Cheuvront, S. N., R. Carter, 3rd, et al. *Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress*. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2004. **14**(5):532-40.
8. Shapiro, Y., K. B. Pandolf, et al. *Predicting sweat loss response to exercise, environment and clothing*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1982. **48**(1): 83-96.
9. Burke, E.R., *High-Tech Cycling*. Human Kinetics, 2003. 241-264.
10. Convertino, V. A., L. E. Armstrong, et al. *American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement*. Med Sci Sports Exerc, 1996. **28**(1): i-vii.
11. Wenger, C. B. *Heat of evaporation of sweat: thermodynamic considerations*. J Appl Physiol, 1972. **32**(4): 456-9.

12. Mitchell, J. W., E. R. Nadel, et al. *Respiratory weight losses during exercise*. J Appl Physiol, 1972. **32**(4): 474-6.
13. Hoyt, R.W., and A. Honig. *Body fluid and energy metabolism at high altitude*. J. Appl. Physiol, 1996. **49**:311–318.
14. Newburgh, L.H., M.W. Johnston, and M. Falcon-Lesses. *Measurement of total water Exchange*. J Clin Invest, 1930. **8**(2): p. 161-96.
15. Andreoli, T.E., *Water: normal balance, hyponatremia, and hypernatremia*. Ren Fail, 2000. **22**(6): p. 711-35.
16. West, C. R. *Urine Flow Rates in Male and Female Urodynamic Patients Compared with the Liverpool Nomograms*, 1990. **65**(5): p. 483–487.
17. Convertino, V.A., *Blood volume: its adaptation to endurance training*. Med Sci Sports Exerc, 1991. **23**(12): p. 1338-48.
18. Mittleman, K.D., *Influence of angiotensin II blockade during exercise in the heat*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1996. **72**(5-6): p. 542-7.
19. Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA., *Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat*. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, 2001 Apr. **128**(4):679-90.
20. Ryan, A. J., G. P. Lambert, et al. *Effect of hypohydration on gastric emptying and intestinal absorption during exercise*. J Appl Physiol, 1998. **84**(5): 1581-8.
21. Takamata, A., G. W. Mack, et al. *Osmoregulatory modulation of thermal sweating in humans: reflex effects of drinking*. Am J Physiol, 1995. **268**(2 Pt 2): R414-22.
22. Montain, S. J. and E. F. Coyle. *Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume*. J Appl Physiol, 1992. **73**(3): 903-10.
23. Sawka, M.N., et al., *Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels*. J Appl Physiol, 1985. **59**(5): p. 1394-401.
24. Walsh, R.M., et al., *Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration*. Int J Sports Med, 1994. **15**(7): p. 392-8.
25. Montain, S.J. and E.F. Coyle, *Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise*. J Appl Physiol, 1992. **73**(4): p. 1340-50.

26. Below, P.R., et al., *Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise*. Med Sci Sports Exerc, 1995. **27**(2): p. 200-10.
27. Maughan, R.J. and J.B. Leiper, *Sodium intake and post-exercise rehydration in man*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1995. **71**(4): p. 311-9.
28. Nose, H., et al., *Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans*. J Appl Physiol, 1988. **65**(1): p. 325-31.
29. Nose, H., et al., *Involvement of sodium retention hormones during rehydration in humans*. J Appl Physiol, 1988. **65**(1): p. 332-6.
30. Shirreffs, S.M., et al., *Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content*. Med Sci Sports Exerc, 1996. **28**(10): p. 1260-71.
31. Sawka, M.N., et al., *Exercise and Fluid Replacement*. Med Sci Sports Exerc, 2007.
32. Maughan, R.J., J.B. Leiper, and S.M. Shirreffs., *Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: effects of food and fluid intake*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1996. **73**(3-4): p. 317-25.
33. Ray, M. L., M. W. Bryan, et al., *Effect of sodium in a rehydration beverage when consumed as a fluid or meal*. J Appl Physiol, 1998. **85**(4): 1329-36.
34. Shirreffs, S.M. and R.J. Maughan, *Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses*. Am J Physiol, 1998. **274**(5Pt 2): p. F868-75.
35. Kavouras, S.A., et al., *Rehydration with glycerol: endocrine, cardiovascular, and thermoregulatory responses during exercise in the heat*. J Appl Physiol, 2006. **100**(2): p.442-50.
36. Latzka, W.A., et al., *Hyperhydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise-heat stress*. J Appl Physiol, 1998. **84**(6): p. 1858-64.
37. Freund, B.J., et al., *Glycerol hyperhydration: hormonal, renal, and vascular fluid responses*. J Appl Physiol, 1995. **79**(6): p. 2069-77.
38. O'Brien, C., et al., *Glycerol hyperhydration: physiological responses during cold-air exposure*. J Appl Physiol, 2005. **99**(2): p. 515-21.

39. Montain, S.J., S.N. Cheuvront, and M.N. Sawka, *Exercise associated hyponatraemia: quantitative analysis to understand the aetiology*. Br J Sports Med, 2006. **40**(2): p. 98-105; discussion 98-105.
40. Burke, L.M. and J.A. Hawley, *Fluid balance in team sports. Guidelines for optimal practices*. Sports Med, 1997. **24**(1): p. 38-54.
41. Atkinson, G., et al., *Science and cycling: current knowledge and future directions for research*. J Sports Sci, 2003. **21**(9): p. 767-87.
42. Takamata, A., et al., *Sodium appetite, thirst, and body fluid regulation in humans during rehydration without sodium replacement*. Am J Physiol, 1994. **266**(5 Pt 2): p. R1493-502.
43. Altman, P.L., *Blood and Other Body Fluids*. Washington, DC: Federation of American Societies for Experimental Biology, 1961.
44. Armstrong, L.E., R.W. Kenefick, J.W. Castellani, D. Riebe, S.A. Kavouras, J.T. Kuznicki, and C.M. Maresh. *Bioimpedance spectroscopy technique: intra-, extracellular, and total body water*. Med. Sci. Sports Exerc, 1997. **29**:1657-1663.
45. Friedl, K.E., J.P. Deluca, L.J. Marchitelli, and J.A. Vogel. *Reliability of body-fat estimates from a four-compartment model by using density, body water, and bone mineral measurements*. Am. J. Clin Nutr, 1992. **55**:764-770.
46. Latzka, W.A., M.N. Sawka, S. Montain, G.S. Skrinar, R.A. Fielding, R.P. Matott, and K.B. Pandolf. *Hyperhydration: thermoregulatory effects during compensable exercise-heat stress*. J. Appl. Physiol, 1997. **83**:860-866.
47. Maw, G.J., I.L., Mackenzie, D.A. M. Comer, and N.A.S. Taylor. *Whole-body hyperhydration in endurance-trained males determined using radionuclide dilution*. Med. Sci. Sports Exerc, 1996. **28**:1038-1044.
48. Sawka, M.N., A.J. Young, P.B. Rock, T.P. Lyons, R. Boushel, B.J. Freund, and S.R. Muza, et al. *Altitude acclimatization and blood volume: effects of exogenous erythrocyte volume expansion*. J. Appl. Physiol, 1996. **81**:636-642.
49. Malvin, H. Williams, επιστ. επιμέλεια: Συντώσης Λ., *Διατροφή, υγεία, ευρωστία και αθλητική απόδοση*, 2003. **9**:388-391.
50. Rich B. Environmental concerns: heat. In: Sallis RE, Massimino F, eds. *Essentials of Sports Medicine*. St Louis, MO: Mosby Year Book, 1997. 129–133.

51. Brewster SJ, O'Connor FG, Lillegard WA. *Exercise-induced heat injury: diagnosis and management*. Sports Med Arthrosc Rev, 1995. **3**:206–266.
52. Knochel JP. *Environmental heat illness: an eclectic review*. Arch Intern Med, 1974. **133**:841–864.
53. Armstrong LE, Hubbard RW, Kraemer WJ, DeLuca JP, Christensen EL. *Signs and symptoms of heat exhaustion during strenuous exercise*. Ann Sports Med, 1987. **3**:182–189.
54. Casa DJ, Roberts WO. *Considerations for the medical staff in preventing, identifying and treating exertional heat illnesses*. In: Armstrong LE, ed. Exertional Heat Illnesses. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003. in press.
55. Πούλια, Λ., (2009) '*Η σημασία της πρόσληψης υγρών/ Πρόληψη αφυδάτωσης*', προσπελάστηκε: 20 Σεπτεμβρίου 2011, <http://www.diaitisia.gr/symvoules/diatrofi-ell/2790-dehydration.html>
56. Walsh, R.M., et al., *Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration*. Int J Sports Med, 1994. **15**(7): p. 392-8.
57. Rehrer, N.J., et al., *Effects of dehydration on gastric emptying and gastrointestinal distress while running*. Med Sci Sports Exerc, 1990. **22**(6): p. 790-5.
58. Gopinathan, P.M., G. Pichan, and V.M. Sharma, *Role of dehydration in heat stress-induced variations in mental performance*. Arch Environ Health, 1988. **43**(1): p. 15-7.
59. Greenleaf, J.E., *Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration*. Med Sci Sports Exerc, 1992. **24**(6): p. 645-56.
60. Hubbard, R.W., et al., *Voluntary dehydration and alliesthesia for water*. J Appl Physiol, 1984. **57**(3): p. 868-73.
61. Sharp, R.L., *Role of sodium in fluid homeostasis with exercise*. J Am Coll Nutr, 2006. **25**(3 Suppl): p. 231S-239S.
62. Rehrer, N.J., *Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport*. Sports Med, 2001. **31**(10): p. 701-15.
63. Sawka, M. N. and E. F. Coyle. *Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat*. Exerc Sport Sci Rev, 1999. **27**:167-218.

64. Robinson, T. A., J. A. Hawley, et al. *Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures.* Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1995. **71**(2-3): 153-60.
65. Bachle, L., J. Eckerson, et al. *The effect of fluid replacement on endurance performance.* J Strength Cond Res, 2001. **15**(2): 217-24.
66. McConell, G. K., T. J. Stephens, et al. *Fluid ingestion does not influence intense 1-h exercise performance in a mild environment.* Med Sci Sports Exerc, 1999. **31**(3):386-92.
67. Cheuvront, S. N., R. Carter, 3rd, et al. *Fluid balance and endurance exercise performance.* Curr Sports Med Rep, 2003. **2**(4): 202-8.
68. McConell, G. K., C. M. Burge, et al. *Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise.* Acta Physiol Scand, 1997. **160**(2):149-56.
69. Fallowfield, J. L., C. Williams, et al. *Effect of water ingestion on endurance capacity during prolonged running.* J Sports Sci, 1996. **14**(6): 497-502.
70. Sawka, M. N., A. J. Young, et al. *Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration.* J Appl Physiol, 1992. **73**(1): 368-75.
71. Ebert, T.R., et al., *Influence of hydration status on thermoregulation and cycling hill climbing.* Me Sci Sports Exerc, 2007. **39**(2): p. 323-9.
72. Gore, C.J., *Physiology Tests for Elite Athletes: Australian Sports Commission.* Human Kinetics, Leeds.
73. Saunders, A.G., et al., *The effects of different air velocities on heat storage and body temperature in humans cycling in a hot, humid environment.* Acta Physiol Scand, 2005. **183**(3): p. 241-55.
74. Armstrong, L.E., et al., *Urinary indices of hydration status.* Int. J. Sport Nutrition, 1994. **4**(3): p. 265-79.
75. Borg, G.A., *Psychophysical bases of perceived exertion.* Med Sci Sports Exerc, 1982. **14**(5): p. 377-81.