



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΙΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Η Επίδραση της Ενυδάτωσης και της Αφυδάτωσης στην Απόδοση**

**Ιφιγένεια-Αντιγόνη Στεφάνου**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Βασίλης Πασχάλης**

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021**

©Copyright  
Ιφιγένεια-Αντιγόνη Στεφάνου  
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

## Η Επίδραση της Ενυδάτωσης και της Αφυδάτωσης στην Απόδοση

### Περίληψη

Το νερό αποτελεί το σημαντικότερο συστατικό στον ανθρώπινο οργανισμό. Περίπου 60% του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από νερό. Το νερό είναι το μέσο με το οποίο λειτουργούν όλα τα συστήματα μεταφοράς και ανταλλαγής υγρών και άλλων συστατικών στον οργανισμό. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενυδάτωσης (70-80%), προέρχεται από την πρόσληψη νερού. Ο άνθρωπος δεν μπορεί να εξασφαλίσει την ενυδάτωσή του μόνο μέσα από την τροφή καθώς αυτή καλύπτει μόνο το 20-30% των αναγκών του, ενώ μια μικρή ποσότητα νερού παράγεται από τις μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού. Οι κυριότερες οδοί απώλειας νερού από το σώμα είναι μέσον της διούρησης και της εφίδρωσης (το δεύτερο σε φυσικά δραστήρια άτομα). Μικρότερες απώλειες παρατηρούνται μέσω της αναπνευστικής και γαστρεντερικής οδού. Ο κύριος ρυθμιστής της ομοιόστασης του νερού στον ανθρώπινο οργανισμό είναι η αντιδιουρητική ορμόνη. Η ανεπαρκής πρόσληψη νερού οδηγεί σε αφυδάτωση του οργανισμού, δηλαδή στη δυναμική διαδικασία απώλειας νερού από το σώμα. Από την άλλη, υπερβολική πρόσληψη νερού πάνω από τις φυσιολογικές ανάγκες του ατόμου ελλοχεύει τον κίνδυνο της υπονατριαιμίας. Και οι δύο καταστάσεις μπορούν να είναι εξίσου επικίνδυνες για τη ζωή του ατόμου εάν αυτές δεν αντιμετωπιστούν εγκαίρως. Δύο από τις πιο απλές και εύχρηστες μεθόδους εκτίμησης του υδατικού προφίλ είναι το χρώμα των ούρων και η μεταβολή της σωματικής μάζας του ατόμου. Το αίσθημα της δίψας δεν είναι πάντα αξιόπιστος δείκτης αφυδάτωσης. Η ανεπαρκής υδάτωση επηρεάζει αρνητικά πολλές οργανικές λειτουργίες του οργανισμού και αυξάνει την πιθανότητα για εμφάνιση χρόνιων παθήσεων. Η ημερήσια συνιστώμενη πρόσληψη νερού είναι 2,5-3,5L. Οι συστάσεις μπορεί να διαφέρουν σημαντικά σε αθλητές και ασκούμενους. Απώλεια νερού  $\geq 2\%$  της Σ.Μ. φαίνεται να έχει αρνητικό αντίκτυπο στην αθλητική απόδοση. Ακόμα και  $\sim 1\%$  απώλεια μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αθλητική απόδοση. Επιπλέον όταν η αφυδάτωση κατά την άσκηση συνυπάρχει με υψηλή περιβαλλοντική θερμοκρασία τότε η αθλητική απόδοση μπορεί να παρουσιάσει

επιπλέον μείωση. Η μειωμένη πρόσληψη νερού, το θερμό και το υγρό κλίμα σε συνδυασμό με άσκηση υψηλής έντασης αυξάνουν κατακόρυφα την πιθανότητα αφυδάτωσης. Συχνό φαινόμενο αποτελεί οι αθλητές να ξεκινούν την προπόνηση όντας αφυδατωμένοι. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη ανάπτυξης στρατηγικών και εξατομικευμένων πλάνων ενυδάτωσης. Διχογνωμία φαίνεται να υπάρχει αναφορικά με την πρόσληψη νερού βάσει πλάνου ή πρόσληψη *ad libitum*. Ιδιαίτερη αναφορά στην παρούσα ανασκόπηση βιβλιογραφίας γίνεται στα αθλήματα κατηγοριών σύμφωνα με τη σωματική μάζα και το πρωτόκολλο ενυδάτωσης «Water Loading» που ρυθμίζει το βάρος των αθλητών χωρίς να προκαλεί την αφυδάτωσή τους.

Λέξεις κλειδιά: ενυδάτωση, αφυδάτωση, υπονατριαιμία, αθλητική απόδοση, άσκηση, υγεία.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη .....	iii
Πίνακας Περιεχομένων .....	v
Κατάλογος Σχημάτων .....	viii
Κατάλογος Πινάκων.....	viii
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών .....	viii
<b>I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>σελ. 1</b>
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος .....	σελ. 1
1.2. Σημασία της έρευνας .....	σελ. 2
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις.....	σελ. 3
1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας .....	σελ. 3
1.5. Διευκρίνιση όρων.....	σελ. 3
<b>II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....</b>	<b>σελ. 5</b>
2.1. Νερό και Ζωή.....	σελ. 5
2.2. Κατανομή του νερού στο σώμα .....	σελ. 6
2.3. Πηγές πρόσληψης νερού.....	σελ. 6
2.4. Απορρόφηση .....	σελ.7
2.5. Οδοί απώλειας νερού .....	σελ. 8
2.5.1. <i>Νεφρική οδός</i> .....	σελ. 9
2.5.2. <i>Γαστρεντερική οδός</i> .....	σελ. 9
2.5.3. <i>Αναπνευστική οδός</i> .....	σελ. 9
2.5.4. <i>Οδός/Μηχανισμός Εφίδρωσης</i> .....	σελ.10
2.6. Ρύθμιση και Διατήρηση ισοζυγίου του νερού .....	σελ. 12
2.7. Καταστάσεις που σχετίζονται με πρόσληψη νερού .....	σελ. 13
2.7.1. <i>Αφυδάτωση</i> .....	σελ.14
2.7.2. <i>Υπονατριαιμία</i> .....	σελ. 16
2.8. Δείκτες Ενυδάτωσης .....	σελ. 18
2.9. Επιδράσεις ανεπαρκούς υδάτωσης στην υγεία .....	σελ. 20

2.9.1. Σπουδαιότητα του νερού στην ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου σώματος.....	σελ. 20
2.9.2. Νοητική Λειτουργία.....	σελ. 21
2.9.3. Γαστρεντερικές Δυσλειτουργίες.....	σελ. 22
2.9.4. Πονοκέφαλος.....	σελ. 22
2.9.5. Νεφρική Λειτουργία.....	σελ. 23
2.9.6. Χρόνιες Παθήσεις.....	σελ. 24
2.10. Συστάσεις για Επαρκή Πρόσληψη νερού.....	σελ. 24
2.11. Φυσιολογία Αφυδάτωσης: Αιμοδυναμική και Άσκηση.....	σελ. 25
2.12. Προγραμματισμένη πρόσληψη νερού και <i>ad libitum</i> .....	σελ. 27
2.13. Ηλεκτρολύτες, Υδατάνθρακες και άλλα υποστρώματα.....	σελ. 28

### **III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....σελ. 33**

3.1. Αναζήτηση και Κριτήρια επιλογής και αποκλεισμού.....	σελ. 33
---	---------

### **IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....σελ. 34**

4.1. Νερό και Απόδοση.....	σελ. 35
4.2. Συνέπειες αφυδάτωσης σε διάφορες παραμέτρους της αθλητικής απόδοσης.....	σελ. 37
4.2.1. Ψυχική Διάθεση.....	σελ. 37
4.2.3. Αίσθημα πόνου κατά την άσκηση.....	σελ. 37
4.2.4. Σωματική και Νοητική απόδοση κατά την άσκηση.....	σελ. 38
4.3. Αφυδάτωση, Υπερθερμία και Απόδοση.....	σελ. 40
4.4. Επιδράσεις αφυδάτωσης και Υπερθερμίας σε διάφορα αθλήματα.....	σελ. 40
4.5. Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στη μείωση της αθλητικής απόδοσης.....	σελ. 46
4.6. Επιπτώσεις αφυδάτωσης στην υγεία του αθλητή.....	σελ. 46
4.7. Αθλήματα κατηγοριών σύμφωνα με τη σωματική μάζα.....	σελ. 48
4.3. “Water Loading”.....	σελ. 49
4.3.1. Μεθοδολογία.....	σελ. 49

4.3.2. Αποτελέσματα .....	σελ. 53
<b>V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>σελ. 54</b>
5.1. Γενικά.....	σελ. 54
5.2. Νερό και Αθλητική Απόδοση.....	σελ. 56
5.3. Στρατηγικές, Συμβουλές και Πρακτικές Ενυδάτωσης.....	σελ. 58
<b>VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>σελ. 66</b>

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

**Σχήμα 1.1.** Παράγοντες Εφίδρωσης.

**Σχήμα 1.2.** Χρωματική κλίμακα ούρων (8-scale) υπολογισμού υδατικού προφίλ.

**Σχήμα 1.3.** Φυσιολογικές αποκρίσεις του οργανισμού σε ήπια αφυδάτωση.

**Σχήμα 1.4.** Υπολογισμός Ρυθμού Εφίδρωσης κατά την άσκηση

**Σχήμα 1.5.** Παράγοντες αύξησης ρίσκου εμφάνισης αφυδάτωσης.

**Σχήμα 1.6.** Υπολογισμός υδατικού προφίλ.

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

**Πίνακας 1.1.** Εξισώσεις υπολογισμού εφίδρωσης κατά την άσκηση.

**Πίνακας 1.2.** Σχεδιασμός πρόσληψης νερού κατά τις 8 ημέρες της πειραματικής διαδικασίας.

**Πίνακας 1.3.** Στρατηγικές για μείωση της αφυδάτωσης σε αθλητές στίβου.

**Πίνακας 1.4.** Καθιέρωση ενός πλάνου ενυδάτωσης.

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ**

**ADH ή AVP:** Αντιδιουρητική ορμόνη

**Σ.Μ.:** Σωματική Μάζα





## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος**

Η ενυδάτωση αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο δείκτη για τη διατήρηση της συνολικής υγείας του ανθρώπινου είδους. Το νερό είναι απαραίτητο για την ομαλή λειτουργία όλων των φυσιολογικών συστημάτων του οργανισμού και η στέρηση του για ελάχιστες μέρες είναι μοιραία για την ανθρώπινη ζωή. Ανεπαρκής πρόσληψη νερού οδηγεί σε αφυδάτωση που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπλοκές στην υγεία του ατόμου. Υπάρχουν διάφοροι δείκτες ενυδάτωσης, ωστόσο είναι αναγκαίο να υπογραμμιστούν οι δείκτες αυτοί που μπορούν να ενσωματωθούν στην καθημερινότητα του κάθε απλού ανθρώπου, των ασκούμενων και των αθλητών, ώστε να μπορούν να αξιολογούν από μόνοι τους γρήγορα και εύκολα το επίπεδο υδάτωσής τους και βάσει αυτού να διαμορφώνουν το πλάνο της ενυδάτωσής τους. Στον κόσμο του αθλητισμού η σωστή ενυδάτωση διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για την απόδοση των αθλητών καθώς η αφυδάτωση ( $\geq 2\%$  του συνολικής σωματικής μάζας) επηρεάζει σημαντικά την αθλητική απόδοση. Από την άλλη πλευρά, ο αθλητής δεν πρέπει να ξεπερνά τις ημερήσιες ανάγκες του καταναλώνοντας πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού από αυτές που χρειάζεται καθώς ενυπάρχει ο κίνδυνος της υπονατριαιμίας, κατάσταση που μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε θάνατο. Το γεγονός αυτό στρέφει το ενδιαφέρον των ερευνητών στην εύρεση των κατάλληλων στρατηγικών και πλάνων ενυδάτωσης έτσι ώστε όχι απλά να αποτρέπουν την εμφάνιση αφυδάτωσης ή πιο σπάνια υπονατριαιμίας των αθλητών, αλλά και να ενισχύουν την αθλητική απόδοση. Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που πρέπει να συνυπολογίζεται είναι η αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Πληθώρα ερευνών που μελέτησαν την επίδραση της αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση, συμπεριλαμβάνουν στις μεταβλητές την υψηλή θερμοκρασία που συνδυαστικά με την αφυδάτωση προκαλούν ποικίλες φυσιολογικές μεταβολές στον οργανισμό -εγκεφαλικές, αιμοδυναμικές, καρδιαγγειακές- επηρεάζοντας τόσο τη σωματική όσο και τη νοητική λειτουργία προκαλώντας τελικά δραματική μείωση της αθλητικής απόδοσης.

Για την αποτροπή λοιπόν των δυσμενών επιπτώσεων της ανεπαρκούς υδάτωσης, οι ερευνητές έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους όχι μόνο στους μηχανισμούς πρόκλησης της αφυδάτωσης, αλλά και στην πρόταση μεθόδων εκτίμησης του προφίλ υδάτωσης. Δηλαδή, την παροχή εξισώσεων και άλλων πρακτικών που υπολογίζουν την συνολική απώλεια υγρών (ιδρώτα, ούρων) καθώς και νατρίου, και άλλες πρακτικές συμβουλές που διευκολύνουν τους αθλητές ως προς την αναγνώριση των αναγκών τους για υγρά και την δόμηση ενός αποτελεσματικού και εξατομικευμένου σχεδιασμού πρόσληψης νερού που θα τους εξασφαλίζει ωφέλιμα και βέλτιστα επίπεδα ενυδάτωσης. Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι πρωταρχικά η έκθεση της σημαντικότητας του νερού στην υγεία του ανθρώπου και η παρουσίαση των επιπτώσεων της αφυδάτωσης στα φυσιολογικά συστήματα του οργανισμού. Έπειτα να παρουσιάσει αποτελέσματα ερευνών που σχετίζονται με τη σπουδαιότητα της ενυδάτωσης στην αθλητική απόδοση και να προτείνει στρατηγικές, μεθόδους και πρακτικές συμβουλές που μπορεί να αξιοποιήσει κάθε αθλητής ή ασκούμενος για την δόμηση ενός εξατομικευμένου πλάνου ενυδάτωσης για την βελτιστοποίηση του υδατικού του προφίλ.

## **1.2. Σημασία της έρευνας**

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση τονίζει τη σημαντικότητα και τη σημασία της ενυδάτωσης στην υγεία. Κυρίως όμως ασχολείται με την ανασκόπηση ερευνών που μελετούν την επίδραση της αφυδάτωσης όχι μόνο στην υγεία αλλά στην αθλητική απόδοση. Η αθλητική βιομηχανία βρίσκεται μόνιμα στην αναζήτηση τρόπων μεγιστοποίησης της αθλητικής απόδοσης. Ωστόσο το πρώτο βήμα είναι η εξασφάλιση του βέλτιστου επιπέδου ενυδάτωσης για τον κάθε αθλητή ξεχωριστά καθώς οι ανάγκες πρόσληψης διαφοροποιούνται από άτομο σε άτομο. Σε αυτό ακριβώς το σημείο έγκειται η σημαντικότητα αυτής της ανασκόπησης. Στην παροχή όσον το δυνατόν περισσότερων τεκμηριωμένων αποτελεσμάτων για τις αρνητικές επιπτώσεις της ανεπαρκούς υδάτωσης στην αθλητική απόδοση και την παροχή πρακτικών εκτίμησης του προφίλ ενυδάτωσης όπως και συμβουλών που θα κατευθύνουν τους ενδιαφερόμενους (αθλητές, ασκούμενους, προπονητές) στο

πώς να εκτιμούν τα επίπεδα υδάτωσής τους και πως να σχεδιάζουν το δικό τους πλάνο πρόσληψης νερού με βάση την καθημερινή ανατροφοδότηση που θα έχουν από τα διάφορα «τεστ».

### **1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις**

Ένα κύριο ερώτημα που θα μας απασχολήσει είναι ποια είναι η καταλληλότερη στρατηγική ενυδάτωσης, δηλαδή με τη χρήση ενός πλάνου πρόσληψης ή σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας και ποιες είναι οι καταλληλότερες και πιο αποτελεσματικές πρακτικές που μπορούμε να προτείνουμε στους αθλητές για βέλτιστη ενυδάτωση. Παράλληλα θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά σε μια ιδιαίτερη μέθοδο ενυδάτωσης (“Water Loading”), που χρησιμοποιείται από αθλητές που θέλουν να «φτιάξουν» τη σωματική τους μάζα. Τα ερωτήματα στην περίπτωση αυτή είναι εάν η κατανάλωση πολύ μεγάλης ποσότητας νερού και ακολούθως η δραματική μείωση της πρόσληψης ελλοχεύει κινδύνους για την υγεία των αθλητών, εάν όντως «φτιάχνει» το βάρος τους και εάν είναι μια καλή πρακτική ενυδάτωσης που μπορούμε με ασφάλεια να προτείνουμε στους αθλητές αυτούς.

### **1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί έρευνας**

Στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν έρευνες και μελέτες των οποίων οι στρατηγικές ενυδάτωσης εστιάζονται κυρίως σε αθλητές και δεν αφορούν άμεσα τον γενικό πληθυσμό.

### **1.5. Διευκρίνηση όρων**

- Αντιδιουρητική ορμόνη (ADH ή AVP): Είναι μια πεπτιδική ορμόνη που παράγεται στον υποθάλαμο του εγκεφάλου. Τα φυσιολογικά ερεθίσματα για την έκκριση της είναι η αύξηση της ωσμωτικότητας πλάσματος που απορρέει συνήθως από την αφυδάτωση και στην δεύτερη περίπτωση στη μείωση του εξωκυττάριου όγκου (π.χ. μεγάλη αιμορραγία). Η δράση της στοχεύει στους νεφρούς όπου επαναρροφάται νερό, μειώνοντας τη συχνότητα διούρησης και εξοικονομώντας νερό στον οργανισμό.

- Ενυδάτωση (euhydration): Συνθήκη όπου τα επίπεδα υδάτωσης είναι σε φυσιολογικά πλαίσια, δηλαδή δεν παρατηρείται ούτε αφυδάτωση ούτε υπερβολική συγκέντρωση νερού στον οργανισμό (Nuccio et al. 2017).
- Αφυδάτωση (dehydration): Συνθήκη κατά την οποία παρατηρείται υπέρμετρη απώλεια νερού από τον οργανισμό (US National Library of Medicine, 2018). Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο όρος αφυδάτωση (dehydration) αναφέρεται στη δυναμική διαδικασία απώλειας νερού (Greenleaf, 1992, EFSA 2010).
- Υπο-υδάτωση (hypohydration): Κατάσταση έλλειψης νερού από τον οργανισμό ως αποτέλεσμα της αφυδάτωσης (Greenleaf, 1992, EFSA 2010).
- Υπονατριαιμία: Προκαλείται από υπερβολική πρόσληψη νερού που οδηγεί σε υπερ-υδάτωση και χαρακτηρίζεται από συγκέντρωση νατρίου <135mmol/L («Water and Hydration: Physiological Basis in Adults»).

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 2.1. Νερό και Ζωή

Από τον καιρό εκείνο που πρωτόγονα είδη αναδύονταν από τους ωκεανούς για να ζήσουν στη ξηρά, ο οδηγός της επιβίωσης ήταν η αποφυγή της αφυδάτωσης (Popkin et al. 2010). Η ανθρώπινη υπόσταση όπως και ολόκληρος ο πλανήτης είναι συνυφασμένα με το στοιχείο του νερού, λαμβάνοντας υπόψιν πως 60% περίπου του ανθρώπινου σώματος (60% στους άνδρες και 50-55% στις γυναίκες) αποτελείται από αυτό (EFSA 2010, IOM 2004). Το νερό ή οξειδάνιο όπως αποκαλείται χημικά ( $H_2O$ ), είναι η μόνη ανόργανη χημική ένωση που υπάρχει και στις τρεις καταστάσεις της ύλης, δηλαδή σε υγρή, αέρια (υδρατμός) και στέρεη μορφή (πάγος). Θεωρείται ότι είναι σε σειρά αφθονίας το τρίτο μόριο στο σύμπαν μιας και καλύπτει το 70,9% της Γης και είναι γνωστό ως «παγκόσμιος διαλύτης» αφού διαλύονται σε αυτό πολλές οργανικές και ανόργανες ουσίες. Ως εκ τούτου όμως, λόγω αυτής του της ιδιότητας δύσκολα βρίσκεται στη φύση σε καθαρή μορφή. Είναι το «συστατικό» που ο άνθρωπος προσλαμβάνει σε μεγαλύτερη ποσότητα σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο θρεπτικό συστατικό (Kavouras, 2002) και το πιο απαραίτητο (Manz et al. 2002, Jequier and Constant, 2010). Είναι καταγεγραμμένο ότι, ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να επιβιώσει μέχρι και 60-70 ολόκληρες μέρες χωρίς τροφή (Leiter and Marliss, 1982), ωστόσο η παντελής έλλειψη νερού, ιδιαίτερα κάτω από συνθήκες όπως η έντονη ζέστη, μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο μέσα σε ελάχιστες μέρες (Brown, 1947).

Το νερό αποτελεί έναν πολύ καλό διαλύτη ιοντικών ενώσεων και διαλυμάτων όπως γλυκόζης και αμινοξέων (Haussinger, 1996), ενώ παράλληλα αποτελεί ένα μόριο με υψηλή διαδραστικότητα που έχει την τάση να αποδυναμώνει τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις και τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ άλλων πολικών μορίων (Jequier and Constant, 2010). Το νερό ως μακροθρεπτικό συστατικό εμπλέκεται σε όλες τις αντιδράσεις υδρόλυσης (διάσπαση χημικών δεσμών με την προσθήκη νερού) π.χ. υδρόλυση πρωτεϊνών, υδατανθράκων, λιπιδίων (Jequier and Constant, 2010) και έχει την ιδιότητα να μεταφέρει θρεπτικά συστατικά στα

κύτταρα και να απομακρύνει τις άχρηστες ουσίες από αυτά, γεγονός που το καθιστά απαραίτητο για την διατήρηση της ομοιόστασης των κυττάρων (Haussinger, 1996). Ουσιαστικά, είναι το μέσο με το οποίο λειτουργούν όλα τα συστήματα μεταφοράς στον οργανισμό επιτρέποντας τις ανταλλαγές μεταξύ των κυττάρων, των διάμεσων υγρών του σώματος και στο τριχοειδικό δίκτυο (Grandjean and Campbell, 2004).

## **2.2. Κατανομή Νερού στο Σώμα**

Το μεγαλύτερο μέρος των ιστών και των ζωτικών οργάνων στο ανθρώπινο σώμα αποτελείται από νερό. Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό νερού εντοπίζεται στο αίμα και τους νεφρούς με 83% περιεκτικότητα, ενώ ακολουθούν οι μύες, ο εγκέφαλος, η καρδιά, οι πνεύμονες, το ήπαρ, η σπλήνα, τα έντερα και το δέρμα με ποσοστά που κυμαίνονται από 68-79%. Αντίθετα, ο λιπώδης ιστός και ο οστίτης ιστός περιέχουν μόλις 10% και 22% νερό αντίστοιχα (Pivarnik and Palmer, 1994). Συνεπώς, είναι εμφανές πως όσο μειώνεται η μυϊκή μάζα και αυξάνεται ο λιπώδης ιστός, τόσο μειώνεται και η περιεκτικότητα του νερού στο σώμα. Η κατανομή του νερού στον ανθρώπινο οργανισμό έχει ως εξής: 2/3 του όγκου του, περίπου 65% βρίσκεται ενδοκυττάρια και 1/3 του όγκου του (35%) κατανέμεται στο εξωκυττάριο διαμέρισμα όπου ρέει πλάσμα (7%) και μεσοκυττάριο υγρό (28%) (Armstrong 2005, Marieb and Hoehn, 2007).

## **2.3. Πηγές Πρόσληψης Νερού**

Πέραν μιας μικρής ποσότητας που παράγει ο οργανισμός με τις μεταβολικές διεργασίες, το βασικότερο μέσο αναπλήρωσης των υγρών που αποβάλλονται είναι η διατροφή, μέσω δηλαδή των υγρών και της τροφής που προσλαμβάνει το άτομο καθημερινά. Το μεγαλύτερο ποσοστό 70-80%, εξασφαλίζεται από την πρόσληψη νερού και άλλων ροφημάτων ενώ το υπόλοιπο 20-30% προέρχεται από την τροφή. Αυτή η μικρή ποσότητα νερού που προκύπτει μεταβολικά, απορρέει από την οξείδωση υποστρωμάτων που περιέχουν υδρογόνο ή εργογόνων θρεπτικών στοιχείων (IOM 2004). Η οξείδωση λιπιδίων απελευθερώνει το περισσότερο νερό ανά γραμμάριο ενώ ακολουθούν οι υδατάνθρακες και τέλος οι πρωτεΐνες. Πιο αναλυτικά απελευθερώνονται 107ml/100gr νερού από την οξείδωση των λιπιδίων,

55ml/100gr από τους υδατάνθρακες και 41ml/100gr από τις πρωτεΐνες (EFSA 2010, IOM 2004).

Η οικειοθελής πρόσληψη υγρών που διεγείρεται από το αίσθημα της δίψας και η αποβολή νερού που προκαλείται από τη λειτουργία των νεφρών είναι οι δύο μηχανισμοί που ελέγχουν το ισοζύγιο του νερού στον οργανισμό (Brenner and Rector, 2008). Ωστόσο, κάτω από συνθήκες όπου δεν υπάρχει περιορισμός υγρών και φαγητού, το να πίνει κάποιος νερό, είναι περισσότερο μια συμπεριφορική αντίδραση παρά αίσθημα δίψας (Kavouras, 2002). Καθώς φαίνεται, το αίσθημα της δίψας ενεργοποιείται ως μηχανισμός επείγουσας ανάγκης για τη διατήρηση της ισορροπίας του νερού στον οργανισμό (Kavouras, 2002). Από τα ευρήματα αυτά δηλαδή, εξάγεται το συμπέρασμα πως όταν το άτομο φτάσει στο σημείο όπου νιώθει το αίσθημα της δίψας, αυτό είναι σημάδι ότι ο οργανισμός έχει αρχίσει να αφυδατώνεται. Οι μεταβολές -αύξηση ή μείωση- στην ωσμωτικότητα του πλάσματος είναι ο κύριος μηχανισμός διέγερσης του αισθήματος της δίψας (Fitzsimons, 1976). Σημαντικότερος ρυθμιστής παρόλα αυτά είναι η αύξηση της ωσμωτικότητας, εφόσον αύξηση της τάξης του 2-3% είναι αρκετή για να προκαλέσει έντονη επιθυμία πρόσληψης νερού (Zerbe et al. 1983), ενώ χρειάζεται τουλάχιστον 10% μείωση στον όγκο πλάσματος για να διεγερθεί το αίσθημα της δίψας (Sagawa et al. 1992).

#### **2.4. Απορρόφηση**

Η απορρόφηση του νερού πραγματοποιείται κυρίως στα πρώιμα τμήματα του λεπτού εντέρου, δηλαδή στο δωδεκαδάκτυλο και το μέσο τμήμα (“Water and Hydration: Physiological Basis in Adults”). Ένα μικρό μέρος της απορρόφησης διεκπεραιώνεται στο στομάχι και το παχύ έντερο (Shaffer and Thomson, 1994). Συγκριτικά, το λεπτό έντερο απορροφά 6,5L νερού τη μέρα ενώ το παχύ έντερο 1,3L την ημέρα. Οι ποσότητες αυτές προκύπτουν αθροιστικά από την ποσότητα νερού που καταναλώνει ένας άνθρωπος σε καθημερινή βάση και από το νερό που παράγεται από εκκρίσεις των σιελογόνων αδένων, του στομάχου, του παγκρέατος, του ήπατος και του λεπτού εντέρου (Zhang et al. 1996). Το νερό ανιχνεύεται στο



αίμα και στο πλάσμα μόλις 5 λεπτά μετά την πρόσληψή του, κάτι που φανερώνει την ταχύτητα της διαδικασίας της απορρόφησης (Peronnet et al. 2012). Το νερό από τον εντερικό αυλό διαχέεται στο πλάσμα κυρίως με παθητική μεταφορά, μια διαδικασία που ρυθμίζεται μέσω της ώσμωσης. Έπειτα τα μόρια του νερού μεταφέρονται μέσω της αιματικής κυκλοφορίας για να κατανεμηθούν στη συνέχεια σε ολόκληρο το σώμα, στα διάμεσα υγρά του οργανισμού και στα κύτταρα. Επιπρόσθετα, το νερό κινείται στα ενδιάμεσα διαμερίσματα και ανάμεσα στις κυτταρικές μεμβράνες μέσω υδρόφιλων καναλιών (aquaporins). Η ώσμωση και η υδροστατική πίεση είναι οι δύο βασικοί παράγοντες που ρυθμίζουν την ανταλλαγή υγρών μεταξύ των ενδιάμεσων τμημάτων και έτσι το νερό ρέει σύμφωνα με τις μεταβολές της ωσμωτικότητας του εξωκυττάριου υγρού (Marieb and Hoehn, 2007). Όσο περισσότερο νερό καταναλώνει ένας άνθρωπος τόσο λιγότερος χρόνος απαιτείται για να ανανεωθούν τα μόριά του στον οργανισμό. Για παράδειγμα, για έναν άνθρωπο που πίνει 2L νερό ημερησίως, ένα μόριο νερού παραμένει στον οργανισμό του για 10 ημέρες και 99% του νερού που υπάρχει σε ολόκληρο το σώμα ανανεώνεται μέσα σε 50 ημέρες (Peronnet et al. 2012 ). Η ανανέωση του νερού στον οργανισμό καθορίζεται από την καθημερινή πρόσληψή του που αναπληρώνει τις συνεχείς απώλειές του από το σώμα και έτσι με αυτό τον τρόπο διατηρείται η ομοιόσταση του νερού στον ανθρώπινο οργανισμό.

## **2.5. Οδοί Απώλειας Νερού**

Για να διατηρείται η ομοιόσταση, υπάρχει ένα «ισοζύγιο» μεταξύ κατανάλωσης και απώλειας νερού από τον οργανισμό (Grandjean and Campbell, 2004). Αυτή η ισορροπία μπορεί να περιγραφεί ως η συνολική ποσότητα νερού που καταναλώνει ένας άνθρωπος συν την ποσότητα νερού που παράγει ο ίδιος ο οργανισμός πλην της συνολικής ποσότητας που αποβάλλει (EFSA 2010). Τα ούρα, ο ιδρώτας (δέρμα), η αναπνευστική οδός (πνεύμονες) και τα κόπρανα είναι οι κύριες οδοί απώλειας νερού (EFSA 2010).

### *2.5.1. Νεφρική οδός (μέσω των ούρων)*

Οι νεφροί αποτελούν την κύρια οδό απώλειας νερού υπό κανονικές συνθήκες. Παρά την μικρή τους μάζα (<0,5% της συνολικής Σ.Μ.), η αιματική τους ροή στην ηρεμία ισούται με περίπου 25% της καρδιακής παροχής (Kavouras, 2002). Οι νεφροί φιλτράρουν καθημερινά πάνω από 150L υγρών, εκ των οποίων λιγότερο από 1% διοχετεύεται στα ούρα (Koeppen and Stanton, 2000). Η διαδικασία της απώλειας νερού μέσω της νεφρικής οδού βρίσκεται υπό τον έλεγχο της αντιδιουρητικής ορμόνης (AVP) και του συστήματος ρενίνης-αγγειοτενσίνης (Kavouras, 2002). Η AVP αποτελεί την κύρια ορμόνη ρύθμισης των υγρών στο ανθρώπινο σώμα και ελέγχεται από σήματα αλλαγής της ωσμωτικότητας και της πίεσης (Norsk, 1996). Η συγκέντρωσή της αυξάνεται απότομα ακόμα και με μικρές αυξήσεις της ωσμωτικότητας και παράλληλα οι αλλαγές στον όγκο πλάσματος φαίνεται ότι ρυθμίζουν αυτή την «ωσμωτική διέγερση» (Robertson et al. 1976, Share, 1996, Birnbaumer, 2000). Η απώλεια νερού μέσω των ούρων ποικίλει και διαφέρει ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού. Η ποσότητα μπορεί να κυμαίνεται από μισό λίτρο την ημέρα έως και περισσότερο από 10 λίτρα (Louis, 2020).

### *2.5.2. Γαστρεντερική οδός*

Αναφορικά με την απώλεια νερού μέσω της γαστρεντερικής οδού, η ποσότητα που αποβάλλεται είναι σχετικά μικρή, ~100ml/ημέρα (Kavouras, 2002). Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού που εισέρχεται στο λεπτό έντερο επανα-απορροφάται εκεί, ενώ το υπόλοιπο αφομοιώνεται από το παχύ έντερο (Kavouras, 2002). Σε καταστάσεις όπως διάρροια, εμετός ή κάποια άλλη γαστρεντερική διαταραχή, η ποσότητα νερού που αποβάλλεται είναι σημαντικά μεγαλύτερη και μπορεί να οδηγήσει σε αφυδάτωση (Kavouras, 2002).

### *2.5.3. Αναπνευστική οδός*

Όσο πιο δραστήριο είναι το άτομο τόσο αυξάνονται οι απώλειες νερού, δια μέσου των πνευμόνων με την αναπνοή μέσω της εξάτμισης. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του αυξημένου αναπνευστικού όγκου που είναι αποτέλεσμα της φυσικής

δραστηριότητας και η απώλεια μπορεί να φτάσει 500-600ml την ημέρα για φυσικά δραστήριους και 250-300ml για άτομα που ζουν μια κατά τα άλλα καθιστική ζωή. Οι αναπνευστικές απώλειες νερού ενισχύονται στο υψόμετρο ιδιαίτερα όταν η θερμοκρασία και τα επίπεδα υγρασίας στην ατμόσφαιρα είναι χαμηλά (EFSA 2010, Grandjean et al. 2003). Να σημειωθεί ότι η ποσότητα νερού που αποβάλλεται από την αναπνευστική οδό είναι σχεδόν ίση με την ποσότητα που παράγει ο οργανισμός από μεταβολικές αντιδράσεις, ανεξάρτητα από τη φυσική κατάσταση του ατόμου.

#### *2.5.4. Οδός/Μηχανισμός Εφίδρωσης*

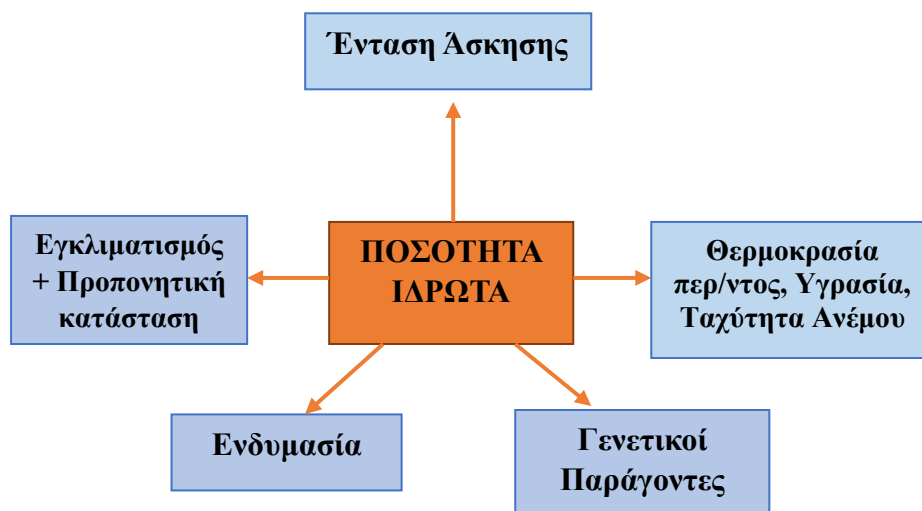
Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι ιδρωτοποιών αδένων, οι εκκριτικοί, οι αποκριτικοί και οι αποεκκριτικοί (Sato, 1983, Sato, 1977). Οι εκκριτικοί είναι οι περισσότεροι σε αριθμό, εντοπίζονται σχεδόν σε όλο το σώμα και ο μεγαλύτερος όγκος ιδρώτα παράγεται από αυτούς (Sato, 1983). Από την άλλη, οι αποκριτικοί και οι αποεκκριτικοί αδένες παίζουν λιγότερο σημαντικό ρόλο στη συνολική παραγωγή ιδρώτα καθώς εντοπίζονται μόνο σε ορισμένες περιοχές του σώματος και σε μικρότερο αριθμό (Costill, 1977, Sato and Sato, 1990, Sato, 1993, Sato et al. 1991). Πιο συγκεκριμένα, ένας ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει περίπου 2-4 εκατομμύρια εκκριτικούς αδένες συνολικά που εντοπίζονται τόσο σε λείο δέρμα (παλάμες και πέλματα) όσο και σε μη λείο δέρμα (δηλαδή επιφάνεια με τρίχες) (Kuno, 1956, Kuno, 1938, Sato et al, 1989). Ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό τους εντοπίζεται στα πέλματα των ποδιών και τις παλάμες των χεριών (Taylor and Machado-Moreira, 2013) και αποκρίνονται σε θερμικά και συναισθηματικά ερεθίσματα. Ο ιδρώτας που εκκρίνουν οι εκκριτικοί αδένες αποτελείται κυρίως από νερό και χλωριούχο νάτριο εμπεριέχει όμως και πολλά άλλα χημικά συστατικά που προέρχονται από το διάμεσο υγρό και τους ίδιους τους αδένες (Baker, 2019). Όσον αφορά τους αποκριτικούς αδένες, εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή της μασχάλης, του στήθους, στο πρόσωπο, στο δέρμα της κεφαλής και το περίνεο (Montagna and Parakkal, 1974, Robertshaw, 1983). Οι αδένες αυτοί παράγουν τον «κολλώδη» ιδρώτα που περιέχει λιπίδια, πρωτεΐνες, σάκχαρα και αμμωνία (Montagna and Parakkal, 1974, Robertshaw, 1983, Sato et al. 1987). Οι αποεκκριτικοί αδένες φέρουν ιδιότητες των προηγούμενων δύο τύπων ιδρωτοποιών αδένων.

Όσον αφορά τον μηχανισμό της εφίδρωσης, είναι ο σημαντικότερος για τη θερμορύθμιση του σώματος, ιδιαίτερα σε δραστήρια άτομα δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια άσκησης 80% της ενέργειας χάνεται ως θερμότητα και το υπόλοιπο 20% αυτής χρησιμοποιείται για την παραγωγή έργου (Powers and Howley, 1997). Κατά τη διάρκεια άσκησης παρατηρείται παραγωγή μεγάλης ποσότητας θερμότητας από τους ενεργούς μύες ως παραπροϊόν του οργανισμού (Baker, 2019). Μια άλλη περίπτωση, είναι η θερμότητα να μεταφέρεται από τον αέρα στο σώμα όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του δέρματος (Baker, 2019). Μέσω του ιδρώτα η θερμότητα που παράγεται ή που μεταφέρεται στο σώμα, σε κάθε περίπτωση μεταφέρεται από τον οργανισμό στο νερό που βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια του δέρματος (Baker, 2019). Η θερμότητα που απελευθερώνεται από την εξάτμιση του ιδρώτα αντιστοιχεί σε 580 kcal για 1 kg ιδρώτα (2426 Joule/gram ιδρώτα) (Wenger, 1972). Σύμφωνα με τη θεωρία ισοζυγίου θερμότητας, η ποσότητα του παραγόμενου ιδρώτα καθορίζεται από τη σχέση του βαθμού εξάτμισης που απαιτείται για την διατήρηση θερμικού ισοζυγίου και της μέγιστης ικανότητας εξάτμισης από το περιβάλλον (Shapiro et al. 1982, Bain et al. 2011). Ακολουθεί η εξίσωση (Gagge and Gonzalez, 1996) που αντικατοπτρίζει το ισοζύγιο θερμότητας ( $E_{req}$ ), όπου  $M$  η μεταβολική ενεργειακή δαπάνη,  $W$  το έργο,  $R$  η ανταλλαγή θερμότητας μέσω ακτινοβολίας,  $C$  η ανταλλαγή θερμότητας μέσω της αγωγιμότητας και  $K$  η ανταλλαγή θερμότητας μέσω μεταγωγής (Gagnon et al. 2013, Nielsen, 1938).

$$E_{req} = M - W + (R + C + K)$$

Ανάλογα με το βαθμό που γυμνάζεται κάθε άνθρωπος, διαφοροποιείται ο ρυθμός και η ποσότητα του ιδρώτα που εκκρίνει. Δηλαδή, όσο περισσότερο ασκείται ένα άτομο, τόσο περισσότερο ιδρώνει, άρα χάνει σημαντική ποσότητα νερού δεδομένου ότι ο ιδρώτας αποτελείται από 99% νερό, 0,5% ιχνοστοιχεία (κάλιο, νάτριο) και 0,5% μεταβολικά «παραπροϊόντα» του οργανισμού (ουρία, γαλακτικό οξύ) (Montain et al. 2007). Συνεπώς ο ιδρώτας αποτελεί σημαντική πηγή απώλειας νερού από το σώμα και προκειμένου να μην διαταράσσεται η ισορροπία, τα υγρά αυτά πρέπει να αναπληρώνονται ανάλογα με την άσκηση και τις δραστηριότητες κάθε ατόμου ξεχωριστά (Armstrong, 2007). Κανονικά, το μεγαλύτερο ποσοστό

νερού σε υγιείς ενήλικες που δεν ασκούνται, αποβάλλεται με την ούρηση, ωστόσο η ποσότητα μπορεί να διαφέρει ανάμεσα στα άτομα από μισό λίτρο μέχρι αρκετά λίτρα ημερησίως (EFSA, 2010). Στο **Σχήμα 1.1** φαίνονται συνοπτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν την εφίδρωση κατά την άσκηση.



**Σχήμα 1.1.** Παράγοντες Εφίδρωσης (Προσαρμοσμένο από <https://www.mysportscience.com/post/2017/07/14/how-much-do-you-sweat>)

## 2.6. Ρύθμιση και Διατήρηση Ισοζυγίου του Νερού

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η ούρηση είναι η κύρια οδός απώλειας νερού από τον οργανισμό. Αυτόματα, το γεγονός αυτό καθιστά τους νεφρούς ως τον κύριο μηχανισμό και ρυθμιστή του νερού στο ανθρώπινο σώμα όπου φιλτράρονται πάνω από 150L υγρών καθημερινά, εκ των οποίων λιγότερο από 1% καταλήγει να εκκρίνεται μέσω των ούρων (Koeppen et al. 2000). Η λειτουργία των νεφρών είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αντιδιουρητική ορμόνη (AVP ή ADH). Όταν η ποσότητα ύδατος στο σώμα είναι περίσσεια τότε μειώνεται η έκκριση της ορμόνης (ADH), η διαπερατότητα για τα μόρια του νερού αυξάνεται στους νεφρούς και αυτό οδηγεί σε μικρότερη επαναρρόφιση του νερού από τους νεφρούς και περισσότερη

έκκριση ούρων (Guyton and Hall, 2006). Αντίθετα, σε καταστάσεις ανεπαρκούς υδάτωσης ή αφυδάτωσης, αυξάνεται η ωσμωτικότητα στο πλάσμα διεγείροντας έτσι το αίσθημα της δίψας και εκκρίνοντας ADH η οποία δρα στους νεφρούς για επαναρρόφηση ύδατος και διατήρηση της ομοιόστασης. Να σημειωθεί ότι η ADH πέραν από την προαναφερθείσα κατάσταση εκκρίνεται επίσης σε περιπτώσεις μειωμένης αρτηριακής πίεσης και μειωμένου όγκου αίματος όπως π.χ. αιμορραγία. Παρόλα αυτά, η έκκριση της βασοπρεσίνης (ADH) διεγείρεται πολύ πιο εύκολα από διαταραχές στην ωσμωτικότητα του πλάσματος παρά από μεταβολές στον όγκο του αίματος. Πιο συγκεκριμένα, *χρειάζεται μόλις 1% μείωση της ωσμωτικότητας στο πλάσμα για να προκληθεί έκκριση της ADH ενώ απαιτείται τουλάχιστον 10% μείωση στον όγκο του αίματος ώστε να παρατηρηθεί σημαντική αύξηση των επιπέδων της ορμόνης*. Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός ότι, ενώ οι μεταβολές στην συγκέντρωση και σύσταση του νερού στο σώμα είναι συνεχείς, οι διακυμάνσεις στην συνολική περιεκτικότητά του νερού δεν ξεπερνούν το 1% σε διάστημα 24 ωρών (Cheuvront et al. 2004), γεγονός ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της σύστασης του εξωκυττάριου υγρού που συνεπάγεται τη φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων.

## **2.7. Καταστάσεις που σχετίζονται με την πρόσληψη νερού**

Ως ενυδάτωση (euhydration) ορίζεται η συνθήκη όπου τα επίπεδα υδάτωσης είναι σε φυσιολογικά πλαίσια, δηλαδή δεν παρατηρείται ούτε αφυδάτωση ούτε υπερβολική συγκέντρωση νερού στον οργανισμό (Nuccio et al. 2017). Παρά την ικανότητα διατήρησης σταθερών επιπέδων του νερού, ο οργανισμός μπορεί να αντιμετωπίσει σοβαρές προκλήσεις όπως η αφυδάτωση ή στην αντίθετη περίπτωση, υπερβολική συσσώρευση νερού που οδηγεί στην ακραία κατάσταση της υπονατρίαμίας.

### 2.7.1. Αφυδάτωση

Ως αφυδάτωση, ορίζεται η συνθήκη κατά την οποία παρατηρείται υπέρμετρη απώλεια νερού από τον οργανισμό (US National Library of Medicine, 2018). Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο όρος αφυδάτωση (dehydration) αναφέρεται στη δυναμική διαδικασία απώλειας νερού, ενώ η υπο-υδάτωση (hyprohydration) αναφέρεται στην κατάσταση έλλειψης νερού από τον οργανισμό ως αποτέλεσμα της αφυδάτωσης (Greenleaf, 1992, EFSA 2010). Στην βιβλιογραφία η αφυδάτωση έχει διακριθεί σε δύο μορφές απώλειας νερού από το σώμα. Η πρώτη αναφέρεται σε απώλεια νερού κυρίως από το ενδοκυττάριο διαμέρισμα ενώ η δεύτερη αναφέρεται σε μείωση του όγκου των υγρών του σώματος εξαιτίας της απώλειας εξωκυττάριου υγρού που επηρεάζει την αγγειακή λειτουργία και το διάμεσο διαμέρισμα (Feig and McCurely, 1977, Mange et al. 1997). Έτσι, οι Thomas και συν. 2008, καθορίζουν την αφυδάτωση ως μια σύνθετη συνθήκη που οδηγεί στην μείωση του συνολικού όγκου νερού του σώματος, που μπορεί να προκαλείται κυρίως είτε από έλλειμμα νερού είτε από συνδυασμό ελλείμματος νερού και άλατος. Στην περίπτωση που η αφυδάτωση οφείλεται σε έλλειμμα νερού η αφυδάτωση χαρακτηρίζεται ως υπερνατριαιμική ή υπονατριαιμική όταν αυτή εκδηλώνεται υπό την παρουσία υπεργλυκαιμίας (Thomas et al. 2008). Όταν η αφυδάτωση οφείλεται σε συνδυασμό ελλείμματος νερού και άλατος χαρακτηρίζεται ως υπονατριαιμική (και σπανιότερα ισοτονική) (Thomas et al. 2008). Επιπρόσθετα, είναι γνωστό πως η αφυδάτωση παρατηρείται όταν η ωσμωτικότητα πλάσματος αυξάνεται. Αυτό σημαίνει ότι η έλλειψη νερού προκαλεί την αύξηση συγκέντρωσης μορίων και διαλυτών και αυτό διεγείρει την παραγωγή και έκκριση αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH) η οποία προκαλεί την κατακράτηση νερού από τους νεφρούς που είναι ο λόγος στον οποίο οφείλονται τα σκουρόχρωμα ούρα. Η ωσμωτικότητα θεωρείται αυξημένη όταν  $>300$  mmol/kg και με τιμές 295-300 mmol/kg θεωρείται ότι υπάρχει επικείμενη αφυδάτωση (Thomas et al. 2008).

Η αφυδάτωση μπορεί να διακριθεί ανάλογα με τον όγκο του νερού και των διαλυτών που αποβάλλονται από το εξωκυττάριο υγρό σε: υπερτονική, υποτονική και ισοτονική. Πιο συγκεκριμένα, η αφυδάτωση χαρακτηρίζεται υπερτονική όταν στα ούρα συγκεντρώνεται μεγαλύτερη ποσότητα (εξωκυτταρίου) νερού, υποτονική όταν στα ούρα συγκεντρώνεται μεγαλύτερη ποσότητα νατρίου (π.χ. έκκριση ιδρώτα υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο) και ισοτονική όταν η απώλεια νερού και νατρίου δεν προκαλούν μεταβολή στη συγκέντρωσή τους (EFSA 2010, Grandjean et al. 2003, IOM 2004).

Όσον αφορά τα συμπτώματα της αφυδάτωσης σε ενήλικες, αυτά μπορεί να είναι υπερβολική δίψα, μειωμένη συχνότητα ενούρησης, σκουρόχρωμα ούρα, κόπωση, ζάλη και σύγχυση («Dehydration», Mayo Clinic). Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι το αίσθημα της δίψας δεν αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της ανάγκης του οργανισμού για πρόσληψη νερού καθώς πολλοί άνθρωποι και ιδιαίτερα οι ηλικιωμένοι νιώθουν δίψα ενώ έχουν ήδη αφυδατωθεί («Dehydration», Mayo Clinic). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η αφυδάτωση στις πλείστες των περιπτώσεων δεν προκαλείται από την έλλειψη πρόσβασης σε νερό αλλά εξαιτίας κάποιας ασθένειας ή φαρμακευτικής αγωγής (Thomas et al. 2008). Άλλοι παράγοντες μπορεί να είναι διάρροια, εμετός, πυρετός, υπερβολική εφίδρωση ιδιαίτερα κατά την έντονη άσκηση σε θερμό κλίμα και υγρασία και αυξημένη συχνότητα ενούρησης («Dehydration», Mayo Clinic). Σύμφωνα με την Mayo Clinic στις ομάδες που είναι πιο πιθανόν να υποστούν αφυδάτωση συγκαταλέγονται μεταξύ άλλων τα βρέφη και τα παιδιά καθώς είναι πιο επιρρεπή να υποστούν σοβαρή διάρροια και εμετό, είναι δύσκολο να καταλάβουν εάν διψάνε ενώ ακόμα δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν τους εαυτούς τους επαρκώς έως καθόλου. Επίσης, όσο ο άνθρωπος μεγαλώνει ηλικιακά τόσο μειώνεται η εφεδρική ποσότητα νερού στον οργανισμό του, η ικανότητα διατήρησης νερού στο σώμα μειώνεται και παράλληλα το αίσθημα της δίψας εξασθενεί όλο και περισσότερο, θέτοντας έτσι τα ηλικιωμένα άτομα σε μεγαλύτερο κίνδυνο. Άτομα με χρόνιες ασθένειες όπως διαβήτη ή κάποια νεφρική νόσο αυξάνουν το ρίσκο η φαρμακευτική αγωγή μπορεί να αυξήσει την διούρηση. Τέλος, άτομα που



εργάζονται ή γυμνάζονται σε εξωτερικούς χώρους ιδιαίτερα όταν το κλίμα είναι θερμό και υγρό οι πιθανότητες αφυδάτωσης και θερμικού στρες αυξάνονται κατακόρυφα καθώς παρεμποδίζεται η φυσιολογική λειτουργία του μηχανισμού εφίδρωσης-εξάτμισης-ψύξης.

Η αφυδάτωση μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές επιπλοκές στην υγεία. Ανάμεσα σε αυτές είναι ήπιες ή σοβαρές μυϊκές κράμπες, θερμική εξάντληση ή ακόμα και θερμοπληξία που μπορεί να απειλήσει τη ζωή του ατόμου («Dehydration», Mayo Clinic). Επιπρόσθετα η παρατεταμένη έλλειψη νερού από τον οργανισμό μπορεί να προκαλέσει μόλυνση του ουροποιητικού συστήματος, πέτρες στους νεφρούς ή ακόμα και νεφρική ανεπάρκεια. Εξαιτίας της διαταραχής των ηλεκτρολυτών μπορεί επίσης να προκληθεί επιληπτική κρίση λόγω σύγχυσης των ηλεκτρικών σημάτων που μπορεί να οδηγήσουν σε ακούσιους μυϊκούς σπασμούς και απώλεια συνείδησης. Τέλος, μια από τις σοβαρότερες και πιο επικίνδυνες επιπτώσεις που μπορεί να υποστεί το άτομο λόγω αφυδάτωσης είναι το υποβολαιμικό σοκ. Αυτό σημαίνει ότι μειώνεται τόσο ο όγκος αίματος που προκαλείται μείωση της αρτηριακής πίεσης και άρα μείωση της οξυγόνωσης του οργανισμού που μπορεί να αποβεί μοιραίο. Περισσότερες πληροφορίες για την επίδραση της αφυδάτωσης στην υγεία αναφέρονται στην αντίστοιχη ενότητα πιο κάτω.

### *2.7.2. Υπονατριαιμία*

Από την άλλη πλευρά, ένα πιο σπάνιο φαινόμενο είναι αυτό της υπονατριαιμίας. Σε αντίθεση με την κατάσταση της αφυδάτωσης, η υπονατριαιμία προκαλείται από υπερβολική πρόσληψη νερού που οδηγεί σε υπερ-υδάτωση και χαρακτηρίζεται από συγκέντρωση νατρίου <135mmol/L («Water and Hydration: Physiological Basis in Adults»). Μια τέτοια ακραία συνθήκη σπάνια συμβαίνει και έχει παρατηρηθεί κυρίως σε ασθενείς με ψυχιατρικά νοσήματα που εκδηλώνουν πολυδιψία και σε αθλητές κατά τη διάρκεια ή μετά από παρατεταμένη αγωνιστική προσπάθεια π.χ. υπερμαραθόνιος. Σχετίζεται λοιπόν με την κατανάλωση πολύ μεγαλύτερης ποσότητας νερού από αυτήν που ο οργανισμός αποβάλλει, με το τρέξιμο σε χαμηλό τέμπο και με άσκηση παρατεταμένης προσπάθειας (Hew et al. 2003). Πολύ

δύσκολα μπορεί να εκδηλωθεί, ιδιαίτερα σε υγιή άτομα με ισορροπημένες διατροφικές συνήθειες (EFSA 2010, IOM 2004). Είναι μια κατάσταση κατά την οποία οι νεφροί αδυνατούν να αποβάλουν το επιπλέον νερό από τον οργανισμό (Sahay and Sahay, 2015) και συνεπώς διαταράσσεται η ομοιόστασή του. Η πρόσληψη νερού εξαρτάται άμεσα από το αίσθημα της δίψας το οποίο διεγείρεται από την αύξηση της ωσμωτικότητας και «αναγνωρίζεται» από ωσμω-αισθητήρες που βρίσκονται στον υποθάλαμο (Sahay and Sahay, 2015). Αποτέλεσμα της δίψας είναι η απελευθέρωση αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH) από την οπίσθια υπόφυση, που επιδρά στους V2 υποδοχείς και οδηγεί σε αυξημένη έκφραση υδρόφιλων καναλιών στα κύτταρα των νεφρών, που αυξάνουν την απορρόφηση νερού και τελικά καταστέλλεται το αίσθημα της δίψας (Sahay and Sahay, 2015). Η υπονατριαιμία εκδηλώνεται όταν υπάρχει παρατεταμένη διέγερση και έκκριση της ADH. Στην έρευνα των Sahay και Sahay, 2015, αναφέρονται δύο περιπτώσεις που μπορεί να συμβεί αυτό. Η πρώτη περίπτωση είναι να παρατηρείται φυσιολογική αλλά παρατεταμένη έκκριση ADH που τελικά οδηγεί σε κατακράτηση νερού στον οργανισμό και η δεύτερη περίπτωση είναι η μη φυσιολογική έκκριση ADH π.χ. σύνδρομο ακατάλληλης απελευθέρωσης ADH (SIADH). Τα συμπτώματα της υπονατριαιμίας χαρακτηρίζονται ως ασαφή και μη συγκεκριμένα και μπορεί να περιλαμβάνουν οποιοδήποτε από τα ακόλουθα: πονοκέφαλο, ναυτία, κόπωση, σύγχυση, αποπροσανατολισμό, αφασία, απώλεια συντονισμού και μυϊκή αδυναμία (Shapiro et al. 2006). Αναφορικά με την συσχέτιση της κατάστασης αυτής με τη φυσική δραστηριότητα εξαιτίας της φύσης των συμπτωμάτων, καθίσταται δύσκολο να καθοριστεί εάν τα συμπτώματα αυτά προέρχονται όντως από την πρόκληση υπονατριαιμίας ή εάν τα συμπτώματα είναι αποτέλεσμα της άσκησης σε θερμό κλίμα που μπορεί να προκαλέσει θερμοπληξία, υπερθερμία και αφυδάτωση (Shapiro et al. 2006). Παρόλα αυτά, όταν υπάρχει σοβαρή περίπτωση υπονατριαιμίας που εξελίσσεται με ταχείς ρυθμούς μπορεί να προκαλέσει επιληπτική κρίση, κώμα, πνευμονικό οίδημα και καρδιακό επεισόδιο (Shapiro et al. 2006). Οι ακριβείς μηχανισμοί της υπονατριαιμίας που σχετίζονται με την άσκηση είναι ακόμα ασαφείς (Shapiro et al. 2006), ωστόσο, αυτό που παρατηρείται συχνότερα είναι η αραιώση των διαλυτών στον οργανισμό που οδηγούν σε υπο-

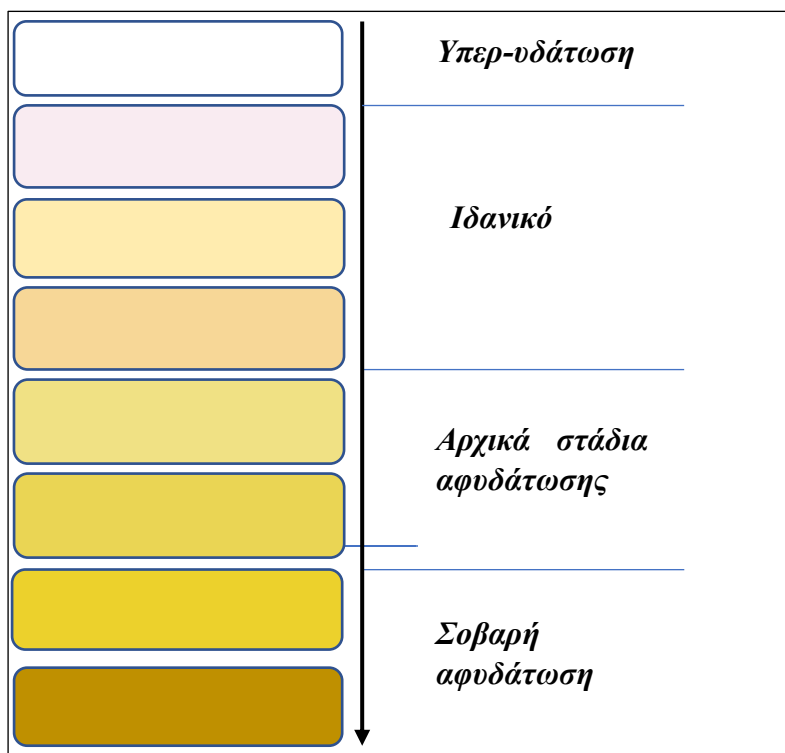
ωσμωτικότητα και υποτονικότητα (Adroque and Madias, 2000) και εν τέλει στα συμπτώματα και τις συνέπειες που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

Αποτελεί συχνό φαινόμενο οι άνθρωποι να μην ενυδατώνονται σωστά, να μην ακολουθούν δηλαδή τις συστάσεις για επαρκή πρόσληψη νερού ακόμα και αν έχουν ελεύθερη και άμεση πρόσβαση σε αυτό. Παρόλα αυτά, το να μην καταναλώνει ένας άνθρωπος π.χ. 2L νερό ημερησίως ή το να έχει αυξημένους ουρολογικούς δείκτες δεν σημαίνει απαραίτητα ότι αυτός έχει αφυδατωθεί (Kavouras, 2019). Καθώς φαίνεται, τόσο τα άτομα που γενικά έχουν χαμηλή πρόσληψη όσο και τα άτομα που γενικά καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα νερού, δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές στην ωσμωτικότητα πλάσματος, ωστόσο τα άτομα με χαμηλή πρόσληψη εκκρίνουν περισσότερη αντιδιουρητική ορμόνη (AVP) (Perrier et al. 2012). Το γεγονός αυτό οδηγεί στην εξής διαπίστωση: ανεξάρτητα πόσο νερό καταναλώνει το άτομο, η συνολική ποσότητα νερού στο σώμα παραμένει αμετάβλητη. Αυτά που ουσιαστικά επηρεάζονται είναι τα επίπεδα AVP και ο όγκος και η περιεκτικότητα των ούρων που εκκρίνονται από το σώμα (Kavouras, 2019).

## **2.8. Δείκτες Ενυδάτωσης**

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να εκτιμηθεί η κατάσταση ενυδάτωσης (ή μη) στον ανθρώπινο οργανισμό. Πολλές μελέτες βασίζονται στις μεταβολές της σωματικής μάζας σε διάστημα μερικών ωρών συμπεριλαμβανομένων και αυτές του βραδινού ύπνου (Casa et al. 2000, Stachenfeld et al. 1997), κάτι που αποτελεί τη μοναδική ποσοτική μέθοδο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για πειραματικούς σκοπούς (Kavouras, 2002). Ένας άλλος τρόπος είναι οι μεταβολές στη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη που ουσιαστικά αντανακλούν τις αλλαγές στον όγκο πλάσματος, ενώ μια άλλη διαδεδομένη και απλή σχετικά μέθοδος ωστόσο όχι τόσο ακριβής, είναι οι ουρολογικοί δείκτες. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι το χρώμα των ούρων και ειδικά των πρώτων πρωϊνών ούρων (Shirreffs and Maughan, 1998), στις περισσότερες περιπτώσεις αντικατοπτρίζει τον βαθμό ενυδάτωσης του οργανισμού αν και το χρώμα των ούρων επηρεάζεται από τη διατροφή (Pearcy et al. 1992), τα

φάρμακα (DiPalma, 1977 & Sivakumaran, 1975) και τυχόν ασθένειες (Raymond and Yarger, 1988). Ένα γενικό συμπέρασμα που αφορά τους δείκτες αυτούς είναι ότι μπορούν να συνεισφέρουν σε ένα μεγάλο ποσοστό στην αξιολόγηση του προφίλ ενυδάτωσης όταν αυτή αφορά περιπτώσεις ήπιας αφυδάτωσης (Kavouras, 2002). Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του ότι οι συγκεκριμένοι δείκτες (USG, ωσμωτικότητα ούρων, χρώμα ούρων) μεταβάλλονται παρουσία ορισμένων συνθηκών, όπως η απότομη/γρήγορη πρόσληψη ποσότητας υγρών (Figaro and Mack, 1997), η κατανάλωση αλκοόλ (Shirreffs and Maughan, 1997) και καφεΐνης (Grandjean et al. 2000) και η παρουσία σοβαρής ασθένειας (Fletcher et al. 1999). Άλλη μέθοδος επίσης είναι η ανάλυση βιοχημικής αντίστασης (BIA), μια πρακτική-μη επεμβατική- και γρήγορη μέθοδος που υπολογίζει τον συνολικό όγκο νερού στο σώμα σε ηρεμία, ωστόσο δεν δίνει ακριβής πληροφορίες για την κατανομή του νερού στα κυτταρικά διαμερίσματα (Armstrong et al. 1997). Στο **Σχήμα 1.2** φαίνεται η χρωματική κλίμακα ούρων για μια πρόχειρη αναγνώριση του υδατικού προφίλ του ατόμου.



**Σχήμα 1.2.** Χρωματική κλίμακα ούρων (8-scale) υπολογισμού υδατικού προφίλ. (Προσαρμοσμένο από <http://www.runningwithforks.com/blog/tag/urine>)

## **2.9. Επιδράσεις Ανεπαρκούς Υδάτωσης στην Υγεία**

*Σπουδαιότητα του νερού στην ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου σώματος*

Η αποτελεσματική λειτουργία του καρδιαγγειακού, αναπνευστικού, πεπτικού και αναπαραγωγικού συστήματος, των νεφρών και του ήπατος, του εγκεφάλου και του περιφερικού νευρικού συστήματος, εξαρτάται από την επαρκή πρόσληψη νερού (Haussinger, 1996). Συνεπώς, σε περίπτωση σοβαρής αφυδάτωσης η λειτουργία πολλών οργανικών συστημάτων του ανθρώπινου οργανισμού πλήττεται θέτοντας σε κίνδυνο τη ζωή του ατόμου (Szinnai et al. 2005). Το νερό συνδυαστικά με άλλα ιξώδη μόρια δημιουργούν ένα είδος λιπαντικού υγρού για τις αρθρώσεις, το σάλιο, τις εκκρίσεις του βλεννογόνου του γαστρεντερικού σωλήνα και των αεραγωγών οδών του αναπνευστικού συστήματος και του βλεννογόνου του ουρο-γεννητικού συστήματος (Jequier and Constant, 2010). Επιπρόσθετα, διατηρεί το σχήμα των κυττάρων, ενώ συγχρόνως λειτουργεί ως «αμορτισέρ» κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων όπως το περπάτημα και το τρέξιμο απορροφώντας τους κραδασμούς (Jequier and Constant, 2010). Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για την εγκεφαλική λειτουργία καθώς και αυτή του μυελού των οστών ενώ κατά την εγκυμοσύνη είναι ιδιαίτερα σημαντική για το έμβryo που προστατεύεται από ένα «υγρό μαξιλάρι» (Jequier and Constant, 2010), δηλαδή τον αμνιακό σάκο που περιέχει το αμνιακό υγρό.

### *2.9.1. Νοητική Λειτουργία*

Όσον αφορά την ενυδάτωση και τη νοητική δραστηριότητα, γενικά φαίνεται ότι το νερό ή η έλλειψη αυτού επηρεάζει αυτό τον τομέα (Popkin et al. 2010). Το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερα υπόψιν για τα πολύ νεαρά άτομα, τους ηλικιωμένους, τα άτομα που είναι εκτεθειμένα σε θερμό κλίμα και τα άτομα/αθλητές που εκτελούν έντονη άσκηση (Popkin et al. 2010). Ήπια αφυδάτωση μπορεί να προκαλέσει διαταραχές στη διάθεση και την νοητική λειτουργία και πιο συγκεκριμένα στη συγκέντρωση, στην εγρήγορση και στην βραχυπρόθεσμη μνήμη σε ηλικίες 10-12 (Bar-or O et al. 1980), 18-25 (Cian et al. 2001, Cian et al. 2000, Gopinathan et al. 1988, D' Ancì et al. 2009) και 50-82 ετών (Suhr et al. 2004). Ωστόσο, η ήπια αφυδάτωση φαίνεται ότι δεν επηρεάζει τη

νοητική απόδοση με συστηματικό τρόπο (Cian et al. 2001, Cian et al. 2000, D' Ancì et al. 2009, Szinnai et al. 2005) αφού έρευνες δείχνουν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η γνωστική απόδοση δεν επηρεαζόταν σημαντικά όταν ο βαθμός αφυδάτωσης ήταν 2-2,6% (D' Ancì et al. 2009, Szinnai et al. 2005). Ως εκ τούτου, και μέσα από τη σύγκριση διαφόρων σχετικών ερευνών γίνεται αντιληπτό ότι η νοητική λειτουργία επηρεάζεται ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες παρουσιάζεται η αφυδάτωση (Cian et al. 2000, D' Ancì et al. 2009) και πιθανόν ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες είναι το θερμικό στρες (Popkin et al. 2010).

### *2.9.2. Γαστρεντερικές δυσλειτουργίες*

Η ανεπαρκής υδάτωση έχει επίσης συνδεθεί με προβλήματα δυσκοιλιότητας. Μια από τις συμβουλές που δίνονται αρκετά συχνά σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η αύξηση της ημερήσιας πρόσληψης νερού (Popkin et al. 2010). Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η συμβουλή αυτή είναι χρήσιμη μόνο για τα άτομα που βρίσκονται σε φάση υπο-υδάτωσης αφού φαίνεται ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερη επίδραση στα ενυδατωμένα άτομα (Arnaud, 2003). Σε έρευνα των Murakami και συν. 2007, σε Γιαπωνέζες γυναίκες βρέθηκε αυξημένη συσχέτιση με επεισόδια δυσκοιλιότητας όταν η χαμηλή πρόσληψη φυτικών ινών συνδυαζόταν με τη χαμηλή πρόσληψη νερού. Επιπρόσθετα, σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, η χαμηλή πρόσληψη νερού αποτελεί προγνωστικό δείκτη δυσκοιλιότητας, με τα άτομα που έχουν τη χαμηλότερη κατανάλωση νερού να εμφανίζουν τα επεισόδια αυτά σε υπερδιπλάσια συχνότητα συγκριτικά με τα άτομα που καταναλώνουν μεγαλύτερη ποσότητα νερού καθημερινά (Lindeman et al. 2000, Robson et al. 2000). Εν τέλει, από τα παρόντα δεδομένα φαίνεται ότι η αυξημένη πρόσληψη νερού για την ανακούφιση από τις γαστρεντερικές δυσλειτουργίες ή για την αποτροπή των επεισοδίων αυτών πρέπει να προτείνεται σε άτομα που δεν ενυδατώνονται επαρκώς στην καθημερινότητά τους (Ritz and Berrut, 2005, Young et al. 2007).

### *2.9.3. Πονοκέφαλος*

Αν και ο τομέας αυτός δεν έχει ερευνηθεί επαρκώς, οι μέχρι τώρα μελέτες δείχνουν ότι η ελλιπής πρόσληψη νερού μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους (Shirreffs et al. 2004). Από μερικές μελέτες παρατήρησης προέκυψε ότι ο περιορισμός πρόσληψης νερού εξασθενεί τη συγκέντρωση, αυξάνει την ευερεθιστότητα και μπορεί να γίνει η αιτία πρόκλησης ημικρανίας και παρατεταμένης ημικρανίας (Blau, 2005, Blau et al. 2004). Αυτού του είδους οι πονοκέφαλοι, δηλαδή που προέρχονται από ελλιπή υδάτωση του οργανισμού, είναι αποτέλεσμα ενδοκρανιακής αφυδάτωσης και συνολικού όγκου πλάσματος (Popkin et al. 2010). Μολαταύτα, η έρευνα των Spigt και συν. 2005, έδειξε ότι οι δοκιμαζόμενοι με πονοκεφάλους στην πειραματική ομάδα όπου αύξησαν την καθημερινή πρόσληψη νερού τους κατά 1,5L στην ήδη υπάρχουσα πρόσληψη για τον καθένα ξεχωριστά, δεν μείωσε τα επεισόδια πονοκεφάλων αλλά συσχετίστηκε ήπια με μείωση της έντασης και της διάρκειας των επεισοδίων αυτών.

### *2.9.4. Νεφρική Λειτουργία*

Αναφορικά με τη νεφρική λειτουργία, οι νεφροί εκτός από τη διατήρηση της ομοιόστασης των υγρών στο σώμα, απαιτούν νερό έτσι ώστε να φιλτράρουν τις άχρηστες ουσίες από την κυκλοφορία του αίματος και να τις αποβάλλουν μέσω των ούρων (Popkin et al. 2010) Για να συμβεί όμως αυτό υπάρχει ένας ελάχιστος απαιτούμενος όγκος ούρων που χρειάζεται για να απομακρυνθούν οι ουσίες αυτές, ενώ ο μέγιστος ρυθμός ανέρχεται σε 1L/h (Schoen, 1957). Καθώς αποδεικνύεται από την έρευνα του Strippoli και συν. 2011, η κατανάλωση πάνω από 3,2L υγρών ημερησίως, μειώνει σημαντικά τις πιθανότητες εμφάνισης χρόνιας νεφρικής νόσου που αποτελεί προδιαθεσικό παράγοντα για την εμφάνιση καρδιαγγειακής νόσου. Η ήπια αφυδάτωση συνδέεται με μειωμένη ενδοθηλιακή λειτουργία, ενώ η ανεπαρκής πρόσληψη νερού συνδυαστικά με την αυξημένη κατανάλωση νατρίου σχετίζεται με αυξημένη συγκέντρωση νατρίου στο πλάσμα και εμφάνιση καρδιαγγειακής νόσου (Araoutis et al. 2016). Συνεπώς, φαίνεται ότι η σωστή ενυδάτωση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της υγείας του ανθρώπου (Ritz and Berrut, 2005) και προστατεύει από την εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων και

άλλων χρόνιων νοσημάτων (Chan et al. 2002, Manz and Wentz, 2005). Στα ευρήματα αυτά προσθέτουν οι Watso και Farquhar, 2019, αναφέροντας ότι η αφυδάτωση μειώνει τη νοητική και σωματική λειτουργία ενώ παράλληλα προκαλεί διαταραχές στις καρδιαγγειακές ρυθμίσεις. Πιο συγκεκριμένα, η ανεπαρκής υδάτωση του οργανισμού επιφέρει βλάβη στην δερματική αγγειακή λειτουργία, στην ενδοθηλιακή λειτουργία και επιπλέον διαταράσσει την ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης ηρεμίας κατά τη διάρκεια άσκησης και ορθοστατικού στρες (Watso and Farquhar, 2019). Όσον αφορά τη νεφρική λειτουργία, η χαμηλή πρόσληψη νερού οδηγεί σε μειωμένο όγκο ούρων και αυξημένη συγκέντρωση ορισμένων διαλυτών στα ούρα που ευνοούν τον σχηματισμό κρυστάλλων και εν τέλει την ανάπτυξη λίθων (νεφρολιθίαση) (Ratkalkar and Kleinman, 2011). Αντίθετα, η αύξηση της ημερήσιας πρόσληψης νερού αυξάνει τον όγκο των ούρων που αποβάλλονται, βοηθώντας έτσι στην απομάκρυνση των κρυστάλλων αυτών (Perrier et al. 2020) και εν κατακλείδι, μειώνει μακροπρόθεσμα τις πιθανότητες επανεμφάνισης νεφρολιθίασης (Fink et al. 2009, Xu et al. 2015).

#### *2.9.5. Χρόνιες Παθήσεις*

Όσον αφορά το νερό και τις χρόνιες παθήσεις, γενικά υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι η καλή ενυδάτωση του οργανισμού μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης ουρολιθίασης, ενώ υπάρχουν λιγότερα στοιχεία που συσχετίζουν την επαρκή πρόσληψη νερού με μειωμένα περιστατικά δυσκοιλιότητας, ασκησιογενές άσθμα, υπέρτονη αφυδάτωση σε βρέφη και υπεργλυκαιμία στη διαβητική κετοξέωση (Popkin et al. 2010). Συγχρόνως, η επαρκής ενυδάτωση έχει συσχετιστεί με μειωμένο κίνδυνο ουρολοιμώξεων, υπέρτασης, στεφανιαίας νόσου, φλεβικού θρομβοεμβολισμού και εγκεφαλικού εμφράγματος (Popkin et al. 2010). Ωστόσο, όλες αυτές οι επιδράσεις χρειάζεται να μελετηθούν περαιτέρω και να επιβεβαιωθούν από κλινικές μελέτες.

#### **2.10. Συστάσεις για Επαρκή Πρόσληψη Νερού**

Η αποβολή εκείνης της ποσότητας ούρων, η οποία είναι αρκετή ώστε να αποτρέπει τη χρόνια ή παρατεταμένη νεφρική κατακράτηση νερού και την έκκριση

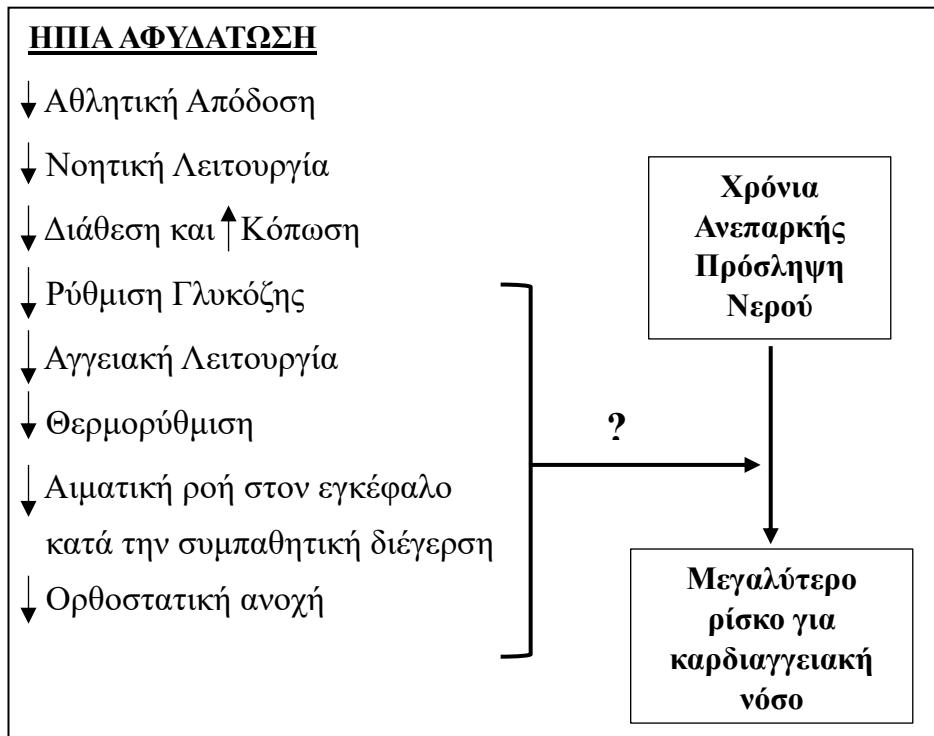


περίσσειας αντιδιουρητικής ορμόνης (AVP), η οποία όταν υπάρχει στην κυκλοφορία σε μεγάλες συγκεντρώσεις συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης νοσημάτων, είναι το αποτέλεσμα της επιθυμητής ενυδάτωσης του οργανισμού (Perrier et al. 2020). Σε ότι αφορά τις συστάσεις καθημερινής πρόσληψης νερού για υγιείς ενήλικες, η Perrier και συν. 2020, προτείνουν την κατανάλωση 2,5-3,5L νερού την ημέρα, έχοντας ως δεδομένα το εύκρατο κλίμα και την εκτέλεση ήπιας-μέτριας φυσικής δραστηριότητας. Υπάρχουν διάφορες ενδείξεις για την ενυδάτωση του οργανισμού τόσο για κλινική όσο και καθημερινή χρήση. Παραδείγματα επαρκούς υδάτωσης αποτελούν: ο δείκτης USG (Urine Specific Gravity) κάτω από 1.013, το χρώμα των ούρων να αντιστοιχεί στο 3 (Perrier et al. 2017) σε 8-σκελή χρωματική κλίμακα (Armstrong et al. 1994) και 5-7 κενώσεις ούρων την ημέρα (σε 24 ώρες) (Burchfield et al. 2015, Tucker et al. 2016). Ειδικά το χρώμα και η συχνότητα κενώσεων των ούρων, είναι δύο απλές και χρηστικές μέθοδοι που δεν απαιτούν καμιά εργαστηριακή ανάλυση και συνεπώς είναι πολύ πρακτικές ώστε να τις χρησιμοποιεί ο γενικός πληθυσμός για να λαμβάνει καθημερινή ανατροφοδότηση για το προφίλ ενυδάτωσης του (Perrier et al. 2020). Να προστεθεί ότι από την έρευνα Tucker και συν. 2019, φαίνεται ότι όταν η συχνότητα ούρησης είναι ίση ή μικρότερη από 6 κενώσεις την ημέρα ή όταν το άτομο δηλώνει «λίγο διψασμένο» («a little thirsty») κατά τη διάρκεια της ημέρας απουσία έντονης άσκησης, πιθανόν το άτομο να μην είναι βέλτιστα ενυδατωμένο.

### **2.11. Φυσιολογία Αφυδάτωσης: Αιμοδυναμική και άσκηση**

Είναι γνωστό ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες και το επίπεδο ενυδάτωσης αποτελούν μεταξύ άλλων δύο από τους στρεσογόνους παράγοντες που προκαλούν αλλαγές στην αιμοδυναμική του οργανισμού κατά τη διάρκεια εκτέλεσης υπομέγιστου και μέγιστου έργου (Trangmar and Alonso, 2019). Ως εκ τούτου, οι δύο αυτοί παράγοντες αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, προκαλώντας ακόμα περισσότερο στρες στον οργανισμό όταν αυτός ασκείται σε συνθήκες που εμποδίζουν την απρόσκοπτη διαδικασία της ψύξης μέσω της εξάτμισης (Trangmar and Alonso, 2019). Γενικά, το φαινόμενο της υπερθερμίας είναι κοινό χαρακτηριστικό της αφυδάτωσης που προκαλείται όταν η αθλητική δραστηριότητα

εκτελείται σε πολύ ζεστές θερμοκρασίες, αφού με τον ίδιο βαθμό αφυδάτωσης σε δροσερό κλίμα, παρατηρούνται χαμηλότερα επίπεδα θερμικού στρες στον οργανισμό όπως επίσης και χαμηλότερη καρδιαγγειακή, μεταβολική και αντιλαμβανόμενη επιβάρυνση (Trangmar and Alonso, 2019). Συμπερασματικά, η διαπίστωση των συγκεκριμένων ερευνητών ήταν ότι, ο συνδυασμός σταδιακής αφυδάτωσης και υπερθερμίας προκαλεί τις μεγαλύτερες αιμοδυναμικές αλλαγές στον οργανισμό όταν το άτομο ασκείται εκτεθειμένο σε υψηλές θερμοκρασίες. Η σταδιακή μείωση της μέγιστης καρδιακής παροχής είναι ένας δείκτης κλειδί που υποδηλώνει την ύπαρξη καρδιαγγειακού στρες εξαιτίας της αφυδάτωσης (Sawka, 1979, Montain and Coyle, 1992, Montain et al. 1998). Ωστόσο μια τέτοια κατάσταση μπορεί να αποφευχθεί σε προπονημένα άτομα που εν μέρει μπορούν να προσαρμόζονται στις υψηλές θερμοκρασίες καταναλώνοντας υγρά ενώ ασκούνται, διατηρώντας με αυτό τον τρόπο ενυδατωμένο τον οργανισμό τους (Gonzalez-Alonso et al. 1998, Montain and Coyle, 1992, Hamilton et al. 1991, Gonzalez-Alonso et al. 1995). Σε καταστάσεις αφυδάτωσης και υπερθερμίας κατά τη διάρκεια παρατεταμένου υπομέγιστου έργου, η κόπωση που επέρχεται σχετίζεται με την επίτευξη της -σχεδόν μέγιστης-καρδιακής συχνότητας και την άνοδο της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος (Montain and Coyle, 1992, Gonzalez-Alonso et al. 1995, Sawka et al. 1985) η οποία με τη σειρά της επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα (Nybo and Nielsen, 2001). Συνεπώς, μέσα από αυτά τα ευρήματα γίνεται ξεκάθαρο ότι σε υπομέγιστες και μέγιστες προσπάθειες αντοχής, η απόδοση επηρεάζεται αρνητικά όταν το άτομο βρίσκεται σε κατάσταση ελλειπούς ενυδάτωσης και με αυξημένη θερμοκρασία σώματος. Παράλληλα, οι μελέτες δείχνουν ότι ο συνδυασμός αφυδάτωσης-υπερθερμίας μπορεί να προκαλέσει αύξηση της αιματικής κυκλοφορίας στην καρδιά, στους ενεργούς μυς και στον εγκέφαλο σε χαμηλής έντασης άσκηση, ενώ ο βαθμός αφυδάτωσης, η ένταση της άσκησης και οι εξωτερικές περιβαλλοντικές/κλιματικές συνθήκες, είναι αυτά που καθορίζουν σε ποιο βαθμό εξαντλούνται οι φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού (Trangmar and Alonso, 2019). Στο **Σχήμα 1.3** συνοψίζονται οι φυσιολογικές αποκρίσεις του οργανισμού κάτω από την επίδραση ήπιας αφυδάτωσης.



**Σχήμα 1.3.** Φυσιολογικές αποκρίσεις του οργανισμού σε ήπια αφυδάτωση. (Προσαρμοσμένο από Watso and Farquhar, 2019).

### 2.12. Προγραμματισμένη πρόσληψη νερού και *ad libitum*

Στη βιβλιογραφία μέχρι στιγμής, υπάρχουν δύο βασικές «σχολές» αναφορικά με τον τρόπο διατήρησης της ενυδάτωσης του σώματος ή της επαναπλήρωσης των υγρών που χάνονται κατά την άσκηση. Η μία σχολή υποστηρίζει την προγραμματισμένη πρόσληψη υγρών, ενώ η δεύτερη υποστηρίζει την πρόσληψη νερού *ad libitum*. Πιο αναλυτικά, ο προγραμματισμένος τρόπος αναφέρεται στην πρόσληψη προκαθορισμένης ποσότητας υγρών, με σκοπό να ελαχιστοποιηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι απώλειες νερού από το σώμα (Kenefick, 2018). Βασίζεται στις ατομικές διαφορές ανάμεσα στους αθλητές όσον αφορά τον ρυθμό εφίδρωσης και την περιεκτικότητα του ιδρώτα σε ηλεκτρολύτες, αφού διαφορετικοί δείκτες σε αυτούς τους παράγοντες προστάζουν την εφαρμογή διαφορετικής στρατηγικής ενυδάτωσης (Kenefick, 2018). Με την μέθοδο αυτή μπορεί να αποτραπεί η αφυδάτωση ή ακόμα και το αντίθετο, δηλαδή η υπερκατανάλωση

υγρών που μπορεί να συμβεί πίνοντας μεγαλύτερη ποσότητα υγρών από αυτήν που αποβάλλει ο οργανισμός. Συνεπώς, κύριος στόχος της πρόσληψης υγρών βάσει ενός πλάνου είναι η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ πρόσληψης-απώλειας νερού, καταναλώνοντας περίπου τόση ποσότητα όση χάνεται μέσω κυρίως του ιδρώτα (Kenefick, 2018). Η διατήρηση της ενυδάτωσης του αθλητή έχει ουσιαστική σημασία αφού, μειώνει το καρδιαγγειακό και θερμορυθμιστικό στρες που σχετίζεται με την αφυδάτωση, μειώνει τις πιθανότητες για θερμική εξάντληση ή θερμοπληξία, αποτρέπει την εμφάνιση υπονατριαιμίας και γενικώς, προλαμβάνει τις καταστάσεις αυτές που δημιουργούν στρες στις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού και που προκαλούν μείωση της αθλητικής απόδοσης (Sawka et al. 2007). Από την άλλη πλευρά, η *ad libitum* μέθοδος ουσιαστικά αναφέρεται στο ένστικτο δίψας του κάθε ατόμου που του επιτρέπει να πίνει νερό όποτε αυτό θέλει και όση ποσότητα νιώθει το άτομο ότι χρειάζεται (Ormerod et al. 2003, Vokes, 1987). Να σημειωθεί ότι, ενώ υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο πρακτικών ενυδάτωσης, αμφότερες αποσκοπούν στην αποτροπή της αφυδάτωσης ή υπερυδάτωσης ώστε να μην επηρεαστεί αρνητικά η αθλητική απόδοση (Kenefick, 2018). Εν τούτοις, η αποτελεσματικότητα κάθε στρατηγικής εναπόκειται σε παράγοντες όπως το περιβάλλον, τα χαρακτηριστικά της άσκησης, τα χαρακτηριστικά του αθλητή/ασκούμενου και οι επιδιώξεις αυτών (Kenefick, 2018).

### **2.13. Ηλεκτρολύτες, Υδατάνθρακες και άλλα Υποστρώματα**

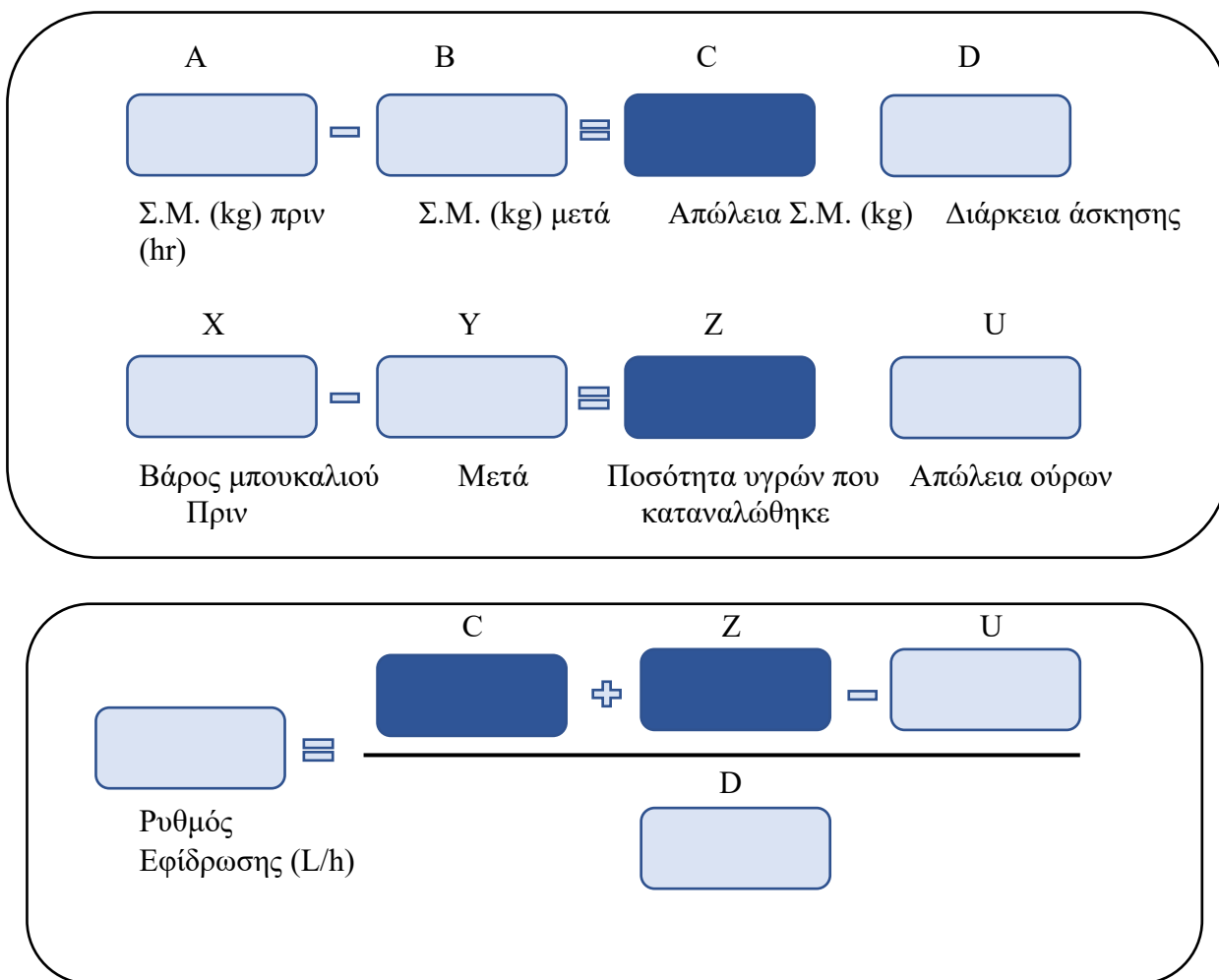
Η σύσταση και ο όγκος του υγρού διαλύματος, όπως και η συχνότητα που αυτό καταναλώνεται για τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα και απόδοση κατά την διάρκεια της αθλητικής προσπάθειας εξαρτώνται κυρίως από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε αθλητή/ασκούμενου, τον ρυθμό εφίδρωσης κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και επιπλέον πώς αντιδρά ο οργανισμός για κάθε υγρό που δέχεται σύμφωνα με τον ρυθμό των γαστρικών κενώσεων και της εντερικής απορρόφησης (Maughan and Noakes, 1991). Από πλευράς φυσιολογίας ο ιδρώτας περιέχει διάφορους ηλεκτρολύτες, εκ των οποίων το νάτριο και το χλώριο αποτελούν τα σημαντικότερα ιόντα του εξωκυττάριου διαμερίσματος, ενώ ακολουθεί το κάλιο σε μικρότερες ποσότητες, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, ο σίδηρος

και άλλα ιχνοστοιχεία σε ακόμα μικρότερη συγκέντρωση που σε συνδυασμό με άλλα οργανικά στοιχεία διαμορφώνουν τη σύσταση του ιδρώτα (Maughan and Shirreffs, 2010). Η σύσταση του ιδρώτα διαφέρει από αθλητή σε αθλητή ακόμα και σε ένα ομοιογενές δείγμα και επίσης διαφοροποιείται από παράγοντες όπως ο ρυθμός εφίδρωσης, η διατροφή και ο εγκλιματισμός (Robinson and Robinson, 1954). Εν τούτοις, φαίνεται ότι η απώλεια νατρίου παίζει τον σημαντικότερο ρόλο καθώς, οι έρευνες υποστηρίζουν ότι οι αθλητές που εμφανίζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση νατρίου στον ιδρώτα τους είναι πιο πιθανόν να εκδηλώσουν μυϊκές κράμπες (Bergeron, 2003, Stofan et al. 2005). Όταν η απώλεια ηλεκτρολυτών μέσον του ιδρώτα είναι υψηλή, τότε αυτοί πρέπει να αναπληρώνονται τουλάχιστον ενδιάμεσα των προσπαθειών εάν πρακτικά δεν είναι εφικτό να αναπληρώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης (Maughan and Shirreffs, 2010). Στα υγρά (ή τροφή) που καταναλώνονται θα πρέπει να περιέχεται τόση ποσότητα νατρίου όση αυτή που ο οργανισμός απέβαλε από τον ιδρώτα κατά την άσκηση (Shirreffs et al. 1996). Επίσης φαίνεται ότι, η προσθήκη χλωριούχου νατρίου στο νερό μπορεί να μειώσει τη συχνότητα και την ένταση των μυϊκών σπασμών (κράμπας) (Moss, 1923, Talbott and Michelsen, 1933). Πιο πρόσφατα δεδομένα ερχόμενα από τον τομέα της αντισφαίρισης (Bergeron, 2003) και του αμερικανικού ποδοσφαίρου (Eichner, 2007, Stofan et al. 2005) αναφέρουν ότι οι μυϊκές κράμπες είναι πιο πιθανόν να εκδηλωθούν σε αθλητές που εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες ιδρώτα και ειδικά όταν η περιεκτικότητα του ιδρώτα είναι υψηλή σε νάτριο. Όταν παρατηρείται έντονη εφίδρωση και σε μεγάλη ποσότητα, η απώλεια νατρίου μπορεί να ξεπεράσει τα 20-30g/ημέρα (Maughan and Shirreffs, 2008). Αυτή η ποσότητα ξεπερνάει κατά πολύ την ημερήσια επιτρεπόμενη δόση αλατιού προς κατανάλωση που είναι 6g/ημέρα (Maughan and Shirreffs, 2008) και για αυτό τον λόγο χρειάζεται οι οδηγίες που δίνονται για αύξηση πρόσληψης νατρίου να γίνεται εξατομικευμένα. Η συσχέτιση απώλειας νατρίου και εμφάνισης ακούσιου μυϊκού σπασμού, υπογραμμίζει τη σημαντικότητα της αναγνώρισης των αθλητών (Stofan et al. 2005) με αυτό το χαρακτηριστικό («salty sweaters»), ώστε με την κατάλληλη διατροφή να μειώσουν τις πιθανότητες εμφάνισης του φαινομένου αυτού (κράμπας). Παρόλα αυτά, η αύξηση του αλατιού στη διατροφή εγείρει ανησυχίες αναφορικά με την ενδεχόμενη

αύξηση της αρτηριακής πίεσης και τη γενικότερη καρδιαγγειακή υγεία του αθλητή. Συνεπώς, για τον λόγο αυτό δεν πρέπει να συστήνεται σε όλους τους αθλητές η αύξηση προσθήκης αλατιού είτε στο φαγητό είτε στα διαλύματα που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης (Maughan and Shirreffs, 2008). Γενικά, υπάρχει ομοφωνία στην άποψη ότι είναι καλύτερα ο αθλητής κατά τη διάρκεια παρατεταμένης προσπάθειας σε θερμό κλίμα, να πίνει νερό παρά να μην πίνει τίποτα, ωστόσο υδατανθρακούχα διαλύματα που περιέχουν ηλεκτρολύτες ίσως ενισχύουν την απόδοση (ACSM et al. 2007, Sawka et al. 2007). Στον **Πίνακα 1.1** και **Σχήμα 1.4** αναγράφονται απλές και εύχρηστες εξισώσεις εξατομικευμένου υπολογισμού του ρυθμού εφίδρωσης.

**Πίνακας 1.1.** Εξισώσεις υπολογισμού εφίδρωσης κατά την άσκηση (Προσαρμοσμένο από McDermott et al. 2017, FACSM).

Ζητούμενο	Υπολογισμός
Όγκος Ιδρώτα (L)	= Σ.Μ. πριν την άσκηση (Kg) – Σ.Μ. μετά την άσκηση (kg) + όγκος υγρών που καταναλώθηκε κατά την άσκηση (L) – ποσότητα ούρων (L) (εάν υπήρξε κένωση)
Ρυθμός Εφίδρωσης (L/h)	= Όγκος Ιδρώτα (L) / Διάρκεια άσκησης (h)



\*Βεβαιωθείτε πως όλα υπολογίζονται σε kg ή L

\*Εάν δεν μπορείτε να μετρήσετε την απώλεια ούρων, αυτή μπορεί να θεωρηθεί 0,3L.

**Σχήμα 1.4.** Υπολογισμός Ρυθμού Εφίδρωσης κατά την άσκηση (Προσαρμοσμένο από <https://www.mysportscience.com/post/2017/07/14/how-much-do-you-sweat>).

Σε παρατεταμένες προσπάθειες, η αθλητική απόδοση μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη κάποιου υδατάνθρακα στο υγρό που καταναλώνει ο αθλητής, ενώ φαίνεται ότι ο τύπος του υδατάνθρακα δεν παίζει κάποιο ρόλο στο αποτέλεσμα αφού τόσο η γλυκόζη όσο και η σουκρόζη και οι ολιγοσακχαρίτες φαίνεται να έχουν ωφέλιμη επίδραση στην απόδοση και να αυξάνουν την αντοχή (Maughan and Noakes, 1991). Επιπλέον, στην μελέτη του Rollo και συν. 2020, αναφέρεται παρομοίως η θετική επίδραση της πρόσληψης υδατανθράκων στην αντοχή κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης μέτριας-υψηλής έντασης, επισημαίνοντας ότι οι

υδατάνθρακες δεν αποτελούν ενεργειακό υπόστρωμα μόνο για τους σκελετικούς μυς αλλά τονίζουν τον ρόλο τους ως το κύριο και σημαντικότερο υπόστρωμα για τον εγκέφαλο και το κεντρικό νευρικό σύστημα. Στην ίδια έρευνα, αναφέρεται ακόμα ότι ο συνδυασμός γλυκόζης-φρουκτόζης μπορεί να αυξήσει την εντερική απορρόφηση των υδατανθράκων, να αυξήσει τη διαθεσιμότητα της γλυκόζης και εν τέλει να αυξηθεί ο ρυθμός εξωγενούς οξειδωσή των υδατανθράκων κατά 40-50%. Συμπληρωματικά, η παραγωγή ηπατικής γλυκόζης που προέρχεται από την κατανάλωση CHO κατανέμεται τόσο στον εγκέφαλο όσο και στους σκελετικούς μύες ώστε να αποτραπεί τυχόν επεισόδιο υπογλυκαιμίας και να ενισχυθεί η αντοχή (Rollo et al. 2020). Όσον αφορά την καφεΐνη, μπορεί να αυξήσει την παραγωγή ούρων προσωρινά στην ηρεμία αλλά δεν προκαλεί διούρηση κατά την άσκηση (Ganio et al. 2010, Millard et al. 2007, Wemple et al. 1997). Ως εκ τούτου οι προπονητές δεν θα πρέπει να αποθαρρύνουν την ήπια κατανάλωση καφέ (περίπου 3mg/kg) πριν την άσκηση αλλά και κάθε 30 λεπτά κατά τη διάρκεια της άσκησης (Ganio et al. 2010, Millard et al. 2007, Wemple et al. 1997, Fiala et al. 2004, Ganio et al. 2011, Silva et al. 2013).

Καθώς φαίνεται, η πρόσληψη μεγάλης ποσότητας νερού μετά από αφυδάτωση που έχει προκληθεί από άσκηση, έχει ως αποτέλεσμα την απότομη καμπή στην ωσμωτικότητα του πλάσματος και της συγκέντρωσης νατρίου στο πλάσμα (Nose et al. 1988a, b) και κατά συνέπεια τα δύο αυτά συμβάντα διεγείρουν την αποβολή ούρων (Maughan and Shirreffs, 1997). Μια δεύτερη επίδραση της πρόσληψης απλού νερού είναι η μείωση της επιθυμίας του αθλητή να καταναλώσει νερό, αφού προκαλείται μείωση της ωσμωτικότητας του πλάσματος και της συγκέντρωσης νατρίου (Maughan and Shirreffs, 1997). Από την συστηματική έρευνα των Maughan και Leiper (1995), φάνηκε ότι, μόνο όταν το υδατικό διάλυμα περιείχε περισσότερο από  $52\text{mmol/L}^{-1}$  νατρίου, οι δοκιμαζόμενοι διατηρούνταν σε θετικό «υδατικό ισοζύγιο» κατά την περίοδο της αποκατάστασής τους. Μετά από άσκηση, οποιοδήποτε υγρό διάλυμα καταναλώνεται (νερό, νερό με ηλεκτρολύτες κλπ.) πρέπει ποσοτικά να υπερβαίνει τον όγκο του ιδρώτα που εκκρίθηκε κατά τη διάρκεια της αθλητικής δραστηριότητας, αφού ακόμα και όταν ο οργανισμός



βρίσκεται σε κατάσταση αφυδάτωσης, δεν παύει να αποβάλλει ούρα (Maughan and Shirreffs, 1997). Αξιοσημείωτο το γεγονός ότι, ακόμα και όταν οι δοκιμαζόμενοι έπιναν μεγάλες ποσότητες νερού (δύο φορές τον όγκο του ιδρώτα), όταν η συγκέντρωση νατρίου στο νερό ήταν χαμηλή ( $23\text{mmol/L}^{-1}$ ) δεν διατηρούνταν σε ισοζύγιο για παραπάνω από 2 ώρες, ενώ όταν η περιεκτικότητα αυξανόταν σε  $61\text{mmol/L}^{-1}$  (στην ίδια δοσμένη ποσότητα νερού δηλ. x1,5 ή x2 φορές των όγκο του ιδρώτα) αυτό ενίσχυε και διατηρούσε την ενυδάτωσή τους (Maughan and Shirreffs, 1997). Από τα ευρήματα των ερευνών λοιπόν, εξάγεται το συμπέρασμα ότι μετά από άσκηση, ο μόνος τρόπος για να επανέλθει ο οργανισμός σε φάση ενυδάτωσης είναι η αναπλήρωση -εξίσου- νερού και νατρίου και ίσως η σύσταση των ποτών που καταναλώνονται μετά την άσκηση να πρέπει να έχουν περιεκτικότητα σε νάτριο παρόμοια με αυτή του ιδρώτα (Maughan and Shirreffs, 1997).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 3.1. Αναζήτηση και Κριτήρια επιλογής και αποκλεισμού

Η αναζήτηση βιβλιογραφίας διενεργήθηκε με τη χρήση της μηχανής αναζήτησης *PubMed* της Αμερικανικής Εθνικής Ιατρικής Βιβλιοθήκης. Για την αναζήτηση χρησιμοποιήθηκαν οι όροι “hydration and health”, “dehydration and exercise performance”, “hydration strategies” και “hyponatremia”. Συμπεριλήφθηκαν τόσο βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις όσο και πειραματικές έρευνες των οποίων οι αναφορές και οι πειραματικές διαδικασίες αντίστοιχα, αφορούσαν δείγμα που αποτελούνταν από ανθρώπινο πληθυσμό. Εν τέλει τα άρθρα που πληρούσαν τα κριτήρια αυτά και συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα ανασκόπηση βιβλιογραφίας ήταν στο σύνολό τους 40.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κάνοντας μια σύντομη ανακεφαλαίωση, μέχρι τώρα, το πρώτο μέρος της εργασίας αυτής, έχει αναφερθεί εκτεταμένα στον θεμελιώδη ρόλο του νερού στον πλανήτη σε μακροσκοπικό επίπεδο, την ζωτική σημασία του στον ανθρώπινο οργανισμό σε μικροσκοπικό επίπεδο και ακόμα παραπέρα την σημασία του στον αθλητή/ασκούμενο, στον οποίο και επικεντρώνεται η παρούσα ανασκόπηση. Έχει ειπωθεί η σπουδαιότητα και η αναγκαιότητα του νερού για την ύπαρξη ανθρώπινης ζωής και ο πρωταρχικός ρόλος που διαδραματίζει στην διατήρηση της υγείας. Αναφέρθηκαν βασικές φυσιολογικές αρχές όσον αφορά την κατανομή του ύδατος στον οργανισμό, την απορρόφηση, τις οδούς απώλειάς του από τον οργανισμό, τις πηγές πρόσληψης και την ρύθμιση της ομοιόστασής του στο ανθρώπινο σώμα. Διευκρινίστηκαν ορισμοί και καταστάσεις που δημιουργούνται ανάλογα με την επάρκεια ή ανεπάρκεια του νερού (ενυδάτωση, υπο-υδάτωση, αφυδάτωση, υπονατρίαμια), στη συνέχεια παρουσιάστηκαν ορισμένοι από τους σημαντικότερους και πιο χρηστικούς δείκτες καθορισμού του προφίλ ενυδάτωσης ενός ατόμου και έπειτα αναφέρθηκαν γενικές συστάσεις για επαρκή πρόσληψη νερού. Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, έγινε αναφορά γενικότερα στη σημασία της ενυδάτωσης στην αθλητική απόδοση και ακολούθως πιο συγκεκριμένα παρουσιάστηκαν οι επιπτώσεις της αφυδάτωσης και της υπερθερμίας στον αθλητή/ασκούμενο. Εν συνεχεία, σκιαγραφήθηκε ο μηχανισμός με τον οποίο προκαλείται η αφυδάτωση και πώς αυτός ο μηχανισμός επηρεάζει τις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού και κατά συνέπεια πώς επηρεάζει την αθλητική απόδοση. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον συνδυασμό αφυδάτωσης-υπερθερμίας και το αντίκτυπο αυτού στα διάφορα αθλήματα, όπως επίσης και στο εάν και κατά πόσο η ενυδάτωση και η αφυδάτωση επιδρούν στη σωματική και νοητική απόδοση. Στην παρούσα ενότητα, θα παρατεθούν αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις συνέπειες της αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση και στη συνέχεια θα αναφερθούν μέθοδοι και στρατηγικές για την διατήρηση της ενυδάτωσης των αθλητών και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης.

#### 4.1. Νερό και Απόδοση

Είναι γεγονός ότι η διατήρηση της ομοιόστασης στον οργανισμό και συγκεκριμένα του νερού, είναι ζωτικής σημασίας για την αθλητική απόδοση και την θερμορύθμιση του σώματος, τόσο στους νέους όσο και στους ενήλικες (Arnaoutis et al. 2015). Ήπιου βαθμού αφυδάτωση μπορεί να επηρεάσει τις φυσιολογικές αποκρίσεις του οργανισμού μειώνοντας τον όγκο πλάσματος (Sawka et al. 2015), αυξάνοντας τον καρδιακό ρυθμό και μειώνοντας το κλάσμα εξώθησης (Gonzalez et al. 1995, Gonzalez et al. 1997), ενώ παράλληλα αυξάνεται η θερμοκρασία του πυρήνα και του δέρματος (Kenefick et al. 2010, Kenefick et al. 2014, Sawka et al. 1985). Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα το σώμα να αδυνατεί να κατανέμει και να διαχειριστεί το στρες και την υψηλή θερμοκρασία (Gonzalez et al. 1995, Gonzalez et al. 1997). Απώλεια νερού που είναι ίση ή μεγαλύτερη από 2% του συνολικού βάρους του ατόμου, έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα επιβλαβής για την επίδοση τόσο σωματικά (Ali et al. 2011, Baker et al. 2007) όσο και νοητικά ιδιαίτερα σε θερμό περιβάλλον (Casa et al. 2010, Stearns et al. 2009, Watson et al. 2010). Φαίνεται όμως ότι δεν είναι απαραίτητο να επιτευχθεί αυτή η τιμή για να προκληθούν δυσμενής συνέπειες, αλλά αυτές μπορεί να προκύψουν ακόμα και με χαμηλότερες απώλειες νερού, δηλαδή με απώλειες που αντιστοιχούν σε ~1% της σωματικής μάζας (Bardis et al. 2013, Logan et al. 2013). Εργαστηριακές έρευνες επίσης, δείχνουν ότι η αφυδάτωση επηρεάζει την ψυχική διάθεση. Πιο αναλυτικά, απώλειες ίσες ή μεγαλύτερες από 1,4% της Σ.Μ. επηρεάζουν αρνητικά την ψυχολογία και διάθεση (Armstrong et al. 2012, Cian et al. 2000, Ely et al. 2013), μειώνουν τη δύναμη και το σθένος, αυξάνουν την σύγχυση (Armstrong et al. 2012, McMorris et al. 2006) και προκαλούν κόπωση (Armstrong et al. 2012, McMorris et al. 2006, Ganio et al. 2011). Επιπλέον, η αφυδάτωση επηρεάζει την αντιλαμβανόμενη κόπωση, το αίσθημα του πόνου και το αίσθημα της δίψας (Ogino et al. 2014, Riebe et al. 1997).

Όσον αφορά το τελευταίο, το αίσθημα της δίψας αποτελεί ένα αναπόσπαστο συνειδητό και εκούσιο κομμάτι της ρύθμισης του συνολικού όγκου του νερού στο ανθρώπινο σώμα και ειδικά όταν το άτομο διεκπεραιώνει καθιστικές εργασίες στην

καθημερινότητά του, το ερέθισμα-αίσθημα αυτό είναι αρκετό για την αναπλήρωση των υγρών του οργανισμού (Greenleaf, 1992). Το αίσθημα της δίψας (όπως και άλλες ομοιοστατικές αποκρίσεις) προκύπτει ως αντίδραση στην ενδοκυττάρια αφυδάτωση ή/και στην μείωση του όγκου του εξωκυττάριου υγρού που περιλαμβάνει μειωμένη κυκλοφορία του πλάσματος του αίματος και μειωμένη πίεση αίματος. Να σημειωθεί ότι η δεύτερη περίπτωση είναι πιο επικίνδυνη από την πρώτη και για αυτό τα διάμεσα υγρά (μέρος του εξωκυττάριου υγρού ανάμεσα στα κύτταρα) λειτουργούν ως ρυθμιστής που κινητοποιείται όταν και όποτε είναι απαραίτητο (Armstrong and Kanouras, 2019). Αναφορικά με την άσκηση, το αίσθημα της δίψας δεν συστήνεται ως αποκλειστικός οδηγός για την συχνότητα κατανάλωσης υγρών καθώς, και μεν η αφυδάτωση διεγείρει συγκεκριμένα κέντρα στον εγκέφαλο που προκαλούν δίψα (φλοιός του προσαγωγίου του εγκεφάλου) (Denton et al. 1999, Saker et al. 2014), αλλά η αίσθηση αυτή μπορεί να επηρεαστεί και από άλλους παράγοντες όπως ψυχολογικό στρες ή κατανάλωση φαγητού που μπορεί να «θολώσουν» το αίσθημα αυτό (Goulet, 2012). Ουσιαστικά, παρατηρούνται δύο είδη δίψας. Η πραγματική αίσθηση της δίψας προέρχεται από την έλλειψη νερού στους ιστούς, και η ξηροστομία και το «στέγνωμα» της στοματικής κοιλότητας γενικότερα που κάποιος αθλητής μπορεί να αισθάνεται κατά τη διάρκεια της άσκησης που συχνά δημιουργούν την ψευδαίσθηση της δίψας (Wettendorff, 1900). Η ενυδάτωση της κοιλότητας χωρίς να καταναλωθεί νερό ή άλλου είδους εργογόνο/αθλητικό ποτό, δεν αναπληρώνει το νερό στους ιστούς, παρά μόνο ανακουφίζει παροδικά την αίσθηση της δίψας (Wettendorff, 1900) Συνεπώς δεν μπορεί να θεωρηθεί ακριβώς μια μέθοδος ενυδάτωσης. Στα αποτελέσματα της παρούσας ανασκόπησης αναφέρονται με πιο εκτενή τρόπο τα «μοντέλα» και οι στρατηγικές ενυδάτωσης κατά την άσκηση.

## **4.2. Συνέπειες αφυδάτωσης σε διάφορες παραμέτρους της αθλητικής απόδοσης**

### *4.2.1. Ψυχική διάθεση*

Το προφίλ ενυδάτωσης φαίνεται να επηρεάζει την ψυχική διάθεση και την αίσθηση του πόνου σε ποδηλάτες εξαιρετικά μεγάλων αποστάσεων σύμφωνα με την έρευνα της Moyen και συν 2015. Γενικά, υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο εύρος στον βαθμό αφυδάτωσης που μπορεί να υποστεί ένας αθλητής, από 1% μέχρι 8% απώλεια της σωματικής μάζας κατά τη διάρκεια παρατεταμένης προσπάθειας αντοχής, όπως στην ποδηλασία (Schenk et al. 2010) και σε μαραθώνιους (Kao et al. 2008). Προσπάθειες αντοχής που διαρκούν για περισσότερες από 2 ώρες, αυξάνουν την κόπωση και μειώνουν το σθένος (Lane and Wilson, 2011), ενώ σε υπερπροσπάθειες που κρατούν για αρκετές ημέρες μπορεί να παρατηρηθούν αισθήματα όπως κατάθλιψη, θυμός και σύγχυση (Graham et al. 2012). Το κύριο εύρημα της προαναφερθείσας έρευνας ήταν ότι, κατά την διάρκεια των 161 km ποδηλασίας, όσοι δοκιμαζόμενοι ήταν αφυδατωμένοι παρουσίασαν μεγαλύτερη κόπωση, λιγότερη αντοχή, τόσο ψυχική όσο και σωματική και αυξημένη αίσθηση του πόνου, της δίψας και της θερμότητας συγκριτικά με τους ενυδατωμένους δοκιμαζόμενους (Moyen et al. 2015). Η εξασθενημένη σωματική και ψυχική αντοχή σε κατάσταση αφυδάτωσης (Armstrong et al. 2012, Cian et al. 2000, McMorris et al. 2006), αποδεικνύει ότι η σχέση ψυχικού σθένους/διάθεσης σε σχέση με τον βαθμό αφυδάτωσης είναι υπαρκτή και στα αθλήματα αντοχής.

### *4.2.3. Αίσθημα πόνου κατά την άσκηση*

Αναφορικά με το αίσθημα του πόνου, έρευνα έδειξε ότι, τα «κέντρα» του πόνου στον εγκέφαλο (πρόσθιος φλοιός του προσαγωγίου και κεντρικός λοβός), ενεργοποιούνται ακόμα και με 1% αφυδάτωσης (Moyen et al. 2015). Ως εκ τούτου, όσοι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν αφυδατωμένοι στην έρευνα, εκδήλωσαν εντονότερη αίσθηση του πόνου για το ίδιο ερέθισμα σε σχέση με τους ενυδατωμένους δοκιμαζόμενους (Ogino et al. 2014). Ένας πιθανός μηχανισμός που μπορεί να αποδοθεί η αντίδραση αυτή, είναι η αυξημένη συγκέντρωση κορτιζόλης που παρατηρήθηκε στους αφυδατωμένους ασκούμενους (Judelson et al. 2008) η

οποία και έχει συσχετιστεί με την αυξημένη κόπωση (McMorris et al. 2006). Ο McMorris και συν. 2006, αναφέρουν ότι, πιθανόν ο συνδυασμός αφυδάτωση-θερμικό στρες να αυξάνει ακόμα περισσότερο τα επίπεδα κορτιζόλης και έτσι αυτό να οδηγεί σε ακόμα πιο αυξημένη κόπωση και μειωμένο σθένος. Επιπλέον, η έρευνα του Lane και συν. 2004, προτείνει ότι ο ίδιος συνδυασμός που μόλις προαναφέρθηκε, πιθανόν αυξάνει την αίσθηση του πόνου εφόσον η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος χαμηλώνει το κατώφλι του αισθήματος του πόνου, ενώ παράλληλα η αφυδάτωση πυροδοτεί τα εγκεφαλικά κέντρα του πόνου (Ogino et al. 2014).

Εν ολίγοις, τα δεδομένα δείχνουν ότι ακόμα και χωρίς να ληφθούν υπόψιν οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η θερμοκρασία του πυρήνα και η ένταση της άσκησης, η αφυδάτωση από μόνη της μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ψυχική διάθεση και την αντίληψη παραγόντων όπως η δίψα και ο πόνος, κάτι που καθιστά επιτακτική την ανάγκη για διατήρηση της ενυδάτωσης κατά τη διάρκεια παρατεταμένου έργου αντοχής, αφού μπορεί να μειώσει τα αρνητικά συναισθήματα και να ενισχύσει την απόδοση (Moyen et al. 2015). Ο Noakes, 1995, υποστήριξε επίσης τα ευρήματα που θέλουν ακόμα και την ήπια αφυδάτωση να επηρεάζει αρνητικά την απόδοση, ενώ για να προκληθεί νεφρική ανεπάρκεια ή και θάνατος ο βαθμός αφυδάτωσης πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερος. Στην ίδια έρευνα προτείνει ότι οι αθλητές μπορούν να διατηρήσουν χαμηλά τα επίπεδα της αφυδάτωσης εάν πίνουν αρκετή ποσότητα, αλλά όχι υπερβολική κατά τη διάρκεια της άσκησης.

#### *4.2.4. Σωματική και Νοητική απόδοση κατά την άσκηση*

Τα ευρήματα για το αρνητικό αντίκτυπο που έχει η ελλιπής υδάτωση στην αθλητική απόδοση επιβεβαιώνονται σε πολλές μελέτες, όπως για παράδειγμα σε αυτή των Maughan και Shirreffs, 2010, που αναφέρουν ότι από ένα σημείο κι έπειτα, η αφυδάτωση εξασθενεί τόσο τη σωματική όσο και τη νοητική απόδοση κατά την άσκηση, ιδιαίτερα όταν η αθλητική προσπάθεια είναι παρατεταμένη και το κλίμα θερμό. Σε έρευνες του Cian και συν. (Cian et al. 2000, Cian et al. 2001) οι δοκιμαζόμενοι αφυδατώθηκαν ~2.8% όντας εκτεθειμένοι στη ζέστη ή εκτελώντας

άσκηση σε διάδρομο. Και στις δύο έρευνες φάνηκε ότι η απόδοση ήταν μειωμένη σε δραστηριότητες που εξέταζαν την οπτική αντίληψη, τη βραχυπρόθεσμη μνήμη και ψυχοκινητικές δεξιότητες. Ακόμα και σε σχετικά δροσερό κλίμα, π.χ. 20°C η αντοχή είναι χαμηλότερη από ότι στους 10 °C (Galloway and Maughan, 1997). Επιπλέον, η ελλιπής υδάτωση πριν από την άσκηση μπορεί να αυξήσει το φυσιολογικό στρες στον οργανισμό και να μειώσει την απόδοση, αφού όπως ειπώθηκε σε προηγούμενη παράγραφο έχει παρατηρηθεί ότι πολλοί αθλητές είναι αφυδατωμένοι ως ένα βαθμό από την έναρξη της άσκησης, κάτι που υποδηλώνει την μη ικανοποιητική αναπλήρωση των υγρών που χάνονται. Αυτό πιθανόν συμβαίνει εξαιτίας κακής εκτίμησης των απωλειών και μη ύπαρξη ενός εξατομικευμένου πλάνου πρόσληψης υγρών σύμφωνα με τον τύπο δραστηριότητας, το κλίμα και τις ατομικές ανάγκες του κάθε αθλητή (Maughan and Shirreffs, 2010). Σε προσπάθειες αντοχής, εάν η ποσότητα των υγρών που καταλώνεται είναι μικρότερη από αυτήν που αποβάλλει ο οργανισμός τότε υπάρχει έλλειμα ακόμα και αν ο αθλητής έχει ξεκινήσει την προσπάθεια ενυδατωμένος, ενώ εάν προϋπάρχει αφυδάτωση πριν την έναρξη προπόνησης/αγώνα αυτό θα εντείνει ακόμα περισσότερο τις συνέπειες των απωλειών που θα προκύψουν κατά τη διάρκεια της προσπάθειας (Maughan and Shirreffs, 2010). Τα αποτελέσματα πολλών ερευνών που μελέτησαν το θέμα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, όταν η άσκηση εκτελείται σε υψηλές θερμοκρασίες, δηλαδή >30°C και το ποσοστό αφυδάτωσης βρίσκεται από 2%-7% απώλειας της σωματικής μάζας η αθλητική απόδοση στην αντοχή μειώνεται (Cheuvront et al. 2003). Επιπρόσθετα, βρέθηκε ότι σε εύκρατο κλίμα (δηλαδή μέτριες θερμοκρασίες), όταν η διάρκεια σε προσπάθειες αντοχής ήταν μικρότερη από 90min, η αφυδάτωση 1-2% της ΣΜ δεν επηρέασε την απόδοση, ενώ όταν η διάρκεια της προσπάθειας παρατάθηκε πέραν των 90min και η αφυδάτωση ξεπέρασε το 2% της ΣΜ τότε η απόδοση μειώθηκε (Cheuvront et al. 2003). Από μετρήσεις της θερμοκρασίας του πυρήνα, της καρδιακής συχνότητας και της αντιλαμβανόμενης κόπωσης αποδεικνύεται ότι η αφυδάτωση προκαλεί επιπλέον στρες στον οργανισμό κατά την άσκηση (Sawka and Coyle, 1999), ενώ όσο μεγαλύτερο το έλλειμα του νερού στο σώμα, τόσο αυξάνεται η επιβάρυνση του οργανισμού για ένα δεδομένο έργο (Adolph et al.

1947, Montain and Coyle, 1992, Montain et al. 1995, Sawka et al. 1985). Αφυδάτωση πάνω από 2% της ΣΜ επηρεάζει αρνητικά την αερόβια, την νοητική και ψυχική απόδοση σε θερμό περιβάλλον (Casa et al. 2005, Cheuvront et al. 2003, Institute of Medicine, 2005), ενώ όσο αυξάνεται το ποσοστό του ελλείματος νερού τόσο μειώνεται η αερόβια ικανότητα (Institute of Medicine, 2005). Το ποσοστό αφυδάτωσης στο οποίο υπόκειται ο ασκούμενος και το πώς και πόσο αυτή η έλλειψη νερού επηρεάζει την αθλητική απόδοση εναπόκειται σε παράγοντες όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ο τύπος/μορφή της αθλητικής δραστηριότητας και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά που για κάθε αθλητή αυτά διαφέρουν (π.χ. ανοχή στην αφυδάτωση) (Sawka et al. FACSM, 2007).

#### **4.3. Αφυδάτωση, Υπερθερμία και Απόδοση**

Η υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, συνδυαστικά με το φαινόμενο της υπερθερμίας, δηλαδή την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος που οφείλεται σε αδυναμία του οργανισμού να αποβάλει την επιπλέον θερμότητα, ως συνήθως επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή σωματικού έργου και την απόδοση σε υπομέγιστο έργο αντοχής (Kenefick et al. 2010, Nielsen et al. 1993, Galloway and Maughan, 1997, Gonzalez et al. 1999, Gonzalez et al. 2000, Ely et al. 2010, Sawka et al. 2012). Ακόμα και μια μικρή άνοδος στη θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση της απόδοσης κατά τη διάρκεια υπομέγιστου έργου αντοχής σε θερμό κλίμα (Ely et al. 2010, MacDougall et al. 1974, Periard et al. 2011, Lorenzo et al. 2010, Tatterson et al. 2000), γεγονός που υποδηλώνει την επίδραση της υπερθερμίας του δέρματος στην πρόκληση πρόωρης κόπωσης (Trangmar and Gonzalez, 2019). Οι έρευνες δείχνουν πως, όταν η υψηλή θερμοκρασία συνοδεύεται από αφυδάτωση τότε επηρεάζεται δραματικά η αθλητική απόδοση. Συγκεκριμένα, απώλεια νερού μεγαλύτερη από 4% της σωματικής μάζας προκάλεσε ~23% μείωση της αθλητικής απόδοσης σε ποδηλάτες time trial σε θερμοκρασία 40°C, ενώ όταν η θερμοκρασία μειώθηκε σε 30°C, 20°C και 10°C η μείωση της απόδοσης ήταν 12%, 5% και 3% αντίστοιχα (Kenefick et al. 2010). Γενικά, η αθλητική απόδοση όσον αφορά την αντοχή, επηρεάζεται ελάχιστα ή καθόλου όταν αυτή εκτελείται σε δροσερό κλίμα (Kenefick et al. 2010,

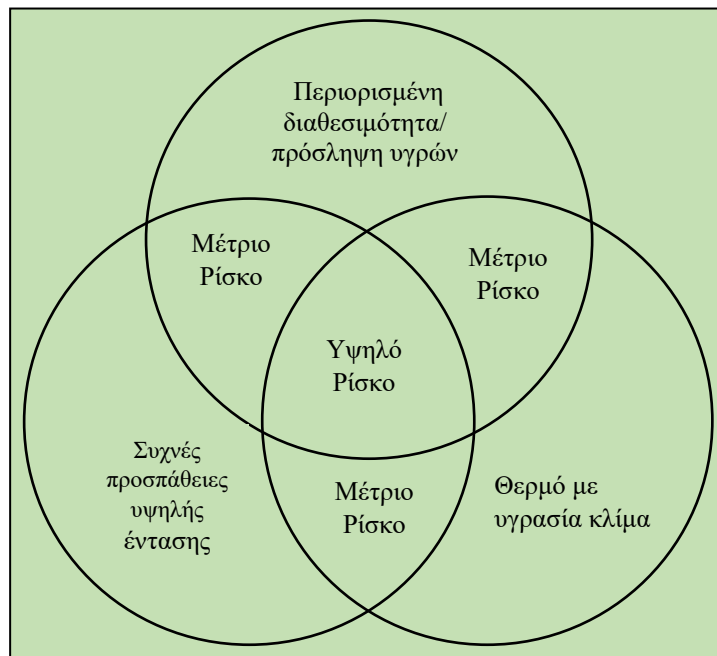


Cheuvront et al. 2005) σε σύγκριση με τις υψηλές θερμοκρασίες (Cheung and McLellan, 1998, Sawka et al. 1992, Castellani et al. 2010).

#### **4.4. Επιδράσεις Αφυδάτωσης και Υπερθερμίας σε διάφορα αθλήματα**

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, όταν ο οργανισμός αφυδατώνεται, παρατηρείται μείωση στο συνολικό βάρος του σώματος ενώ παράλληλα μειώνεται ο όγκος πλάσματος και αυξάνεται η ωσμωτικότητα του (Institute of Medicine, 2005). Ο ρυθμός εφίδρωσης ελαττώνεται όποια και αν είναι η θερμοκρασία του πυρήνα τη δεδομένη φάση και κατά συνέπεια δεν λειτουργεί επαρκώς ο μηχανισμός της εξάτμισης για την αποβολή θερμότητας (Sawka and Young, 1985) με αποτέλεσμα αυτή να συσσωρεύεται (Fortney et al. 1981, Fortney et al. 1984, Nadel et al. 1980). Έπεται η αύξηση της καρδιακής συχνότητας η οποία προκύπτει από την μείωση του όγκου πλάσματος και του όγκου παλμού (Gonzalez-Alonso et al. 2000, Saltin, 1964, Sproles et al. 1976), γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη αντιλαμβανόμενη κόπωση κατά τη διάρκεια της άσκησης (Ganio et al. 2006). Έτσι, η συσσωρευμένη θερμότητα σε συνδυασμό με την ελλιπή υδάτωση, προκαλούν τον ανταγωνισμό μεταξύ κεντρικής και περιφερικής αιματικής κυκλοφορίας (Nadel, 1980, Rowell, 1986), επιδεινώνοντας το στρες στις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού κατά την εκτέλεση ενός δεδομένου έργου (Montain and Coyle, 1992, Montain et al. 1995, Sawka et al. 1985). Οι Cheuvront και Kenefick, 2014, κατέληξαν στην γενική ιδέα, ότι αφυδάτωση  $\geq 2\%$  της συνολικής Σ.Μ. επηρεάζει αρνητικά την απόδοση σε αθλήματα αντοχής, ενώ οι αθλητές δύναμης και ισχύος επηρεάζονται μεν, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Επίσης, οι ίδιοι αναφέρουν πως, η απόδοση σε προσπάθειες αντοχής επηρεάζεται κυρίως από την μείωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) -που προκαλείται εξαιτίας της ανεπαρκούς υδάτωσης- και από την αύξηση της σχετικής έντασης της άσκησης. Γενικά, στη μελέτη τους αναφέρεται ότι, τα αθλήματα και οι δραστηριότητες που ενεργοποιούν και επιβαρύνουν κυρίως τον αερόβιο μεταβολισμό των αθλητών ή ασκούμενων, δηλαδή αντοχής, είναι αυτά που σε ένα μεγάλο βαθμό επηρεάζονται αρνητικά όταν ο οργανισμός βρίσκεται σε κατάσταση αφυδάτωσης. Από την άλλη, δεξιότητες δύναμης και ισχύος που κινητοποιούν κυρίως τον αναερόβιο μεταβολισμό,

επηρεάζονται σε πιο ήπιο βαθμό. Αθλήματα ή δεξιότητες που ένα μεγάλο μέρος τους αποτελείται από το νοητικό στοιχείο, σε περίπτωση που επηρεάζονται, αυτό οφείλεται στις μεταβολές της διάθεσης, στην δυσφορία και τη διάσπαση προσοχής που σχετίζονται με την αφυδάτωση (Cheuvront and Kenefick, 2014). Η έρευνα του Nuccio και συν. 2017, προτείνει ότι, για να υπάρξουν σημαντικές απώλειες στη γνωστική λειτουργία, στην απόδοση σε δεξιότητες τεχνικής και γενικότερα στην απόδοση κατά την διάρκεια άσκησης, ο βαθμός αφυδάτωσης πρέπει να ξεπερνά το 2% της σωματικής μάζας, κάτι που δεν παρατηρείται συχνά στα ομαδικά τουλάχιστον αθλήματα. Επισημαίνουν επίσης τον παράγοντα της υψηλής θερμοκρασίας του σώματος, ο οποίος είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικός όταν η κατανάλωση νερού δεν είναι επαρκής. Στο **Σχήμα 1.5** φαίνεται ένα διάγραμμα Venn στο οποίο παρουσιάζονται οι παράγοντες που αυξάνουν το ρίσκο εμφάνισης αφυδάτωσης (>2% ΣΜ). Οι παράγοντες αυτοί (συχνές προσπάθειες υψηλής έντασης, θερμό/υγρό κλίμα, περιορισμένη διαθεσιμότητα υγρών) αυξάνουν τις πιθανότητες για αφυδάτωση του οργανισμού αυξάνοντας την εφίδρωση ή περιορίζοντας την αναπλήρωση υγρών (Nuccio et al. 2017).



**Σχήμα 1.5.** Παράγοντες αύξησης ρίσκου εμφάνισης αφυδάτωσης. (Προσαρμοσμένο από Nuccio et al. 2017).

Οι μεταβολές στην απόδοση συμβαίνουν είτε στην περίπτωση που ο αθλητής αφυδατωθεί κατά τη διάρκεια της προσπάθειας, είτε στην περίπτωση που ο αθλητής/ασκούμενος είναι αφυδατωμένος πριν ακόμα ξεκινήσει να ασκείται (Cheuvront and Kenefick, 2014). Κάτι σημαντικό που πρέπει να ειπωθεί είναι το γεγονός ότι, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό αθλητών όχι μόνο δεν αναπληρώνουν επαρκώς τα υγρά που χάνουν μετά το τέλος ενός αγώνα/προπόνησης, αλλά ακόμα και πριν από τη συμμετοχή τους σε κάποιο αθλητικό συμβάν (προπόνηση, αγώνας) φαίνεται ότι βρίσκονται σε κατάσταση ανεπαρκούς υδάτωσης. Σύμφωνα με τον Arnaouti και συν. 2015, σε πολλά αθλήματα παρατηρείται το φαινόμενο αυτό αφού, μετρήσεις του δείκτη USG έδειξαν ότι 89,8% των αθλητών (δηλ. 53 στους 59) ήταν αφυδατωμένοι, ενώ σύμφωνα με τη χρωματική κατάταξη των ούρων το ποσοστό ανέβαινε ακόμα περισσότερο, στο 96,6% (δηλ. 57 στους 59). Σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν πριν από προπόνηση, καταγράφηκε ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό αθλητών της τάξης του 23,7% ξεκινούσαν μια προπόνηση όντας ενυδατωμένοι, με αποτέλεσμα οι περισσότεροι (μη-ενυδατωμένοι) να χάνουν επιπλέον σωματική μάζα παρόλο που υπήρχε διαθεσιμότητα υγρών σε όλη τη διάρκεια της προπόνησης σε όλες τις δραστηριότητες (Arnaoutis et al. 2015). Επιπλέον, η πλειοψηφία των αθλητών αυτών δεν επιστρέφουν σε κατάσταση ενυδάτωσης μετά από προπόνηση. Από την έρευνα αυτή, φάνηκε ότι οι αθλητές δεν συνήθιζαν να ενυδατώνονται σωστά στην καθημερινή τους ζωή, κάτι που αποδίδεται σε κακή εκτίμηση των υγρών που χάνουν και ανεπαρκείς στρατηγικές αναπλήρωσης των απωλειών τους, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται στην προπόνηση αφυδατωμένοι.

Αξίζει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στα αθλήματα του υγρού στίβου καθώς αποτελούν ξεχωριστή περίπτωση σχετικά με τη διατήρηση της ενυδάτωσης των αθλητών. Αυτό αποδίδεται στους στρεσογόνους παράγοντες που σχετίζονται με την άσκηση και στην επιπλέον επίδραση της εμβύθισης στο νερό (Adams et al. 2015). Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης, η αποβολή ούρων μειώνεται εξαιτίας κυρίως της αυξημένης συγκέντρωσης αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH) και αλδοστερόνης (Boening et al. 1972, Castenfors, 1977, Claybaugh et al. 1986,

Convertino et al. 1993, Wade and Claybaugh, 1980, Wade, 1984). Αντιθέτως, όταν το κεφάλι των αθλητών βρίσκεται πάνω από το νερό και όχι μέσα στο νερό, η έκκριση της ADH καταστέλλεται και έτσι μειώνεται το αίσθημα της δίψας (Adams et al. 2015). Επιπλέον, η υδροστατική πίεση που ασκεί το νερό στο σώμα, διογκώνει τον όγκο πλάσματος και καταστέλλει τη συγκέντρωση αίματος στην περιφέρεια, γεγονός που οδηγεί σε κεντρική αύξηση όγκου του εξωκυττάριου υγρού και σε αυξημένη κεντρική λειτουργία των τασεοαισθητήρων (Boening et al. 1972, Park et al. 1999). Το αποτέλεσμα αυτής της σημαντικής αλλαγής στον όγκο του αίματος μπορεί να είναι η αναστολή της έκκρισης ADH και του αισθήματος της δίψας και η αύξηση της παραγωγής «αραιωμένων» ούρων εξαιτίας της δράσης των τασεοϋποδοχέων (Epstein, 1978, Epstein, 1992, Sagawa et al. 1992). Η έρευνα του Adams και συν. 2015, που αφορούσε την απόδοση κολυμβητών αθλητών σε σχέση με το επίπεδο ενυδάτωσής τους έδειξε ότι, περισσότεροι από τους μισούς αθλητές ξυπνούσαν αφυδατωμένοι και περισσότερο από 2/3 των αθλητών εμφανίζονταν στην προπόνηση αφυδατωμένοι.

Στην βιβλιογραφία υπάρχει μια πληθώρα παραδειγμάτων που επιβεβαιώνουν τις αρνητικές επιπτώσεις της ανεπαρκούς υδάτωσης. Αρχικά από την έρευνα του Adams και συν. 2019, έχει βρεθεί πως, όταν οι δοκιμαζόμενοι ήταν σε φάση ενυδάτωσης, απέδωσαν καλύτερα σε επίπεδο ταχύτητας και ισχύς στα δύο από τα τρία time-trials των 5km στο κυκλοεργόμετρο, ενώ όταν οι δοκιμαζόμενοι εφάρμοσαν το πρωτόκολλο αφυδατωμένοι, στο τέλος της δοκιμασίας η θερμοκρασία του πυρήνα ήταν υψηλότερη σε σχέση με την προσπάθεια όπου ήταν ενυδατωμένοι. Όταν οι ποδηλάτες ξεκίνησαν με 0,9% και 1,5% αφυδάτωσης στο 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> time-trial αντίστοιχα, εμφάνισαν χαμηλότερη ισχύ και ταχύτητα στη συχνότητα περιστροφής των πεταλιών. Αυτό υποδεικνύει ότι ακόμα και όταν το επίπεδο αφυδάτωσης είναι χαμηλό (λιγότερο από 2% της σωματικής μάζας), αυτό μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερο θερμικό στρες στον οργανισμό και να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση (Adams et al. 2019). Ευρήματα επίσης όπως αυτά του Bardi και συν. 2017, δείχνουν ότι αφυδάτωση 1,8% της Σ.Μ. που προήλθε από την *ad libitum* πρόσληψη υγρών προκάλεσε αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα,

επιδείνωση της ισχύς στο κυκλοεργόμετρο και χαμηλότερη απόδοση στο time-trial. Επιπρόσθετα βρέθηκε ότι, ο χρόνος μέχρι την εξάντληση των ποδηλατών στο 90% της  $VO_2max$  σε  $32^{\circ}C$ , που ξεκίνησαν τη δοκιμασία όντας σε αφυδάτωση 1,8% της Σ.Μ., μειώθηκε κατά 31% (Walsh et al. 1994). Άλλη μελέτη παρουσιάζει ότι αφυδάτωση λιγότερο από 2% της Σ.Μ. των ποδηλατών μείωσε την απόδοσή τους κατά 6,5% (Below et al. 1995). Υπάρχουν πολλά τέτοια παρόμοια παραδείγματα στην υπάρχουσα βιβλιογραφία (Adams et al. 2018, James et al. 2017, Cheung et al. 2015, Wall et al. 2015) που ουσιαστικά καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ακόμα και ήπιου βαθμού αφυδάτωση, δηλαδή λιγότερο από 2% της Σ.Μ., σε συνδυασμό με το θερμό κλίμα προκαλεί μείωση της απόδοσης στο κυκλοεργόμετρο πιθανόν εξαιτίας μεγαλύτερου θερμικού στρες που υπόκειται ο οργανισμός (Adams et al. 2019).

#### **4.5. Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στη μείωση της αθλητικής απόδοσης**

Οι φυσιολογικοί παράγοντες που λειτουργούν αθροιστικά με την αφυδάτωση και προκαλούν πτώση της απόδοσης είναι: η αυξημένη θερμοκρασία του πυρήνα όπως αναφέρθηκε επανειλημμένως, το αυξημένο καρδιαγγειακό στρες, η εντονότερη οξειδωση γλυκογόνου, αλλαγές στις μεταβολικές διεργασίες και μεταβολές στη λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος (Nybo and Nielsen, 2001, Sawka and Coyle, 1999, Sawka and Young, 2005). Το ενδιαφέρον είναι ότι, καθώς υποδεικνύουν οι έρευνες, όλοι αυτοί οι παράγοντες ούτως ώστε να μειώσουν την αερόβια απόδοση αλληλοεπιδρούν λειτουργώντας ως σύνολο και όχι μεμονωμένα (Cheuvront et al. 2004, Sawka and Coyle, 1999, Sawka and Young, 2005). Κατά γενική ομολογία λοιπόν, οι αρνητικές επιπτώσεις της αφυδάτωσης έχουν παρατηρηθεί κυρίως στα αερόβια αθλήματα και στις ψυχο-διανοητικές αντιδράσεις αφού, δεν φαίνεται ξεκάθαρα να επηρεάζει τα αθλήματα δύναμης (Evetovich et al. 2002, Greiwe et al. 1998, IOM, 2003) ή τα αναερόβια αθλήματα (Cheuvront et al. 2006, IOM, 2003, Jacobs, 1980). Η αφυδάτωση συνδυαστικά με την υπερθερμία μειώνουν την απόδοση σε αθλήματα όπου απαιτείται συγκέντρωση και εφαρμογή δεξιοτήτων και τακτικής αφού, η ελλιπής πρόσληψη υγρών επηρεάζει αρνητικά τις ψυχο-διανοητικές λειτουργίες (Hancock and Vasmatazidis, 2003, Rodahl, 2003). Να

σημειωθεί ότι ο παράγοντας της υπερθερμίας διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο από ότι η ήπια αφυδάτωση στην μείωση των φυσιολογικών λειτουργιών που αναφέρθηκαν (Cian et al. 2000), ωστόσο οι δύο αυτοί παράγοντες είναι πολύ στενά συνδεδεμένοι (Sawka et al. FACSM, 2007).

#### **4.6. Επιπτώσεις αφυδάτωσης στην υγεία του αθλητή**

Η αφυδάτωση πέραν από την επίδραση στην απόδοση, όταν συμβαίνει σε υπερβολικό βαθμό, αυτή μπορεί να προκαλέσει εξαιρετικά σοβαρά προβλήματα στην υγεία του ασκούμενου-αθλητή. Πιο συγκεκριμένα, αυξάνει τις πιθανότητες θερμοπληξίας (Carter et al. 2005, Epstein et al. 1999, CDC, 1990, Remick et al. 1998) και εξάντλησης εξαιτίας υπερβολικής θερμότητας (Adolph et al. 1947, McLellan et al. 1999, Sawka et al. 1992). Πέραν αυτών, η έλλειψη νερού στον οργανισμό έχει συσχετιστεί με μειωμένη αυτόνομη καρδιακή σταθερότητα (Carter et al. 2005) μεταβολές στον ενδοκρανιακό όγκο (Dickson et al. 2005) και επιδείνωση των συμπτωμάτων ραβδομύλωσης (Sawka et al. FACSM, 2007). Στην έρευνα του Fortes και συν. 2018, αναφέρεται ότι οι αφυδατωμένοι αθλητές ποδοσφαίρου είχαν χαμηλότερους δείκτες απόφασης για τη μεταβίβαση της μπάλας (DMI-Decision Making Index) αφού, η μη πρόσληψη υγρών είχε ως αποτέλεσμα την κακή εκτίμηση των παικτών με το πέρασμα της ώρας όσον αφορά την πάσα. Τα αποτελέσματα της ίδιας έρευνας έδειξαν ότι η πρόσληψη νερού και η ενυδάτωση του οργανισμού ήταν αποτελεσματική στρατηγική ως προς την διατήρηση της διαύγειας για την λήψη αποφάσεων στις μεταβιβάσεις της μπάλας. Επιπρόσθετα, σε μελέτη του Ganio και συν. 2011, έχει φανεί ότι η αφυδάτωση που προκλήθηκε κατά τη διάρκεια άσκησης, μείωσε την ικανότητα της μνήμης σε νεαρούς άντρες (μη-αθλητές). Τα δεδομένα αυτά θα μπορούσαν να συνδεθούν με το γεγονός ότι, η αφυδάτωση μπορεί να προκαλέσει ανακατανομή του αίματος εξαιτίας της αυξημένης θερμοκρασίας του σώματος και κατά συνέπεια η αιματική ροή στον εγκέφαλο να μειώνεται (Zychowska et al. 2017). Επίσης, η έλλειψη νερού μπορεί να επιδεινώσει την συγκέντρωση προσοχής και την οπτικο-κινητική αντίχνευση και πιο συγκεκριμένα, όταν αυτή η έλλειψη προκληθεί εξαιτίας της άσκησης μπορεί να

προκαλέσει μεταβολές στην εγκεφαλική περιοχή και στην εγκεφαλική λειτουργία (Krecar et al. 2014).

Από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μελετών προκύπτει ότι η αφυδάτωση αποτελεί μια σημαντική αιτία μείωσης της απόδοσης αφού, προκαλεί ποικίλες φυσιολογικές μεταβολές στον οργανισμό -εγκεφαλικές, αιμοδυναμικές, καρδιαγγειακές- ιδιαίτερα δε όταν η άσκηση εκτελείται σε θερμό περιβάλλον όπου η διαδικασία της ψύξης του δέρματος και της εξάτμισης του ιδρώτα δυσχεραίνονται σημαντικά. Τα αποτελέσματα των ερευνών συγκλείουν στο ότι η αφυδάτωση, ακόμα και ήπιου βαθμού, επηρεάζει αθλήματα όπου επιβαρύνεται κυρίως ο αερόβιος μεταβολισμός όπως επίσης επηρεάζει την νοητική απόδοση και την ψυχολογία των ασκούμενων. Γενικά, η απώλεια  $\geq 2\%$  της ΣΜ έχει καθοριστεί ως το «κατώφλι» όπου η αερόβια ικανότητα και η αντοχή αρχίζουν να σημειώνουν κάθοδο (Sawka and Noakes, 2007, Sawka et al. 2007, Cheuvront and Kenefick, 2014, Sawka, 1992). Τα αναερόβια αθλήματα ορισμένες έρευνες δείχνουν ότι επηρεάζονται από την αφυδάτωση, ωστόσο άλλοι ερευνητές δεν βρίσκουν κάποια μείωση ενώ, τα αθλήματα δύναμης φαίνεται σε αρκετές μελέτες ότι ακόμα και με σχετικά υψηλό ποσοστό απώλειας (7% της ΣΜ) δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα (Maughan and Shirreffs, 2010). Ωστόσο, καμία έρευνα δεν έδειξε κάποια θετική επίδραση της αφυδάτωσης στην απόδοση (Maughan and Shirreffs, 2010). Όσον αφορά τους αθλητές, φαίνεται σε πολλές περιπτώσεις ότι ξεκινούν την προπόνηση ή τον αγώνα όντας αφυδατωμένοι, κάτι που υποδηλώνει την ανάγκη για εύρεση εξατομικευμένων τεχνικών ενυδάτωσης και πλάνων που να ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά της άσκησης και τις ανάγκες του κάθε αθλητή ξεχωριστά.

#### **4.7. Αθλήματα κατηγοριών σύμφωνα με τη σωματική μάζα**

Μια ιδιαίτερη περίπτωση αθλημάτων αποτελούν τα μαχητικά αθλήματα (μποξ, πάλη κλπ.) των οποίων οι αθλητές αγωνίζονται σε κατηγορίες που διαμορφώνονται βάσει των κιλών των αθλητών. Ο σκοπός αυτής της κατηγοριοποίησης είναι να δημιουργεί «συνθήκες» όπου οι αθλητές θα ανταγωνίζονται αθλητές παρόμοιας μάζας και αναστήματος και ο αγώνας να είναι με αυτό τον τρόπο δίκαιος για κάθε

αθλητή (Langan-Evans et al. 2011). Αποτελεί συχνό φαινόμενο λοιπόν ως αποτέλεσμα αυτού του χαρακτηριστικού των μαχητικών αθλημάτων, οι αθλητές να επιδιώκουν να αγωνιστούν σε κατηγορία βάρους όσον το δυνατόν χαμηλότερη από αυτήν που τους αντιστοιχεί «κανονικά», με την πεποίθηση ότι έτσι κερδίζουν αγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι του αντιπάλου (Langan-Evans et al. 2011). Ως εκ τούτου, πολλοί αθλητές για να επιτύχουν το επιθυμητό βάρος για μια συγκεκριμένη κατηγορία συνδυάζουν μεθόδους αυστηρού περιορισμού της ενεργειακής τους πρόσληψης και αφυδάτωσης (Filaire et al. 2001, Fleming and Costarelli, 2007, Kinningham and Gorenflo, 2001, Morton et al. 2010). Η αφυδάτωση ή αλλιώς το «στεγνώμα» όπως συχνά αναφέρεται, επιδιώκεται κυρίως τις τελευταίες μέρες που πλησιάζει ο αγώνας (Langan-Evans et al. 2011). Στις πιο κάτω παραγράφους αναφέρεται αναλυτικά μια ιδιόμορφη στρατηγική απώλειας σωματικής μάζας και παράλληλα ενυδάτωσης των αθλητών, μέσω της αποβολής νερού από το σώμα.

#### **4.8. Μέθοδος «Water Loading»**

Μία στρατηγική απώλειας σωματικής μάζας που χρησιμοποιείται κυρίως στα μαχητικά αθλήματα, είναι η μέθοδος «*Water Loading*». Η μέθοδος αυτή, όπως εν συντομία αναφέρθηκε πιο πάνω, εξυπηρετεί στην απώλεια βάρους που επιδιώκουν οι αθλητές των αγωνισμάτων αυτών, ώστε να μπορούν να αγωνίζονται σε κατηγορίες χαμηλότερης σωματικής μάζας από αυτό που ζυγίζουν κανονικά και έτσι να ευνοηθούν από τη συνθήκη αυτή (Reale et al. 2016). Η απώλεια βάρους επιτυγχάνεται μέσω της αυξημένης διούρησης που προκαλείται από την εξής διαδικασία: η τεχνική αυτή προϋποθέτει την κατανάλωση πολύ μεγάλης ποσότητας νερού (7-10L/d) για μερικές ημέρες και έπειτα τον περιορισμό της πρόσληψης νερού σε πολύ μικρότερες ποσότητες με αποτέλεσμα οι νεφρικές ορμόνες και η έκκριση ούρων να επηρεάζονται με τέτοιο τρόπο που να αυξάνεται η απώλεια νερού από το σώμα (Reale et al. 2016).

##### *4.8.1. Μεθοδολογία*

Η συγκεκριμένη μελέτη του Reale και συν. 2017 είναι η πρώτη που ερεύνησε τη μέθοδο «water loading» και η πειραματική διαδικασία που διεξήχθη, ήταν η εξής:



το δείγμα αποτελείτο από 21 άντρες αθλητές jiu-jitsu, judo και πάλης με τουλάχιστον 4 χρόνια αγωνιστικής εμπειρίας οι οποίοι προπονούνταν τη δεδομένη περίοδο  $\geq 8$  ώρες/εβδομάδα. Το δείγμα χωρίστηκε σε ομάδα ελέγχου και πειραματική ομάδα και η πειραματική διαδικασία κράτησε για 8 ημέρες που διαχωρίστηκαν ως εξής: 2 ημέρες πριν την παρέμβαση (day -1, 0), 6 ημέρες παρέμβασης (day 1-6) και μία μέρα μετα-πειραματικά (day 6). Την ημέρα N<sup>ο</sup>-1, μετρήθηκε η σωματική σύσταση από εκπαιδευμένο άτομο με τη χρήση DEXA (iDEXA GE Healthcare, Madison, WI), σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Australian Institute of Sport (Nana et al. 2016). Πραγματοποιήθηκαν επίσης οι εξής σωματικές μετρήσεις: μέγιστη ισομετρική δύναμη, δύναμη κάτω άκρων και η ικανότητα για επαναλαμβανόμενα σπριντ (RSA). Οι δοκιμαζόμενοι την ημέρα -1 εκτέλεσαν τις δοκιμασίες υπό μορφή εξοικείωσης, ενώ οι ίδιες δοκιμασίες εκτελέστηκαν κανονικά την ημέρα 0 και την 6<sup>η</sup> ημέρα. Οι δοκιμασίες διεξάγονταν την ίδια ώρα από τους ίδιους ερευνητές, έπειτα από τη συλλογή αίματος (πρωί) και συγκεκριμένο πρόγευμα. Το πρωτόκολλο των δοκιμασιών περιλάμβανε προθέρμανση με 10 λεπτά αερόβιας άσκησης (jogging σε αυτοκαθοριζόμενο ρυθμό), δυναμικές διατάσεις, καθίσματα με το βάρος του σώματος, push-ups, άλματα και 5 λεπτά δραστηριότητας της επιλογής των δοκιμαζόμενων. Ακολούθως, εκτελούνταν 3 μέγιστες προσπάθειες άλματος countermovement (CMJ), ισομετρικής έλξης μηρών (isometric mid-thigh pull) και ισομετρικής πίεσης πάγκου σε δυναμο-πλατφόρμες. Οι οδηγίες για την εφαρμογή της μέγιστης δύναμης δίνονταν πριν την έναρξη των δοκιμασιών και όχι κατά τη διάρκεια και το πρωτόκολλο δοκιμασιών ολοκληρώθηκε σύμφωνα με την μεθοδολογία της Halperin και συν. 2016. Έπειτα, μετά από ζέσταμα στο κυκλοεργόμετρο (Wattbike Ltd, Nottingham, UK) ακολουθούσε το RSA τεστ.

Όσον αφορά τη διατροφή των δοκιμαζόμενων αυτή ήταν προκαθορισμένη, παρέχοντας ενέργεια ίση με  $125 \text{ KJ/kg FFM}^{-1}$  ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές μεταβολικές ανάγκες στην ηρεμία και επίσης κάποια επιπρόσθετη ενέργεια για την ασκησιογενή θερμογένεση που υπολογίστηκε με βάση την ΣΜ και τη διάρκεια της άσκησης (Montoye, 2000). Συνεπώς, υπήρχε ένας ήπιος ενεργειακός περιορισμός

περίπου 14-18 KJ/kg FFM<sup>-1</sup> διατηρώντας τη διαθέσιμη ενέργεια σε μέτρια επίπεδα (Loucks, 2004) και πιο συγκεκριμένα, πρωτεΐνες 2,2-2,5 g/kg FFM<sup>-1</sup>, υδατάνθρακες 5-6 g/kg BM<sup>-1</sup> και λίπη 1-2 g/kg BM<sup>-1</sup> ενώ παράλληλα η σύσταση νατρίου ήταν ~300mg/Mj<sup>-1</sup> και των φυτικών ινών 10-13g. Τα κυρίως γεύματα καταναλώνονταν παρουσία των ερευνητών και οι δοκιμαζόμενοι επιβεβαίωναν ότι όλα τα ενδιάμεσα γεύματα λαμβάνονταν σύμφωνα με τις υποδείξεις του πρωτοκόλλου. Και οι δύο ομάδες (ελέγχου και πειραματική) εφάρμοζαν την ίδια διατροφή.

Τις ημέρες 1-3 της παρέμβασης η πρόσληψη νερού (βρύσης), ήταν 100ml/kg<sup>-1</sup> BM για την πειραματική ομάδα και 40ml/kg<sup>-1</sup> BM για την ομάδα ελέγχου. Την 4<sup>η</sup> ημέρα και οι δύο ομάδες μείωσαν την πρόσληψη νερού σε 15ml/kg<sup>-1</sup> BM και την 5<sup>η</sup> ημέρα μέχρι το πρωί δεν επιτρεπόταν καθόλου η κατανάλωση νερού ή άλλων υγρών μέχρι να διεξαχθούν οι πρωινές δειγματοληψίες. Έπειτα από εκείνο το σημείο, και οι δύο ομάδες ακολούθησαν το ίδιο πρωτόκολλο ενυδάτωσης προσλαμβάνοντας 30ml/kg<sup>-1</sup> BM νερού + 150% της απώλειας ΣΜ που προέκυψε από την απότομη μείωση του νερού τις ημέρες της παρέμβασης. Για την επίτευξη πρόσληψης της «ποσότητας-στόχου» τις ημέρες παρέμβασης ο όγκος του νερού ήταν κατανεμημένος ανά ώρα και προς κατανάλωση τις πρωινές ώρες της ημέρας. Στον **Πίνακα 1.2** φαίνεται η στρατηγική ενυδάτωσης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου. Το προπονητικό πλάνο προσομοίαζε με αυτό της αγωνιστικής προετοιμασίας των αθλητών μαχητικών αθλημάτων και συμπεριλάμβανε δύο προπονητικές μονάδες ανά ημέρα κατά τις ημέρες 1-3, μία προπόνηση την 4<sup>η</sup> ημέρα και καμία προπόνηση την 5<sup>η</sup> ημέρα. Οι προπονήσεις ήταν ίδιες για όλους τους δοκιμαζόμενους.

Ημέρα Πειράματος	-1	0	1	2	3	4	5	6
<b>Ποσότητα νερού Πειραματική Ομάδα</b>	Ελεύθερη	Ελεύθερη	100ml/kg <sup>-1</sup>	100ml/kg <sup>-1</sup>	100ml/kg <sup>-1</sup>	15ml/kg <sup>-1</sup>	Καθόλου πρόσληψη μέχρι την πρωινή δειγματοληψία. Έπειτα, 30ml/kg <sup>-1</sup> + 150% της απώλειας Σ.Μ. που προέκυψε κατά το διάστημα περιορισμού του νερού.	Ποσότητες προπαρέμβασης
<b>Ποσότητα νερού Ομάδα Ελέγχου</b>	Ελεύθερη	Ελεύθερη	40ml/kg <sup>-1</sup>	40ml/kg <sup>-1</sup>	40ml/kg <sup>-1</sup>	15ml/kg <sup>-1</sup>	Ότι ισχύει στην πειραμ. ομάδα.	Ποσότητες προπαρέμβασης

**Πίνακας 1.2.** Σχεδιασμός πρόσληψης νερού κατά τις 8 ημέρες της πειραματικής διαδικασίας. (Προσαρμοσμένο από Reale et al. 2017).

#### 4.8.2. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, η μέθοδος *water loading* φαίνεται να είναι μια ασφαλής μέθοδος για την απώλεια υγρών και σωματικής μάζας στα μαχητικά αθλήματα, όταν συνοδεύεται από τον δραστικό περιορισμό της πρόσληψης υγρών για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Στην έρευνα αναφέρεται ότι η αποτελεσματικότητα της μεθόδου πιθανόν οφείλεται στη δράση της αντιδιουρητικής ορμόνης, ενώ παράλληλα φαίνεται να είναι μια ασφαλής διαδικασία/στρατηγική, αφού οι αιματολογικές αναλύσεις δεν έδειξαν κάποια επιπλοκή όπως επίσης δεν προέκυψε σωματική εξασθένηση ύστερα από την διαδικασία ενυδάτωσης. Βρέθηκε ότι η πρόσληψη μεγάλης ποσότητας νερού ( $100\text{ml/kg/d}^{-1}$  ή  $7-8\text{L/d}$ ) για 3 ημέρες και ακολούθως ο δραματικός περιορισμός σε  $15\text{ml/kg/d}^{-1}$  την 4<sup>η</sup> ημέρα και καθόλου πρόσληψη μέχρι το πρωί της 5<sup>ης</sup> ημέρας, σχετίστηκε με αυξημένη παραγωγή ούρων τόσο κατά τη διάρκεια των 3 ημερών «φόρτισης» νερού (ημέρα 1-3) όσο και το ακόλουθο διάστημα του περιορισμού του νερού (ημέρα 4-5). Ο συνδυασμός της ήπιας μείωσης στη θερμιδική πρόσληψη για 5 ημέρες και ο περιορισμός πρόσληψη υγρών είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ΣΜ  $3,2\%$  στην πειραματική και  $2,4\%$  στην ομάδα ελέγχου. Το φαινόμενο της διούρησης που συνεχίστηκε στο διάστημα της μείωσης του νερού, οδήγησε σε ακόμα μεγαλύτερες απώλειες νερού σε σχέση με τις προηγούμενες μέρες. Η στρατηγική αυτή σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μελέτη, φαίνεται να είναι μια ασφαλής μέθοδος υδάτωσης για την μείωση της σωματικής μάζας των αθλητών παρόλο το ρίσκο που ενυπάρχει για υπονατριαιμία εξαιτίας της σοβαρής μείωσης νατρίου στο αίμα εάν δεν κατανεμηθεί σωστά η ποσότητα νερού που θα καταναλώνεται κάθε μέρα (Garigan and Ristedt, 1999, Adrogué and Madias, 2000). Στην συγκεκριμένη παρέμβαση ωστόσο, φαίνεται ότι η κατανομή της ποσότητας νερού που καταναλώθηκε έγινε με τέτοιο τρόπο που προκλήθηκαν νεφρικές προσαρμογές στον οργανισμό και έτσι δεν υπήρχε το ρίσκο για εκδήλωση υπονατριαιμίας κάνοντας τη μέθοδο ασφαλή. Οι ερευνητές προτείνουν ότι «η αυξημένη πρόσληψη υγρών δημιουργεί μια μικρή αλλά πιθανόν σημαντική μείωση στη συγκέντρωση νατρίου στο αίμα η οποία καταστέλλει την έκκριση ADH και μειώνεται ο ρυθμός εμφάνισης των AQP2 καναλιών στους νεφρούς». Όταν αυτή

«φόρτιση» νερού γίνεται αμέσως πριν τον περιορισμό του, τότε υπάρχει ένα συνεχές αυξημένης απώλειας νερού που οδηγεί σε αυξημένη απώλεια βάρους συγκριτικά με τη μέθοδο αποκλειστικού περιορισμού κατανάλωσης νερού (Reale et al. 2016).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1. Γενικά

Το νερό αποτελεί το σημαντικότερο και πιο ζωτικό στοιχείο για την επιβίωση του ανθρώπινου οργανισμού. Το 60% περίπου του ανθρώπινου σώματος (60% στους άνδρες και 50-55% στις γυναίκες) αποτελείται από νερό. Είναι καταγεγραμμένο ότι ο άνθρωπος μπορεί να επιβιώσει μέχρι και 70 ημέρες χωρίς τροφή όμως δεν μπορεί να ζήσει παρά ελάχιστες ημέρες χωρίς νερό. Το μεγαλύτερο ποσοστό νερού στο ανθρώπινο σώμα βρίσκεται στο αίμα, στα διάφορα ζωτικά όργανα, στους μυς και στο δέρμα. Αντίθετα, ο λιπώδης και οστίτης ιστός είναι πολύ φτωχότεροι σε περιεκτικότητα νερού. Το μεγαλύτερο ποσοστό 70-80%, εξασφαλίζεται από την πρόσληψη νερού και άλλων ροφημάτων ενώ το υπόλοιπο 20-30% προέρχεται από την τροφή. Μια μικρή ποσότητα νερού παράγεται από τον οργανισμό από τις μεταβολικές διεργασίες. Η απορρόφηση του νερού πραγματοποιείται κυρίως στα πρώιμα τμήματα του λεπτού εντέρου. Οι κύριες οδοί απώλειας νερού από τον οργανισμό είναι η νεφρική οδός, δηλαδή μέσω των ούρων, η γαστρεντερική (κόπρανα), η αναπνευστική οδός και τέλος μέσω της εφίδρωσης. Καθώς η ούρηση αποτελεί την κύρια οδό απώλειας νερού, αυτό καθιστά τους νεφρούς ως τον κύριο μηχανισμό και ρυθμιστή του νερού στο ανθρώπινο σώμα. Η λειτουργία τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αντιδιουρητική ορμόνη (AVP ή ADH). Κανονικά, το μεγαλύτερο ποσοστό νερού σε υγιείς ενήλικες που δεν ασκούνται, αποβάλλεται με την ούρηση, ωστόσο ανάλογα με την συχνότητα που γυμνάζεται κάθε άνθρωπος ο ιδρώτας μπορεί να αποτελέσει επίσης σημαντική πηγή απώλειας νερού. Η ποσότητα του ιδρώτα εξαρτάται από γενετικούς παράγοντες, την ενδυμασία του

ασκούμενου, την ένταση της άσκησης, τον εγκλιματισμό και την προπονητική κατάσταση, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, την υγρασία και την ταχύτητα του ανέμου.

Δύο είναι οι κύριες καταστάσεις που μπορεί να προκληθούν από αντικανονική πρόσληψη νερού. Η αφυδάτωση αποτελεί μια σύνθετη συνθήκη που οδηγεί στην μείωση του συνολικού όγκου νερού του σώματος, που μπορεί να προκαλείται κυρίως είτε από έλλειμμα νερού είτε από συνδυασμό ελλείμματος νερού και άλατος. Τα συμπτώματα της αφυδάτωσης σε ενήλικες, αυτά μπορεί να είναι υπερβολική δίψα, μειωμένη συχνότητα ενούρησης, σκουρόχρωμα ούρα, κόπωση, ζάλη και σύγχυση. Ωστόσο, το αίσθημα της δίψας δεν αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της ανάγκης του οργανισμού για πρόσληψη νερού καθώς πολλοί άνθρωποι και ιδιαίτερα οι ηλικιωμένοι νιώθουν δίψα ενώ έχουν ήδη αφυδατωθεί. Η αφυδάτωση μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές επιπλοκές στην υγεία και σε πολύ σοβαρές περιπτώσεις να απειλήσει ακόμα και τη ζωή του. Από την άλλη, η υπονατρίαμια προκαλείται από υπερβολική πρόσληψη νερού που οδηγεί σε υπερ-υδάτωση και χαρακτηρίζεται από συγκέντρωση νατρίου  $<135\text{mmol/L}$ . Είναι μια κατάσταση κατά την οποία οι νεφροί αδυνατούν να αποβάλουν το επιπλέον νερό από τον οργανισμό και έτσι διαταράσσεται η ομοιόστασή του. Εκδηλώνεται όταν υπάρχει παρατεταμένη διέγερση και έκκριση της ADH. Τα συμπτώματα σε αυτή την περίπτωση είναι λιγότερο συγκεκριμένα και μπορεί να περιλαμβάνουν: πονοκέφαλο, ναυτία, κόπωση, σύγχυση, αποπροσανατολισμό, αφασία, απώλεια συντονισμού και μυϊκή αδυναμία. Ένα σοβαρό επεισόδιο υπονατρίαμιας μπορεί να είναι μια εξίσου επικίνδυνη για τον άνθρωπο κατάσταση όπως αυτή της αφυδάτωσης και να απειλήσει ακόμα και τη ζωή. Αναφορικά με την εκτίμηση του υδατικού προφίλ, οι κυριότερες μέθοδοι είναι οι εξής: μεταβολές της σωματικής μάζας, το χρώμα των πρώτων πρωινών ούρων (8-σκελή χρωματική κλίμακα) και το αίσθημα της δίψας.

Η συμβολή του νερού στην ομαλή λειτουργία του του ανθρώπινου σώματος είναι απαραίτητη. Τα διάφορα οργανικά συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού (καρδιαγγειακό, αναπνευστικό, γαστρεντερικό, αναπαραγωγικό, νευρικό,

ουροποιητικό) και η αποτελεσματική λειτουργία τους εξαρτώνται από την επαρκή πρόσληψη νερού. Η ανεπαρκής πρόσληψη νερού μπορεί να προκαλέσει διαταραχές στη διάθεση και τη νοητική λειτουργία, ενώ έχει συσχετιστεί με αυξημένα επεισόδια πονοκεφάλων και ημικρανίας καθώς επίσης και με διαταραχές στις καρδιαγγειακές ρυθμίσεις, τη νεφρική λειτουργία και με γαστρεντερικές δυσλειτουργίες. Γενικά, η σωστή ενυδάτωση του οργανισμού φαίνεται ότι προστατεύει και μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης διάφορων χρόνιων παθήσεων. Σε ότι αφορά τις συστάσεις καθημερινής πρόσληψης νερού για υγιείς ενήλικες, προτείνεται κατανάλωση 2,5-3,5L νερού την ημέρα, έχοντας ως δεδομένα το εύκρατο κλίμα και την εκτέλεση ήπιας-μέτριας φυσικής δραστηριότητας. Παραδείγματα επαρκούς υδάτωσης αποτελούν: το χρώμα των ούρων να αντιστοιχεί στο 3 στην 8-σκελή χρωματική κλίμακα και 5-7 κενώσεις ούρων την ημέρα. Ειδικά οι δύο αυτές ενδείξεις αποτελούν πολύ εύκολους τρόπους που το άτομο μπορεί να αυτο-αξιολογεί σε καθημερινή βάση το προφίλ ενυδάτωσής του.

## **5.2. Νερό και Αθλητική Απόδοση**

Απώλεια νερού που είναι ίση ή μεγαλύτερη από 2% του συνολικού βάρους του ατόμου, έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα επιβλαβής για την επίδοση σε αθλητικές δραστηριότητες τόσο σωματικά όσο και νοητικά ιδιαίτερα σε θερμό περιβάλλον. Ωστόσο οι συνέπειες αυτές είναι δυνατό να προκληθούν ακόμα και με ~1% απώλεια της σωματικής μάζας. Απώλειες ίσες ή μεγαλύτερες από 1,4% της σωματικής μάζας επηρεάζουν αρνητικά την ψυχολογία και διάθεση, μειώνουν τη δύναμη και το σθένος, αυξάνουν την σύγχυση και προκαλούν κόπωση. Η αφυδάτωση επηρεάζει επίσης την αντιλαμβανόμενη κόπωση, το αίσθημα του πόνου και το αίσθημα της δίψας. Όταν δε η αφυδάτωση εκδηλώνεται κάτω από θερμό κλίμα, τότε η αθλητική απόδοση μειώνεται σημαντικά, ενώ η υπερθερμία που μπορεί να επέλθει από τον συνδυασμό των δύο αυτών συνθηκών προκαλεί τις μεγαλύτερες αιμοδυναμικές αλλαγές στον οργανισμό με σημείο κλειδί τη μείωση της μέγιστης καρδιακής παροχής. Τα αθλήματα και οι δραστηριότητες που ενεργοποιούν και επιβαρύνουν κυρίως τον αερόβιο μεταβολισμό των αθλητών

(αθλήματα αντοχής), είναι αυτά που επηρεάζονται αρνητικά σε μεγαλύτερο βαθμό όταν ο οργανισμός βρίσκεται σε κατάσταση αφυδάτωσης  $\geq 2\%$ . Από την άλλη, δεξιότητες δύναμης και ισχύος που κινητοποιούν κυρίως τον αναερόβιο μεταβολισμό, επηρεάζονται σε μικρότερο βαθμό. Όσον αφορά τη γνωστική/νοητική λειτουργία, φαίνεται ότι για να επηρεαστεί αρνητικά, η αφυδάτωση πρέπει να ξεπερνά το 2% της σωματικής μάζας. Οι παράγοντες που αυξάνουν το ρίσκο εμφάνισης αφυδάτωσης ( $>2\%$  ΣΜ) κατά την άσκηση είναι οι συχνές προσπάθειες υψηλής έντασης, θερμό και/ή υγρό κλίμα και η περιορισμένη διαθεσιμότητα υγρών. Πέραν από την επίδραση στην απόδοση, όταν η αφυδάτωση συμβαίνει σε υπερβολικό βαθμό, αυτή μπορεί να προκαλέσει εξαιρετικά σοβαρά προβλήματα στην υγεία του αθλητή καθώς αυξάνονται οι πιθανότητες θερμοπληξίας και εξάντλησης. Επιπρόσθετα, η αφυδάτωση μπορεί να προκαλέσει ανακατανομή του αίματος εξαιτίας της αυξημένης θερμοκρασίας του σώματος με αποτέλεσμα τη μείωση της αιματικής ροής στον εγκέφαλο. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν ότι η αφυδάτωση αποτελεί μια σημαντική αιτία μείωσης της απόδοσης προκαλώντας ποικίλες φυσιολογικές μεταβολές στον οργανισμό -εγκεφαλικές, αιμοδυναμικές, καρδιαγγειακές- ιδιαίτερα δε όταν η άσκηση εκτελείται σε θερμό περιβάλλον όπου η διαδικασία της ψύξης του δέρματος και της εξάτμισης του ιδρώτα δυσχεραίνονται σημαντικά.

Αναφορικά με τους αθλητές φαίνεται ότι αρκετά συχνά ξεκινούν την προπόνηση ή τον αγώνα όντας αφυδατωμένοι, κάτι που υποδηλώνει την ανάγκη για εύρεση εξατομικευμένων τεχνικών ενυδάτωσης και πλάνων που να ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά της άσκησης και τις ανάγκες του κάθε αθλητή ξεχωριστά. Ο ένας τρόπος διατήρησης της ενυδάτωσης του οργανισμού είναι με την πρόσληψη *ad libitum*, το «ένστικτο» δηλαδή της δίψας του κάθε ατόμου, που του επιτρέπει να πίνει νερό όποτε αυτό θέλει και όση ποσότητα νιώθει το άτομο ότι χρειάζεται. Ο δεύτερος τρόπος είναι η πρόσληψη νερού βάση ενός προγραμματισμού της ποσότητας νερού που το άτομο θα καταναλώσει μέσα στη μέρα. Ο δεύτερος τρόπος βασίζεται στις ατομικές διαφορές ανάμεσα στους αθλητές καθώς ο ρυθμός εφίδρωσης και η περιεκτικότητα του ιδρώτα σε ηλεκτρολύτες διαφέρουν από αθλητή σε αθλητή, κάτι που δημιουργεί την ανάγκη για εφαρμογή διαφορετικής



στρατηγικής ενυδάτωσης για τον κάθε ένα. Έτσι, κύριος στόχος της μεθόδου αυτής είναι η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ πρόσληψης-απώλειας νερού, καταναλώνοντας περίπου τόση ποσότητα όση χάνεται ιδίως μέσω του ιδρώτα. Η μέθοδος “Water Loading” αποτελεί ένα παράδειγμα της προγραμματισμένης πρόσληψης νερού. Χρησιμοποιείται κυρίως από τους αθλητές μαχητικών αθλημάτων και εξυπηρετεί τόσο στην ενυδάτωσή τους όσο και στην απώλεια βάρους. Η απώλεια βάρους επιτυγχάνεται μέσω της αυξημένης διούρησης που προκαλείται από την εξής διαδικασία: κατανάλωση μεγάλης ποσότητας νερού (7-10L/d) για μερικές ημέρες και έπειτα περιορισμός της πρόσληψης νερού σε πολύ μικρότερες ποσότητες με αποτέλεσμα οι νεφρικές ορμόνες και η έκκριση ούρων να επηρεάζονται με τέτοιο τρόπο που να αυξάνεται η απώλεια νερού από το σώμα. Πρέπει να τονιστεί ότι η κατανομή της «ποσότητας-στόχου» νερού προς κατανάλωση πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι νεφρικές προσαρμογές που θα προκληθούν στον οργανισμό να μην ελλοχεύουν τον κίνδυνο για εκδήλωση υπονατρίαμίας και η μέθοδος να είναι ασφαλής για τους αθλητές που θα την εφαρμόσουν.

### **5.3. Στρατηγικές, Συμβουλές και Πρακτικές Ενυδάτωσης**

Είναι πολύ σημαντικό οι αθλητές να γνωρίζουν το προφίλ υδάτωσής τους πριν την έναρξη της άσκησης ώστε, να καθορίσουν εξατομικευμένα τις ανάγκες τους για υγρά, ηλεκτρολύτες και υποστρώματα κατά τη διάρκεια της άσκησης και ακολούθως τις ποσότητες που χρειάζεται ο οργανισμός μετά την άσκηση για να αναπληρωθούν οι απώλειες (Maughan and Shirreffs, 2010). Θα πρέπει λοιπόν οι αθλητές να λάβουν υπόψιν, το είδος του ροφήματος, τη χρονική στιγμή και την ποσότητα που θα καταναλώσουν. Για παράδειγμα, σε αθλήματα που η προσπάθεια διαρκεί για μερικά λεπτά, η πρόσληψη υγρών δεν είναι ούτε απαραίτητη αλλά ούτε και πρακτικά εφικτή, εντούτοις ο αθλητής οφείλει να γνωρίζει πριν ξεκινήσει εάν είναι επαρκώς ενυδατωμένος και να αναγνωρίζει επίσης εάν χρειάζεται περισσότερα υγρά στη διάρκεια της προπόνησής του (Maughan and Shirreffs, 2010). Υπάρχουν διάφορες απόψεις στη βιβλιογραφία γύρω από αυτό το ζήτημα. Στην μελέτη του Pitts και συν. 1944, αναφέρεται ότι, ενώ η ενυδάτωση του

οργανισμού έχει πραγματικό όφελος για τη διατήρηση της θερμικής ισορροπίας του σώματος κατά τη διάρκεια παραγωγής έργου, ο άνθρωπος ποτέ δεν αναπληρώνει εκούσια (δηλαδή με πρόσληψη υγρών) το νερό που αποβάλλει με τον ιδρώτα παρά μόνο αναπληρώνει περίπου τα 2/3 των απωλειών. Από την άλλη ο Noakes, 2007, αναφέρει ότι η μοναδική συμβουλή που πρέπει να δίνεται στους αθλητές είναι να καταναλώνουν νερό σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας τους (*ad libitum*), ωστόσο η σύσταση αυτή αντικρούεται με έρευνες όπως αυτή του Dawson και συν. 1985, στην οποία φαίνεται ότι στην διάρκεια μιας προπόνησης αντισφαίρισης σε αγωνιστικές συνθήκες, με την πρακτική *ad libitum* αναπληρώθηκε μόνο το 27% του συνολικού όγκου νερού που απεκκρίθηκε. Πιθανόν λοιπόν, η συμβουλή για «ενστικτώδη» (*intuitive/ad libitum*) πρόσληψη νερού να μην είναι η καταλληλότερη αφού σε πολλές αθλητικές περιστάσεις παρατηρούνται ανορθόδοξες συμπεριφορές στην συχνότητα, την ποσότητα και το είδος των υγρών που καταναλώνονται. Σύμφωνα με τις συστάσεις της ACSM, κατά τη διάρκεια άσκησης η ποσότητα υγρών που προσλαμβάνεται πρέπει να είναι επαρκής ώστε να εμποδίζει την μείωση του σωματικής μάζας πάνω από 2% αλλά παράλληλα να μην αυξάνει τη σωματική μάζα του ασκούμενου στη διάρκεια της αθλητικής προσπάθειας (Sawka et al. 2007). Στον **Πίνακα 1.3** συνοψίζονται χρήσιμες στρατηγικές και πρακτικές για την δόμηση ενός κατάλληλου πλάνου ενυδάτωσης για τον κάθε αθλητή.

**Πίνακας 1.3.** Στρατηγικές για μείωση της αφυδάτωσης σε αθλητές στίβου (Προσαρμοσμένο από Casa et al. 2019).

W=μειωμένη Σ.Μ., U=σκουρόχρωμα ούρα, T=αίσθημα δίψας

Στρατηγική	Πληροφορίες
WUT	Σ.Μ. (kg) το πρωί, χρώμα ούρων και αίσθημα δίψας ως δείκτες καθημερινής επάρκειας πρόσληψης νερού και ηλεκτρολυτών.
Ενσωμάτωσε ηλεκτρολύτες	Μπορείς να ενυδατωθείς από τα γεύματά σου προσλαμβάνοντας τροφές με περισσότερο νάτριο και κάλιο.
Εξατομίκευσε τις ανάγκες για ενυδάτωση	Μπορείς να εκτιμήσεις την ποσότητα ιδρώτα από τις αλλαγές της Σ.Μ. πριν και μετά την άσκηση.
Προσάρμοσε την προπόνησή σου στις δικές σου αγωνιστικές συνθήκες	Ενσωμάτωσε μια στρατηγική ενυδάτωσης στην προπόνησή σου που θα προσομοιάζει την στρατηγική που θα χρησιμοποιήσεις στον αγώνα.
Ρύθμισε τη θερμότητα	Προπονήσου τις δροσερές ώρες τις ημέρας (εκτός εάν επιδιώκονται προσαρμογές σε θερμό κλίμα), όταν η ζέστη είναι υπερβολική μετέφερε την προπόνηση σε κλιματιζόμενο εσωτερικό χώρο εάν υπάρχει η δυνατότητα και χρησιμοποίησε μεθόδους «ψύξης» όπως κρύες πετσέτες, κρύα ντους κ.α.

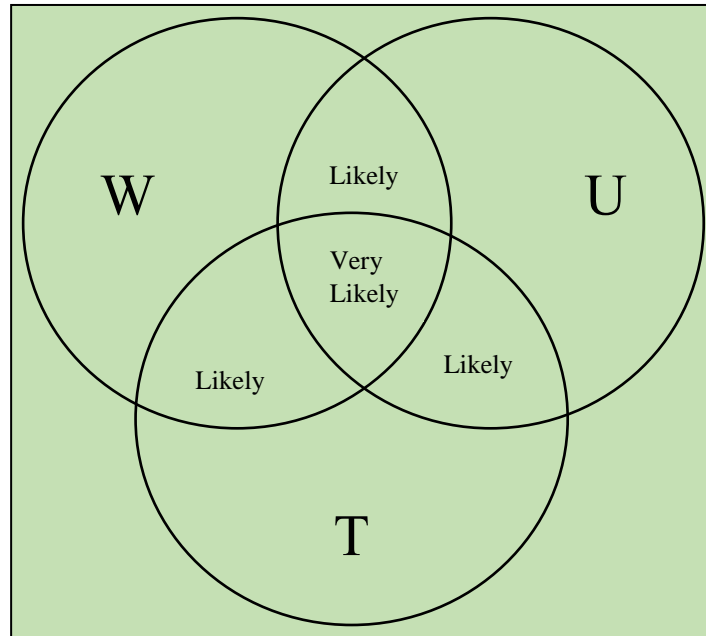
Καλό θα ήταν, οι αθλητές να ενθαρρύνονται ώστε να ζυγίζονται πριν και μετά τις προπονήσεις διαφορετικής έντασης, διάρκειας και κλιματολογικών συνθηκών, έτσι ώστε να αποκτήσουν την εμπειρία που χρειάζονται για να υπολογίζουν τον ρυθμό εφίδρωσής τους κάτω από διαφορετικές συνθήκες (Maughan and Shirreffs, 2010, Maughan and Shirreffs, 2008). Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα σκέλη της εργασίας, η σωματική μάζα του αθλητή δεν είναι επιθυμητό να μειώνεται περισσότερο από 1-2% του συνολικού και εάν αυτό παρατηρείται, αυτό αποτελεί ένδειξη ελλιπούς υδάτωσης και υπόδειξη για πρόσληψη μεγαλύτερης ποσότητας νερού ιδιαίτερα όταν η άσκηση γίνεται σε θερμό κλίμα. Επιπλέον, ο αθλητής/ασκούμενος δεν συστήνεται να πίνει τόσο νερό που να αυξάνεται η σωματική του μάζα, με εξαίρεση την περίπτωση που αυτός ξεκινήσει την προσπάθεια όντας ήδη αφυδατωμένος, ενώ μια άλλη ένδειξη αφυδάτωσης είναι ο αθλητής να παρατηρεί αραίωση στη συχνότητα της ούρησης από ότι συνήθως (Maughan and Shirreffs, 2010, Maughan and Shirreffs, 2008). Σε περίπτωση που η

ποσότητα ούρων που εκκρίνει είναι μικρή και το χρώμα πιο σκούρο από το κανονικό, ο αθλητής οφείλει να αυξήσει την ημερήσια κατανάλωση υγρών (Maughan and Shirreffs, 2010, Maughan and Shirreffs, 2008). Κάτι που τονίζεται και που διευκρινίζουν οι ερευνητές Maughan και Shirreffs, 2010, 2008, είναι ότι στόχος δεν είναι το χρώμα των ούρων να είναι όσον το δυνατόν πιο ανοιχτόχρωμο. Στην ίδια έρευνα, επισημαίνεται η αναγκαιότητα αύξησης της δοσολογίας νατρίου στην διατροφή των «salty sweaters» είτε με επιπλέον προσθήκη νατρίου στο φαγητό, είτε με προσθήκη στα υγρά που καταναλώνονται, είτε πιο σπάνια με την πρόσληψη ειδικών ταμπλετών νατρίου εάν κρίνεται απαραίτητο, αφού έτσι μπορούν να μειώσουν τις πιθανότητες εκδήλωσης ακούσιου μυϊκού σπασμού (κράμπας). Οι ίδιοι ερευνητές προτείνουν ως μια «πρόχειρη» μέθοδο υπολογισμού της απώλειας νατρίου ο αθλητής να φοράει μαύρη μπλούζα κατά τη διάρκεια της προπόνησης ώστε να διακρίνει τυχόν λευκά σημάδια που θα «προδώσουν» την εξάτμιση του νατρίου. Σε αυτές τις παροτρύνσεις πρέπει να προστεθεί το εξής σημαντικό: εάν ο αθλητής προσλαμβάνει νερό σύμφωνα με το αίσθημα της δίψας του αλλά οι ενδείξεις/σημεία κλειδιά συχνά υποδεικνύουν ότι ο οργανισμός του είναι αφυδατωμένος ή αφυδατώνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της αθλητικής δραστηριότητας, τότε το ερέθισμα που δίνεται από το αίσθημα της δίψας μάλλον δεν επαρκεί ώστε το άτομο να πίνει τόσο που να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του για ενυδάτωση (Maughan and Shirreffs, 2008). Στο διάγραμμα Venn που απεικονίζεται στο **Σχήμα 1.6** φαίνονται οι 3 ενδείξεις (WUT) που πρέπει να παρακολουθούν οι αθλητές για την αξιολόγηση της καθημερινής τους ενυδάτωσης. Ένας εύκολος τρόπος για να καθορίσει ο αθλητής την παρουσία ή όχι των σημείων αυτών είναι οι εξής απλές ερωτήσεις στον εαυτό του:

1. Νιώθω διψασμένος?
2. Τα ούρα μου το πρωί έχουν σκούρο χρώμα?
3. Η σωματική μου μάζα (kg) το πρωί διαφέρει σημαντικά συγκριτικά με το πρωί της χθεσινής ημέρας?

Σύμφωνα με το διάγραμμα εάν ο αθλητής εμφανίζει δύο ή περισσότερες από τις ενδείξεις τότε χρειάζεται να διαφοροποιήσει τη στρατηγική ενυδάτωσής του (Casa et al. 2019). Παρουσία δύο εκ των τριών ενδείξεων υποδηλώνει την πιθανότητα

αφυδάτωσης ενώ η παρουσία και των τριών ενδείξεων αυξάνει τις πιθανότητες αφυδάτωσης κατακόρυφα (Cheuvront and Sawka FACSM, 2005).



**Σχήμα 1.6.** Υπολογισμός υδατικού προφίλ (Προσαρμοσμένο από Cheuvront & Sawka, 2005) ( $W_{\text{weight}}$ =μείωση Σ.Μ.,  $U_{\text{urine}}$ = σκουρόχρωμα ούρα,  $T_{\text{thirst}}$ = αίσθημα δίψας)

Μερικές ενδείξεις αφυδάτωσης είναι: ερυθροδερμία, ζάλη, ναυτία, έξαψη ή κρυάδα, πονοκέφαλος, γαστρεντερικές κράμπες, απώλεια βάρους, γενικότερη δυσφορία, (δίψα) (McDermott et al. 2017). Αντιθέτως, εάν παρατηρείται συχνά αύξηση του βάρους του αθλητή κατά τη διάρκεια της άσκησης αφού έχει ξεκινήσει ενυδατωμένος, ή εάν αποβάλλει τακτικά μεγάλες ποσότητες ούρων πολύ ανοιχτόχρωμης απόχρωσης, αυτά πιθανόν υποδηλώνουν ότι ο αθλητής ίσως εκλαμβάνει ως δίψα άλλες ανάγκες ή αισθήσεις όπως η πείνα, ξηροστομία κ.α. (Maughan and Shirreffs, 2008). Συγχρόνως, ο αθλητής καλό θα ήταν παράλληλα με τις ποσότητες νερού που πρέπει να προσλαμβάνει ημερησίως, να λαμβάνει υπόψιν και άλλες θρεπτικά ανάγκες όπως π.χ. η προσθήκη υδατανθράκων στο διάλυμα που θα του παρέχουν ενέργεια. Ωστόσο όταν καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες νερού για να καλυφθούν οι ανάγκες του αθλητή για επαρκή υδάτωση, η περιεκτικότητα του διαλύματος σε υδατάνθρακες συνδυαστικά με τη συνολική ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη του ατόμου, δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις

ενεργειακές του ανάγκες (Maughan and Shirreffs, 2008). Η αραίωση του αθλητικού ποτού με νερό (ώστε να μειωθεί η ποσόστωση των υδατανθράκων σε περιεκτικότητα) δεν πρέπει να θεωρείται λύση, αφού με αυτό τον τρόπο αραιώνεται παράλληλα και η περιεκτικότητα του ποτού σε ηλεκτρολύτες.

Οι Maughan και Shirreffs, 1997, υπογραμμίζουν ότι εξίσου σημαντικό εκτός από την παροχή υδατανθράκων είναι η παροχή και πρόσληψη υγρών κατά την άσκηση, ώστε να καθυστερήσει την έλευση της κόπωσης και να διατηρηθεί η αθλητική απόδοση. Οι ίδιοι προτείνουν ότι μετά από άσκηση που πραγματοποιείται σε θερμό κλίμα, για να ενυδατωθεί σωστά και επαρκώς ο οργανισμός, το ρόφημα που θα καταναλώσει ο αθλητής θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον  $50\text{mmol/L}^{-1}$  νατρίου και ίσως μια μικρή ποσότητα καλίου, ενώ αναφέρουν ότι η προσθήκη κάποιου υποστρώματος (π.χ. υδατάνθρακα) δεν είναι απαραίτητη. Ωστόσο η παρουσία υδατανθράκων πιθανόν να βελτιώνει τον ρυθμό απορρόφησης του νατρίου και του νερού στο έντερο. Οι ερευνητές στα πιο πάνω προσθέτουν ότι, η γεύση του ποτού αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα της ποσότητας που προσλαμβάνει ο αθλητής, αφού πολλές φορές εξαιτίας του σημαντικού όγκου ιδρώτα που αποβάλλει χρειάζεται να πιεί μεγάλες ποσότητες υγρών για να αναπληρώσει το νερό που απέβαλε ο οργανισμός του και αυτό είναι πιο εύκολο να επιτευχθεί όταν η γεύση του ποτού είναι ευχάριστη. Στο έργο τους επίσης αναφέρουν ότι, όταν καταναλώνεται στερεά τροφή για την αναπλήρωση των ηλεκτρολυτών που χάνονται μετά την άσκηση, η πρόσληψη απλού νερού για σκοπούς ενυδάτωσης αρκεί, όμως όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα για κατανάλωση φαγητού ή προτιμάται η αποφυγή του, είναι άκρως απαραίτητη η προσθήκη ηλεκτρολυτών στο νερό/ρόφημα του αθλητή. Στον **Πίνακα 1.4** συνοψίζονται πρακτικές/στρατηγικές ενυδάτωσης και μέθοδοι σωστού σχεδιασμού πλάνων ενυδάτωσης.

Κατευθυντήριες Ερωτήσεις	Τί να διορθώσεις	Παράδειγμα Εφαρμογής
Οι αθλητές επαρκώς ενυδατωμένοι?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υπολόγισε το προφίλ ενυδάτωσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ζυγαριά πριν και μετά την προπόνηση για να υπολογίσεις το έλλειμμα νερού.</li> <li>Υπολόγισε τις ανάγκες για νερό μέσα από τον ρυθμό εφίδρωσης.</li> </ul>
Παρατεταμένη ή έντονη άσκηση?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αύξησε την διαθεσιμότητα υγρών που έχουν ευχάριστη γεύση.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Περισσότερα διαλείμματα όταν οι προπονήσεις μεγάλης διάρκειας ή έντονη άσκηση</li> <li>Αύξησε τον χρόνο διαλείμματος</li> </ul>
Άσκηση σε περιβαλλοντικές συνθήκες που οδηγούν σε μεγαλύτερη απώλεια υγρών?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διαμόρφωσε τα διαλείμματα ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Χρήση WBGT* για να δημιουργήσεις αναλογία άσκησης-διαλείμματος που επιτρέπουν την επαρκή ενυδάτωση.</li> </ul>
Υπάρχει διαθέσιμο νερό κατά τη διάρκεια της άσκησης?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τα ποτά των αθλητών να είναι έτοιμα και άμεσα διαθέσιμα για αυτούς.</li> <li>Εάν υπάρχει περιορισμός της πρόσληψης (π.χ. ποδοσφαιρικός αγώνας κ.λπ.) αύξησε τις ευκαιρίες για ενυδάτωση.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Παραχώρησε ελεύθερη πρόσβαση σε υγρά κατά την άσκηση</li> <li>Σιγουρέψου ότι οι αθλητές εκμεταλλεύονται τα διαλείμματα για να ενυδατωθούν.</li> </ul>
Υπάρχουν αθλητές/ασκούμενοι με αυξημένο ρίσκο?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εντόπισε τα άτομα με υψηλό ρυθμό εφίδρωσης ή άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την επαρκή ενυδάτωσή τους.</li> <li>Εντόπισε τα άτομα που το αίσθημα της δίψας δεν είναι αρκετό ώστε να αναπληρώνουν τις απώλειες νερού.</li> <li>Συμβούλεψε και παρακολούθησε αυτούς τους αθλητές.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Παρακολούθησε τον ρυθμό εφίδρωσης των αθλητών που έχουν ελλιπή ενυδάτωση.</li> <li>Σχεδίασε εξατομικευμένα πλάνα ενυδάτωσης για τους αθλητές με υψηλό ρίσκο αφυδάτωσης.</li> </ul>
Υπάρχουν συγκεκριμένοι αθλητικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συμβούλεψε/ενημέρωσε τους αθλητές σου για τις συνέπειες στην υγεία και την απόδοση που μπορεί να προκληθούν από την συνειδητή πρόκληση αφυδάτωσης για την απώλεια βάρους.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υπολόγισε το υδατικό προφίλ των ασκούμενων παράλληλα με μετρήσεις της Σ.Μ. ώστε να προωθήσεις τον υγιή έλεγχο του βάρους.</li> </ul>

**Πίνακας 1.4.** Καθιέρωση ενός πλάνου ενυδάτωσης (Προσαρμοσμένο από Belval et al. 2019).

\*Wet-bulb globe temperature

Συνοψίζοντας λοιπόν τις στρατηγικές που θα βελτιστοποιήσουν το προφίλ ενυδάτωσης του κάθε αθλητή ξεχωριστά:

- Παρότρυνε τους αθλητές να αξιολογούν καθημερινά τα επίπεδα υδάτωσής τους με τη μέθοδο WUT.
- Στην προπόνηση αύξησε τη διαθεσιμότητα υγρών και τις ευκαιρίες ενυδάτωσης και φρόντισε ώστε αυτά να έχουν ευχάριστη γεύση και θερμοκρασία.
- Σχεδίασε εξατομικευμένα πλάνα ενυδάτωσης για τους αθλητές με υψηλό ρίσκο αφυδάτωσης και αυτούς με υψηλό ρυθμό εφίδρωσης.
- Συμβούλεψε και ενημέρωσε τους αθλητές σου για τις συνέπειες στην υγεία και την απόδοση που μπορεί να προκληθούν από την συνειδητή πρόκληση αφυδάτωσης για την απώλεια βάρους.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Louis III, J.L. (2020). “About Body Water”  
<https://www.merckmanuals.com/home/hormonal-and-metabolic-disorders/water-balance/about-body-water>
- “How much do you sweat?”  
<https://www.mysportscience.com/post/2017/07/14/how-much-do-you-sweat>
- “Water and Hydration: Physiological Basis in Adults”  
<https://www.hydrationsforhealth.com/en/hydration-science/hydration-lab/water-and-hydration-physiological-basis-adults/>
- Adams, J.D., Kavouras, S.A., Robillard, J.I., Bardis, C.N., Johnson, E.C., Ganio, M.S., McDermott, B.P., & White, M.A. (2016). Fluid balance of adolescent swimmers during training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 621-625.
- Adams, J.D., Sekiguchi, Y., Suh, H.G., Seal, A.D., Sprong, C.A., Kirkland, T.W., & Kavouras, S.A. (2018). Dehydration impairs cycling performance, independently of thirst: a blinded study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(8), 1697-1703.
- Adams, J.D., Scott, D.M., Brand, N.A., Suh, H.G., Seal, A.D., McDermott, B.P., Ganio, M.S., & Kavouras, S.A. (2019). Mild hypohydration impairs cycle ergometry performance in the heat: A blinded study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(5), 686-695.
- Adolph, E. F., & Wills, J. H. (1947). Adolph EF and Associates. Physiology of man in the desert.
- Adrogué, H. J., & Madias, N.E. (2000). Hyponatremia. *The New England Journal of Medicine*, 342(21), 1581-1589.

- Ali, A., Gardiner, R., Foskett, A., & Gant, N. (2011). Fluid balance, thermoregulation and sprint and passing skill performance in female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21, 437-445.
- American College of Sports Medicine, Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 377-390.
- Armstrong, L.E., & Kavouras, S.A. (2019). Thirst and drinking paradigms: evolution from single factor effects to brainwide dynamic networks. *Nutrients*, 11(12), 2864.
- Armstrong, L.E., Ganio, M.S., Casa, D.J., Lee, E.C., McDermott, B.P., Klau, J.F., & Lieberman, H.R. (2012). Mild dehydration affects mood in healthy young women. *The Journal of Nutrition*, 142(2), 382-388.
- Armstrong, L.E., Kenefick, R.W., Castellani, J.W., Riebe, D., Kavouras, S.A., Kuznicki, J.T., & Maresh, C.M. (1997). Bioimpedance spectroscopy technique: intra-, extracellular, and total body water. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1657-1663.
- Armstrong, L.E., Maresh, C.M., Castellani, J.W., Bergeron, M.F., Kenefick, R.W., LaGasse, K.E., & Riebe, D. (1994). Urinary indices of hydration status. *International Journal of Sport Nutrition*, 4(3), 265-279
- Arnaoutis, G., Kavouras, S.A., Angelopoulou, A., Skoulariki, C., Bismpikou, S., Mourtakos, S., & Sidossis, L.S. (2015). Fluid balance during training in elite young athletes of different sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3447-3452.
- Arnaoutis, G., Kavouras, S.A., Stratakis, N., Likka, M., Mitrakou, A., Papamichael, C., Sidossis, L.S., & Stamatelopoulos, K. (2017). The effect of hypohydration on endothelial function in young healthy adults. *European journal of Nutrition*, 56(3), 1211-1217.

- Arnaud, M.J. (2003). Mild dehydration: a risk factor of constipation?. *European journal of clinical nutrition*, 57(2), 88-95.
- Bain, A.R., Deren, T.M., & Jay, O. (2011). Describing individual variation in local sweating during exercise in a temperate environment. *European journal of applied physiology*, 111(8), 1599-1607.
- Baker, L.B. (2019). Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. *Temperature*, 6(3), 211-259.
- Baker, L.B., & Jeukendrup, A.E. (2011). Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Comprehensive Physiology*, 4(2), 575-620.
- Baker, L.B., Dougherty, K.A., Chow, M., & Kenney, W.L. (2007). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1114-1123.
- Bardis, C.N., Kavouras, S.A., Adams, J.D., Geladas, N.D., Panagiotakos, D.B., & Sidossis, L.S. (2017). Prescribed drinking leads to better cycling performance than ad libitum drinking. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(6), 1244-1251.
- Bardis, C.N., Kavouras, S.A., Arnaoutis, G., Panagiotakos, D.B., & Sidossis, L.S. (2013). Mild Dehydration and Cycling Performance During 5-Kilometer Hill Climbing. *Journal of Athletic Training*, 48(6), 741-747.
- Bar-Or, O., Dotan, R., Inbar, O., Rotshtein, A., & Zonder, H. (1980). Voluntary hypohydration in 10-to 12-year-old boys. *Journal of Applied Physiology*, 48(1), 104-108.
- Below, P.R., Mora-Rodriguez, R., Gonzalez-Alonso, J., & Coyle, E.F. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(2), 200-210.
- Belval, L.N., Hosokawa, Y., Casa, D.J., Adams, W.M., Armstrong, L.E., Baker, L.B., Burke, L., Chevront, S., Chiampas, G., Gonzalez-Alonso, J., Huggins, R.A., Kavouras, S.A., Lee, E.C., McDermott, B.P., Miller, K., Schlader, Z.,

- Sims, S., Stearns, R.L., Troyanos, C., & Wingo, J. (2019). Practical hydration solutions for sports. *Nutrients*, *11*(7), 1550, 1-15.
- Bergeron, M.F. (2003). Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *6*, 19-27.
- Birnbaumer, M. (2000). Vasopressin receptors. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, *11*, 406±410.
- Blau, J.N. (2005). Water deprivation: a new migraine precipitant. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, *45*(6), 757-759.
- Blau, J.N., Kell, C.A., & Sperling, J.M. (2004). Water-deprivation headache: A new headache with two variants. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, *44*(1), 79-83.
- Boening, D., Ulmer, H.V., Meier, U., Skipka, W., & Stegemann, J. (1972). Effects of a multi-hour immersion on trained and untrained subjects. I. Renal function and plasma volume. *Aerospace medicine*, *43*(3), 300-305.
- Bovenschen, H.J., Janssen, M.J.R., Van Oijen, M.G.H., Laheij, R.J.F., Van Rossum, L.G.M., & Jansen, J.B.M.J. (2006). Evaluation of a gastrointestinal symptoms questionnaire. *Digestive diseases and sciences*, *51*(9), 1509-1515.
- Brown, A.H. (1947). Survival without drinking water in the desert. *Physiology of Man in the Desert*, *Interscience, New York*, 271-279.
- Burchfield, J.M., Ganio, M.S., Kavouras, S.A., Adams, J.D., Gonzalez, M.A., Ridings, C.B., Moyon, N.E., & Tucker, M.A. (2015). 24-h Void number as an indicator of hydration status. *European Journal of Clinical Nutrition*, *69*(5), 638–641.
- Carter, R.I., Chevront, S.N., WILLIAMS, J.O., Kolka, M.A., Stephenson, L.A., Sawka, M.N., & Amoroso, P.J. (2005). Hospitalizations and death from heat

- illness in US Army soldiers, 1980–2002. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1338-1344.
- Carter, R.I., Chevront, S.N., Wray, D.W., Kolka, M.A., Stephenson, L.A., & M. N. Sawka. (2005). Hypohydration and exercise-heat stress alters heart rate variability and parasympathetic control. *Journal of Thermal Biology*, 30, 495-502.
- Cartledge, S., & Lawson, N. (2000). Aldosterone and renin measurements. *Annals of Clinical Biochemistry* 37(3), 262-278.
- Casa, D.J., Chevront, S.N., Galloway, S.D., & Shirreffs, S.M. (2019). Fluid needs for training, competition, and recovery in track-and-field athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 175-180.
- Casa, D.J., CLARKSON, P.M., & Roberts, W.O. (2005). American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements. *Current Sports Medicine Reports*, 4, 115-127.
- Casa, D.J., Maresh, C.M., Armstrong, L.E., Kavouras, S.A., Herrera, J.A., Hacker, F.T., Keith, N.R., & Elliot, T.A. (2000). Intravenous versus oral rehydration during a brief period: responses to subsequent exercise in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 124-133.
- Casa, D.J., Stearns, R.L., Lopez, R.M., Ganio, M.S., McDermott, B.P., Yeargin, S.W., Yamamoto, L.M., Mazerolle, S.M., Roti, M.W., Armstrong, L.E., & Maresh, C.M. (2010). Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *Journal of Athletic Training*, 45, 147-156.
- Castellani, J.W., Muza, S.R., Chevront, S.N., Sils, I.V., Fulco, C.S., Kenefick, R.W., Beidleman, B.A., & Sawka, M.N. (2010). Effect of hypohydration and altitude exposure on aerobic exercise performance and acute mountain sickness. *Journal of Applied Physiology*, 109, 1792-1800.

- Castenfors, J. (1977). Renal function during prolonged exercise. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301(1), 151-159.
- Centers for Disease Control (CDC) (1990). Exertional rhabdomyolysis and acute renal impairment--New York City and Massachusetts, 1988. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 39(42), 751-756.
- Chan, J., Knutsen, S.F., Blix, G.G., Lee, J.W., & Fraser, G.E. (2002) Water, other fluids, and fatal coronary heart disease: the adventist health study. *American Journal of Epidemiology*, 155, 827-833.
- Cheung, S.S., & McLellan, T.M. (1998). Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 84, 1731-1739.
- Cheung, S.S., McGarr, G.W., Mallette, M.M., Wallace, P.J., Watson, C.L., Kim, I.M., & Greenway, M.J. (2015). Separate and combined effects of dehydration and thirst sensation on exercise performance in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25, 104-111.
- Chevront, S.N., & Kenefick, R.W. (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Comprehensive Physiology*, 4, 257-285.
- Chevront, S.N., & Sawka, M.N. (2005). Hydration assessment of athletes. *Gatorade Sports Science Institute*, 18(2), 1-12.
- Chevront, S.N., & Sawka, M.N. (2005). Hydration assessment of athletes. *Sports Science Exchange*, 18(2), 1-6.
- Chevront, S.N., Carter, R. 3<sup>rd</sup>., & Sawka, M.N. (2003). Fluid balance and endurance performance. *Current Sports and Medicine Reports*, 2, 202-208.
- Chevront, S.N., Carter, R. 3<sup>rd</sup>., & Sawka, M.N. (2003). Fluid balance and endurance exercise performance. *Current Sports and Medicine*, 2, 202-208.

- Cheuvront, S.N., Carter, R. 3<sup>rd</sup>., Castellani, J.W., & Sawka, M.N. (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1972-1976.
- Cheuvront, S.N., Carter, R. 3<sup>rd</sup>., Haymes, E.M., & Sawka, M.N. (2006). No effect of moderate hypohydration or hyperthermia on anaerobic exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1093-1097.
- Cheuvront, S.N., Carter, R. 3<sup>rd</sup>., Montain, S.J., & Sawka, M.N. (2004). Influence of hydration and air flow on thermoregulatory control in the heat. *Journal of Thermal Biology*, 29, 532-540.
- Cian, C., Barraud, P.A., Melin, B., & Raphel, C. (2001). Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *International Journal of Psychophysiology*, 42(3), 243-251.
- Cian, C., Koulmann, N., Barraud, P., Raphel, C., Jimenez, C., & Melin, B. (2000). Influences of variations in body hydration on cognitive function: Effect of hyperhydration, heat stress, and exercise-induced dehydration. *Journal of Psychophysiology*, 14(1), 29-36.
- Cian, C., Koulmann, P.A., Barraud, P.A, Raphel, C., Jimenez, C., & Melin, B. (2000). Influence of variations of body hydration on cognitive performance. *Journal of Psychophysiology*, 14, 29–36.
- Claybaugh, J.R., Pendergast, D.R., Davis, J.E, Akiba, C., Pazik, M., & Hong, S.K. (1986). Fluid conservation in athletes: Responses to water intake, supine posture, and immersion. *Journal of Applied Physiology*, 61, 7–15.
- Convertino, V.A., Tatro, D.L., & Rogan, R.B. (1993). Renal and cardiovascular responses to water immersion in trained runners and swimmers. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 67(6), 507-512.
- Costill, D.L. (1977). Sweating: its composition and effects on body fluids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301(1), 160-174.

- D'anci, K.E., Mahoney, C.R., Vibhakar, A., Kanter, J.H., & Taylor, H.A. (2009). Voluntary dehydration and cognitive performance in trained college athletes. *Perceptual and motor skills*, 109(1), 251-269.
- Dawson, B., Elliott, B., Pyke F., & Rogers, R. (1985). Physiological and performance responses to playing tennis in a cool environment and similar intervalized treadmill running in a climate. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 21-34.
- Denton, D., Shade, R., Zamarippa, F., Egan, G., Blair-West, J., McKinley, M., Lancaster, J., & Fox, P. (1999). Neuroimaging of genesis and satiation of thirst and an interoceptor-driven theory of origins of primary consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(9), 5304-5309.
- Derkx, F.H., De Bruin, R.J., Van Gool, J.M., Van den Hoek, M.J., Beerendonk, C.C., Rosmalen, F., Haima, P., & Schalekamp, M.A. (1996). Clinical validation of renin monoclonal antibody-based sandwich assays of renin and prorenin, and use of renin inhibitor to enhance prorenin immunoreactivity. *Clinical Chemistry* 42(7), 1051-1063.
- Dickson, J.M., Weavers, H.M., Mitchell, N., Winter, E.M., Wilkinson, I.D., Van Beek, E.J.R., Wild, J.M., & Griffiths, P.D. (2005). The effects of dehydration on brain volume-preliminary results. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 481-485.
- DiPalma, J.R. (1977). Drugs that induce changes in urine color. *Journal of Nursing*, 40, 34-35.
- Eichner, E.R. (2007). The role of sodium in “heat cramping.” *Sports Medicine*, 37, 368-370.
- Ely, B.R., Chevront, S.N., Kenefick, R.W., & Sawka, M.N. (2010). Aerobic performance is degraded, despite modest hyperthermia, in hot environments. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 135-141.
- Ely, B.R., Sollanek, K.J., Chevront, S.N., Lieberman, H.R., & Kenefick, R.W. (2013). Hypohydration and acute thermal stress affect mood state but not cognition or



- dynamic postural balance. *European Journal of Applied Physiology*, 113(4), 1027-1034.
- Epstein, M. (1978). Renal effects of head-out water immersion in man: implications for an understanding of volume homeostasis. *Physiological Reviews*, 58(3), 529-581.
- Epstein, M. (1992). Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15-year update. *Physiological reviews*, 72(3), 563-621.
- Epstein, Y., Moran, D.S., Shapiro, Y., Sohar, E., & Shemer, J. (1999). Exertional heat stroke: a case series. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 224-228.
- Evetovich, T.K., Boyd, J.C., Drake, S.M., Eschbach, L.C., Magal, M., Soukup, J.T., Webster, M. J., Whitehead, M. T., & Weir, J.P. (2002). Effect of moderate dehydration on torque, electromyography, and mechanomyography. *Muscle Nerve* 26, 225-231.
- Feig, P.U., & McCurely, D.K. (1977). The hypertonic state. *The New England Journal of Medicine*, 297(27), 256 –277.
- Fiala, K.A., Casa, D.J., & Roti, M.W. (2004). Rehydration with a caffeinated beverage during the nonexercise periods of 3 consecutive days of 2- a-day practices. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(4), 419-429.
- Figaro, M.K., & Mack, G.W. (1997). Regulation of fluid intake in dehydrated humans: role of oropharyngeal stimulation. *American Journal of Physiology*, 272, 1740-1746.
- Filaire, E., Maso, F., Degoutte, F., Jouanel, P., & Lac, G. (2001). Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes. *International journal of sports medicine*, 22(06), 454-459.
- Fink, H.A., Akornor, J.W., Garimella, P.S., MacDonald, R., Cutting, A., Rutks, I.R., Monga, M., & Wilt, T.J. (2009). Diet, fluid, or supplements for secondary prevention of nephrolithiasis: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *European Urology*, 56(1), 72–80.

- Fitzsimons, J.T. (1976). The physiological basis of thirst. *Kidney International*, 10, 3-11.
- Fleming, S. & Costarelli, V. (2007). Nutrient intake and body composition in relation to making weight in young male Taekwondo players. *Nutrition and Food Science*, 37, 358–366.
- Fletcher, S.J., Slaymaker, A.E., Bodenham, A.R., & Vucevic, M. (1999). Urine colour as an index of hydration in critically ill patients. *Anaesthesia*, 54, 189-192.
- FNB, F. N. B. (2003). Institute of Medicine. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulphate.
- Fortes, L.S., Nascimento-Júnior, J.R., Mortatti, A.L., Lima-Júnior, D.R.A.A.D., & Ferreira, M.E. (2018). Effect of dehydration on passing decision making in soccer athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(3), 332-339.
- Fortney, S.M., Nadel, E.R., Wenger, C.B., & Bove, J.R. (1981). Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. *Journal of Applied Physiology*, 51, 1594-1600.
- Fortney, S.M., Wenger, C.B., Bove, J.R., & Nadel, E.R. (1984). Effect of hyperosmolality on control of blood flow sweating. *Journal of Applied Physiology*, 57, 1688-1695.
- Gagge, A.P., & Gonzalez, R.R. (1996). Mechanisms of heat exchange: biophysics and physiology. *Handbook of physiology*, 45-84.
- Gagge, A.P., & Gonzalez, R.R. (2010). Mechanisms of heat exchange: biophysics and physiology. *Comprehensive physiology*, 45-84.
- Gagnon, D., Jay, O., & Kenny, G.P. (2013). The evaporative requirement for heat balance determines whole-body sweat rate during exercise under conditions permitting full evaporation. *The Journal of physiology*, 591(11), 2925-2935.

- Galloway, S.D., & Maughan, R.J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1240-1249.
- Ganio, M.S., Armstrong, L.E., Casa, D.J., McDermott, B.P., Lee, E.C., Yamamoto, L.M., & Le Bellego, L. (2011). Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. *British Journal of Nutrition*, 106(10), 1535-1543.
- Ganio, M.S., Johnson, E.C., Klau, J.F., Anderson, J.M., Casa, D.J., Maresh, C.M., Volek, J.S., & Armstrong, L.E. (2011). Effect of ambient temperature on caffeine ergogenicity during endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1135-1146.
- Ganio, M.S., Klau, J.F., Lee, E.C., Yeargin, S.W., McDermott, B.P., Buyckx, M., Maresh, C.M., & Armstrong, L.E. (2010). Effect of various carbohydrate electrolyte fluids on cycling performance and maximal voluntary contraction. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(2), 104-114.
- Ganio, M.S., Wingo, J.E., Carroll, C.E., Thomas, M.K., & Cureton, K.J. (2006). Fluid ingestion attenuates the decline in VO<sub>2</sub>peak associated with cardiovascular drift. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 901-909.
- Garigan, T.P. & Ristedt, D.E. (1999). Death from hyponatremia as a result of acute water intoxication in an Army basic trainee. *Military medicine*, 164(3), 234.
- Glick, S. M., & Kagan, A. (1979). Radioimmunoassay of arginine vasopressin. *Methods of Hormone Radioimmunoassay*, 341-351.
- González-Alonso, J., Calbet, J.A., & Nielsen, B. (1998). Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 513, 895-905.
- Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., & Coyle, E.F. (2000). Stroke volume during exercise: Interaction of environment and hydration. *The American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 278, H321-H330.

- Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Below, P.R., & Coyle, E.F. (1995). Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *The Journal of Applied Physiology*, *79*, 1487-1496.
- Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Below, P.R., & Coyle, E.F. (1997). Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *The Journal of Applied Physiology*, *82*, 1229-1236.
- González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S.L., Jensen, F.B., Hyldig, & T., Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *The Journal of Applied Physiology*, *86*, 1032-1039.
- Gopinathan, P.M., Pichan, G., & Sharma, V.M. (1988). Role of dehydration in heat stress-induced variations in mental performance. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, *43*(1), 15-17.
- Goulet, E.D. (2012). Dehydration and endurance performance in competitive athletes. *Nutrition Reviews*, *70*(2), S132-S136.
- Graham, S.M., McKinley, M., Chris, C.C., Westbury, T., Baker, J.S., Kilgore, L., & Florida-James, G. (2012). Injury occurrence and mood states during a desert ultramarathon. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, *22*(6), 462-466.
- Grandjean, A.C., Campbell, S.M. (2004). Hydration: Fluids for Life. *A monograph by the North American Branch of the International Life Science Institute*.
- Grandjean, A.C., Reimers, K.J., Bannick, K.E., & Haven, M.C. (2000). The effect of caffeinated, non-caffeinated, caloric and non-caloric beverages on hydration. *Journal of American College of Nutrition*, *19*, 591-600.
- Greenleaf, J.E. (1992) Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *24* (6), 645-656.

- Greiwe, J.S., Staffey, K.S., Melrose, D.R., Narve, M.D., & Knowlton, R.G. (1998). Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 284-288.
- Halperin, I., Williams, K.J., Martin, D.T., & Chapman, D.W. (2016). The Effects of Attentional Focusing Instructions on Force Production During the Isometric Midthigh Pull. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 919-923.
- Hamilton, M.T., González-Alonso, J., Montain, S.J., & Coyle, E.F. (1991). Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *The Journal of Applied Physiology*, 71, 871-877.
- Hancock, P.A., & Vasmatazidis, I. (2003). Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. *International Journal of Hyperthermia*, 19, 355-372.
- Häussinger, D. (1996). The role of cellular hydration in the regulation of cell function. *Biochemical Journal*, 313(3), 697-710.
- <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/dehydration/symptoms-causes/syc-20354086>
- J. Maughan, R., & Shirreffs, S.M. (1997). Recovery from prolonged exercise: restoration of water and electrolyte balance. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 297-303.
- Jacobs, I. (1980). The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate anaerobic test. *International Journal of Sports Medicine*, 1, 21–24.
- James, L.J., Moss, J., Henry, J., Papadopoulou, C., & Mears, S.A. (2017). Hypohydration impairs endurance performance: a blinded study. *Physiological Reports*, 5(12), e13315.
- Jequier, E., & Constant, F. (2010). Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(2), 115-123.

- Judelson, D.A., Maresh, C.M., Yamamoto, L.M., Farrell, M.J., Armstrong, L.E., Kraemer, W.J., & Anderson, J.M. (2008). Effect of hydration state on resistance exercise-induced endocrine markers of anabolism, catabolism, and metabolism. *Journal of Applied Physiology*, *105*(3), 816-824.
- Kao, W.-F., Shyu, C.-L., Yang, X.-W., Hsu, T.-F., Chen, J.-J., Kao, W.-C., Polun-Chang., Huang, Y.-J., Kuo, F.-C., Huang, C.I., & Lee, C.-H. (2008). Athletic performance and serial weight changes during 12- and 24-hour ultra-marathons. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, *18*(2), 155-158.
- Kavouras, S. A. (2002). Assessing hydration status. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, *5*(5), 519-524.
- Kavouras, S.A. (2019). Hydration, dehydration, underhydration, optimal hydration: are we barking up the wrong tree?. *European Journal of Nutrition*, *58*, 471-473.
- Kenefick, R.W., Cheuvront, S.N., Palombo, L.J., Ely, B.R., & Sawka, M.N. (2010). Skin temperature modifies the impact of hypohydration on aerobic performance. *The Journal of Applied Physiology (1985)*, *109*(1), 79-86.
- Kenefick, R.W. (2018). Drinking strategies: planned drinking versus drinking to thirst. *Sports Medicine*, *48*(1), 31-37.
- Kenefick, R.W., Sollanek, K.J., Charkoudian, N., & Sawka, M.N. (2014). Impact of skin temperature and hydration on plasma volume responses during exercise. *The Journal of Applied Physiology (1985)*, *117*(4), 413-420.
- Kinningham, R.B., & Gorenflo, D.W. (2001). Weight loss methods of high school wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, *33*(5), 810-813.
- Koeppen, B.M., & Stanton, B.A. (2000). Part VII renal systems. *Principles of Physiology*, *3*, 408-483.
- Koeppen, B.M., & Stanton, B.A. (2000). *Renal physiology*. St Louis: Mosby.

- Krekar, I.M., Kolega, M., & Kunac, S.F. (2014). The effects of drinking water on attention. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 159, 577-583.
- Kuno, Y. (1938). Variations in secretory activity of human sweat glands. *The Lancet*, 231(5971), 299-303.
- Kuno, Y. (1956). Human perspiration. Springfield, Illinois: Charles C. Thomas.
- Lane, A.M. & Wilson, M. (2011). Emotions and trait emotional intelligence among ultra-endurance runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(4), 358-362.
- Langan-Evans, C., Close, G.L., & Morton, J.P. (2011). Making weight in combat sports. *Strength & Conditioning Journal*, 33(6), 25-39.
- Leiter, L.A., & Marliss, E.B. (1982). Survival during fasting may depend on fat as well as protein stores. *Journal of American Medicine Association*, 248, 2306-2307.
- Lindeman, R.D., Romero, L.J., Liang, H.C., Baumgartner, R.N., Koehler, K.M., & Garry, P.J. (2000). Do elderly persons need to be encouraged to drink more fluids?. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(7), 361-365.
- Logan-Sprenger, H.M., Heigenhauser, G.J., Killian, K.J., & Spriet, L.L. (2013). Effects of dehydration during cycling on skeletal muscle metabolism in females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44, 1949-1957.
- Lorenzo, S., Halliwill, J.R., Sawka, M.N., & Minson, C.T. (2010). Heat acclimation improves exercise performance. *The Journal of Applied Physiology*, 109, 1140-1147.
- Loucks, A.B. (2004). Energy balance and body composition in sports and exercise. *Journal of Sports Sciences* 22(1), 1-14.
- MacDougall, J.D., Reddan, W.G., Layton, C.R., & Dempsey, J.A. (1974). Effects of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise. *The Journal of Applied Physiology*, 36, 538-544.

- Mange, K., Matsuura, D., Cizman, B., Soto, H., Ziyadeh, F.N., Goldfarb, S., & Neilson, E.G. (1997). Language guiding therapy: the case of dehydration versus volume depletion. *Annals of internal medicine*, *127*(9), 848-853.
- Manz, F., & Wentz, A. (2005). The importance of good hydration for the prevention of chronic diseases. *Nutrition Reviews*, *63*, S2–S5.
- Manz, F., Wentz, A., & Sichert-Hellert, W. (2002). The most essential nutrient: defining the adequate intake of water. *The Journal of Pediatrics*, *141*(4), 587-592.
- Marieb, E.N., & Hoehn K. (2007) Fluid, electrolyte, and acid-base balance. *Human Anatomy and Physiology*. San Francisco: Benjamin-Cummings, 1036-1048.
- Maughan, R.J. and Leiper, J.B. (1995). Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *European Journal of Applied Physiology*, *71*, 311-319.
- Maughan, R.J., & Noakes, T.D. (1991). Fluid replacement and exercise stress: A brief review of studies on fluid replacement and some guidelines for the athlete. *Sports Medicine*, *12*(1), 16-31.
- Maughan, R.J., & Shirreffs, S.M. (2008). Development of individual hydration strategies for athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *18*(5), 457-472.
- Maughan, R.J., & Shirreffs, S.M. (2010). Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20*, 40-47.
- Maughan, R.J., & Shirreffs, S.M. (2010). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20*, 59-69.
- McDermott, B. P., Anderson, S. A., Armstrong, L. E., Casa, D. J., Chevront, S. N., Cooper, L., Kenney, W.L., O'Connor, F.G., & Roberts, W. O. (2017). National



- athletic trainers' association position statement: fluid replacement for the physically active. *Journal of Athletic Training*, 52(9), 877-895.
- McLellan, T.M., Cheung, S.S., Latzka, W.A., Sawka, M.N., Pandolf, K.B., Millard, C.E., & Withey, W.R. (1999). Effects of dehydration, hypohydration, and hyperhydration on tolerance during uncompensable heat stress. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24, 349-361.
- McMorris, T., Swain, J., Smith, M., Corbett, J., Delves, S., Sale, C., & Potter, J. (2006). Heat stress, plasma concentrations of adrenaline, noradrenaline, 5-hydroxytryptamine and cortisol, mood state and cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology*, 61(2), 204-215.
- Millard-Stafford, M.L., Cureton, K.J., Wingo, J.E., Trilk, J., Warren, G.L., & Buyckx, M. (2007). Hydration during exercise in warm, humid conditions: effect of a caffeinated sports drink. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(2), 163-177.
- Montagna, W. (1974). Structure and function of skin. *Apocrine Glands*, 11, 332-363.
- Montagna, W., & Parakkal, P.F. (1974). Apocrine glands. *The structure and function of skin*. New York: Academic Press, 332-365.
- Montain, S.J., & Coyle, E.F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *The Journal of Applied Physiology*, 73, 1340-1350.
- Montain, S.J., Latzka, W.A., & Sawka, M.N. (1995). Control of thermoregulatory sweating is altered by hydration level and exercise intensity. *The Journal of Applied Physiology*, 79, 1434-1439.
- Montain, S.J., Sawka, M.N., Latzka, W.A., & Valeri, C.R. (1998). Thermal and cardiovascular strain from hypohydration: influence of exercise intensity. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 87-91.

- Montoye, H.J. (2000). Energy costs of exercise and sport. *Nutrition in Sport*, 7, 53-72.
- Morton, J.P., Robertson, C., & Sutton, L. (2010). Making the weight: a case study from professional boxing. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(1), 80-85.
- Morton, J.P., Robertson, C., Sutton, L., & MacLaren, D.P. (2010). Making the weight: A case study from professional boxing. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20, 80–85.
- Moss, K.N. (1923). Some effects of high air temperatures and muscular exertion upon colliers. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 95, 181-200.
- Moyen, N.E., Ganio, M.S., Wiersma, L.D., Kavouras, S.A., Gray, M., McDermott, B.P., Adams, J.D., Binns, A.P., Judelson, D.A., McKenzie, A.L., Johnson, E.C., Munoz, C.X., Kunces, L.J., & Armstrong, L. E. (2015). Hydration status affects mood state and pain sensation during ultra-endurance cycling. *Journal of Sports Sciences*, 33(18), 1962-1969.
- Murakami, K., Sasaki, S., Okubo, H., Takahashi, Y., Hosoi, Y., & Itabashi, M. (2007). Association between dietary fiber, water and magnesium intake and functional constipation among young Japanese women. *European journal of clinical nutrition*, 61(5), 616-622.
- Nadel, E.R. (1980). Circulatory and thermal regulations during exercise. *Federation Proceedings*, 39, 1491-1497.
- Nadel, E.R., Fortney, S.M., & Wenger, C.B. (1980). Circulatory Adjustments During Heat Stress. *North Holland Biomedical Press*, 303-313.
- Nana, A., Slater, G.J., Hopkins, W.G., Halson, S.L., Martin, D.T., West, N.P., & Burke, L.M. (2016). Importance of Standardized DXA Protocol for Assessing Physique Changes in Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 26(3), 259-267.

- Nielsen M. (1938). Die Regulation der Körpertemperatur bei Muskelarbeit. *Skandinavisches Archiv für Physiologie*, 79, 193–230.
- Nielsen, B., Hales, J.R., Strange, S., Christensen, N.J., Warberg, J., & Saltin, B. (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *The Journal of Physiology*, 460, 467-485.
- Nielsen, M. (1938). Die Regulation der Körpertemperatur bei Muskelarbeit 1. *Skandinavisches Archiv für Physiologie*, 79(2), 193-230.
- Noakes, T.D. (1995). Dehydration during exercise: what are the real dangers? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 5, 123.
- Noakes, T.D. (2007). Hydration in the marathon. Using thirst to gauge safe fluid replacement. *Sports Medicine*, 37, 463-466.
- Norsk, P. (1996). Role of arginine vasopressin in the regulation of extracellular fluid volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 36±41.
- Nose, H., Mack, G.W., Shi, X. & Nadel, E.R. (1988a). Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *Journal of Applied Physiology*, 65, 325-331.
- Nose, H., Mack, G.W., Shi, X. & Nadel, E.R. (1988b). Involvement of sodium retention hormones during rehydration in humans. *Journal of Applied Physiology*, 65, 332.
- Nuccio, R.P., Barnes, K.A., Carter, J.M., & Baker, L.B. (2017). Fluid balance in team sport athletes and the effect of hypohydration on cognitive, technical, and physical performance. *Sports Medicine*, 47, 1951-1982.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 91, 1055-1060.

- Ogino, Y., Kakeda, T., Nakamura, K., & Saito, S. (2014). Dehydration enhances pain-evoked activation in the human brain compared with rehydration. *Anesthesia and Analgesia*, *118*(6), 1317-1325.
- Pearcy, R.M., Mitchell, S.C., & Smith, R.L. (1992). Beetroot and red urine. *Biochemical Society Transactions*, *20*, 22S-22S.
- Périard, J.D., Cramer, M.N., Chapman, P.G., Caillaud, C., & Thompson, M.W. (2011). Cardiovascular strain impairs prolonged self-paced exercise in the heat. *Experimental Physiology*, *96*, 134-144.
- Perrier, E., Vergne, S., Klein, A., Poupin, M., Rondeau, P., Le Bellego, L., Armstrong, L. E., Lang, F., Stookey, J., & Tack, I. (2012) Hydration biomarkers in free-living adults with different levels of habitual fluid consumption. *British Journal of Nutrition*, *109*(09), 1-10.
- Perrier, E.T., Armstrong, L.E., Bottin, J.H., Clark, W.F., Dolci, A., Guelinckx, I., Alison, I., Kavouras, S.A., Lang, F., Lieberman, H.R., Melander, O., Morin, C., Seksek, I., Stookey, J.D., Tack, I., Vanhaecke, T., Vecchio, M., & Péronnet, F. (2020). Hydration for health hypothesis: A narrative review of supporting evidence. *European Journal of Nutrition*, 1-14.
- Perrier, E.T., Bottin, J.H., Vecchio, M., & Lemetais, G. (2017). Criterion values for urine-specific gravity and urine color representing adequate water intake in healthy adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, *71*(4), 561-563.
- Pitts, C., Johnson, R.E., & Consolazio, F.C. (1944). Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. *American Journal of Physiology*, *142*, 253-259.
- Popkin, B.M., D'Anci, K.E., & Rosenberg, I.H. (2010). Water, hydration, and health. *Nutrition reviews*, *68*(8), 439-458.
- Ratkalkar, V.N., & Kleinman, J.G. (2011). Mechanisms of stone formation. *Clinical Review in Bone and Mineral Metabolism*, *9*(3-4), 187-197.
- Raymond, J.R., & Yarger, W.E. (1988). Abnormal urine color: differential diagnosis. *Southern Medical Journal*, *81*, 837-841.

- Reale, R., Slater, G., & Burke, L.M. (2016). Acute Weight Loss Strategies for Combat Sports and Applications to Olympic Success. *International Journal of Sports Physiology & Perform*, 12(2), 142-151.
- Reale, R., Slater, G., Cox, G.R., Dunican, I.C., & Burke, L.M. (2018). The effect of water loading on acute weight loss following fluid restriction in combat sports athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(6), 565-573.
- Remick, D., Chancellor, J., Pederson, J., E. J. Zambraski, E.J., Sawka, M.N., & Wenger, C.B. (1998). Hyperthermia and dehydration related deaths associated with intentional rapid weight loss in three collegiate wrestlers- North Carolina, Wisconsin, and Michigan, November–December 1997. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 47, 105-108.
- Riebe, D., Maresh, C.M., Armstrong, L.E., Kenefick, R.W., Castellani, J.W., Echegaray, M.E., & Camaione, D. N. (1997). Effects of oral and intravenous rehydration on ratings of perceived exertion and thirst. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(1), 117-124.
- Ritz, P., & Berrut, G. (2005). The importance of good hydration for day-to-day health. *Nutrition Reviews*, 63, 6– 13.
- Robertshaw D. (1983). Apocrine sweat glands. *Biochemistry and physiology of the skin*, 642–653.
- Robertson, G.L., Shelton, R.L., & Athar, S. (1976). The osmoregulation of vasopressin. *Kidney International*, 10, 25±37.
- Robinson, S., & Robinson, A.H. (1954). Chemical composition of sweat. *Physiological Reviews*, 34, 202-220.
- Robson, K.M., Kiely, D.K., Lembo T. (2000). Development of constipation in nursing home residents. *Diseases of the Colon and Rectum*, 43, 940–943.
- Rodahl, K. (2003). Occupational health conditions in extreme environments. *Annals of Occupational Hygiene*, 47, 241-252.

- Rollo, I., Gonzalez, J.T., Fuchs, C.J., van Loon, L.J., & Williams, C. (2020). Primary, Secondary, and Tertiary Effects of Carbohydrate Ingestion During Exercise. *Sports Medicine*, 50(11), 1863-1871.
- Rowell, L.B. (1986). Human Circulation: Regulation during Physical Stress. *New York: Oxford University Press*, 363-406.
- Sagawa, S., Miki, K., Tajima, F., Tanaka, H., Choi, J.K., Keil, L.C., Shiraki, K., & Greenleaf, J.E. (1992). Effect of dehydration on thirst and drinking during immersion in men. *Journal of Applied Physiology*, 72(1), 128-134.
- Sahay, M., & Sahay, R. (2014). Hyponatremia: A practical approach. *Indian journal of endocrinology and metabolism*, 18(6), 760.
- Saker, P., Farrell, M.J., Adib, F.R., Egan, G.F., McKinley, M.J., & Denton, D.A. (2014). Regional brain responses associated with drinking water during thirst and after its satiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14), 5379-5384.
- Saltin, B. (1964). Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 19, 1125-1132.
- Sato, K. (1977). The physiology, pharmacology, and biochemistry of the eccrine sweat gland. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, 79, 51–131.
- Sato, K. (1983). The physiology and pharmacology of the eccrine sweat gland. *Biochemistry and physiology of the skin*. New York: Oxford University Press, 596–641.
- Sato, K. (1993). The mechanism of eccrine sweat secretion. *Exercise, heat, and thermoregulation*. Dubuque (IA): Brown & Benchmark, 85–117.
- Sato, K. (1993). The mechanism of eccrine sweat secretion. Perspectives in exercise science and sports medicine. *Exercise, Heat and Thermoregulation*, 6, 85-118.

- Sato, K., & Sato, F. (1990). Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, and Ca<sup>2+</sup> concentrations in cystic fibrosis eccrine sweat in vivo and in vitro. *The Journal of laboratory and clinical medicine*, 115(4), 504-511.
- Sato, K., Kang, W.H., Saga, K., & Sato, K.T. (1989). Biology of sweat glands and their disorders. I. Normal sweat gland function. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 20(4), 537-563.
- Sato, K., Leidal, R., & Sato, F. (1987). Morphology and development of an apoeccrine sweat gland in human axillae. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 252(1), 166-180.
- Sato, K., Ohtsuyama, M., & Samman, G. (1991). Eccrine sweat gland disorders. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 24(6), 1010-1014.
- Sato, K., Sato, F. (1990). Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, and Ca<sup>2+</sup> concentrations in cystic fibrosis eccrine sweat in vivo and in vitro. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 115(4), 504-511.
- Sawka, M.N. (1979). Thermal and circulatory responses to repeated bouts of prolonged running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 11, 177-180.
- Sawka, M.N. (1992). Physiological consequences of hydration: exercise performance and thermoregulation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 657-670.
- Sawka, M.N., & Coyle, E.F. (1999). Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exercise and Sport Science Reviews*, 27, 167-218.
- Sawka, M.N., & Noakes, T.D. (2007). Does dehydration impair exercise performance? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1209-1217.
- Sawka, M.N., & Young, A.J. (2005). Physiological Systems and Their Responses to Conditions of Heat and Cold. *ACSM's Advanced Exercise Physiology*, C. M. Tipton, M. N. Sawka, C. A. Tate, and R. L. Terjung. Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Wilkins, pp. 535-563.

- Sawka, M.N., Burke, L.M., Eichner, E.R., Maughan, R.J., Montain, S.J., & Stachenfeld, N.S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 377-390.
- Sawka, M.N., Cheuvront, S.N., & Kenefick, R.W. (2012). High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Experimental Physiology*, 97, 27-32.
- Sawka, M.N., Cheuvront, S.N., & Kenefick, R.W. (2015). Hypohydration and human performance: impact of environment and physiological mechanisms. *Sports Medicine*, 45 (Suppl. 1), S51-60.
- Sawka, M.N., Young, A.J., Francesconi, R.P., Muza, S.R., & Pandolf, K.B. (1985). Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1394-1401.
- Sawka, M.N., Young, A.J., Latzka, W.A., Neuffer, P.D., Quigley, M.D., & Pandolf, K.B. (1992). Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. *Journal of Applied Physiology*, 73, 368-375.
- Schenk, K., Gatterer, H., Ferrari, M., Ferrari, P., Cascio, V. L., & Burtscher, M. (2010). Bike Transalp 2008: Liquid intake and its effect on the body's fluid homeostasis in the course of a multistage, cross-country, MTB marathon race in the central Alps. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 20(1), 47-52.
- Schoen, E.J. (1957). Minimum urine total solute concentration in response to water loading in normal men. *Journal of applied physiology*, 10(2), 267-270.
- Shaffer, E.A., & Thomson ABR. (1994). First principles of gastroenterology: the basis of disease and an approach to management. *Canadian Association of Gastroenterology*.



- Shapiro, S.A., Ejaz, A.A., Osborne, M.D., & Taylor, W.C. (2006). Moderate exercise-induced hyponatremia. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(1), 72-73.
- Shapiro, Y., Pandolf, K.B., & Goldman, R.F. (1982). Predicting sweat loss response to exercise, environment and clothing. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 48(1), 83–96.
- Share, L. (1996). Control of vasopressin release: an old but continuing story. *News in Physiological Sciences*, 11, 7±13.
- Shirreffs, S.M., & Maughan, R.J. (1997). Restoration of fluid balance after exercise induced dehydration: effects of alcohol consumption. *Journal of Applied Physiology*, 83, 1152-1158.
- Shirreffs, S.M., & Maughan, R.J. (1998). Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1598-1602.
- Shirreffs, S.M., Merson, S.J., Fraser, S.M., & Archer, D.T. (2004). The effects of fluid restriction on hydration status and subjective feelings in man. *British Journal of Nutrition*, 91(6), 951-958.
- Shirreffs, S.M., Taylor, A.J., Leiper, J.B., & Maughan, R.J. (1996). Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and sodium content of ingested fluids. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1260-1271.
- Silva, A.M., Judice, P.B., Matias, C.N., Santos, D.A., Magalhaes, J.P., St-Onge, M-P., Goncalves, E., Armada-da-Silva, P.A.S., & Sardinha, L.B. (2013). Total body water and its compartments are not affected by ingesting a moderate dose of caffeine in healthy young adult males. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 38(6), 626-632.
- Sivakumaran, T. (1975). Letter: Use of a Munsell color chart to describe urine color. *Clinical Chemistry*, 21, 639.

- Spigt, M.G., Kuijper, E.C., Van Schayck, C.P., Troost, J., Knipschild, P.G., Linssen, V.M., & Knottnerus, J.A. (2005). Increasing the daily water intake for the prophylactic treatment of headache: a pilot trial. *European journal of neurology*, *12*(9), 715-718.
- Sproles, C.B., Smith, D.P., Byrd, R.J., & Allen, T.E. (1976). Circulatory responses to submaximal exercise after dehydration and rehydration. *Journal of Sports Medicine*, *16*, 98-105.
- Stachenfeld, N.S., DiPietro, L., Nadel, E.R., & Mack, G.W. (1997). Mechanism of attenuated thirst in aging: role of central volume receptors. *American Journal of Physiology*, *272*, 148-157.
- Stearns, R.L., Casa, D.J., Lopez, R.M., McDermott, B.P., Ganio, M.S., Decher, N.R., Scruggs, I.C., West, A.E., Armstrong, L.E., & Maresh, C.M. (2009). Influence of hydration status on pacing during trail running in the heat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*, 2533-2541.
- Stofan, J.R., Zachwieja, J.J., Horswill, C.A., Murray, R., Anderson, S.A., & Eichner, E.R. (2005). Sweat and sodium losses in NCAA football players: a precursor to heat cramps? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *15*, 641-652.
- Suhr, J.A., Hall, J., Patterson, S.M., & Niinistö, R.T. (2004). The relation of hydration status to cognitive performance in healthy older adults. *International journal of psychophysiology*, *53*(2), 121-125.
- Szinnai, G., Schachinger, H., Arnaud, M. J., Linder, L., & Keller, U. (2005). Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *289*(1), 275-280.
- Talbott, J.H., & Michelsen, J. (1933). Heat cramps. A clinical and chemical study. *The Journal of Clinical Investigation*, *12*, 533-549.

- Tatterson, A.J., Hahn, A.G., Martini, D.T., & Febbraio, M.A. (2000). Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3, 186-193.
- Taylor, N.A., & Machado-Moreira, C.A. (2013). Regional variations in transepidermal water loss, eccrine sweat gland density, sweat secretion rates and electrolyte composition in resting and exercising humans. *Extreme Physiology and Medicine*, 2(1), 4.
- Taylor, N.A., Nigel, A.S., & Machado-Moreira, C.A. (2013). Regional variations in transepidermal water loss, eccrine sweat gland density, sweat secretion rates and electrolyte composition in resting and exercising humans. *Extreme physiology & medicine* 2, 1, 1-30.
- Thomas, D.R., Cote, T.R., Lawhorne, L., Levenson, S.A., Rubenstein, L.Z., Smith, D.A., Stefanacci, R.G., Tangalos, E.G., Morley, J.E., & Council, D. (2008). Understanding clinical dehydration and its treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, 9(5), 292-301.
- Trangmar, S.J., & González-Alonso, J. (2019). Heat, hydration and the human brain, heart and skeletal muscles. *Sports Medicine*, 49(1), 69-85.
- Tucker, M.A., Caldwell, A.R., & Ganio, M.S. (2019). Adequacy of Daily Fluid Intake Volume Can Be Identified From Urinary Frequency and Perceived Thirst in Healthy Adults. *Journal of the American College of Nutrition*, 39(3), 235-242.
- Tucker, M.A., Gonzalez, M.A., Adams, J.D., Burchfield, J.M., Moyon, N.E., Robinson, F.B., Schreiber, B.A., & Ganio, M.S. (2016). Reliability of 24-h void frequency as an index of hydration status when euhydrated and hypohydrated. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(8), 908-911.
- Von Duvillard, S.P., Braun, W.A., Markofski, M., Beneke, R., & Leithäuser, R. (2004). Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition*, 20(7-8), 651-656.

- Wade, C.E. & Claybaugh, J.R. (1980). Plasma renin activity, vasopressin concentration, and urinary excretory responses to exercise in men. *Journal of Applied Physiology*, *49*, 930–936.
- Wade, C.E. (1984). Response, regulation, and actions of vasopressin during exercise: A review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *16*, 506–511.
- Wade, C.E., & Claybaugh, J.R. (1980). Plasma renin activity, vasopressin concentration, and urinary excretory responses to exercise in men. *Journal of Applied Physiology*, *49*, 930–936.
- Wall, B.A., Watson, G., Peiffer, J.J., Abbiss, C.R., Siegel, R., & Laursen, P.B. (2015). Current hydration guidelines are erroneous: dehydration does not impair exercise performance in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(16), 1077-1083.
- Walsh, R.M., Noakes, T.D., Hawley, J.A., & Dennis, S.C. (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International Journal of Sports Medicine*, *15*(7), 392-398.
- Watso, J.C., & Farquhar, W.B. (2019). Hydration status and cardiovascular function. *Nutrients*, *11*(8), 1866, 1-21.
- Watson, P., Head, K., Pitiot, A., Morris, P., & Maughan, R.J. (2010). Effect of exercise and heat-induced hypohydration on brain volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*, 2197-2204.
- Wemple, R.D., Lamb, D.R., & McKeever, K.H. (1997). Caffeine vs caffeine-free sports drinks: effects on urine production at rest and during prolonged exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *18*(1), 40-46.
- Wenger, C.B. (1972). Heat of evaporation of sweat: thermodynamic considerations. *Journal of Applied Physiology*, *32*(4), 456–459.

- Wettendorff, H. (1900). Modifications du Sang Sous L'influence de la Privation D'eau: Contribution à L'étude de la Soif. Ph.D. Thesis, Free University of Brussels, Faculty of Medicine, Brussels, Belgium.
- Wettendorff, H. (1901). Modifications du sang sous l'influence de la privation d'eau: contribution à l'étude de la soif. Thesis, Free University of Brussels, Faculty of Medicine, Brussels, Belgium.
- Xu, C., Zhang, C., Wang, X.L., Liu, T.Z., Zeng, X.T., Li, S., & Duan, X.W. (2015). Self-fluid management in prevention of kidney stones: a PRISMA-compliant systematic review and dose-response meta-analysis of observational studies. *Medicine*, 94(27), 1042.
- Young, R.J., Beerman, L.E., & Vanderhoof, J A. (1998). Increasing oral fluids in chronic constipation in children. *Gastroenterology Nursing*, 21(4), 156-161.
- Zerbe, R.I., & Robertson, G.L. (1983). Osmoregulation of thirst and vasopressin secretion in human subjects: effect of various solutes. *American Journal of Physiology*, 244, 607-614.
- Zhang, E.B. (1996). Intestinal water and electrolyte transport. *Gastrointestinal, Hepatobiliary, and Nutritional Physiology*, 91-118.
- Zhang, E.B., Sitrin, M.D., & Balack, D.B. (1996). Intestinal water and electrolyte transport. *Gastrointestinal, Hepatobiliary, and Nutritional Physiology*, 91-118.
- Żychowska, M., Półrola, P., Chruściński, G., Zielińska, J., & Góral-Półrola, J. (2017). Effects of sauna bathing on stress related genes expression in athletes and non-athletes. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24, 104–107.