

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Αξιολόγηση επιπέδων υδάτωσης σε νεαρούς κολυμβητές

ΟΝ/ΜΟ: Αγγελοπούλου Αθανασία

A.M.: 20646

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κάβουρας Σταύρος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Κάβουρας Σταύρος

Συντώσης Λάμπρος

Παναγιωτάκος Δημοσθένης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω ειλικρινά τον καθηγητή κ. Σταύρο Κάβουρα για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εθελοντές, χωρίς τους οποίους δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί η όλη έρευνα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον βοηθό και συνεργάτη του κ. Κάβουρα, Ιωάννη Αρναούτη, που με βοήθησε να φέρω εις πέρας την εργασία αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	5
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ-ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	6
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΓΡΩΝ-ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ.....	7
ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΝΕΡΟΥ	14
ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ ΥΔΑΤΟΣ.....	14
ΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ.....	18
2. ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ	19
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ	19
ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	20
ΡΥΘΜΟΣ ΕΦΙΔΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΓΡΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ.....	23
3.ΥΔΑΤΩΣΗ.....	24
ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΥΔΑΤΩΣΗΣ.....	24
Α)ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ.....	24
Β) ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ.....	24
Γ)ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΙΣΗΣ.....	26
Δ) ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΤΑ ΟΥΡΑ	27
4. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	31
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	31
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	33
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	44

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σημασία του νερού για την κυτταρική ομοιόσταση και τη ζωή καθιστά επιτακτική την αναγνώριση καταστάσεων έλλειψης νερού έτσι ώστε να μπορέσουν να αποφευχθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις της αφυδάτωσης. Στη παρούσα μελέτη σκοπός ήταν να αξιολογηθούν τα επίπεδα υδάτωσης σε αθλητές κολύμβησης, υψηλού επιπέδου, ηλικίας 13-17 ετών. Συγκεκριμένα εκτιμήθηκαν τα επίπεδα υδάτωσης κατά την έναρξη της ημέρας αλλά και πριν και μετά από την πραγματοποίηση μιας προπόνησης. Η μελέτη αυτή αξιολόγησε την κατάσταση υδάτωσης των αθλητών χρησιμοποιώντας τον δείκτη USG (ειδικό βάρος ούρων) αλλά και το χρώμα αυτών. Ο διεθνής οργανισμός της NATA χρησιμοποιεί το όριο του 1,020 για να κατατάξει τους αθλητές ως αφυδατωμένους για τον δείκτη του ειδικού βάρους των ούρων. Το δείγμα που μελετήθηκε στη παρούσα μελέτη ήταν 12 αθλητές κολύμβησης. Με τη χρήση του διαθλασίμετρου βρέθηκαν οι τιμές USG για κάθε αθλητή. Ο μέσος όρος του δείγματος από τα πρωινά δείγματα, πριν και μετά την προπόνηση ήταν $1,026 \pm 0,003$, $1,025 \pm 0,006$ και $1,021 \pm 0,01$ αντίστοιχα. Το ποσοστό που ξεπέρασε το 1,020 το πρωί, ήταν 100%, πριν την προπόνηση ήταν 83,4% και μετά την προπόνηση παρέμεινε στο 83,4%. Το γεγονός ότι το 83,4% των αθλητών βρέθηκε αφυδατωμένο πριν την προπόνηση είναι πολύ σημαντικό, αφού αυτό θα έχει επιπτώσεις στην αθλητική απόδοση. Τέλος, το ότι διατηρήθηκαν οι κολυμβητές στο ίδιο, ή βρέθηκαν σε καλύτερο επίπεδο υδάτωσης μετά την προπόνηση, σημαίνει ότι κατανάλωναν υγρά κατά την προπόνηση. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι υπήρχε μείωση του βάρους όμως, ίσως οι ποσότητες που κατανάλωναν, δεν ήταν επαρκείς για να αποκαταστήσουν τις απώλειες.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό είναι το κύριο χημικό συστατικό στο ανθρώπινο σώμα. Είναι ένα από τα σημαντικότερα θρεπτικά συστατικά της ζωής και παρ' όλα αυτά συχνά αγνοείται [1]. Συγκεκριμένα λειτουργεί σαν διαλύτης και διαχωριστικό μέσο καθώς και ως μεταφορέας και διανομέας των θρεπτικών ουσιών, των μεταβολιτών, των ορμονών και άλλων υλικών γύρω από το σώμα και μέσα στα κύτταρα. Εκτός αυτού απομακρύνει τα παράγωγα μεταβολισμού κυρίως μέσω των ούρων και των περιττωμάτων και δρα σαν αντιδραστήριο



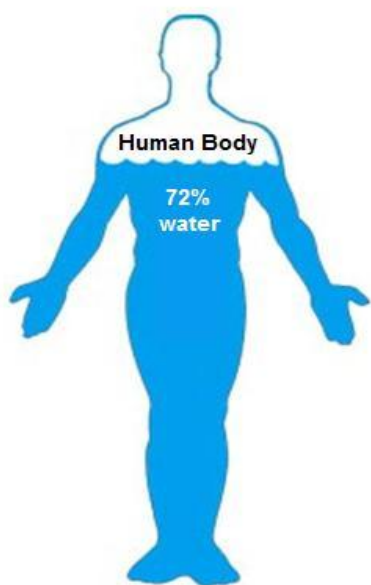
σε πολλές μεταβολικές αντιδράσεις.

Ακόμα

είναι θερμορρυθμιστής λόγω της υψηλής ειδικής θερμότητας και θερμότητας της εξάτμισης. Διευκολύνει τις απαραίτητες δομικές μετατοπίσεις στα μακρομόρια ,όπως και στις πρωτεΐνες και τα νουκλειικά οξέα. Αποτελεί δομικό μόριο που διατηρεί τη κυτταρική μορφή και τέλος δρα ως απορροφητής κραδασμών, όπως για παράδειγμα για τον εγκέφαλο. Μέχρι σήμερα, οι επιστήμονες δεν είναι ξεκάθαροι για το ποια είναι η κατάλληλη ποσότητα κατανάλωσης νερού για την καλή υδάτωση. Το Εθνικό Ερευνητικό Συμβούλιο έχει προτείνει την ημερήσια κατανάλωση 1ml/kcal από την ενέργεια που καταναλώνεται καθημερινά. Τίποτα όμως ακόμα δεν είναι απολύτως σίγουρο [1].

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΩΜΑΤΟΣ-ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Το νερό αποτελεί περίπου το 60% της συνολικής σωματικής μάζας με εύρος από 50% έως 70%. Η άλιπη μάζα σώματος αποτελείται περίπου από 73% νερό ενώ η λιπώδης μάζα σώματος από μόνο από 10%. Ένας φυσιολογικός, νέος άνδρας 70 κιλών έχει συνολική ποσότητα νερού στο σώμα του περίπου 42 λίτρα. Περίπου 5%-10% του νερού του σώματος ανανεώνεται καθημερινά [1]. Το ολικό νερό του σώματος ρυθμίζεται μέσα στα στενά όρια μεταξύ του 0,3 και του 0,5 % του σωματικού βάρους σε καθημερινή βάση [2]. Ωστόσο η κατανομή του ολικού νερού σώματος ποικίλει ανάλογα με την ηλικία, το φύλο και το σωματικό βάρος. Η ποσότητα του Ο.Ν.Σ. είναι ουσιαστικής σημασίας μιας και εφοδιάζει όλα τα σημεία του ανθρώπινου οργανισμού με τις οργανικές και ανόργανες ουσίες που βρίσκονται διαλυμένες σε αυτό.



Ο όγκος και η κατανομή του σωματικού νερού και των ηλεκτρολυτών έχει προσδιοριστεί επακριβώς από τη δεκαετία του '50 και τους Edelman και Leibman [3]. Το ολικό νερό του σώματος (Ο.Ν.Σ) κατανέμεται ως εξής : Σε ηρεμία το 55% του Ο.Ν.Σ. είναι ενδοκυττάρια υγρά, τα οποία βρίσκονται έσω της κυτταρικής μεμβράνης, ενώ το υπόλοιπο 45% εξωκυττάρια, στα οποία περιλαμβάνονται όλα τα υγρά έξω από την μεμβράνη των κυττάρων. Στα ενδοκυττάρια υγρά περιλαμβάνονται τα ενδοαγγειακά και τα εξωαγγειακά υγρά, ενώ διαχωρίζονται ανάμεσα στο διάμεσο χώρο και στο πλάσμα. Η κατανομή του Ο.Ν.Σ ανάμεσα στα σωματικά διαμερίσματα εξαρτάται από την ποσότητα των διαλυμένων ουσιών στο κάθε διαμέρισμα [4]. Η κίνηση του νερού μεταξύ του διάμεσου χώρου και των ενδοαγγειακών διαμερισμάτων οφείλεται κυρίως στην υδροστατική πίεση και την ωσμωτικότητα που οφείλεται στη διαφορά της πυκνότητας συγκέντρωσης των κυριότερων ηλεκτρολυτών στα εν λόγω διαμερίσματα [5]. Το φαινόμενο της ωσμωτικότητας μπορεί να εξηγηθεί ως εξής. Όταν μια μεμβράνη διαπερατή στο νερό, χωρίζει δύο υδάτινα διαμερίσματα διαφορετικής συγκέντρωσης διαλυμένων ουσιών, παρατηρείται μια κίνηση του νερού από το διαμέρισμα με τη μικρότερη συγκέντρωση (περισσότερο νερό) προς το διάλυμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση (λιγότερο νερό). Η κίνηση του νερού λέγεται ώσμωση και θεωρείται ίση με

την εξάσκηση δύναμης σε όλη την επιφάνεια της μεμβράνης από την αντίθετη όμως κατεύθυνση. Αυτή ακριβώς η πίεση που χρειάζεται για να αντισταθμίσει την ώσμωση σε ένα διάλυμα, καθ' όλη την επιφάνεια μιας ημιδιαπερατής μεμβράνης, καλείται ωσμωτική πίεση. Η μεταφορά νερού μεταξύ διάμεσου και ενδοκυττάριου χώρου οφείλεται αποκλειστικά στη διαφορά ωσμωτικότητας [6].

Η μεταβλητότητα στο συνολικό νερό σώματος κατά κύριο λόγο οφείλεται σε διαφορές στη σύνθεση σώματος. Οι γυναίκες και οι ηλικιωμένοι έχουν μειωμένο ολικό σωματικό νερό κυρίως επειδή έχουν λιγότερη άλιπη μάζα και αυξημένο σωματικό λίπος. Οι διαφορές των φύλων στη συνολική ποσότητα νερού δεν παρατηρούνται παρά μόνο μετά την ηλικία των 12 ετών περίπου [7], όταν στα αγόρια αρχίζει να αυξάνει η άλιπη μάζα σώματος, με ρυθμό ταχύτερο από ότι στα κορίτσια.

Οι αθλητές έχουν σχετικά υψηλές τιμές συνολικού σωματικού νερού λόγω της ύπαρξης ενός υψηλού ποσοστού άλιπης μάζας σώματος, ενός χαμηλού ποσοστού σωματικού λίπους και υψηλά επίπεδα γλυκογόνου σκελετικών μυών. Τα υψηλά επίπεδα γλυκογόνου σκελετικών μυών αυξάνουν την περιεκτικότητα σε νερό των άλιπων ιστών λόγω της ωσμωτικής πίεσης που ασκείται από κοκκία γλυκογόνου εντός των μυών του σαρκοπλάσματος [8, 9].

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΓΡΩΝ-ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ

Αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν τις απώλειες σωματικού νερού και κατά συνέπεια επηρεάζουν και τις απαιτήσεις για κατανάλωση υγρών. Ανάμεσα στους πιο σημαντικούς είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες και το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας. Το μέγεθος του σώματος είναι επίσης σημαντικό: τόσο η σωματική σύσταση και ο όγκος του σώματος, τα οποία σχετίζονται με το σωματικό βάρος και καθορίζουν του μεταβολικά ενεργού ιστού, όσο και η σωματική επιφάνεια, η οποία είναι ανάλογη του τετραγώνου του σωματικού βάρους και αντιπροσωπεύει την επιφάνεια που είναι διαθέσιμη για την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες [10].

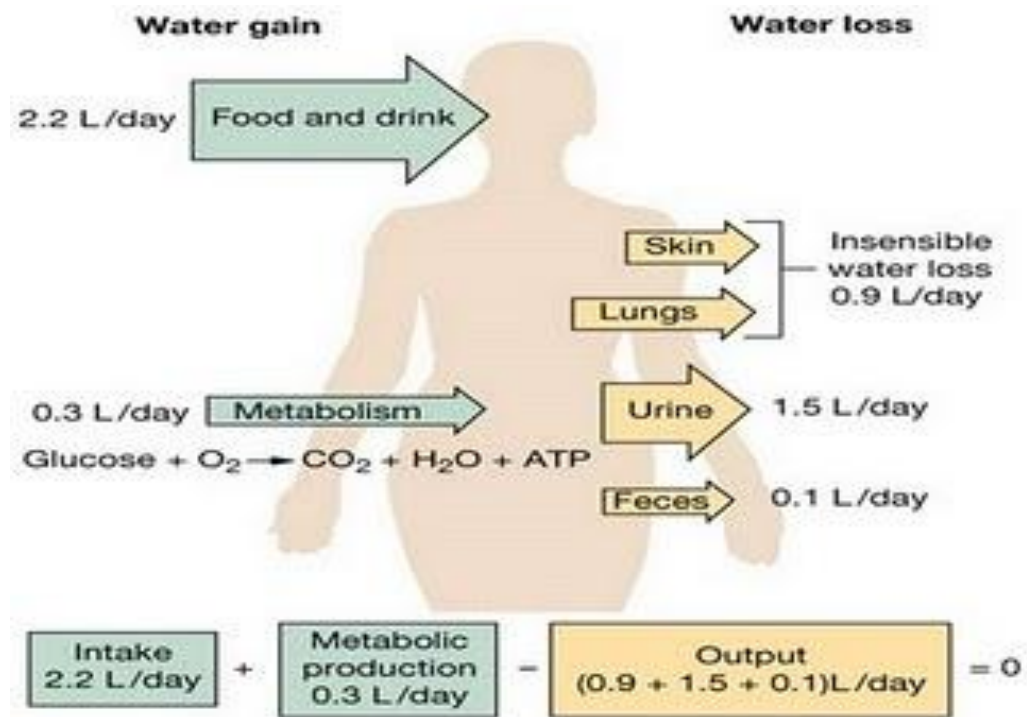
Οι απαιτήσεις σε νερό καθορίζονται από τις συνολικές απώλειες μέσω διαφόρων οδών και σε κάθε περίπτωση, με εξαίρεση το βραχυχρόνιο χρονικό διάστημα, η πρόσληψη θα πρέπει να είναι ίση με τις απώλειες. Οι απώλειες σωματικού νερού πραγματοποιούνται μέσω διαφόρων οδών, κάποιες από τις οποίες αποτελούν τις κύριες οδούς, ενώ κάποιες άλλες είναι δευτερεύουσας σημασίας. Οι απώλειες στα ούρα, τα κόπρανα, τον ιδρώτα, τον εκπνεόμενο αέρα και μέσω του δέρματος αποτελούν τις κύριες οδούς απώλειας νερού, ενώ μικρότερες απώλειες παρατηρούνται μέσω της απώλειας αίματος κ.α, αλλά οι απώλειες αυτές είναι υπό φυσιολογικές συνθήκες χωρίς ιδιαίτερη σημασία [10].

<u>ΑΝΑΦΟΡΑ</u>	<u>ΠΗΓΗ</u>	<u>ΑΠΩΛΕΙΑ (mL/d)</u>	<u>ΠΑΡΑΓΩΓΗ(mL/d)</u>
Hoyt και Honig, 1996	Αναπνευστική απώλεια	-250 έως -350	
Adolph, 1947b	Απώλεια ούρων	-500 έως -1000	
Newburgh et al., Fecal	Απώλεια κοπράνων	-100 έως -200	
Kuno, 1956	Αδηλη απώλεια	-450 έως -1900	
Hoyt και Honig, 1996	Μεταβολική παραγωγή		250 έως 350
	Συνολικά	-1300 έως -3450	250 έως 350
	Καθαρή απώλεια	-1050 έως -3100	

Πίνακας 1. Εκτίμηση της ελάχιστης ημερήσιας απώλειας και παραγωγής νερού.

Τα πόσιμα υγρά όπως το νερό, η σόδα, το γάλα, ο καφές και το τσάι αποτελούν το βασικό μέσο αναπλήρωσης των απωλειών του νερού. Ωστόσο και οι στερεές τροφές υπολογίζονται ως πηγές νερού, και μάλιστα μέσω δύο διαφορετικών τρόπων. Πρώτον, οι τροφές περιέχουν νερό σε διάφορες ποσότητες. Ορισμένες τροφές όπως το μαρούλι, το

πεπόνι, το σέλινο και τα περισσότερα φρούτα περιέχουν 90% περίπου νερό και πολλές άλλες περιέχουν περισσότερο από 60%. Ακόμα και το ψωμί, ένα σχετικά ξηρό τρόφιμο, περιέχει 36% νερό. Δεύτερον, ο μεταβολισμός των τροφών για παραγωγή ενέργειας παράγει επίσης νερό. Τα λίπη, οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες, όλα παράγουν νερό κατά τη διάσπασή τους.



Οι υγιείς άνθρωποι ρυθμίζουν εντυπωσιακά καλά την ημερήσια υδατική ισορροπία παρά τις αλλαγές στις βιολογικές εξελίξεις και την έκθεση σε αγχωτικούς παράγοντες σε κατάσταση ενυδάτωσης. Όσο η τροφή και τα υγρά είναι διαθέσιμα η ενυδάτωση σε γενικές γραμμές διατηρείται σε καλά επίπεδα. Οι ημερήσιες ανάγκες σε νερό καθορισμένες από την ισορροπία υγρών, τη ροή του νερού ή έρευνες κατανάλωσης παρέχουν παρόμοιες τιμές για δεδομένες συνθήκες. Μια ημερήσια πρόσληψη της τάξης των 3,7 L για ενήλικες άντρες και 2,7 L για ενήλικες γυναίκες αντιστοιχούν στις ανάγκες της πλειονότητας των ατόμων. Ωστόσο επίμονη σωματική δραστηριότητα και υπερβολικό άγχος μπορούν να αυξήσουν σε μεγάλο βαθμό τις ημερήσιες ανάγκες σε νερό καθώς και η ατομική μεταβλητότητα ανάμεσα στους αθλητές μπορεί να είναι σημαντική.

Συγκεκριμένα, η έκθεση του IOM το 2004-2005 δεν έδωσε με ακρίβεια τις απαιτήσεις σε νερό, αλλά έθεσε τις γενικές συστάσεις για τις γυναίκες περίπου σε 2,7 lit/ημέρα νερό από όλα τα ποτά και τα τρόφιμα, και για τους άντρες ένα μέσο όρο περίπου

3,7 lit/ημέρα. Σύμφωνα με την έκθεση του IOM, το 80% της συνολικής πρόσληψης νερού προέρχεται από το πόσιμο νερό και τα ποτά και τα άλλα 20% προέρχονται από τρόφιμα. Η παρατεταμένη άσκηση καθώς και η έκθεση σε θερμό περιβάλλον μπορεί να αυξήσει τις απώλειες σε υγρά και επομένως να αυξήσει τις καθημερινές ανάγκες [11].

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ

1.ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ:

Ο στόχος της υδάτωσης του αθλητή πριν την άσκηση, είναι ο αθλητής να ξεκινήσει τη σωματική δραστηριότητα ενυδατωμένος και με κανονικά επίπεδα ηλεκτρολυτών πλάσματος. Κατά την ενυδάτωση πριν την άσκηση, το άτομο πρέπει να πει με αργό ρυθμό υγρά (περίπου $5-7 \text{ ml/kg}^{-1}$ ανά ΣΒ) τουλάχιστον 4 ώρες πριν από την έναρξη της άσκησης. Εάν το άτομο δεν παράγει ούρα ή τα ούρα του έχουν σκούρο χρώμα, τότε θα πρέπει να καταναλώσει επιπλέον υγρά δηλαδή 2 ώρες πριν την έναρξη της άσκησης (περίπου $3-5 \text{ ml/kg}^{-1}$ ανά ΣΒ) [12]. Με την ενυδάτωση μερικές ώρες πριν την άσκηση, υπάρχει αρκετός χρόνος έτσι ώστε η έκκριση ούρων των ατόμων να έρθει σε φυσιολογικά επίπεδα πριν ξεκινήσει η άσκηση. Η κατανάλωση ηλεκτρολυτών που είναι πλούσιοι σε νάτριο ($20-50 \text{ mEq L}^{-1}$) ή/και μικρές ποσότητες αλατισμένων τροφίμων και σνακς μπορεί να βοηθήσει στην διέγερση της δίψας αλλά και στην εξασφάλιση της κατανάλωσης υγρών [13, 14]. Ωστόσο η υπερβολική κατανάλωση ύδατος μπορεί να προκαλέσει μείωση του νατρίου του πλάσματος [15, 16] πριν την έναρξη της άσκησης και έτσι να αυξήσει τον κίνδυνο για υπονατριαιμία, εάν η αποκατάσταση υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης γίνεται επιθετικά [12].

2.ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ:

Ο στόχος κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι η αποφυγή της υπερβολικής αφυδάτωσης και των υπερβολικών αλλαγών στην ισορροπία των ηλεκτρολυτών, ώστε να μην υπάρξει μείωση της απόδοσης. Το ποσό και το ποσοστό της αντικατάστασης εξαρτάται

από καθέναν από τους παρακάτω παράγοντες ξεχωριστά για κάθε άτομο: το ποσοστό ιδρώτα, την διάρκεια της άσκησης, και τις ευκαιρίες για πρόσληψη. Τα άτομα πρέπει περιοδικά να πίνουν υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης, έτσι ώστε να μην αφυδατωθούν εάν είναι αναμενόμενο. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στα άτομα που κάνουν σωματική δραστηριότητα περισσότερο από 3 ώρες. Για κάθε τύπο άσκησης οι συστάσεις σε υγρά είναι διαφορετικές εξαιτίας της μεγάλης διακύμανσης που υπάρχει από άθλημα σε άθλημα και από αθλητή σε αθλητή.

Ωστόσο, έχει προταθεί ότι η κατανάλωση ποτών που περιέχουν ηλεκτρολύτες και υδατάνθρακες μπορεί να συμβάλλουν στην καλύτερη ισορροπία των ηλεκτρολυτών αλλά και στην απόδοση, μέσω της αύξησης της αντοχής κατά τη διάρκεια της άσκησης [12]. Ακόμα έχει προταθεί ότι κάθε άτομο πρέπει να ελέγχει την αλλαγή του βάρους του πριν και μετά την άσκηση για να εκτιμώνται οι απώλειες ιδρώτα κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου τύπου άσκησης, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις καιρικές συνθήκες. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη ειδικών προγραμμάτων, για τις ανάγκες κάθε ατόμου. Ωστόσο αυτό μπορεί να μην είναι πάντα εύκολο να γίνει στην πράξη. Για παράδειγμα, η στρατηγική αποκατάστασης υγρών σε έναν ποδοσφαιριστή σε περίοδο καλοκαιριού μπορεί να διαφέρει πάρα πολύ όταν θα συγκριθεί με την στρατηγική που θα ακολουθήσουμε σε έναν μικροκαμωμένο μαραθωνοδρόμο, μετά από μια κούρσα των 6 ωρών διάρκεια. Ένα σημαντικό σημείο για τους μαραθωνοδρόμους είναι ότι πίνουν εκ θελήσεως υγρά από 0,4 μέχρι 0,8 L·h⁻¹, με τους μεγαλύτερους ρυθμούς κατανάλωσης να παρατηρούνται στους πιο γρήγορους, βαρύτερους και συμμετέχοντες σε θερμό κλίμα. Ενώ μικρότερος ρυθμός κατανάλωσης υγρών παρατηρείται στους ελαφρύτερους, πιο αργούς και αγωνιζόμενους σε πιο κρύο περιβάλλον μαραθωνοδρόμους [17]. Είναι λάθος λοιπόν να χρησιμοποιούμε μία και μοναδική σύσταση αποκατάστασης υγρών για όλους τους δρομείς.

Ωστόσο, η περαιτέρω ανάλυση μπορεί να προσδώσει την εφαρμογή γενικών οδηγιών αποκατάστασης υγρών. Για παράδειγμα, μια μαθηματική ανάλυση που μετράει το ποσοστό νατρίου στο πλάσμα σε διάφορες συνθήκες, προβλέπει πως αν οι παραπάνω συνθήκες(ανάστημα αθλητή, ταχύτητα, περιβαλλοντικές συνθήκες)παραμένουν σταθερές, τότε η ποσότητα των 0,4-0,8 L·h⁻¹ είναι πιθανώς ικανοποιητική για αθλητές που συμμετέχουν σε μεγάλης διάρκειας αγωνίσματα τύπου μαραθώνιο [12].

Η σύνθεση των καταναλισκόμενων υγρών είναι σημαντική. Το ινστιτούτο Ιατρικής το 1994 παρείχε μια γενική καθοδήγηση για τη σύσταση των «αθλητικών ποτών» σε άτομα που ασκούνται σε θερμό περιβάλλον παρατεταμένα. Συστήνουν αυτά τα ποτά να περιέχουν ~20-30 meq/L νάτριο, ~2-5 meq/L κάλιο και 5-10% υδατάνθρακες [18].

Η κατανάλωση υδατανθράκων μπορεί να είναι ευεργετική για την διατήρηση της έντασης της άσκησης σε περιπτώσεις αθλημάτων που διαρκούν μία ώρα ή περισσότερο, όπως και σε αθλήματα μικρότερης έντασης και μεγαλύτερης διάρκειας [19-23]. Ένας ρυθμός κατανάλωσης υδατανθράκων της τάξης των 30-60gr/h πιθανότατα δύναται να διατηρεί σταθερά τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα και να παρατείνει την αθλητική απόδοση [20, 21]. Για παράδειγμα, για να επιτευχθεί επαρκής πρόσληψη υδατανθράκων για τη παράταση της αθλητικής απόδοσης, θα μπορούσε ο αθλητής να καταναλώνει μισό με ένα λίτρο συμβατικού αθλητικού ποτού (περιεκτικότητας 6-8% υδατάνθρακες, το οποίο θα του προσέδιδε ~30-60gr/h υδατανθράκων) μαζί με επαρκή ποσότητα νερού για την αποφυγή αφυδάτωσης.

Ο καλύτερος ρυθμός απορρόφησης υδατανθράκων μπορεί να επιτευχθεί με μίγμα σακχάρων(π.χ. φρουκτόζη, σουκρόζη, μαλτοδεξτρίνη) [24]. Όταν στόχος είναι η αναπλήρωση υγρών και η παροχή υδατανθράκων με ένα σκεύασμα, η περιεκτικότητα των υδατανθράκων του ποτού δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 8%, ή να είναι ακόμα λιγότερο, γιατί οι υψηλές συγκεντρώσεις υδατανθράκων μειώνουν τον ρυθμό απορρόφησης από το γαστρεντερικό σύστημα [24, 25]. Σύμφωνα με τις συστάσεις του Αμερικάνικου Κολλεγίου Αθλητιατρικής το 2007 τα προγράμματα αναπλήρωσης υγρών θα πρέπει να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις κάθε ατόμου με στόχο την πρόληψη της εκτεταμένης αφυδάτωσης (>2% μείωσης του σωματικού βάρους). Η συχνή μέτρηση του βάρους πριν και μετά την άσκηση είναι χρήσιμη για τον καθορισμό του ρυθμού εφίδρωσης και τον σχεδιασμό των κατάλληλων προγραμμάτων αναπλήρωσης υγρών.

3. ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ:

Ο στόχος είναι, μετά την άσκηση, να αντικατασταθεί πλήρως οποιοδήποτε έλλειμμα υγρών και ηλεκτρολυτών. Εάν είναι εφικτό χρονικά, ένα κανονικό γεύμα μαζί με υγρά θα επαναφέρουν την καλή υδάτωση [18]. Εάν η αφυδάτωση είναι σημαντική και η

περίοδος ξεκούρασης σύντομη (<12 ώρες) τότε μπορεί να χρειαστούν επιθετικά προγράμματα επανυδάτωσης [13, 26]. Η κατανάλωση των ποτών με νάτριο θα βοηθήσει να επισπεύσει τη γρήγορη και πλήρη αποκατάσταση με την υποκίνηση της δίψας και της διατήρησης των υγρών. Οι απώλειες σε νάτριο είναι πιο δύσκολο να προσδιοριστούν σε σχέση με τις απώλειες υγρών, ενώ είναι γνωστό ότι τα άτομα εμφανίζουν διαφορετικούς ρυθμούς εφίδρωσης. Λίγο περισσότερο αλάτι μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο αν προστεθεί στα γεύματα και στα υγρά αποκατάστασης όταν οι απώλειες σε νάτριο είναι υψηλές. Τα άτομα που χρειάζονται γρήγορη και πλήρη αποκατάσταση υγρών από την υπερβολική αφυδάτωση μπορούν να πιούν 1,5L περίπου για κάθε κιλό σωματικού βάρους που χάνεται. Η πρόσθετη ποσότητα χρειάζεται για να αντισταθμίσει τις αυξημένες απώλειες υγρών λόγω αυξημένης διούρησης [27]. Συνεπώς, όταν είναι δυνατό, τα υγρά θα πρέπει να καταναλώνονται σε εύρος χρόνου παρά να καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες για να διατηρηθεί η υδατική ισορροπία [28, 29].

Σύμφωνα με τις συστάσεις του Αμερικάνικου Κολλεγίου Αθλητιατρικής το 2007, τα άτομα τα οποία χρειάζονται άμεση και πλήρη αποκατάσταση μετά από υπερβολική αφυδάτωση, θα πρέπει να καταναλώσουν ~1,5 L υγρών για κάθε κιλό σωματικού βάρους που χάθηκε. Η κατανάλωση ποτών και σνακ με νάτριο θα οδηγήσει σε πλήρη και άμεση αποκατάσταση μέσω διέγερσης της δίψας και κατακράτησης υγρών. Η ενδοφλέβια χορήγηση υγρών δεν πλεονεκτεί έναντι της κατάποσης, εκτός εάν χρειάζεται για ιατρικούς λόγους.

ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΝΕΡΟΥ

Η ανταλλαγή νερού ανάμεσα στον ενδοκυττάριο και τον εξωκυττάριο χώρο εξαρτάται από ωσμωτικές κλίσεις. Το νερό περνά διαμέσου των μεμβρανών από περιοχές με χαμηλότερη συγκέντρωση σε περιοχές με μεγαλύτερη συγκέντρωση κατά την ώσμωση, η οποία προσπαθεί να εξισορροπήσει τις διαφορές συγκέντρωσης σε όλη τη μεμβράνη. Οι κυτταρικές μεμβράνες είναι διαπερατές για το νερό αλλά όχι για όλες τις διαλυμένες ουσίες. Το νερό λοιπόν διανέμεται διαμέσου των κυτταρικών μεμβρανών προκειμένου να εξισωθεί η ωσμωτική συγκέντρωση του εξωκυττάριου και του ενδοκυττάριου υγρού. Αν και τα δύο διαμερίσματα περιέχουν διαφορετικές συγκεντρώσεις σε διαλυμένη ουσία η συνολική συγκέντρωση κατιόντων και ανιόντων είναι η ίδια σε κάθε διαμέρισμα όπως περιγράφεται από την Gibbs-Donnan ισορροπία.

Στο εξωκυττάριο υγρό το πιο άφθονο κατιόν είναι το νάτριο, ενώ τα χλωριούχα και τα διττανθρακικά είναι τα κύρια ανιόντα. Τα ιόντα αυτά αντιπροσωπεύουν το 90-95% των ωσμωτικά ενεργών συστατικών του εξωκυττάριου υγρού και αλλαγές στο περιεχόμενο τους μεταβάλλουν τον όγκο του εξωκυττάριου υγρού. Στο ενδοκυττάριο υγρό τα πιο άφθονα κατιόντα είναι το κάλιο και το μαγνήσιο, ενώ οι πρωτεΐνες είναι τα κύρια ανιόντα. Η ανταλλαγή νερού ανάμεσα στο ενδοαγγειακό και διάμεσο χώρο συμβαίνει στα τριχοειδή. Τα τριχοειδή σε διαφορετικούς ιστούς έχουν και διαφορετική διαπερατότητα στο νερό αλλά και στις διαλυμένες ουσίες. Ελλιπής αντικατάσταση υγρών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση στο συνολικό νερό σώματος επηρεάζοντας κάθε υγρό χώρο, ως συνέπεια της ελεύθερης ανταλλαγής υγρών [30].

ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ ΥΔΑΤΟΣ

Η ομοιόσταση του ύδατος ρυθμίζεται από ένα σύνολο μηχανισμών που ανατροφοδοτούν το σύστημα. Ο σημαντικότερος μηχανισμός περιλαμβάνει τον υποθάλαμο, την υπόφυση και τους νεφρούς. Στον υποθάλαμο και την υπόφυση η τονικότητα του πλάσματος διαμορφώνει την έκκριση αντιδιουρητικής ορμόνης (AVP). Η αντιδιουρητική ορμόνη πλάσματος ενεργοποιεί τους νεφρούς και επομένως διαδραματίζει έναν κυρίαρχο

ρόλο στη ρύθμιση της τονικότητας του πλάσματος. Οι οξείες αλλαγές στις στο επίπεδο υδάτωσης υποδεικνύονται συνήθως ως αφυδάτωση ή επανυδάτωση. Οι διαφορές στο επίπεδο υδάτωσης καλούνται υπουδάτωση, ενυδάτωση ή υπερυδάτωση. Εντούτοις δεν υπάρχει καμία παγκοσμίως αποδεκτή εργαστηριακή μέθοδος για να χαρακτηρίσει τις διαφορετικές μορφές επιπέδου υδάτωσης [31].

Η αποβολή των βασικών υποπροϊόντων του μεταβολισμού και η ρύθμιση των σωματικών υγρών και ηλεκτρολυτών είναι ο πρωταρχικός ρόλος των νεφρών. Υπό κανονικές συνθήκες η ώσμωση του εξωκυττάριου υγρού περιορίζεται σε στενά όρια και σχετίζεται άμεσα με τη ποσότητα του νατρίου. Η συγκέντρωση νατρίου στο πλάσμα ρυθμίζεται από την νεφρική επαναρρόφηση νατρίου κατά τη νεφρική διήθηση. Το μεγαλύτερο ποσοστό διήθησης επιτυγχάνεται στο εγγύς εσπειραμένο σωληνάριο, αλλά η ενεργητική μεταφορά συμβαίνει ταυτόχρονα και στο άπω εσπειραμένο σωληνάριο αλλά και στους αθροιστικούς πόρους. Πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της επαναρρόφησης μεταξύ των οποίων και η αλδοστερόνη, η οποία προωθεί την επαναρρόφηση νερού στο άπω εσπειραμένο σωληνάριο και ενισχύει την αποβολή καλίου και ιόντων υδρογόνου. Οι ιδιότητες της αλδοστερόνης που απελευθερώνεται από τα επινεφρίδια σε απάντηση στην πτώση της πυκνότητας νατρίου στην κυκλοφορία ή στην αύξηση του καλίου στο πλάσμα, αναφέρονται παρακάτω.

Πολλές έρευνες έχουν ασχοληθεί με την μείωση των ούρων κατά την άσκηση και την έκθεση σε ζεστό περιβάλλον. Η αφυδάτωση που προκύπτει στις καταστάσεις αυτές μειώνει τον όγκο των παραχθέντων ούρων με τη μείωση να είναι ανάλογη του ποσοστού μείωσης του σωματικού νερού. Η νεφρική ροή αίματος μειώνεται σε σχέση με την ένταση της άσκησης ως και 25% [32] από την κατάσταση ηρεμίας σε κατάσταση πολύ σκληρής άσκησης, ενώ το θερμικό στρες μπορεί από μόνο του να μειώσει τον ρυθμό σπειραματικής διήθησης κατά 25%. Βέβαια το τελευταίο αν συνδυαστεί με το φαινόμενο της αφυδάτωσης μπορεί να μειώσει περαιτέρω τον ρυθμό σπειραματικής διήθησης κατά 20-25%.

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΨΑΣ

Η κατανάλωση υγρών είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία επηρεάζεται από φυσιολογικούς, ψυχολογικούς και κοινωνικούς παράγοντες [33]. Η αίσθηση της δίψας είναι μόνο ένας από αυτούς και μάλιστα μικρής διάρκειας. Έρευνες έδειξαν ότι είναι φτωχός δείκτης υδάτωσης στον άνθρωπο. Αντίθετα η ολική σταθερότητα του σωματικού νερού δείχνει πως η δίψα είναι δυναμικός ρυθμιστής σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Η αίσθηση της δίψας πέρα από τη φυσιολογική ανάγκη για νερό μπορεί να υποκινηθεί από τη συνήθεια, τα ήθη, τη γεύση, από επιθυμία για θρεπτικά συστατικά, ακόμα και από την επίδραση του κρύου ή της ζέστης. Μάλιστα μια σειρά αισθημάτων σχετικά με τη δίψα υπόκεινται στη διαδικασία της μάθησης. Για παράδειγμα η ξήρανση του στόματος και του λαιμού προκαλούν τη δίψα, ενώ η διόγκωση του στομάχου μπορεί να σταματήσει την πρόσληψη νερού πριν η ανεπάρκεια αποκατασταθεί πλήρως [34, 35].

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΕΝΙΝΗΣ-ΑΓΓΕΙΟΤΕΝΣΙΝΗΣ-ΑΛΔΟΣΤΕΡΟΝΗΣ

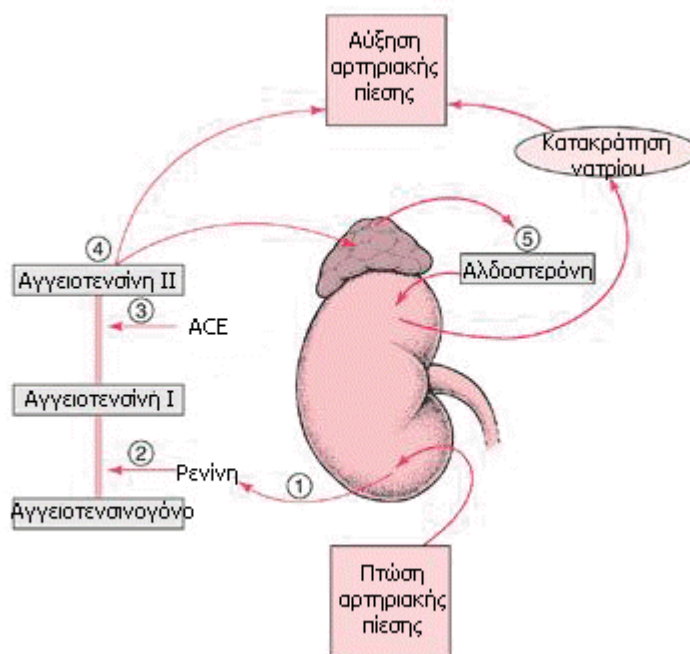
Η **αγγειοτενσίνη II** ως μέρος του συστήματος ρενίνης –αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης εκκρίνεται από τα νεφρικά αρτηριόλια. Η αγγειοτενσίνη II διεγείρει άμεσα τον υποθάλαμο για αύξηση της έκκρισης της αντιδιουρητικής ορμόνης (AVP). Όμως, μια αύξηση της ωσμωτικότητας ή η μείωση του όγκου του αίματος θα επηρεάσουν τα κέντρα απέκκρισης νερού του υποθαλάμου. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της έκκρισης της AVP και κατά συνέπεια λόγω της δράσης αυτής της ορμόνης θα προκύψει αύξηση της επαναρρόφησης του νερού από τα νεφρικά σωληνάκια. Ωστόσο δεν επηρεάζονται μόνο τα κέντρα απέκκρισης του νερού αλλά και τα κέντρα πρόσληψης νερού του υποθαλάμου.

Η **αλδοστερόνη**, η άλλη σημαντική ορμόνη του συστήματος ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης, παράγεται και εκκρίνεται από τα επινεφρίδια και δρα στους νεφρούς. Αυτή η ορμόνη έχει την ιδιότητα να αυξάνει την ωσμωτικότητα του εξωκυττάριου υγρού καθώς διεγείρει την ενεργητική επαναρρόφηση του νατρίου στα άπω εσπειραμένα και αθροιστικά σωληνάκια. Με την αύξηση της ωσμωτικότητας εξοικονομείται νερό καθώς δρα η αντιδιουρητική ορμόνη όπως αναλύσαμε παραπάνω.

Τέλος, η **ρενίνη** είναι ένα πρωτεολυτικό ένζυμο το οποίο παράγεται, αποθηκεύεται και εκκρίνεται από τα κύτταρα της παρασπειραματικής συσκευής των νεφρών. Όταν ο

όγκος αίματος μειωθεί η ρενίνη υδρολύει το αγγειοτενσινογόνο σε αγγειοτενσίνη I. Η αγγειοτενσίνη I είναι ένα μη ενεργό δεκαπεπτίδιο που με τη βοήθεια του πρωτεολυτικού ενζύμου μετατροπής της αγγειοτενσίνης μετατρέπεται σε αγγειοτενσίνη II.

Όλα τα παραπάνω συμμετέχουν μαζί σε ένα σύστημα. Η σειρά των γεγονότων που λαμβάνουν χώρα μετά τη μείωση της πίεσης του αίματος στους νεφρούς έχουν ως εξής: διεγείρεται η έκκριση της ρενίνης από τη σπειραματική συσκευή των νεφρών. Η έκκριση της ρενίνης όμως έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή αγγειοτενσίνης I που αυτή με τη σειρά της μετατρέπεται σε αγγειοτενσίνη II. Η αγγειοτενσίνη II μετά αλληλεπιδρά με ειδικούς υποδοχείς των κυττάρων των επινεφριδίων οδηγώντας σε έκκριση αλδοστερόνης. Τα επόμενα στάδια μέχρι την επαναρρόφηση του ύδατος αναλύθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 1. Το σύστημα ρενίνης- αγγειοτενσίνης- αλδοστερόνης και η διατήρηση της υδατικής ισορροπίας.

ΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Σύμφωνα με την ανασκόπηση του Manz F [36] έχει φανεί ότι η ήπια αφυδάτωση διαδραματίζει έναν ρόλο στην ανάπτυξη διάφορων νοσημάτων. Η καλή υδάτωση του οργανισμού επηρεάζει θετικά την αντιμετώπιση της ουρολιθίαςης όπως και άλλες ασθένειες όπως την δυσκοιλιότητα, την υπεργλυκαιμία στην διαβητική κετοξέωση, στην ασθένεια χολόλιθων, την υπέρταση, τις καρδιακές παθήσεις και τα εγκεφαλικά επεισόδια. Όσον αφορά τις βρογχοπνευμονικές παθήσεις, όπως το άσθμα κατά την άσκηση και η κυστική ίνωση, φαίνεται ότι η υπουδάτωση και η μικρή αφυδάτωση μπορεί να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παθογένεση τους [36]. Δύο προοπτικές μελέτες με μεγάλη συμμετοχή επιβεβαιώνουν ότι υψηλή πρόσληψη υγρών μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης συμπτωμάτων ουρολιθίαςης [37, 38].

Όσον αφορά την δυσκοιλιότητα, σε μία μελέτη βρέθηκε ότι το 73% των παιδιών με δυσκοιλιότητα έπιναν λιγότερο από 4 ποτήρια νερό ημερησίως σε σύγκριση με το 47% των ατόμων χωρίς δυσκοιλιότητα [39]. Επίσης σε μια μελέτη για την υγεία που έγινε το 2002, η υψηλή πρόσληψη νερού συσχετίστηκε με χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης καρδιακών παθήσεων και εγκεφαλικών επεισοδίων [40]. Σε μία άλλη έρευνα σε οδηγούς ταξί στην Ιαπωνία, βρέθηκε ότι η χαμηλή πρόσληψη νερού τη νύχτα αύξανε τη πιθανότητα εμφάνισης καρδιακής νόσου και καρδιακού επεισοδίου [41]. Τέλος, στο πρόβλημα της χολολιθίαςης, η απορρόφηση του νερού έχει δείξει ότι επηρεάζει το άδειασμα της χοληδόχου κύστης και ότι η υψηλή πρόσληψη νερού ημερησίως μπορεί να εμποδίσει τη δημιουργία πέτρας στη χολή [42].

2. ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

Η μείωση στα αποθέματα νερού στο σώμα είναι γνωστή ως αφυδάτωση. Συνήθως σχετίζεται με μια μείωση στον όγκο του πλάσματος, η οποία λειτουργεί αρνητικά στην καρδιαγγειακή λειτουργία [43]. Η αφυδάτωση τόσο σε ακινησία όσο και σε μέτρια ή έντονη φυσική δραστηριότητα αυξάνει τη θερμοκρασία του σώματος σε ένα ανώτερο σημείο, το οποίο με τη σειρά του αυξάνει τον κίνδυνο για οξύ τραυματισμούς. Επίσης είναι διαπιστωμένο ότι η αφυδάτωση της τάξης του 1-2% του σωματικού βάρους, μειώνει την αθλητική απόδοση [44]. Αρκετές είναι οι έρευνες που έχουν αποδείξει την μείωση της απόδοσης σε αγωνίσματα μεγάλης διάρκειας-μικρής έντασης αλλά και σε μικρής διάρκειας-μεγάλης έντασης. Σε μια κλασική μελέτη του Armstrong και των συνεργατών του η αφυδάτωση (-2% του Σ.Β) και η μείωση του όγκου πλάσματος κατά 11% που είχε προκληθεί από τη χρήση διουρητικών αύξησε τον χρόνο 8 αθλητών στα 1500m, 2000m και 10000m κατά 16sec, 91sec και 152,7 sec αντίστοιχα [3].

Οι πιο κοινές αιτίες αφυδάτωσης αναφέρονται στην υψηλή θερμοκρασία, στον πυρετό, στην ανεπαρκή κατανάλωση υγρών, και στη φυσική δραστηριότητα καταλήγοντας σε μία αύξηση στην ωσμωτικότητα και μία αύξηση στον όγκο του πλάσματος. Σε αυτές τις καταστάσεις η αφυδάτωση διεγείρει και τη δίψα και αυξάνει τα επίπεδα της AVP. Η δίψα καταλήγει σε αυξημένη λήψη υγρών και οι αυξημένες συγκεντρώσεις της AVP εμποδίζουν τις απώλειες νερού μέσω μιας μείωσης στην ουρική παραγωγή οφειλόμενη στην αυξημένη σωληνοειδή επαναρρόφηση νερού από τους νεφρούς. Σαν αποτέλεσμα λοιπόν, η ουρία συγκεντρώνεται και η ένδειξη είναι ένα σκούρο κιτρινωπό χρώμα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην απόκριση της AVP στην αφυδάτωση, η οποία εκδηλώνεται με αλλαγές στο χρώμα, στην ωσμωτικότητα και στο ειδικό βάρος των ούρων. Η απόκριση αυτή της AVP χρησιμοποιείται για να αξιολογήσουμε τα επίπεδα υδάτωσης [45].

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Η θερμοκρασία του δέρματος μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την περιβαλλοντική θερμοκρασία. Σε αντίθεση η θερμοκρασία πυρήνα διατηρείται μέσα σε στενά όρια με διαφορά λίγων βαθμών από τη φυσιολογική των 37 βαθμών κελσίου. Για το λόγο αυτό

πρέπει η παραγωγή θερμότητας να ισούται με την αποβολή της. Οποιαδήποτε ανισορροπία οδηγεί σε αλλαγές της θερμοκρασίας του σώματος.

Κατά την άσκηση ή την έκθεση σε υψηλή περιβαλλοντική θερμοκρασία, παρατηρείται άνοδος της θερμοκρασίας του σώματος, που οφείλεται είτε στην αύξηση της παραγωγής της ενδογενούς θερμότητας, είτε στην αύξηση της πρόσληψης εξωγενούς θερμότητας μέσω ακτινοβολίας και αγωγής ή κυρίως στη μείωση της αποβολής της από το σώμα στο περιβάλλον.

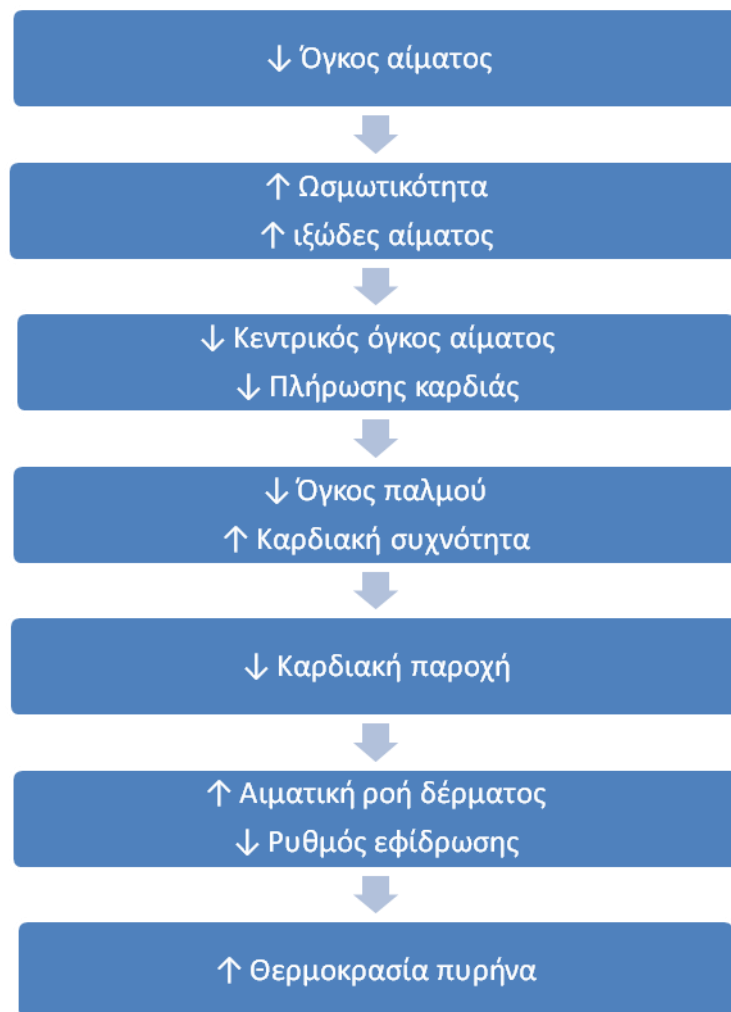
Η απάντηση του οργανισμού σε αυξημένο θερμικό στρες συνίσταται σε αύξηση του ρυθμού εφίδρωσης, περιφερική αγγειοδιαστολή και αύξησης της ροής του αίματος προς το δέρμα. Οι παραπάνω μηχανισμοί ενεργοποιούνται για τη μεταφορά της θερμότητας από τον πυρήνα του σώματος, στην επιφάνεια του δέρματος και κατ' επέκταση για την απομάκρυνση της. Ωστόσο ο προστατευτικός αυτός μηχανισμός για την αποφυγή της υπερθερμίας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της φλεβικής αντίστασης και πίεσης, τη μείωση της κεντρικής φλεβικής πίεσης [46] και της φλεβικής επαναφοράς και συντελεί στην μείωση του τελοδιαστολικού όγκου [47]. Η μείωση του τελευταίου μπορεί άμεσα να επηρεάσει τον όγκο παλμού [43] και πολλές φορές ακόμα και την καρδιακή παροχή, φαινόμενο το οποίο είναι πολύ συχνό σε αφυδατωμένα άτομα. Επιπρόσθετα λόγω της μείωσης του όγκου παλμού και για να διατηρηθεί η καρδιακή παροχή σταθερή, αυξάνεται η καρδιακή συχνότητα.

ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Η μείωση στην απόδοση φαίνεται επίσης να είναι ανάλογη του βαθμού υπουδάτωσης, με αποτέλεσμα μεγαλύτερες απώλειες να οδηγούν σε μεγαλύτερη αδυναμία. Σε αρκετές μεγάλες ανασκοπήσεις, οι Michael Sawka, Kent Pandolf και John Greenleaf [48] έχουν υποδείξει ότι ο περιορισμός στην αντοχή στις αερόβιες δραστηριότητες φαίνεται να συνδέεται με αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην καρδιαγγειακή λειτουργία, όσο και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Παρατήρησαν ότι η αφυδάτωση μείωνε σημαντικά τη μέγιστη αερόβια ισχύ σε ένα ποσοστό 4%-8%, εάν υπήρχε 3% απώλεια στο σωματικό βάρος και η άσκηση γινόταν σε ένα ουδέτερο περιβάλλον, αλλά η

μείωση ήταν ακόμα μεγαλύτερη σε ένα θερμό περιβάλλον. Μια μείωση στον όγκο του πλάσματος μπορεί να μειώσει την καρδιακή παροχή και τη ροή του αίματος στο δέρμα και στους μυς. Μείωση της ροής του αίματος στο δέρμα έχει δείχτεί ότι οδηγεί σε μείωση του ρυθμού εφίδρωσης και σε αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα.

Σε μία πρόσφατη ανασκόπηση, ο Coyle [20] ανέφερε μερικές από τις συνέπειες της αφυδάτωσης σε ποδηλάτες που έκαναν προπόνηση αντοχής. Σε γενικές γραμμές, ανέφερε ότι η ροή του αίματος στο δέρμα μειωνόταν με την αφυδάτωση και ότι όσο μεγαλύτερη ήταν η αφυδάτωση, τόσο μεγαλύτερη ήταν η αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα και της καρδιακής συχνότητας, ενώ αντίθετα τόσο μεγαλύτερη ήταν η μείωση του όγκου παλμού. Οι επιπτώσεις της αφυδάτωσης στη δυναμική του καρδιαγγειακού συστήματος παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2. Ορισμένες συνέπειες της αφυδάτωσης στη φυσιολογία του οργανισμού. Ο ελαττωμένος όγκος αίματος και η αυξημένη θερμοκρασία του πυρήνα μπορεί να οδηγήσουν σε πρώιμη κόπωση και θερμική νόσο.

ΡΥΘΜΟΣ ΕΦΙΔΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΓΡΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ

Οι αθλητές κολύμβησης υψηλού επιπέδου, έχουν μεγάλες δαπάνες σε ενέργεια εξαιτίας της μακράς διάρκειας και έντονης προπόνησης. Οι ανάγκες σε ενέργεια μπορεί να αλλάζουν ανάλογα με την ένταση της προπόνησης και τη τεχνική που θα ακολουθήσει ο αθλητής, όμως ανεξάρτητα από τη τεχνική, η έντονη προπόνηση θα έχει σαν αποτέλεσμα τον υψηλό ρυθμό παραγωγής θερμότητας [49]. Οι απώλειες υγρών των κολυμβητών γίνονται κυρίως μέσω μεταγωγής της θερμότητας [50]. Στους κολυμβητές, η θερμοκρασία του σώματος προσαρμόζεται με αυτήν της πισίνας, όπου είναι κατάλληλη για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος σε σταθερό επίπεδο. Ωστόσο σε μερικές καταστάσεις πολύ έντονης προπόνησης, οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου είναι πιθανό να παρουσιάσουν θερμικό στρες.

Στους αθλητές κολύμβησης υπάρχει μικρή απώλεια θερμότητας μέσω της επιφάνειας του σώματος, γιατί το μεγαλύτερο κομμάτι του σώματος βρίσκεται μέσα στο νερό. Ως αποτέλεσμα αυτού, σε μια έντονη προπόνηση που μπορεί να προκληθεί θερμικό στρες, δεν υπάρχει απώλεια υγρών από το σώμα μέσω της εφίδρωσης και έτσι, ίσως οι κολυμβητές να μη χρειάζονται περεταίρω κατανάλωση υγρών για να παραμείνουν καλά ενυδατωμένοι. Σε σύγκριση τώρα με τα άλλα αθλήματα, όπως η ποδηλασία, οι Nielsen και Davies [51] το 1976 διαπίστωσαν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος στους κολυμβητές ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με αυτή των ποδηλατών. Ακόμα οι Lemon, Deutsch και Payne [52], σε μία έρευνα τους διαπίστωσαν ότι, ο ελάχιστος ρυθμός εφίδρωσης στους κολυμβητές (0,48L/h) ήταν πολύ μικρότερος από αυτόν των ποδηλατών (1,5L/h) [49].

Στην κολύμβηση, οι μηχανισμοί που οδηγούν στην εφίδρωση και την απώλεια θερμότητας είναι διαφορετικοί από αυτούς στα υπόλοιπα αθλήματα που γίνονται εκτός νερού. Οι αθλητές κολύμβησης όταν βρίσκονται μέσα στο νερό δέχονται υδροστατική πίεση, η οποία με τη σειρά της αυξάνει την κεντρική φλεβική πίεση. Το τελευταίο οδηγεί σε μείωση της δίψας και αύξηση της διούρησης. Έτσι οι κολυμβητές, χάνουν υγρά κυρίως μέσω της αυξημένης επιθυμίας για διούρηση.

3.ΥΔΑΤΩΣΗ

ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΥΔΑΤΩΣΗΣ

Α)ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Οι αλλαγές στο σωματικό βάρος συνήθως χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των ρυθμών εφίδρωσης και συνεπώς τις αλλαγές στα συνολικά επίπεδα νερού στο σώμα. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται όταν η πρόσληψη φαγητού και υγρών καθώς και οι εκκρίσεις είναι προσεκτικά ελεγχόμενες. Για να είναι αξιόπιστες οι μετρήσεις στις αλλαγές του σωματικού βάρους πρέπει να μην συγχέονται με άλλους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τις μεταβολές του [53]. Οι πιθανές συγχιτικές συνέπειες της απώλειας ούρων, της πρόσληψης υγρών, της αναπνευστικής απώλειας νερού, της παγίδευσης νερού στα ρούχα κατά την εφίδρωση, και συνεπώς τις εκτιμήσεις για αλλαγή του συνολικού σωματικού νερού σε άτομα που εκτελούν άσκηση σε θερμό και δροσερό περιβάλλον έχουν εξεταστεί [54].

Κατά την εκτίμηση του ποσοστού εφίδρωσης σημαντικά σφάλματα παρουσιάζονται, εκτός αν τα υγρά που χάνονται (όχι μέσω εφίδρωσης) συμπεριλαμβάνονται στις αλλαγές σωματικού βάρους [54]. Επιπλέον η φόρτιση υδατανθράκων σε αθλητές θα οδηγήσει σε αυξημένο σωματικό βάρος που δεν αντικατοπτρίζει ενυδάτωση καθώς το γλυκογόνο των μυών ωσμωτικά συγκρατεί νερό.

Β) ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Μετρήσεις των παραμέτρων του αίματος έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην αξιολόγηση των επιπέδων υδάτωσης. Οι αλλαγές στη συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες των επιπέδων υδάτωσης, αλλά στη πραγματικότητα αυτές οι αλλαγές αντιπροσωπεύουν αλλαγές στον όγκο του πλάσματος και όχι στο συνολικό σωματικό νερό. Αν οι βασικές τιμές των δύο αυτών παραμέτρων είναι γνωστές τότε η αλλαγή στον όγκο του πλάσματος μπορεί να εκτιμηθεί με την παρακάτω μαθηματική εξίσωση που αναπτύχθηκε από τους Dill & Costill [55].

$$\% \Delta PV = (Hb_c / Hb_i * 1 - Hct_i / 1 - Hct_c - 1) * 100$$

Όπου, **c** αναφέρεται στο δείγμα αίματος ελέγχου, **i** αναφέρεται στο δείγμα αίματος οποιαδήποτε στιγμή, **PV** είναι ο όγκος του πλάσματος, **Hb** είναι η συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης και **Hct** είναι η συγκέντρωση του αιματοκρίτη.

Αυτή η τεχνική είναι πολύ αξιόπιστη, θεωρώντας ότι οι βασικές μετρήσεις είναι διαθέσιμες και έγκυρες. Ωστόσο αυτές οι τιμές μπορεί να επηρεάζονται από αρκετούς παράγοντες. Για παράδειγμα, η χρήση ενός αιμοστατικού περιδέσμου για την έλξη του αίματος, έχειδειχθεί ότι προκαλεί αλλαγές στον αιματοκρίτη και την αιμοσφαιρίνη [56], και μια όρθια στάση για 20 λεπτά μπορεί να αλλάξει σημαντικά τις τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης και ως αποτέλεσμα προκαλείται αλλαγή στον όγκο πλάσματος [57]. Συνοψίζοντας, ο αιματοκρίτης και η αιμοσφαιρίνη μπορεί να είναι έγκυροι δείκτες ενυδάτωσης αλλά αξιόπιστες μετρήσεις αυτών των παραμέτρων απαιτούνται για ακριβή αξιολόγηση των επιπέδων υδάτωσης.

ΩΣΜΩΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ-ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΑΤΡΙΟΥ

Τα επίπεδα ωσμωτικότητας του πλάσματος και η συγκέντρωση νατρίου έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσουν τα επίπεδα υδάτωσης, ιδιαίτερα επειδή μετριοούνται εύκολα και αναλύονται ταχύτατα. Κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης, το νάτριο του πλάσματος και η ωσμωτικότητα αυξάνονται [58]. Το νάτριο του πλάσματος και η ωσμωτικότητα είναι τα πιο δυνατά σήματα για τη διεγερση της AVP του πλάσματος η οποία είναι κύρια ρυθμιστική ορμόνη των υγρών. Σε μία πρόσφατη έρευνα, των Powoski et al. [59], η ωσμωτικότητα του πλάσματος αυξανόταν ακόμα και σε αφυδάτωση της τάξης του 1% του σωματικού βάρους.

Σε γενικές γραμμές η ωσμωτικότητα του πλάσματος αποτελεί ένα καλό δείκτη για τη κατάσταση ενυδάτωσης, εάν η απώλεια είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες διαλυτών ουσιών. Όταν διαλυτές ουσίες και νερό χάνονται αναλογικά, όπως με τη διάρροια ή τον εμετό, η ωσμωτικότητα του πλάσματος παραμένει σταθερή και η απελευθέρωση της αντιδιουρητικής ορμόνης είναι απότομη. Ωστόσο η προκύπτουσα απώλεια εξωκυττάριου υγρού θα διεγείρει το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης, ως μέσο για την αύξηση του νατρίου και επομένως την κατακράτηση νερού [60].

ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ-ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΡΥΘΜΟΣ-ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΟΧΗ

Έχει αποδειχθεί ότι η αφυδάτωση από μόνη της αυξάνει τον καρδιακό ρυθμό σε ανάπαυση και κατά τη διάρκεια εντατικής άσκησης [43]. Η αφυδάτωση φαίνεται επίσης να προκαλεί έλλειψη ορθοστατικής ανοχής [61], ενώ η πρόσληψη νερού σε αφυδατωμένα άτομα φαίνεται να βελτιώνει τις επιδόσεις σε δοκιμασία ορθοστατικής ανοχής [62]. Στην πραγματικότητα, οι απαντήσεις της αρτηριακής πίεσης και του καρδιακού ρυθμού σε ταχείες αλλαγές της στάσης του σώματος μπορεί να χρησιμοποιηθούν στη παροχή πρόσθετων πληροφοριών για τη εκτίμηση των επιπέδων ενυδάτωσης, αν και δεν είναι σε θέση να εντοπίζουν αλλαγές στα επίπεδα υγρών, ανεξάρτητα από άλλους δείκτες.

Γ)ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΙΣΗΣ:

Κατά τη διάρκεια της περασμένης δεκαετίας συλλέχθηκαν αποδεικτικά στοιχεία τα οποία υποστηρίζουν τη χρήση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης στον έλεγχο των επιπέδων υδάτωσης [63]. Παρά σημαντικούς περιορισμούς (π.χ. την εξάρτηση από παράγοντες όπως η θερμοκρασία του δέρματος, η κατανάλωση φαγητού και ποτού, και η στάση του σώματος πριν τη μέτρηση) διεξάχθηκε μια έρευνα, Piccoli et al. [64], η οποία επιδοκίμασε τη μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης ως μέθοδο κατάλληλη για την αξιολόγηση των επιπέδων υδάτωσης ακόμα και κατά τη διάρκεια της ορειβασίας. Η βιοηλεκτρική εμπέδηση είναι μια γρήγορη, ακριβής, και πρακτική μέθοδος για την αξιολόγηση συνολικού σωματικού νερού σε υγιή άτομα σε ακινησία. Ωστόσο δεν φαίνεται να παρέχει ακριβείς υπολογισμούς για τους όγκους των διαμερισμάτων των υγρών [65].

Δ) ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΤΑ ΟΥΡΑ

Επειδή η ουρία γίνεται πιο συμπυκνωμένη με την αφυδάτωση, το ειδικό βάρος και η ωσμωτικότητα των ούρων έχουν χρησιμοποιηθεί ως δείκτες της κατάστασης ενυδάτωσης. Το ειδικό βάρος και η ωσμωτικότητα των ούρων αυξάνονται με την αφυδάτωση και είναι πολύ ισχυρά συσχετιζόμενα ($r=0,82-0,97$) μεταξύ τους [66]. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι η ισχύς του ειδικού βάρους και της ωσμωτικότητας των ούρων ως δείκτες για την κατάσταση ενυδάτωσης ενισχύθηκε όταν το πρώτο πρωινό



δείγμα ούρων, και όχι μια τυχαία συλλογή, χρησιμοποιήθηκε για πιο ομοιόμορφο όγκο και συγκέντρωση [27]. Πολλές μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει συγκεκριμένους δείκτες στα ούρα για την αξιολόγηση της ισορροπίας υγρών και διαπιστώθηκαν φτωχές [66, 67] ή μέτριες [27] σχέσεις με διαφορετικούς δείκτες της κατάστασης αφυδάτωσης. Για παράδειγμα βρέθηκαν σημαντικές σημαντικές σχέσεις ανάμεσα στην ωσμωτικότητα των ούρων ($r=0,46$) καθώς και ανάμεσα στην ωσμωτικότητα του πλάσματος και την ωσμωτικότητα των ούρων ($r=0,43$) σε μια καλά ελεγχόμενη μελέτη θερμικά αφυδατωμένων ατόμων [59]. Για τα φυσιολογικώς ενυδατωμένα άτομα, οι τιμές του ειδικού βάρους των ούρων κυμαίνονται από 1.010 έως 1.020 [59, 66, 68]. Είναι γενικά αποδεκτό ότι μια τιμή ειδικού βάρους μικρότερη ή ίση με 1.010 αντιπροσωπεύει ενυδάτωση [59, 66] ενώ μια τιμή ειδικού βάρους στα ούρα μεγαλύτερο από 1.020-1.030 αντιπροσωπεύει αφυδάτωση [59, 66]. Η αξιολόγηση επιπέδων υδάτωσης από τους Sawka et al. 2007, έχει ως εξής [12]:

Καλά ενυδατωμένος:	Ειδικό βάρος ούρων 1.010-1.020
Ελαφρώς αφυδατωμένος:	Ειδικό βάρος ούρων 1.020-1.025
Σημαντικά αφυδατωμένος:	Ειδικό βάρος ούρων 1.025-1.030
Σοβαρά αφυδατωμένος:	Ειδικό βάρος ούρων >1.030

Πίνακας 2. Η αξιολόγηση επιπέδων υδάτωσης από τους Sawka et al., 2007 [12]

ΟΓΚΟΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑ

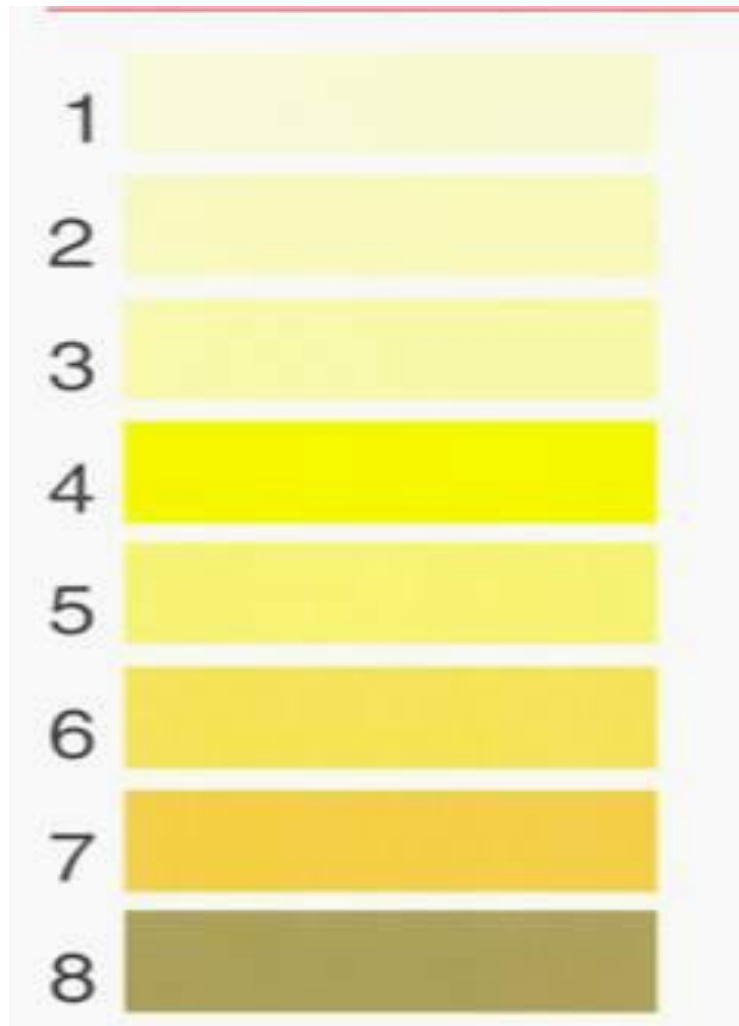
Ο όγκος των ούρων χρησιμοποιείται συχνά ως δείκτης της κατάστασης ενυδάτωσης. Αν υγιή άτομα έχουν παραγωγή ούρων περίπου 100ml/ώρα, είναι μάλλον καλά ενυδατωμένοι. Υψηλότερη παραγωγή ούρων (300 έως 600ml/ώρα) είναι μάλλον ενδεικτική της υπέρβασης των υγρών [15]. Εάν η παραγωγή ούρων μειωθεί σε λιγότερο από 30ml/ώρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με μία μέση διατροφή, το άτομο είναι πιθανόν αφυδατωμένο. Το χρώμα των ούρων καθορίζεται από το ποσό των διαλυτών ουσιών σε αυτά. Όταν εκκρίνονται μεγάλοι όγκοι ούρων, τα ούρα είναι αραιά, και οι διαλυτές ουσίες εκκρίνονται σε έναν μεγάλο όγκο. Αυτό δίνει γενικά στα ούρα ένα πολύ ανοιχτό χρώμα.

Όταν εκκρίνονται μικροί όγκοι ούρων, τα ούρα συμπυκνώνονται και οι διαλυτές ουσίες εκκρίνονται σε έναν μικρό όγκο. Αυτό δίνει γενικά στα ούρα ένα σκούρο χρώμα. Έτσι, το χρώμα των ούρων έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της κατάστασης ενυδάτωσης [69]. Ωστόσο δεν υπάρχει ακριβής σχέση μεταξύ του χρώματος των ούρων και των επιπέδων ενυδάτωσης. Επιπλέον, η διατροφή, τα φάρμακα, η χρήση βιταμινών μπορούν να επηρεάσουν το χρώμα των ούρων.

Παρ'όλα αυτά, το χρώμα των ούρων μπορεί να προσφέρει ένα καλό εκπαιδευτικό εργαλείο εκτίμησης αφυδάτωσης ή υπερυδάτωσης, κυρίως κατά τη διάρκεια αθλητικών γεγονότων, προπονήσεων, όπου η μέτρηση άλλων δεικτών δεν είναι εφικτή [70]. Αν και το χρώμα των ούρων δεν είναι τόσο ακριβές όσο οι βιοχημικές μετρήσεις, ωστόσο μπορεί να δώσει μια αδρή ένδειξη της κατάστασης ενυδάτωσης. Βασισμένοι στην προαναφερθείσα σχέση ανάμεσα στην αντιδιουρητική ορμόνη, την ωσμωτικότητα των ούρων και του

ειδικού βάρους των ούρων, οι τελευταίες ουρικές παράμετροι χρησιμοποιούνται ευρέως όχι μόνο επειδή παρέχουν ακριβή και γρήγορη πληροφόρηση των επιπέδων υδάτωσης, αλλά και επειδή είναι σχετικά εύκολο να μετρηθούν. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν λαμβάνεται υπόψιν ότι η εκτίμηση της αντιδιουρητικής στο πλάσμα απαιτεί μια πολύπλοκη εργαστηριακή τεχνική. Από την άποψη αυτή έχει προταθεί ότι το χρώμα των ούρων στις περισσότερες περιπτώσεις αντικατοπτρίζει τα επίπεδα υδάτωσης και είναι άμεσα σχετιζόμενο με αρκετούς ουρικούς και πλασματικούς δείκτες υδάτωσης [71] παρά το γεγονός ότι επηρεάζεται από τη δίαιτα, τα φάρμακα και την ασθένεια [72].

Το 1994 ο Armstrong και οι συνεργάτες του [66], θέσπισε μια χρωματική κλίμακα 8-επιπέδων για να διερευνήσει κατά πόσον η αφυδάτωση μπορεί λογικά να εκτιμηθεί με βάση το χρώμα των ούρων. Το χρώμα των ούρων προσδιορίστηκε από τον ίδιο ερευνητή σε όλες τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν. Αυτό επιτεύχθηκε κρατώντας κάθε δείγμα δίπλα από μια χρωματική κλίμακα σε ένα καλά φωτισμένο δωμάτιο. Αυτή η νέα χρωματική κλίμακα αναπτύχθηκε στο εργαστήριο και βασίστηκε σε παρατηρήσεις από προηγούμενα πεδία και εργαστηριακά δείγματα ούρων. Η κλίμακα 8 χρωμάτων περιλάμβανε χρώματα που κυμαίνονταν από ένα χλωμό κίτρινο μέχρι ένα καστανωπό πράσινο.



Εικόνα 2. Κλίμακα αξιολόγησης του χρώματος των ούρων [66] (Armstrong et al.1994)

Το χρώμα των ούρων και κυρίως τα πρώτα πρωινά ούρα είναι ένας απλός, γρήγορος και οικονομικός τρόπος ελέγχου των επιπέδων υδάτωσης. Όταν το χρώμα των ούρων είναι σκούρο κίτρινο προς πορτοκαλί σημαίνει πως ο οργανισμός είναι αρκετά αφυδατωμένος [73]. Τα φυσιολογικά όρια ενός ανθρώπου σε φυσιολογικά επίπεδα υδάτωσης είναι διάφανα προς ανοιχτά κίτρινα. Στην εικόνα 2 φαίνεται ότι τα χρώματα 1 και 2 ανταποκρίνονται σε ούρα ανθρώπου που είναι επαρκώς ενυδατωμένος, ενώ τα νούμερο 6 και 7 ανταποκρίνονται σε ούρα αφυδατωμένου ατόμου.

4. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΣΚΟΠΟΣ

Η σημασία του νερού για την κυτταρική ομοιόσταση και τη ζωή καθιστά επιτακτική την αναγνώριση καταστάσεων έλλειψης νερού έτσι ώστε να μπορέσουν να αποφευχθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις της αφυδάτωσης. Στη παρούσα μελέτη σκοπός ήταν να αξιολογηθούν τα επίπεδα υδάτωσης σε αθλητές κολύμβησης, υψηλού επιπέδου, ηλικίας 13-17 ετών. Συγκεκριμένα εκτιμήθηκαν τα επίπεδα υδάτωσης κατά την έναρξη της ημέρας αλλά και πριν και μετά από την πραγματοποίηση μιας προπόνησης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στη συγκεκριμένη μελέτη πήραν μέρος 12 κολυμβητές ηλικίας 13-17 με τα ανθρωπομετρικά τους χαρακτηριστικά να φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	ΗΛΙΚΙΑ(έτη)	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ (m)
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	15,4±1,3	67,3±13,5	1,75±0,09

Πίνακας 3. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των 12 κολυμβητών.

ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:

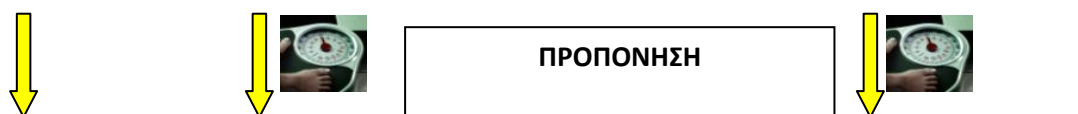
Δύο ημέρες πριν από την πραγματοποίηση των μετρήσεων εκτίμησης των επιπέδων υδάτωσης, πραγματοποιήθηκε στους συμμετέχοντες της μελέτης προφορική ενημέρωση σχετικά με τη διαδικασία η οποία θα ακολουθηθεί. Συνοπτικά και αφού η συμμετοχή των εθελοντών στην έρευνα είχε επιβεβαιωθεί με τη συμπλήρωση των γονέων

τους ενός συμφωνητικού εθελοντικής συμμετοχής: Οι εθελοντές θα έπρεπε να συμπληρώσουν αναλυτικά και λεπτομερώς ένα 3ήμερο ημερολόγιο καταγραφής τροφίμων και υγρών. Το ημερολόγιο καταγραφής θα περιελάμβανε 2 ημέρες στις οποίες θα έχει πραγματοποιηθεί προπονητική συνεδρία και στις οποίες θα καταγράφονται τα τρόφιμα και υγρά που καταναλώθηκαν και 1 ημέρα καταγραφής στην οποία δε θα είχε πραγματοποιηθεί προπόνηση. Στη συνέχεια, θα δοθούν στους εθελοντές αποστειρωμένα δοχεία συλλογής ούρων για τη συλλογή των πρώτων πρωινών ούρων.

Την ημέρα των μετρήσεων οι εθελοντές αφού παρέδιδαν τα πρώτα πρωινά τους ούρα, λάμβαναν το δεύτερο δοχείο για τη συλλογή των ούρων πριν την προπόνηση και εν συνεχεία ακολουθείτο η μέτρηση του σωματικού τους βάρους πριν την προπόνηση.

Οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν την προπόνησή τους και μετά το πέρας αυτής το τρίτο και τελευταίο δείγμα ούρων συλλεγόταν. Η μέτρηση του σωματικού τους βάρους ακολουθούσε, αφού είχαν φορέσει στεγνό μαγιώ, και τελικώς συμπλήρωναν και ένα ειδικό ερωτηματολόγιο γνώσης της σημασίας των βέλτιστων επιπέδων υδάτωσης.

Συνοπτικά η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το ειδικό βάρος των ούρων των αθλητών μετρήθηκε με διαθλασίμετρο χειρός ATAGO (cat. no 2734, Ιαπωνία) ενώ, οι μεταβολές της σωματικής μάζας προσδιορίστηκαν με ηλεκτρονικό ζυγό SECA (με ακρίβεια 100 γρ.Vogel & Halke Αμβούργο, Γερμανία). Το χρώμα των ούρων εκτιμήθηκε με βάση την κλίμακα των Armstrong et al. [66].

ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΥΡΩΝ

Τα δείγματα των ούρων των αθλητών που συλλέξαμε αναλύθηκαν όπως αναφέραμε ως προς την ειδική πυκνότητα τους με τη χρήση του διαθλασίμετρου. Για να κριθεί αν το δείγμα ούρων που αναλύθηκε ανήκει σε αφυδατωμένο άτομο, χρησιμοποιήθηκε το όριο 1.020 για τον δείκτη της ειδικής πυκνότητας. Αυτό το όριο έχει βρεθεί από πολλές έρευνες να είναι ασφαλές και αρκετά ευαίσθητο για να κατηγοριοποιεί άτομα ως αφυδατωμένα. Τιμές μεγαλύτερες του 1.020 ανήκουν λοιπόν σε αφυδατωμένους αθλητές ενώ οι τιμές ≤ 1.020 ανήκουν σε καλά ενυδατωμένους αθλητές.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ανάλυση των δεδομένων στατιστικά έγινε με την χρήση του προγράμματος SPSS 13.0.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης στο δείγμα 12 αθλητών μέσου όρου ηλικίας $15,4 \pm 1,3$ έδειξαν πως στα πρωινά δείγματα και τα 12 άτομα είχαν τιμές $USG > 1.020$ άρα και είναι αφυδατωμένα με μεγάλη πιθανότητα. Πριν την προπόνηση αλλά και μετά τη προπόνηση, 10 άτομα βρέθηκαν με τιμή $USG > 1.020$, που σημαίνει ότι 2 άτομα βρέθηκαν καλά ενυδατωμένα. Σε ποσοστό οι αθλητές που φάνηκαν ελαφρώς αφυδατωμένοι από τα πρωινά δείγματα ήταν 41,6%, μέτρια αφυδατωμένοι το 50% ενώ σοβαρά αφυδατωμένοι βρέθηκε το 8,4%. Πριν την προπόνηση, το 16,6% των αθλητών

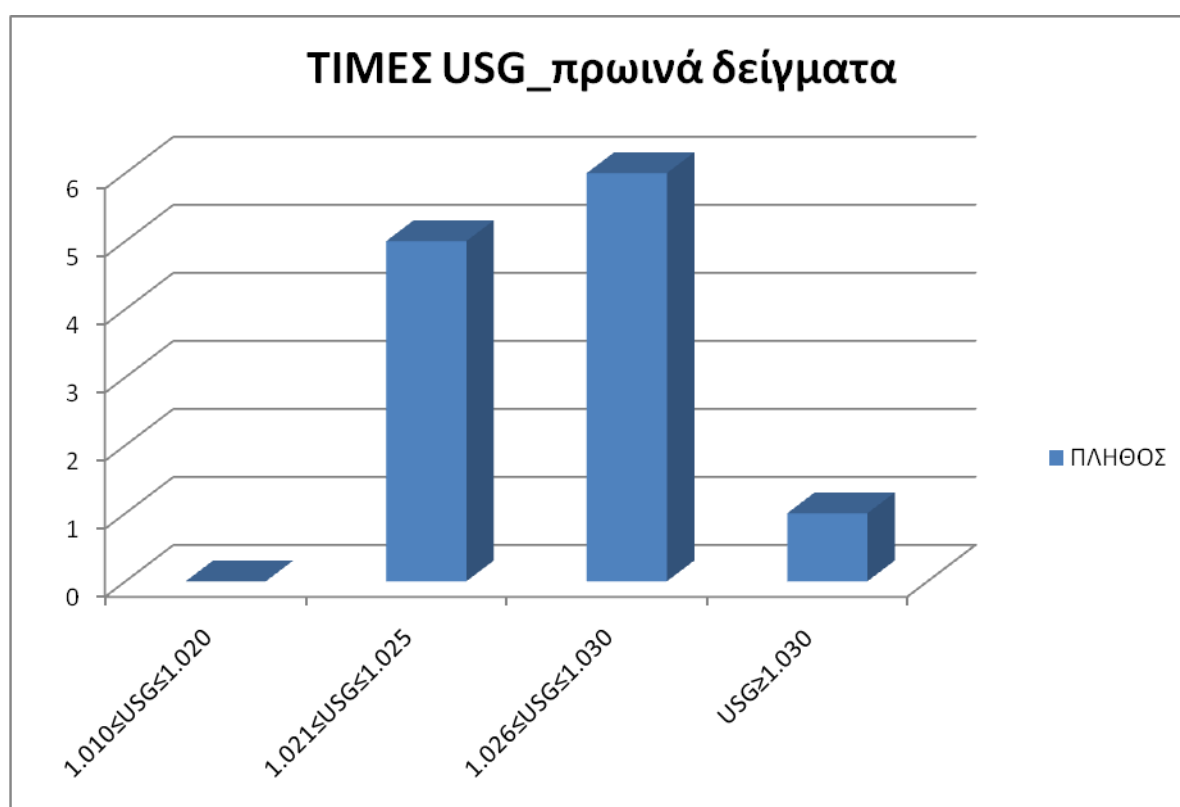
βρέθηκαν ενυδατωμένοι, το 8,3% βρέθηκαν ελαφρώς αφυδατωμένοι ενώ το 50% και 25,2% βρέθηκαν μέτρια και σοβαρά αφυδατωμένοι αντίστοιχα. Τέλος, μετά το τέλος της προπόνησης, οι ενυδατωμένοι αθλητές αποτελούσαν το 16,6%, οι ελαφρώς αφυδατωμένοι το 41,6%, οι μέτρια αφυδατωμένοι το 25,2% και οι σοβαρά αφυδατωμένοι το 16,6%. Τα στοιχεία περιλαμβάνονται στους παρακάτω πίνακες. Στη συνέχεια ακολουθούν, τα αποτελέσματα με βάση το χρώμα των ούρων με τα αντίστοιχα ποσοστά σε κάθε κατηγορία. Σε γενικές γραμμές οι δύο δείκτες συμπίπτουν στα αποτελέσματα, αν και το χρώμα των ούρων, σαν δείκτης κατάστασης υδάτωσης, κρύβει και υποκειμενικότητα [12].

	n=12	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ
Βάρος pre(kg)		67,3±13,5
Βάρος post(kg)		66,8±13,3
Χρώμα ούρων_1		5±1
Χρώμα ούρων_pre		4,5±1
Χρώμα ούρων_post		4±1
USG_1		1,026±0,003
USG_pre		1,025±0,006
USG_post		1,021±0,01

Πίνακας 4. Συγκεντρωτικά δεδομένα βάρους αθλητών, χρώματος ούρων και ειδικού βάρους ούρων, το πρωί, πριν και μετά την προπόνηση.

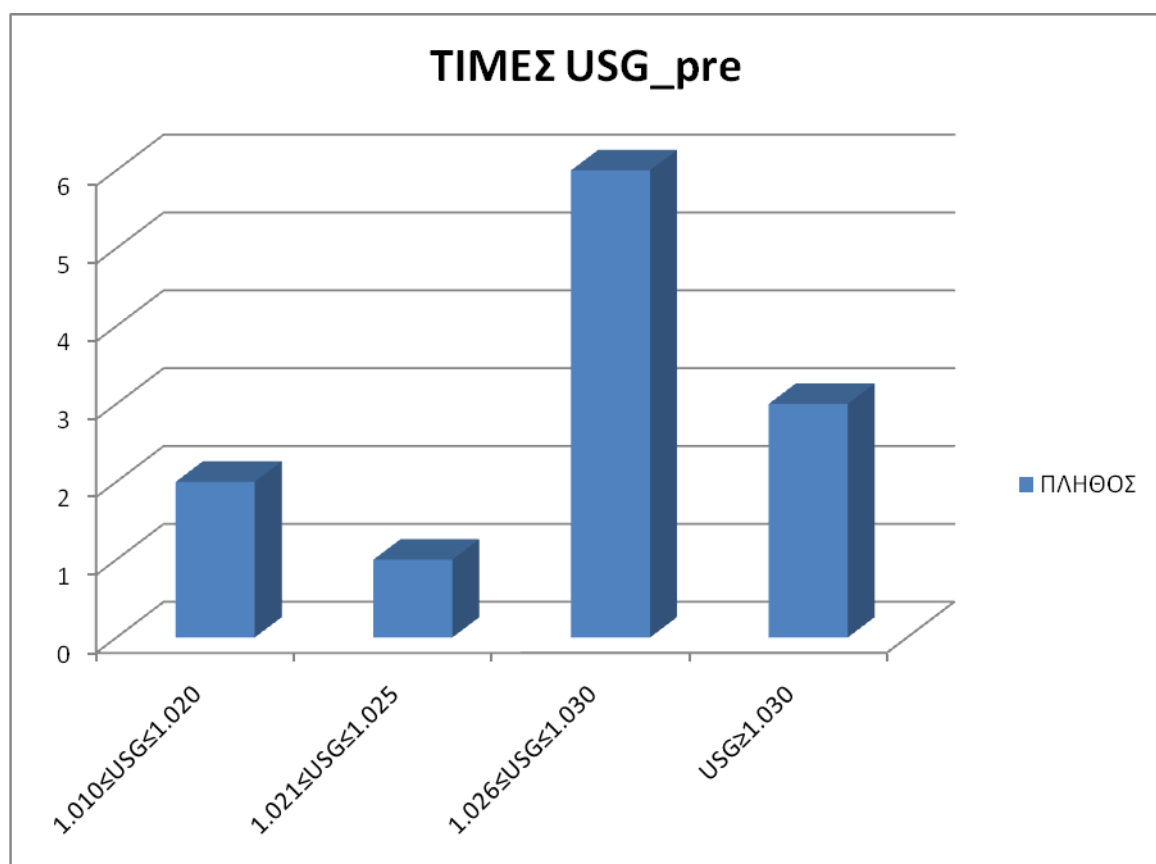
	ΤΙΜΕΣ USG_πρωινά δείγματα			
	$1.010 \leq \text{USG} \leq 1.020$	$1.021 \leq \text{USG} \leq 1.025$	$1.026 \leq \text{USG} \leq 1.030$	$\text{USG} \geq 1.030$
ΠΛΗΘΟΣ	0	5	6	1
ΠΟΣΟΣΤΟ	0	41,60%	50%	8,40%

Πίνακας 5. Κατηγοριοποίηση αθλητών με βάση τα πρωινά δείγματα ούρων.



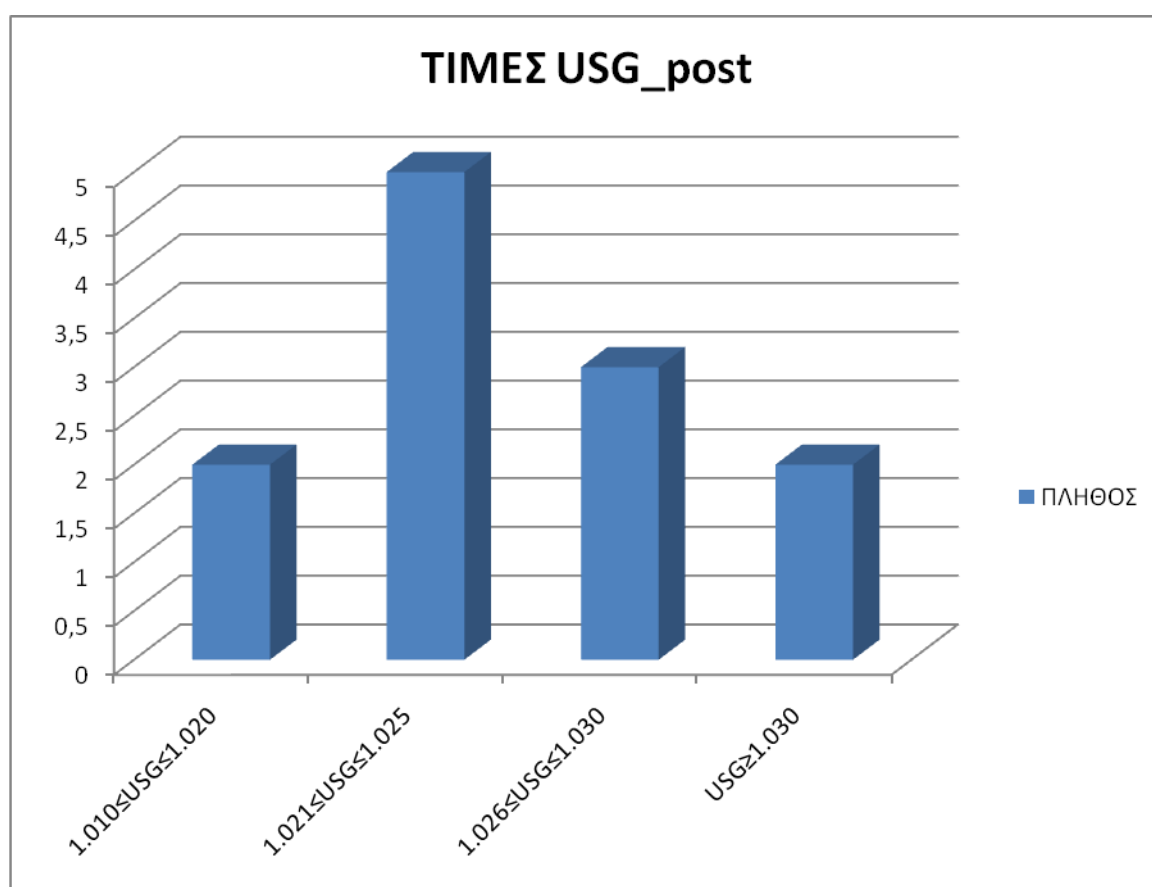
TIMES USG_pre				
	$1.010 \leq \text{USG} \leq 1.020$	$1.021 \leq \text{USG} \leq 1.025$	$1.026 \leq \text{USG} \leq 1.030$	$\text{USG} \geq 1.030$
ΠΛΗΘΟΣ	2	1	6	3
ΠΟΣΟΣΤΟ	16,60%	8,20%	50%	25,20%

Πίνακας 6. Κατηγοριοποίηση αθλητών με βάση τα δείγματα πριν την προπόνηση.



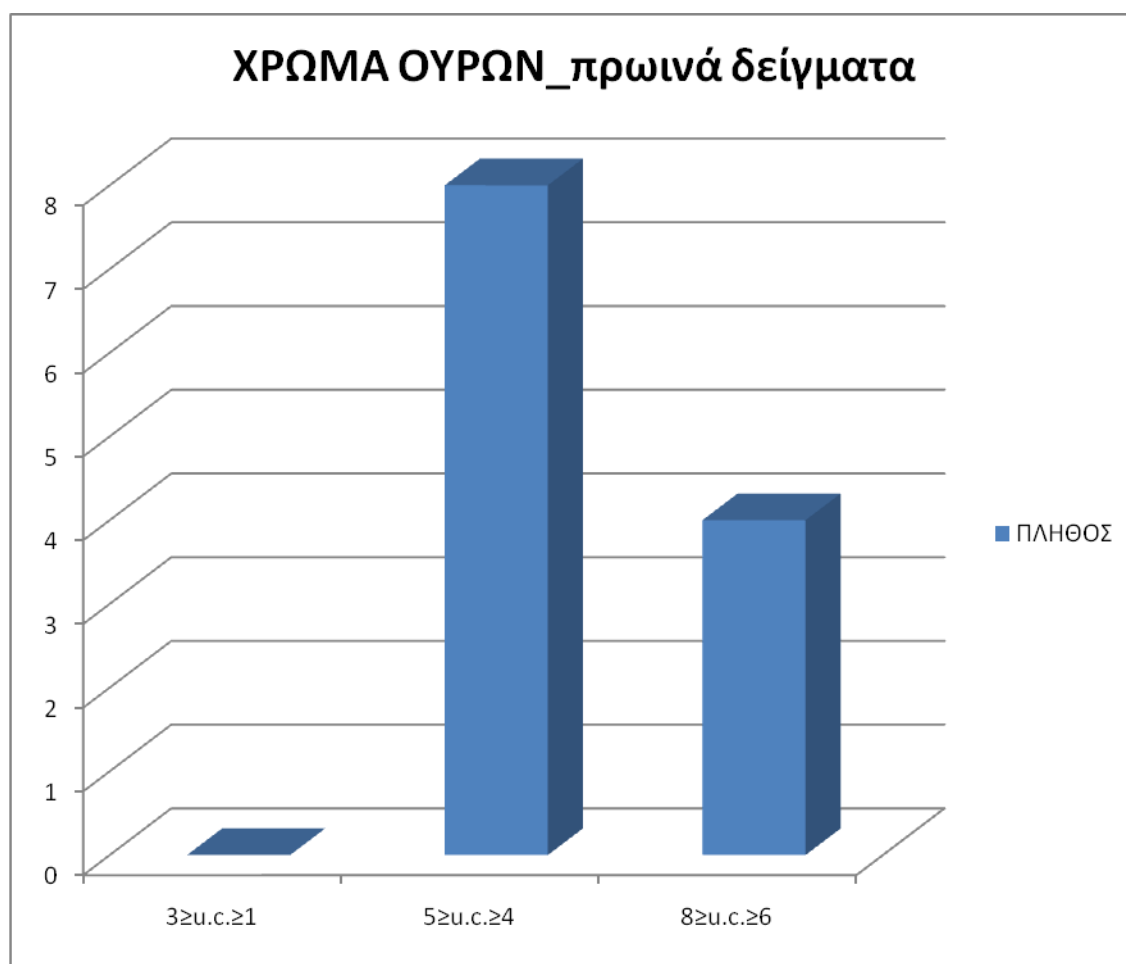
TIMES USG_post				
	$1.010 \leq USG \leq 1.020$	$1.021 \leq USG \leq 1.025$	$1.026 \leq USG \leq 1.030$	$USG \geq 1.030$
ΠΛΗΘΟΣ	2	5	3	2
ΠΟΣΟΣΤΟ	16,60%	41,60%	25,20%	16,60%

Πίνακας 7. Κατηγοριοποίηση αθλητών με βάση τα δείγματα μετά την προπόνηση.



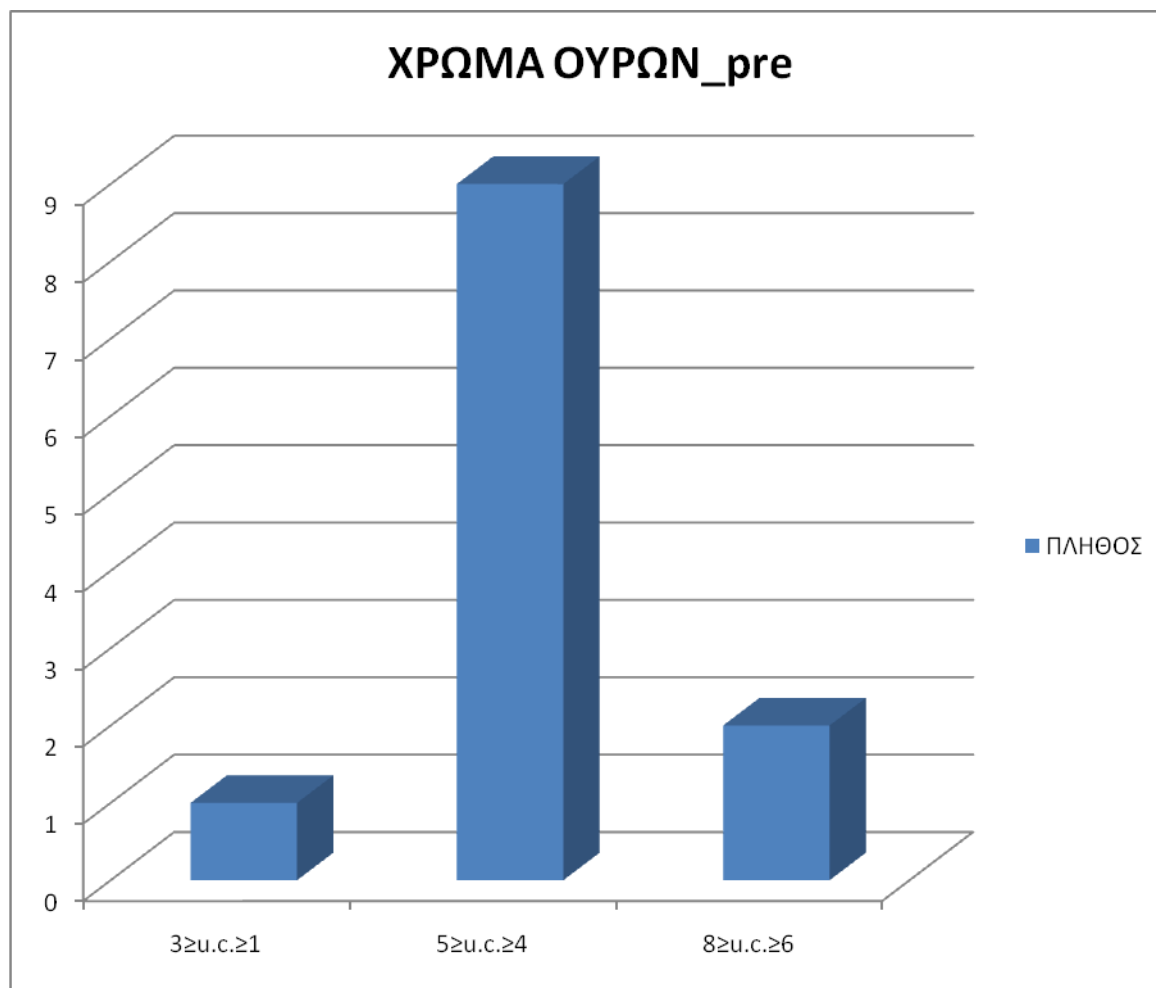
ΧΡΩΜΑ ΟΥΡΩΝ_πρωινά δείγματα(u.c.)			
	$3 \geq u.c. \geq 1$	$5 \geq u.c. \geq 4$	$8 \geq u.c. \geq 6$
ΠΛΗΘΟΣ	0	8	4
ΠΟΣΟΣΤΟ	0	66,70%	33,30%

Πίνακας 8. Κατηγοριοποίηση αθλητών με βάση το χρώμα των ούρων τους από τα πρωινά δείγματα.



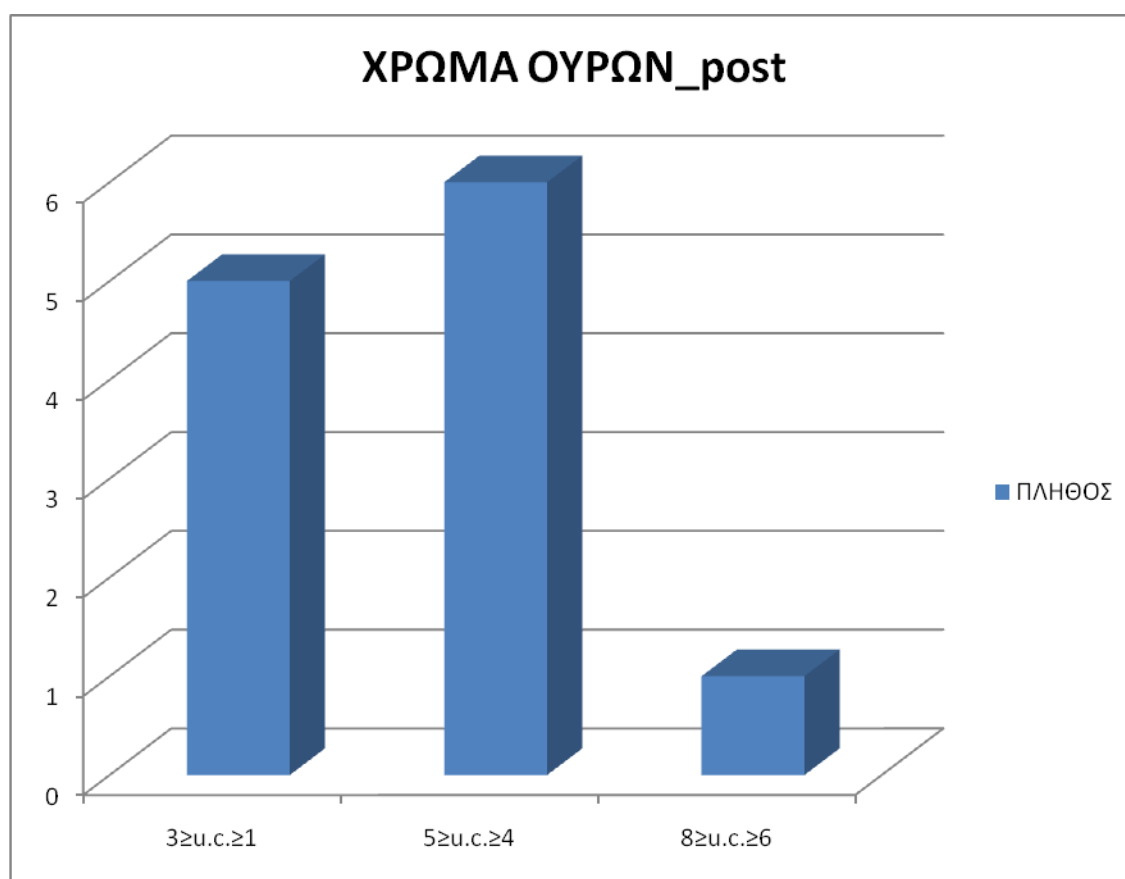
ΧΡΩΜΑ ΟΥΡΩΝ_pre(u.c.)			
	$3 \geq u.c. \geq 1$	$5 \geq u.c. \geq 4$	$8 \geq u.c. \geq 6$
ΠΛΗΘΟΣ	1	9	2
ΠΟΣΟΣΤΟ	8,30%	75,00%	16,70%

Πίνακας 9. Κατηγοριοποίηση αθλητών με βάση το χρώμα των ούρων τους πριν την προπόνηση.



ΧΡΩΜΑ ΟΥΡΩΝ_post (u.c.)			
	$3 \geq u.c. \geq 1$	$5 \geq u.c. \geq 4$	$8 \geq u.c. \geq 6$
ΠΛΗΘΟΣ	5	6	1
ΠΟΣΟΣΤΟ	41,70%	50,00%	8,30%

Πίνακας 10. Κατηγοριοποίηση αθλητών με βάση το χρώμα των ούρων μετά την προπόνηση.



6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη παρούσα μελέτη θέλαμε να εξετάσουμε τα επίπεδα υδάτωσης των κολυμβητών το πρωί, πριν την προπόνηση και μετά την προπόνηση. Το σημαντικότερο εύρημα της παρούσας μελέτης είναι η διαπίστωση πολύ χαμηλών επιπέδων υδάτωσης στους νεαρούς κολυμβητές. Σύμφωνα με δείκτες υδάτωσης της επίσημης βιβλιογραφίας ($USG > 1.020$, και $\text{χρώμα ούρων} \geq 4$) [12] το 60% των αθλητών (με βάση τους δύο δείκτες που μελετήσαμε) βρέθηκε να είναι σε κατάσταση σημαντικής αφυδάτωσης τις πρωινές ώρες, ενώ το υπόλοιπο 40% μέτρια αφυδατωμένο.

Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι το πρωί περισσότεροι από το 50% των αθλητών ήταν σοβαρά αφυδατωμένοι ενώ οι υπόλοιποι βρέθηκαν μέτρια και σημαντικά αφυδατωμένοι. Κατά τη διάρκεια της μέρας, η κατάσταση βελτιώθηκε χωρίς όμως να αποκατασταθούν πλήρως οι απώλειες υγρών κατά την προπόνηση, όπως φαίνεται από τη μικρή αλλαγή του σωματικού βάρους τους μετά την προπόνηση. Συγκεκριμένα, με βάση τις μετρήσεις του ειδικού βάρους των ούρων, το 71,4% των αθλητών βρέθηκε σημαντικά αφυδατωμένο πριν την προπόνηση, ενώ μόνο το 28,6% βρέθηκε σε κατάσταση καλής υδάτωσης. Το γεγονός ότι οι περισσότεροι αθλητές βρέθηκαν αφυδατωμένοι πριν την προπόνηση είναι πολύ σημαντικό, αφού αυτό θα οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση και κατά τη διάρκεια της προπόνησης.

Με βάση τα αποτελέσματα των τιμών του ειδικού βάρους των ούρων μετά την προπόνηση, μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα. Σε γενικές γραμμές, με βάση τον δείκτη USG φάνηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αθλητών μετά την προπόνηση βρισκόταν στην ίδια ή σε καλύτερη κατάσταση υδάτωσης από την χρονική στιγμή πριν την προπόνηση. Συγκεκριμένα, μόνο το 14,3% βρισκόταν σε κατάσταση σοβαρής αφυδάτωσης μετά το τέλος της προπόνησης, σε σχέση με το 21,4% πριν την προπόνηση. Από αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι αθλητές κατανάλωναν υγρά ή ηλεκτρολύτες κατά τη διάρκεια της προπόνησης και έτσι βρέθηκαν σε καλύτερη κατάσταση υδάτωσης. Ωστόσο, είναι γνωστό πως οι δείκτες των ούρων καθυστερούν στο να δείξουν την παρούσα κατάσταση υδάτωσης του ατόμου άρα αργούν να μεταβληθούν και αυτό γιατί μέχρι να ξεκινήσει η διαδικασία μείωσης των τιμών αυτών πρέπει να προηγηθεί η διέγερση της AVP που εξαρτάται από την ωσμωτικότητα του πλάσματος. Έτσι ίσως είναι

πιθανό η κατάσταση της υδάτωσης μετά την προπόνηση με βάση τους δείκτες που μελετήσαμε και με βάση το γεγονός ότι η προπόνηση διαρκούσε περίπου 80 με 90 λεπτά να μην είναι απόλυτα αληθής. Συγκεκριμένα, οι αθλητές που παρουσίασαν σταθερή τιμή ειδικού βάρους ούρων πριν και μετά την προπόνηση, ίσως οφείλεται στο γεγονός που αναφέραμε παραπάνω ή δεν παρουσίασαν κάποιου είδους αφυδάτωση λόγω της κατανάλωσης υγρών ή ηλεκτρολυτών. Υπάρχει όμως και κάτι άλλο που πρέπει να συσχετίσουμε. Το γεγονός ότι οι αθλητές έχασαν βάρος κατά τη διάρκεια της προπόνησης έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα του ειδικού βάρους των ούρων. Συγκεκριμένα οι αθλητές βίωσαν μία μέση μείωση του σωματικού τους βάρους κατά 0,53%. Η μείωση αυτή του βάρους μαζί με το γεγονός ότι οι τιμές USG μειώθηκαν, όπως αναφέραμε, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι αθλητές ίσως κατανάλωναν υγρά κατά τη διάρκεια της προπόνησης, και έτσι έφταναν σε καλύτερα επίπεδα υδάτωσης μετά την προπόνηση, όμως ίσως δεν κατανάλωναν τις κατάλληλες ποσότητες, έτσι ώστε να διατηρήσουν το βάρος τους αλλά και να βρεθούν σε κατάσταση ενυδάτωσης ($1.020 \geq \text{USG} \geq 1.010$) και όχι απλά σε ελαφρώς καλύτερη κατάσταση αφυδάτωσης.

Ωστόσο, στην κολύμβηση, οι απώλειες υγρών είναι μικρές ακόμα και σε μακράς διάρκειας, υψηλής έντασης προπόνηση [49]. Σε μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο του Loughborough το 2009 [49] και μετρήσε το ισοζύγιο των υγρών σε κολυμβητές υψηλού επιπέδου, βρέθηκε ότι οι απώλειες υγρών ήταν πολύ μικρές και ότι στους περισσότερους αθλητές που πήραν μέρος, αυξήθηκε ελάχιστα το σωματικό τους βάρος. Ωστόσο στην παρούσα έρευνα, μόνο ένας αθλητής αύξησε το βάρος του μετά την προπόνηση. Το γεγονός ότι αύξησαν το βάρος τους οι αθλητές αυτοί στο πανεπιστήμιο του Loughborough, το στηρίζουν στο γεγονός ότι έπιναν παραπάνω υγρά από όσα χρειάζονταν.

Είναι σημαντικό όμως να πούμε ότι η παρούσα μελέτη είχε κάποια πλεονεκτήματα, όπως και μειονεκτήματα. Καταρχάς, σε σχέση με την μελέτη που έγινε στο πανεπιστήμιο του Loughborough οι αθλητές που μετρήσαμε ήταν στην πλειονότητα τους αγόρια ηλικίας μέσου όρου ηλικίας 15 χρονών ενώ στο πανεπιστήμιο του Loughborough πήραν μέρος 50% αγόρια και 50% κορίτσια ηλικίας 19 μέχρι 21 χρονών. Ακόμα οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στις δύο αυτές μελέτες, ίσως οφείλονται και σε διαφορετικές συνθήκες συλλογής δειγμάτων. Ακόμα η διαφορετικής διάρκειας και έντασης προπόνηση παίζει επίσης κάποιο ρόλο. Το γεγονός ότι οι αθλητές που μελετήθηκαν στο πανεπιστήμιο του

Loughborough ήταν υψηλού επιπέδου, ίσως να παίζει επίσης κάποιο ρόλο στη διαφορά των αποτελεσμάτων ανάμεσα στις δύο μελέτες.

Σε γενικές γραμμές, οι αθλητές που μελετήσαμε, κατανάλωναν υγρά κατά τη διάρκεια της προπόνησης ωστόσο φαίνεται ότι δεν αποκατάστησαν πλήρως τις απώλειες τους. Το γεγονός ότι οι αθλητές βρέθηκαν πριν και μετά την προπόνηση αφυδατωμένοι είναι πολύ σοβαρό, παρ' όλο που η κατάσταση βελτιώθηκε με βάση τα αποτελέσματα μετά την προπόνηση. Είναι σημαντικό να υπάρχει επίγνωση των αθλητών για τις ανάγκες τους σε υγρά κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Η έλλειψη γνώσης για τις επιπτώσεις της αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση ίσως είναι και ένας παράγοντας που δεν αφήνει τους αθλητές να ενημερωθούν παραπάνω πάνω σε αυτό το θέμα και να δράσουν ανάλογα. Είναι πολύ σημαντικό οι αθλητές να ενημερώνονται από τον διατροφολόγο της ομάδας τους για τις ανάγκες τους σε υγρά και να ακολουθούν ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα κατανάλωσης υγρών κατά τη διάρκεια της ημέρας γενικότερα.

- ΤΕΛΟΣ -

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Sawka, M.N., S.N. Cheuvront, and R. Carter, 3rd, *Human water needs*. Nutr Rev, 2005. **63**(6 Pt 2): p. S30-9.
2. Adolph E, D.D., *Observations on water metabolism in the desert*. Am J Physiol., 1938. **123**: p. 124-129.
3. Armstrong, L.E., D.L. Costill, and W.J. Fink, *Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance*. Med Sci Sports Exerc, 1985. **17**(4): p. 456-61.
4. Starling, E.H., *On the Absorption of Fluids from the Connective Tissue Spaces*. J Physiol, 1896. **19**(4): p. 312-26.
5. Pappenheimer, J.R., *Passage of molecules through capillary wals*. Physiol Rev, 1953. **33**(3): p. 387-423.
6. Aronson., P.S., *Distribution of sodium chloride across cell membranes*. New York:Raven, 1990.
7. Novak, L.P., *Changes in total body water during adolescent growth*. Hum Biol, 1989. **61**(3): p. 407-14.
8. Saltin, B., *Aerobic and Anaerobic Work Capacity after Dehydration*. J Appl Physiol, 1964. **19**: p. 1114-8.
9. Olsson, K.E. and B. Saltin, *Variation in total body water with muscle glycogen changes in man*. Acta Physiol Scand, 1970. **80**(1): p. 11-8.
10. Nicholas, C.W., et al., *Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high-intensity shuttle running*. J Sports Sci, 1995. **13**(4): p. 283-90.
11. IOM, *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*. THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2005: p. 73-185.

12. Sawka, M.N., et al., *American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement*. Med Sci Sports Exerc, 2007. **39**(2): p. 377-90.
13. 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.
14. Ray, M.L., et al., *Effect of sodium in a rehydration beverage when consumed as a fluid or meal*. J Appl Physiol, 1998. **85**(4): p. 1329-36.
15. Freund, B.J., et al., *Glycerol hyperhydration: hormonal, renal, and vascular fluid responses*. J Appl Physiol, 1995. **79**(6): p. 2069-77.
16. O'Brien, C., et al., *Glycerol hyperhydration: physiological responses during cold-air exposure*. J Appl Physiol, 2005. **99**(2): p. 515-21.
17. Noakes, T., *Fluid replacement during marathon running*. Clin J Sport Med, 2003. **13**(5): p. 309-18.
18. MEDICINE, I.O., *Fluid Replacement and Heat Stress*. 1994.
19. 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.
20. Coyle, E.F., *Fluid and fuel intake during exercise*. J Sports Sci, 2004. **22**(1): p. 39-55.
21. Coyle, E.F. and S.J. Montain, *Carbohydrate and fluid ingestion during exercise: are there trade-offs?* Med Sci Sports Exerc, 1992. **24**(6): p. 671-8.
22. Jeukendrup, A.E., *Carbohydrate intake during exercise and performance*. Nutrition, 2004. **20**(7-8): p. 669-77.
23. Welsh, R.S., et al., *Carbohydrates and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue*. Med Sci Sports Exerc, 2002. **34**(4): p. 723-31.
24. Wallis, G.A., et al., *Oxidation of combined ingestion of maltodextrins and fructose during exercise*. Med Sci Sports Exerc, 2005. **37**(3): p. 426-32.
25. Jentjens, R.L., et al., *Oxidation of combined ingestion of glucose and sucrose during exercise*. Metabolism, 2005. **54**(5): p. 610-8.

26. 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.
27. Shirreffs, S.M. and R.J. Maughan, *Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat*. Med Sci Sports Exerc, 1998. **30**(11): p. 1598-602.
28. Wong, S.H., et al., *Influence of fluid intake pattern on short-term recovery from prolonged, submaximal running and subsequent exercise capacity*. J Sports Sci, 1998. **16**(2): p. 143-52.
29. Kovacs, E.M., et al., *Effect of high and low rates of fluid intake on post-exercise rehydration*. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2002. **12**(1): p. 14-23.
30. Nose, H., T. Morimoto, and K. Ogura, *Distribution of water losses among fluid compartments of tissues under thermal dehydration in the rat*. Jpn J Physiol, 1983. **33**(6): p. 1019-29.
31. Shirreffs, S.M., *Markers of hydration status*. J Sports Med Phys Fitness, 2000. **40**(1): p. 80-4.
32. Poortmans, J.R., *Exercise and renal function*. Sports Med, 1984. **1**(2): p. 125-53.
33. Fitzsimons, J.T., *The physiological basis of thirst*. Kidney Int, 1976. **10**(1): p. 3-11.
34. Kenney, W.L. and C.W. Ho, *Age alters regional distribution of blood flow during moderate-intensity exercise*. J Appl Physiol, 1995. **79**(4): p. 1112-9.
35. Kenney, W.L. and P. Chiu, *Influence of age on thirst and fluid intake*. Med Sci Sports Exerc, 2001. **33**(9): p. 1524-32.
36. F., Manz., *Hydration and disease*. J Am Coll Nutr., 2007. **26**: p. 535-541.
37. Taylor, E.N., M.J. Stampfer, and G.C. Curhan, *Dietary factors and the risk of incident kidney stones in men: new insights after 14 years of follow-up*. J Am Soc Nephrol, 2004. **15**(12): p. 3225-32.
38. Curhan, G.C., et al., *Dietary factors and the risk of incident kidney stones in younger women: Nurses' Health Study II*. Arch Intern Med, 2004. **164**(8): p. 885-91.

39. Comas Vives, A. and I. Polanco Allue, *[Case-control study of risk factors associated with constipation. The FREI Study]*. An Pediatr (Barc), 2005. **62**(4): p. 340-5.
40. Chan, J., et al., *Water, other fluids, and fatal coronary heart disease: the Adventist Health Study*. Am J Epidemiol, 2002. **155**(9): p. 827-33.
41. Hattori, M. and Y. Azami, *Searching for preventive measures of cardiovascular events in aged Japanese taxi drivers--the daily rhythm of cardiovascular risk factors during a night duty day*. J Hum Ergol (Tokyo), 2001. **30**(1-2): p. 321-6.
42. Math, M.V., et al., *Gallbladder emptying after drinking water and its possible role in prevention of gallstone formation*. Singapore Med J, 1986. **27**(6): p. 531-2.
43. Gonzalez-Alonso, J., et al., *Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise*. J Appl Physiol, 1997. **82**(4): p. 1229-36.
44. Armstrong, L.E., et al., *Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake*. J Appl Physiol, 1997. **82**(6): p. 2028-35.
45. Armstrong, L.E., et al., *Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration*. Int J Sport Nutr, 1998. **8**(4): p. 345-55.
46. Morimoto, T., *Thermoregulation and body fluids: role of blood volume and central venous pressure*. Jpn J Physiol, 1990. **40**(2): p. 165-79.
47. Nose, H., et al., *Right atrial pressure and forearm blood flow during prolonged exercise in a hot environment*. Pflugers Arch, 1994. **426**(3-4): p. 177-82.
48. Greenleaf, J.E., *Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration*. Med Sci Sports Exerc, 1992. **24**(6): p. 645-56.
49. Maughan, R.J., et al., *Water and salt balance of well-trained swimmers in training*. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2009. **19**(6): p. 598-606.
50. Costill, D.L., P.J. Cahill, and D. Eddy, *Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperatures*. J Appl Physiol, 1967. **22**(4): p. 628-32.
51. Nielsen, B. and C.T. Davies, *Temperature regulation during exercise in water and air*. Acta Physiol Scand, 1976. **98**(4): p. 500-8.

52. Lemon, P.W., D.T. Deutsch, and W.R. Payne, *Urea production during prolonged swimming*. J Sports Sci, 1989. **7**(3): p. 241-6.
53. Gudivaka, R., et al., *Single- and multifrequency models for bioelectrical impedance analysis of body water compartments*. J Appl Physiol, 1999. **87**(3): p. 1087-96.
54. Cheuvront, S.N., E.M. Haymes, and M.N. Sawka, *Comparison of sweat loss estimates for women during prolonged high-intensity running*. Med Sci Sports Exerc, 2002. **34**(8): p. 1344-50.
55. Dill, D.B. and D.L. Costill, *Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration*. J Appl Physiol, 1974. **37**(2): p. 247-8.
56. McNair, P., et al., *Gross errors made by routine blood sampling from two sites using a tourniquet applied at different positions*. Clin Chim Acta, 1979. **98**(1-2): p. 113-8.
57. Diaz, F.J., et al., *Plasma volume changes during rest and exercise in different postures in a hot humid environment*. J Appl Physiol, 1979. **47**(4): p. 798-803.
58. Mack, G.W., Nadel ER., , *Body fluid balance during heat stress in humans*. Oxford University Press, 1996. **2**: p. 187-214.
59. Popowski, L.A., et al., *Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration*. Med Sci Sports Exerc, 2001. **33**(5): p. 747-53.
60. Share, L., et al., *Effects of change in posture and of sodium depletion on plasma levels of vasopressin and renin in normal human subjects*. J Clin Endocrinol Metab, 1972. **35**(1): p. 171-4.
61. Davis, J.E. and S.M. Fortney, *Effect of fluid ingestion on orthostatic responses following acute exercise*. Int J Sports Med, 1997. **18**(3): p. 174-8.
62. Johnson, D.R., et al., *Dehydration and orthostatic vital signs in women with hyperemesis gravidarum*. Acad Emerg Med, 1995. **2**(8): p. 692-7.
63. Piccoli, A., et al., *A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph*. Kidney Int, 1994. **46**(2): p. 534-9.

64. Piccoli, A., et al., *A new method for monitoring hydration at high altitude by bioimpedance analysis*. Med Sci Sports Exerc, 1996. **28**(12): p. 1517-22.
65. Armstrong, L.E., et al., *Bioimpedance spectroscopy technique: intra-, extracellular, and total body water*. Med Sci Sports Exerc, 1997. **29**(12): p. 1657-63.
66. Armstrong, L.E., et al., *Urinary indices of hydration status*. Int J Sport Nutr, 1994. **4**(3): p. 265-79.
67. Francesconi, R.P., et al., *Urinary and hematologic indexes of hypohydration*. J Appl Physiol, 1987. **62**(3): p. 1271-6.
68. Zambraski, E.J., et al., *Iowa wrestling study: urinary profiles of state finalists prior to competition*. Med Sci Sports, 1974. **6**(2): p. 129-32.
69. Wakefield, B., et al., *Monitoring hydration status in elderly veterans*. West J Nurs Res, 2002. **24**(2): p. 132-42.
70. Casa, D.J., et al., *National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes*. J Athl Train, 2000. **35**(2): p. 212-224.
71. Anastasio, P., et al., *Level of hydration and renal function in healthy humans*. Kidney Int, 2001. **60**(2): p. 748-56.
72. Sivakumaran, T., *Letter: Use of a Munsell color chart to describe urine color*. Clin Chem, 1975. **21**(4): p. 639.
73. Kavouras, S.A., *Assessing hydration status*. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2002. **5**(5): p. 519-24.