

11^ο ΜΑΘΗΜΑ: ΘΕΡΜΟΡΥΘΜΙΣΗ & ΑΣΚΗΣΗ

Άσκηση

- 10-20 φορές αύξηση της παραγωγής μεταβολικής θερμότητας.
- <30% της παραγόμενης ενέργειας μετατρέπεται σε μηχανικό έργο.
- >70% αποδίδεται ως θερμότητα και προστίθεται στο θερμικό φορτίο του σώματος.
- Διάρκεια & ένταση οδηγούν σε συσσώρευση θερμότητας.

Άσκηση

- Το βέλτιστο φάσμα θερμοκρασίας περιβάλλοντος είναι από 15°C έως 22°C ανάλογα με τον ρουχισμό και την ένταση της άσκησης.
- Ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, είναι ασυνήθιστο όταν ένα άτομο ασκείται, να μην αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος του.

Τρόποι αποβολής θερμότητας



Τρόποι αποβολής θερμότητας

- **Εξάτμιση** μέσω εφίδρωσης
- **Αγωγιμότητα** - Μεταφορά θερμότητας με επαφή
- **Ακτινοβολία** θερμότητας στο περιβάλλον
- **Μεταφορά** θερμότητας

Διαφορετική % συμμετοχή εξαρτώμενη από:

- **Θερμοκρασία**
- **Υγρασία**
- **Περιβάλλον άσκησης** (νερό-αέρας)

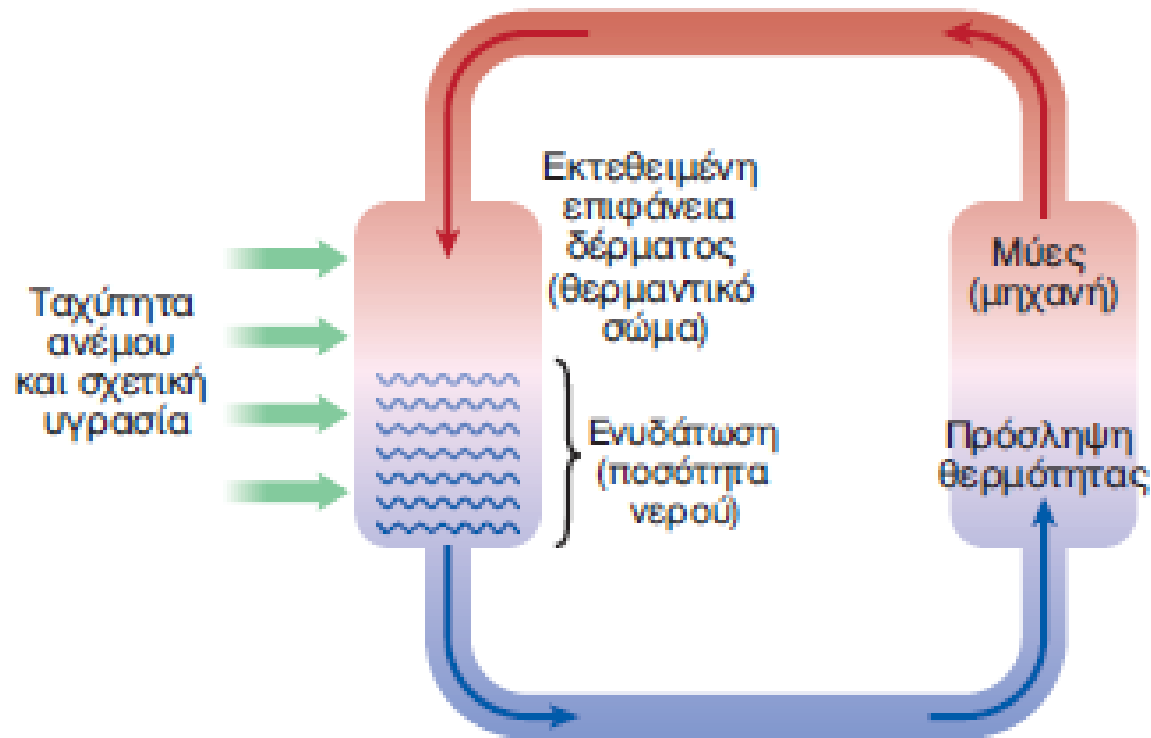
Τρόποι αποβολής θερμότητας

- **Ακτινοβολία** - μεταφορά θερμότητας (με μορφή υπέρυθρων ακτίνων) από μια θερμή επιφάνεια σε μια ψυχρή χωρίς άμεση επαφή μεταξύ τους
- **Αγωγιμότητα** - μεταφορά θερμότητας από μια θερμή επιφάνεια σε μια ψυχρή όταν οι δυο επιφάνειες βρίσκονται σε άμεση επαφή μεταξύ τους (επαφή με νερό - κολύμβηση)
- **Μεταφορά με ρεύμα αέρα** – Η διαρκής ανανέωση του θερμότερου στρώματος αέρα που περιβάλλει το σώμα από ψυχρότερα (άνεμος).

Εξάτμιση

- Η **εξάτμιση** αποτελεί τον **κύριο τρόπο αποβολής θερμότητας κατά την άσκηση** (υπό συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας).
- Για να **εξατμιστεί** από την επιφάνεια του σώματος 1L ιδρώτα απαιτούνται 580kcal.
- Η εξάτμιση του ιδρώτα ψύχει το δέρμα που με τη σειρά του ψύχει το αρτηριακό αίμα. Το φλεβικό αίμα απομακρύνεται από το δέρμα και επιστρέφει ψυχρότερο στην κεντρική κυκλοφορία.

Εξάτμιση



● **Εικόνα 14.7** Μοντέλο της αποβολής θερμότητας μέσω εξάτμισης του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος. (© Cengage Learning 2013)

Εξάτμιση

- Υψηλή θερμότητα περιβάλλοντος (πρόσθεση θερμότητας στο σώμα)



- Μεταβολική θερμότητα (παραγόμενη από την άσκηση)

Τότε:

- Η αποβολή μέσω εξάτμισης αποτελεί τη **μόνη αποτελεσματική οδό απομάκρυνσης θερμότητας** από το σώμα.

Παράγοντες που επηρεάζουν την εξάτμιση του ιδρώτα

- **Η επιφάνεια** (εμβαδόν) του δέρματος που εκτίθεται στον αέρα
- **Η σχετική υγρασία** – (υψηλή υγρασία άρα συσσώρευση ιδρώτα στο δέρμα σημαίνει χαμηλή ικανότητα εξάτμισης)
- **Ο ρυθμός ροής του αέρα** στην επιφάνεια του σώματος
- **Η δυνατότητα των ρούχων να απορροφούν τον ιδρώτα** από την επιφάνεια του δέρματος και να τον εκθέτουν στο περιβάλλον.

Εξάτμιση- Σύσταση ιδρώτα

Σύσταση ιδρώτα

- Νερό (99%)
- Ιχνοστοιχεία

Απώλεια ηλεκτρολυτών

- Na^+
- K^+
- Cl^-
- Mg^{++}

Αποβολή θερμότητας – θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η σχετική συνεισφορά της κάθε μεθόδου εξαρτάται από: θερμοκρασία περιβάλλοντος, σχετική υγρασία & ένταση άσκησης.

- Στις φυσιολογικές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος οι μηχανισμοί της αγωγής, περιαγωγής, και ακτινοβολίας είναι σχεδόν ασήμαντοι.
- Απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης - κυρίαρχος μηχανισμός απώλειας θερμότητας.
- Σε θερμές, υγρές συνθήκες η εξάτμιση αποτελεί >80% της αποβολής θερμότητας.
- Σε πολύ θερμές, ξηρές συνθήκες η εξάτμιση αποτελεί το 98%.

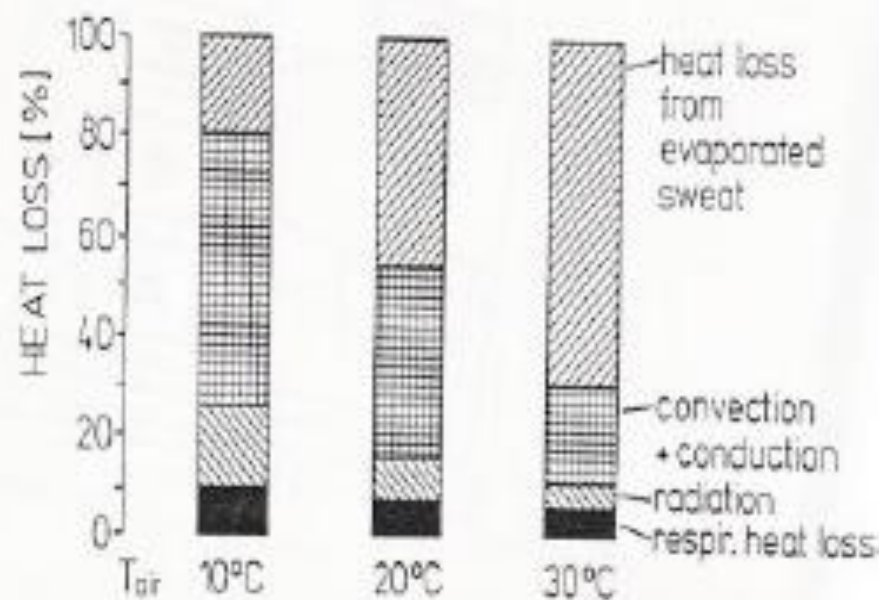


FIGURE 2-3. Components of heat loss during exercise at different ambient temperatures. (Data from Minirel, 1977)

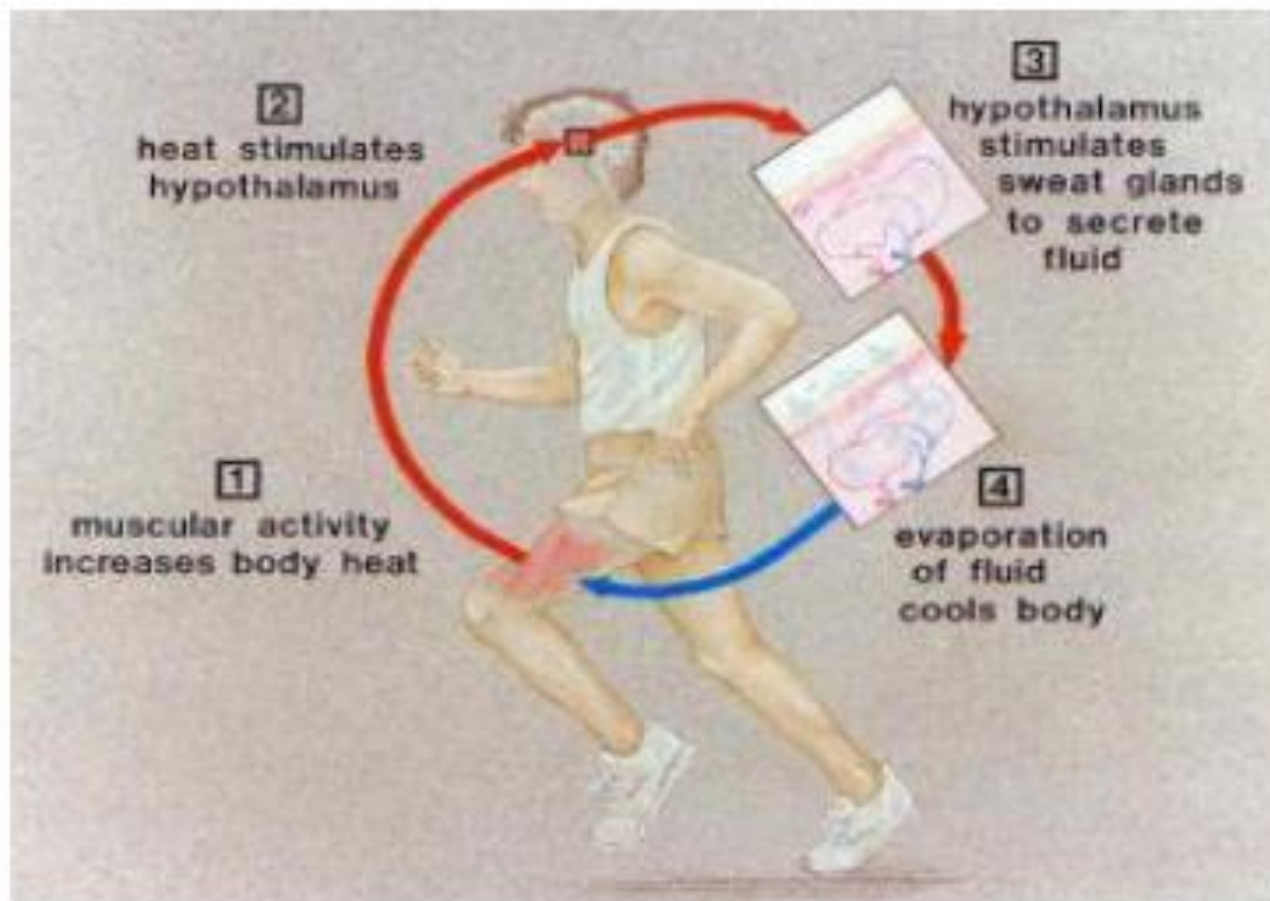
Θερμορύθμιση

- **Η σχετικά σταθερή θερμοκρασία του σώματος ($\sim 37^{\circ}\text{C}$) εξασφαλίζει την ιδανική και απαραίτητη θερμοκρασία για τη διεξαγωγή των φυσιολογικών λειτουργιών και βιοχημικών αντιδράσεων (ενζυμικές αντιδράσεις - μεταβολικές διαδικασίες- ακεραιότητα κυττάρων).**

Θερμορύθμιση

- Η διατήρηση αυτής της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με το μηχανισμό της θερμορύθμισης
- **Θερμορύθμιση** είναι η νευρική διαδικασία μέσω της οποίας ο οργανισμός αντιλαμβάνεται αν η θερμοκρασία αποκλίνει από τους 37°C και ενεργοποιεί φυσιολογικές αποκρίσεις για να ψύξει ή να θερμάνει το σώμα.

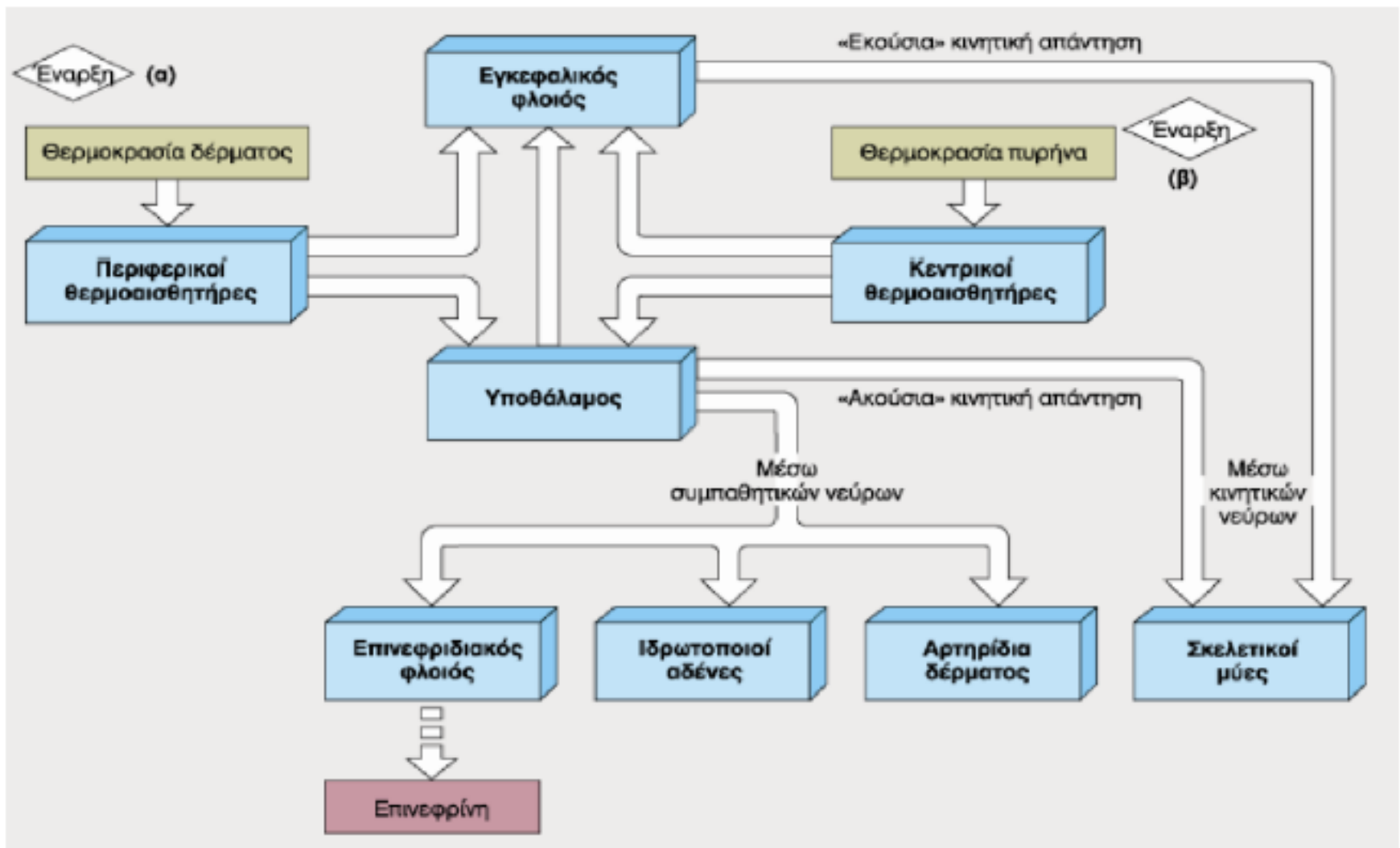
Θερμορύθμιση



Θερμορύθμιση

- Η θερμοκρασία ελέγχεται από θερμουποδοχείς στο σώμα και όταν αποκλίνει από τους 37° , τότε το μήνυμα αυτό φθάνει στο θερμορυθμιστικό κέντρο του υποθαλάμου, που αποτελεί το 'θερμοστάτη' του οργανισμού.
- Ο υποθάλαμος τότε μεταβιβάζει ανάλογα ερεθίσματα στους ιδρωτοποιούς αδένες και στο αγγειοκινητικό κέντρο.

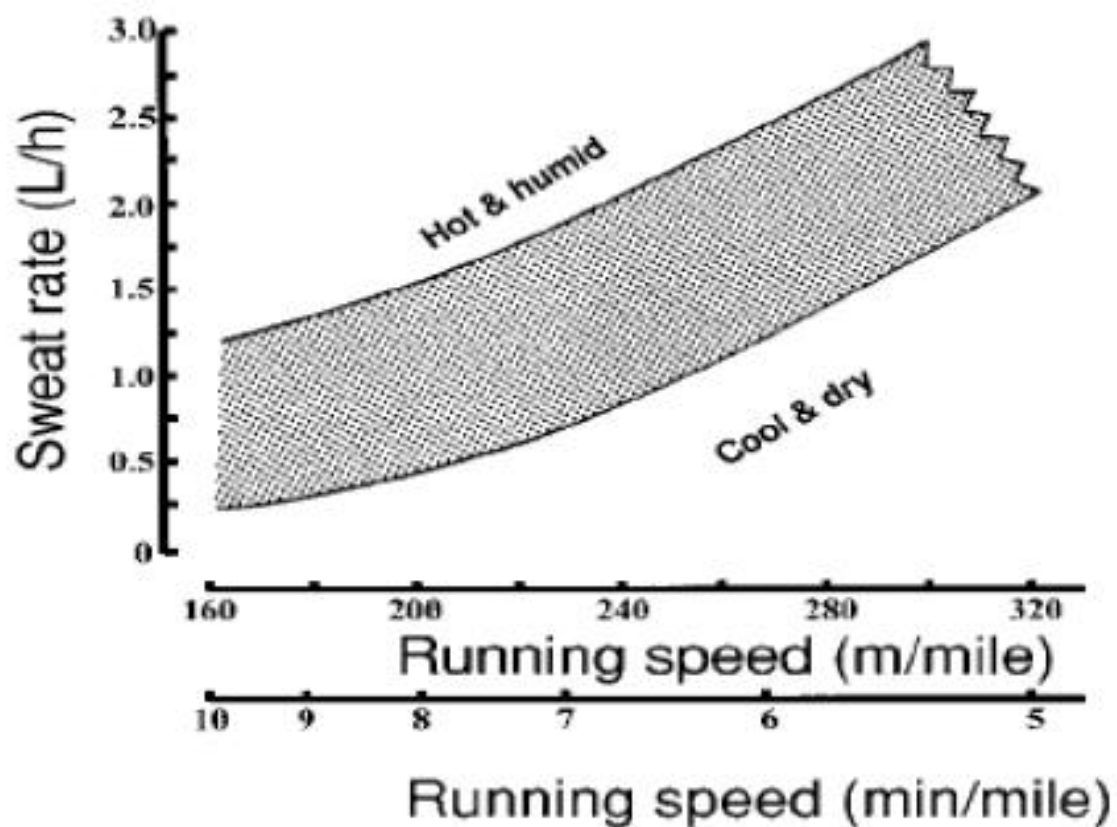
Μηχανισμός θερμορύθμισης



Θερμορύθμιση

- Σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας (και υγρασίας) ο ρυθμός εφίδρωσης μπορεί να ξεπεράσει τα 2L/h.
- Ο ιδρώτας αυτός συσσωρεύεται στην επιφάνεια του σώματος, δεν εξατμίζεται και καθιστά **αναποτελεσματικό τον μηχανισμό ψύξης.**
- Επιπλέον επιταχύνεται η αφυδάτωση αφού συμπαρασύρονται και αποβάλλονται σημαντικές ποσότητες Na^+ .

Θερμορύθμιση



Απώλειες νερού κατά την ηρεμία - άσκηση

Σε φυσιολογικές συνθήκες 2,5 L/d (κυρίως μέσω των ούρων)

- 30% μέσω αναπνοής και δέρματος
- 60% από τους νεφρούς (ούρα 50-60 ml/h)
- 5% από περιττώματα
- 5% με εφίδρωση

Σε συνθήκες άσκησης και υψηλής θερμοκρασίας 6 - 7 L

- Το μεγαλύτερο μέρος μέσω εφίδρωσης

Απώλεια υγρών κατά την άσκηση

- **Αύξηση θερμοκρασίας - Μειωμένη απόδοση**
(λειτουργία ιστών, ορμονών, ενζύμων)
- **Απαραίτητη η αναπλήρωση υγρών και ηλεκτρολυτών –**
διατήρηση απόδοσης και αποφυγή προβλημάτων υγείας

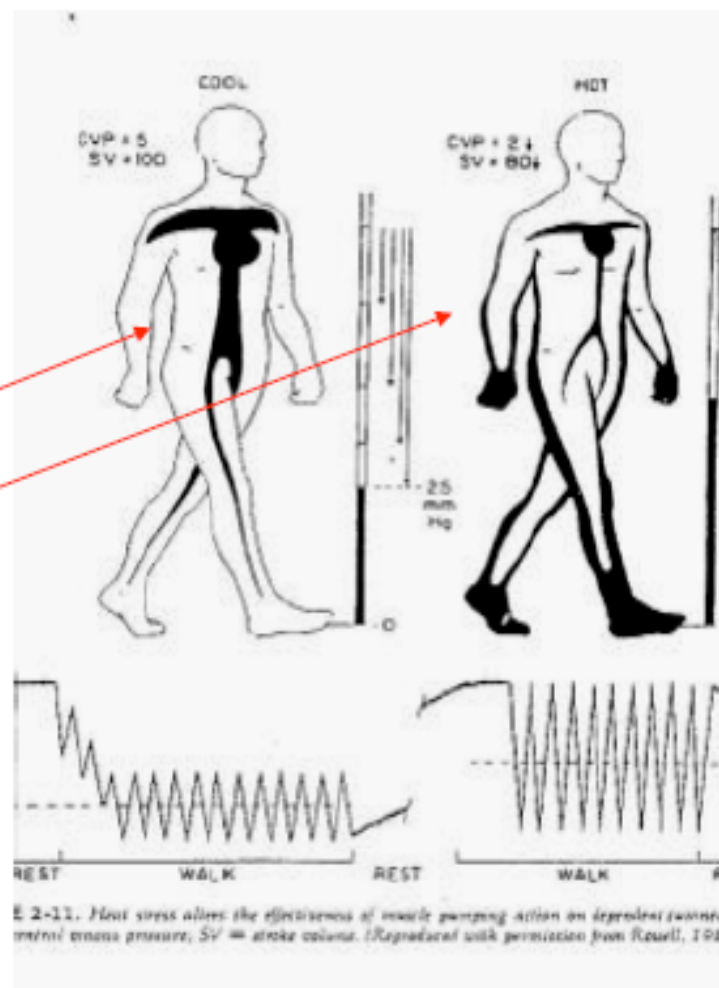
Παράγοντες που επηρεάζουν την απώλεια νερού

- Διακυμάνσεις μεταξύ αθλημάτων και αθλητών
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Υγρασία περιβάλλοντος
- Σωματικό μέγεθος
- Ένταση άσκησης
- Διάρκεια άσκησης
- Ενδυμασία

Θερμορύθμιση σε θερμό – ψυχρό περιβάλλον

Κατανομή της ροής του αίματος κατά τη διάρκεια άσκησης σε:

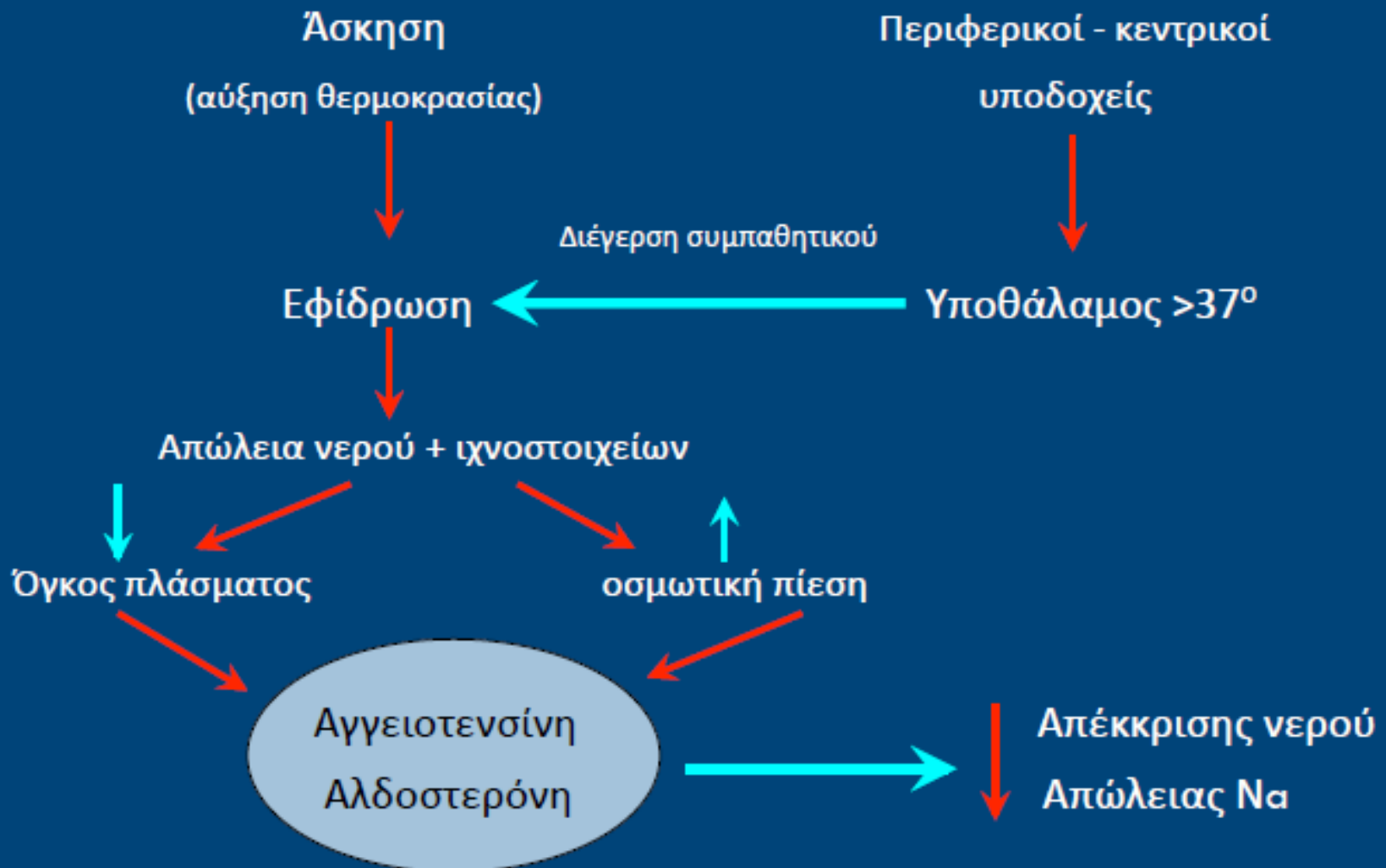
- ❑ ψυχρό περιβάλλον
- ❑ θερμό περιβάλλον



Θερμορύθμιση σε θερμό – ψυχρό περιβάλλον

- Όταν η θερμοκρασία του πυρήνα ή του δέρματος γίνει αντιληπτή ως υπερβολικά υψηλή ο οργανισμός ανακατανέμει την αιματική ροή προς την επιφάνεια.
- Όταν η θερμοκρασία του δέρματος γίνεται αντιληπτή ως υπερβολικά χαμηλή η ανακατανομή της αιματικής ροής γίνεται προς τα ζωτικά όργανα (καρδιά, πνεύμονες, εγκέφαλος, νεφροί).

Μηχανισμός ρύθμισης απώλειας νερού



Μείωση όγκου πλάσματος προκαλεί

Μείωση όγκου παλμού

Η καρδιακή παροχή πρέπει να μείνει
αυξημένη για την άσκηση

Μείωση όγκου αίματος στα
σπλάχνα

Αυξάνεται η ΚΣ

Περιορίζεται η ροή αίματος
στα σπλάχνα

Αυξάνει η θερμοκρασία πυρήνα

Θερμική εξάντληση - θερμοπληξία

Ανταγωνισμός κυκλοφορικού και θερμορύθμισης

Αδυναμία καρδιαγγειακού
να καλύψει ανάγκες σε μυς-δέρμα



Μείωση πίεσης



Τάση για λιποθυμία
Εγκατάλειψη

Θερμική εξάντληση

Κυρίως σε απροπόνητους

Προσπάθεια διατήρησης
αιματικής ροής σε μυς- δέρμα



Επιπλέον απώλεια ιδρώτα



Αυξημένη αφυδάτωση



Σημαντική μείωση όγκου πλάσματος
Αδυναμία διατήρησης αιματ. ροής κ
περαιτέρω εφίδρωσης - **Θερμοπληξία**

Κυρίως σε καλά προπονημένους

Θερμική εξάντληση - θερμοπληξία

<http://www.youtube.com/watchv=A0M7v3Epsw8&feature=related>



Σχέση θερμοκρασίας – υγρασίας κατά την άσκηση



Δείκτης θερμοκρασίας υγρής σφαίρας (WBGT-Wet Bulb Globe Temperature)

Εύρος (°C)	Ένδειξη	Δραστηριότητα
<18	Καμία	Απεριόριστη
18-25	Πράσινη	Να είστε σε εγρήγορση για πιθανή αύξηση του δείκτη WBGT και για συμπτώματα θερμοπληξίας
23-28	Κίτρινη	Τα μη εγκλιματισμένα άτομα θα πρέπει να περιορίσουν τις αθλητικές δραστηριότητές τους
28-29,9	Κόκκινη	Όλα τα άτομα, εκτός από αυτά που είναι επαρκώς εγκλιματισμένα, θα πρέπει να περιορίσουν τις αθλητικές δραστηριότητές τους
≥30	Μαύρη	Όλες οι αθλητικές δραστηριότητες θα πρέπει να σταματήσουν

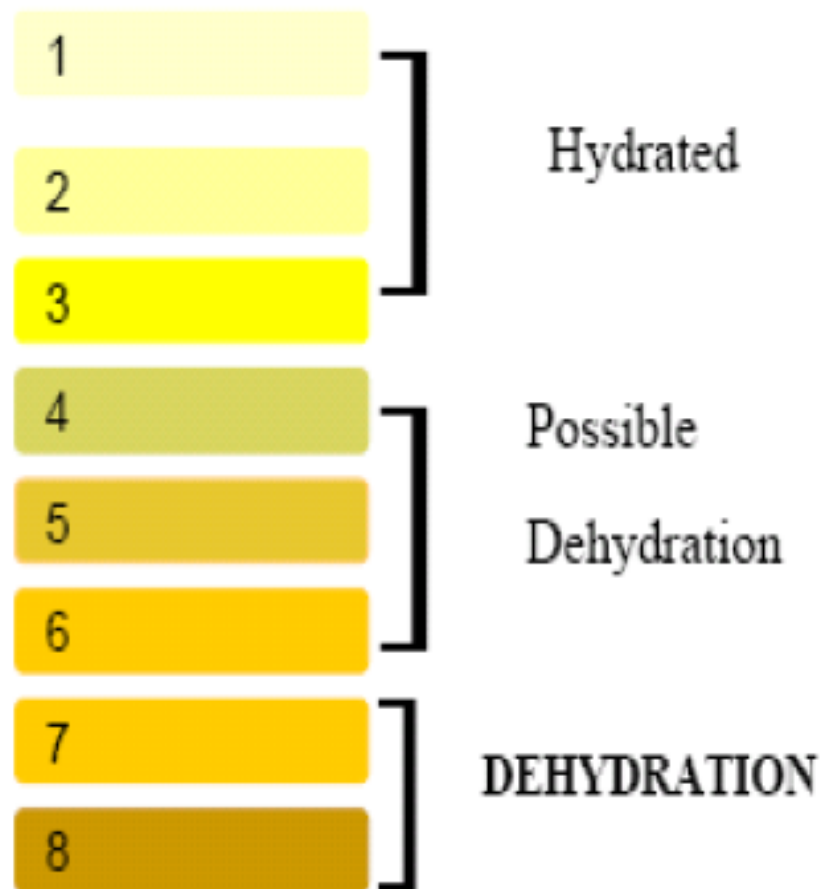
Νερό - θερμορύθμιση

Μαραθώνιος

- παραγωγή νερού από τους μυς ~500ml
- απώλεια βάρους έως 8% (με αναπλήρωση)
- μείωση νερού σώματος 6-10%

Αφυδάτωση

Προσδιορισμός
αφυδάτωσης βάση του
χρώματος των ούρων*



*Πίνακας χρώματος ούρων του Armstrong

Αναπλήρωση υγρών

Πόσο?

Ποτέ?

Με ποια σύσταση?

Θερμοκρασία?



Αθλητικά ποτά - Διαλύματα ηλεκτρολυτών

Τα αθλητικά ποτά ή διαλύματα ηλεκτρολυτών χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- υποτονικά,
- ισοτονικά
- υπερτονικά

Οι όροι αφορούν στην οσμωτική πίεση που αναπτύσσεται στο ποτό από τα διαλυμένα σε αυτό συστατικά, και στην οσμωτική πίεση των υγρών του σώματος.

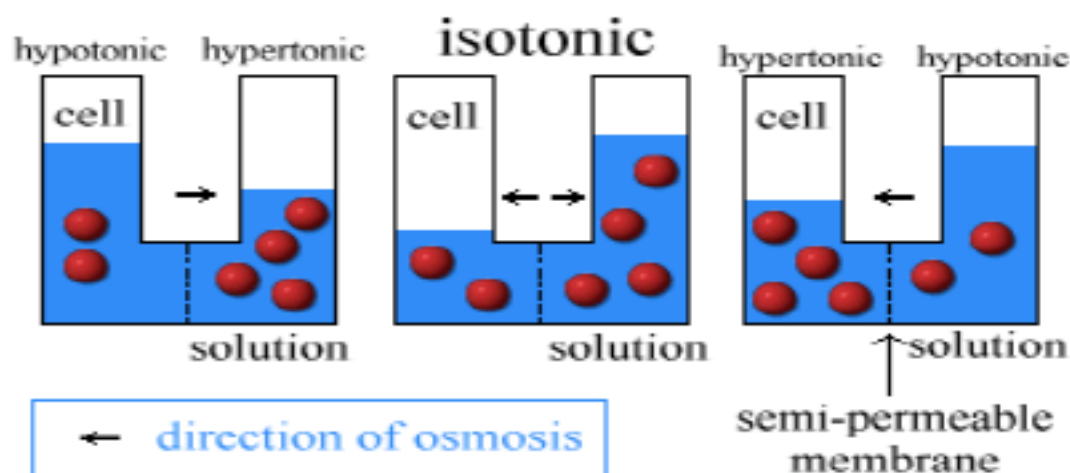
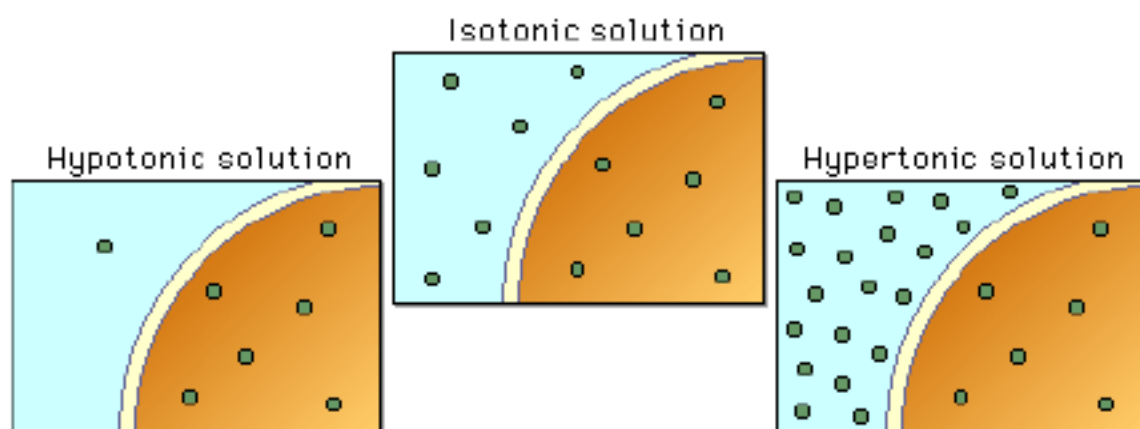
Αθλητικά ποτά - Διαλύματα ηλεκτρολυτών

- Τα υποτονικά, περιέχουν <6% υδατάνθρακες απορροφώνται εύκολα, βοηθούν στην αναπλήρωση υγρών, ειδικά εάν έχει προστεθεί σε αυτά μικρή ποσότητα αλατιού, αλλά δεν συνεισφέρουν ενεργειακά.
- Τα ισοτονικά περιέχουν μικρή ποσότητα υδατανθράκων (6-8%) και παρέχουν μικρή, αλλά σημαντική ποσότητα ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης. Απορροφώνται σχετικά εύκολα και είναι χρήσιμα πριν, κατά, και μετά την άσκηση (κατά την παρασκευή διαλυμάτων με νερό, λόγω της οσμωτικότητάς του, πρέπει να προστίθεται μικρότερη δόση της αναγραφόμενης, ώστε να μη γίνεται το διάλυμα υπερτονικό).

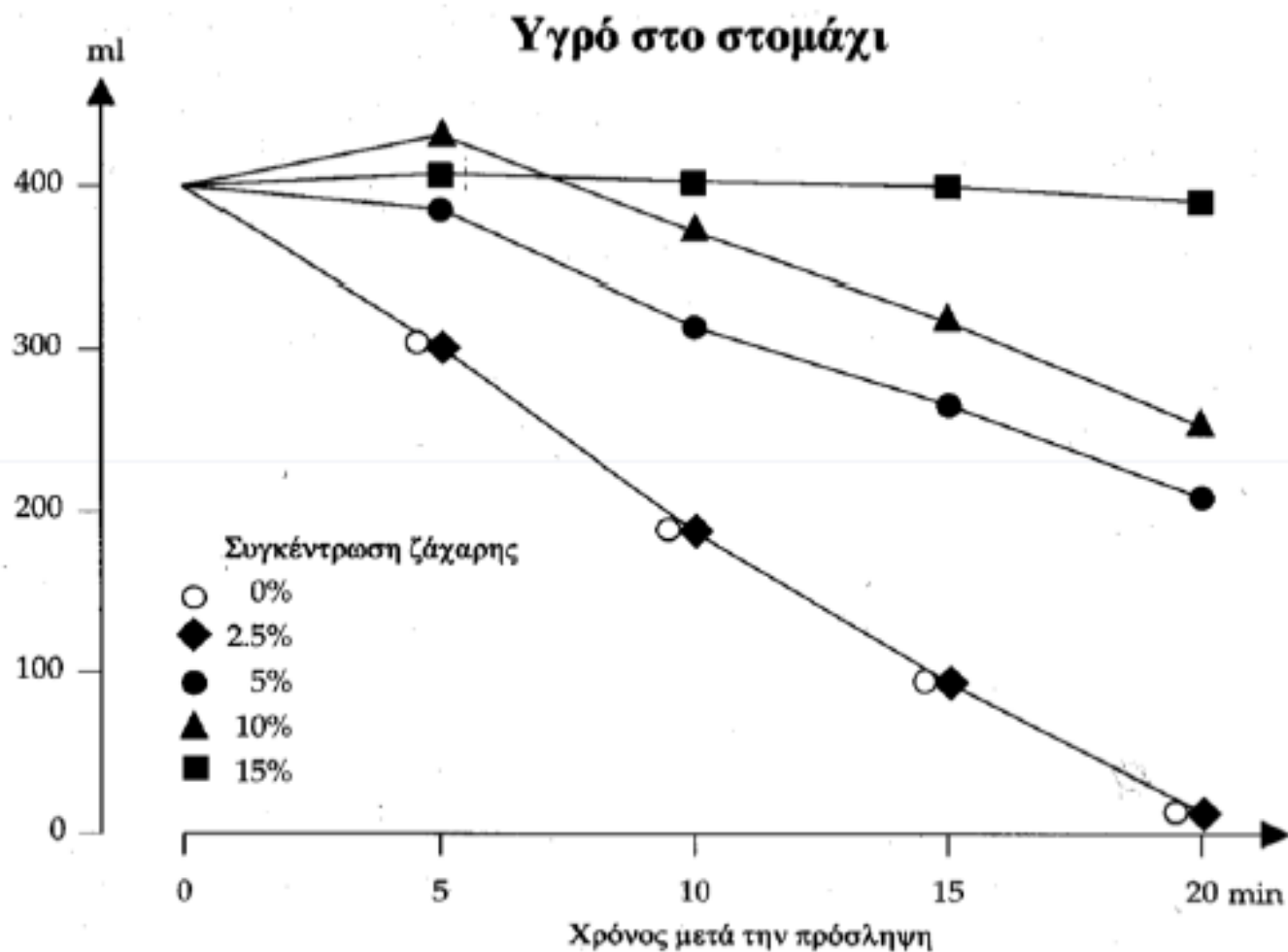
Αθλητικά ποτά - Διαλύματα ηλεκτρολυτών

- Τα υπερτονικά περιέχουν **>10%** υδατάνθρακες, αναστέλλουν την απορρόφηση υγρών και γενικά δε συστήνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Αθλητικά ποτά - Διαλύματα ηλεκτρολυτών



Απορρόφηση διαλυμάτων CHO



Δίψα

Ανακριβής δείκτης υδάτωσης

- Αγνόηση των ‘σημάτων’
- Μη έγκαιρη και επαρκής παροχή υγρών όταν γίνει αντιληπτή
- Καθυστερημένη ανταπόκριση του μηχανισμού*

*Ωσμωτικότητα πλάσματος καλά ενυδατωμένου αθλητή ~ 285 mOsm/kg
‘Κατώφλι’ δίψας ~ 293 mOsm/kg

Total Body Water – [(TBWx285) / 293] = απώλεια νερού μέχρι το σημείο αντίληψης δίψας

Πρόσληψη πριν την άσκηση / αγώνα

- Προσπάθεια να διατηρηθεί το σωματικό βάρος και οι ηλεκτρολύτες

Εάν δεν είναι δυνατόν

- 4 ώρες πριν προοδευτική πρόσληψη 5-7 ml/kg BM (Έλεγχος χρώματος ούρων)
- Επιπλέον 3-5 ml/kg BM, αν χρειάζεται 2 ώρες πριν την άσκηση

Πρόσληψη κατά τη διάρκεια

Πρόσληψη *ad libitum* (κατά βούληση-ελεύθερα)

- Προτείνεται 0.4 έως 0.8 l/h
- Πρόσληψη CHO 30-60g/h για άσκηση >45 min
- Προσθήκη Na⁺ σε άσκηση διάρκειας >4h

Αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια

Η γαστρική απορρόφηση μειώνεται όταν η ένταση ξεπερνά το 75% της $VO_2\max$

Όταν η άσκηση διαρκεί:

- <1h μόνο νερό είναι αρκετό
- >1h χορηγούνται CHO (6-8%) Na, Cl

Το είδος της άσκησης επηρεάζει το ρυθμό εφίδρωσης

Mouth rinse – Face cooling

- 'Mouth rinse' – ξέπλυμα στοματοφαρυγγικής κοιλότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης – διέγερση υποδοχέων – μείωση αισθήματος κόπωσης
- Face cooling / Head cooling – διέγερση υποδοχέων

Αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια

- Μειώνει:
 - την καρδιακή συχνότητα
 - την υποκειμενική αντίληψη κόπωσης
- Το έλλειμμα υγρών είναι αναπόφευκτο
- Προσπάθεια για απώλεια <2-3%
- Τα δροσερά ποτά πετυχαίνουν καλύτερη γαστρική κένωση (~10 -15°C)
- Η γεύση είναι δυνατόν να βοηθήσει σε περαιτέρω πρόσληψη

Αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια

Η γαστρική απορρόφηση μειώνεται όταν η ένταση ξεπερνά το 75% της $VO_2\max$

Όταν η άσκηση διαρκεί:

- <1h μόνο νερό είναι αρκετό
- >1h χορηγούμε CHO (6-8%) Na, Cl

Το είδος της άσκησης επηρεάζει το ρυθμό εφίδρωσης

Υπερβολική πρόσληψη υγρών

Πρόσληψη > Απώλεια

- Πιθανή πρόκληση αραίωσης Na στο πλάσμα με αποτέλεσμα υπονατριάμια (130mmol/L)
- Συμπτώματα: πονοκέφαλος, εμετός, οίδημα σε χέρια/ πόδια, αποπροσανατολισμός, σύγχυση
- Παρατηρείται κυρίως σε αγώνες >4 ώρες, σε μικρόσωμους αργούς δρομείς, που πίνουν υποτονικά ποτά πριν και κατά τη διάρκεια, ενώ ταυτόχρονα έχουν περιορισμένη εφίδρωση

Πρόσληψη στην αποκατάσταση

- Στόχος είναι η πλήρης αναπλήρωση των χαμένων υγρών
- Να ακολουθούν γεύματα με αρκετό νερό και Na
- Για γρήγορη αποκατάσταση 150% απώλειας του σωματικού βάρους + Na

Μια διαφορετική άποψη για την πρόσληψη υγρών

Η άποψη του Tim Noakes

- ❑ Ο σχεδιασμός των μελετών απέχει από την πραγματικότητα
- ❑ Υψηλού επιπέδου αθλητές πίνουν πολύ λιγότερο νερό
- ❑ Διαφορετική αντίδραση εάν ο αθλητής γνωρίζει ότι δεν θα λάβει υγρά κατά τον αγώνα
- ❑ Αφυδάτωση ή υπερβολική πρόσληψη πριν τον αγώνα είναι δυνατόν να μεταβάλει την αγωνιστική επιθυμία

Ο εγκέφαλος καθορίζει το επίπεδο έντασης (central governor theory) όταν 'γνωρίζει' ότι θα ασκηθεί χωρίς πρόσληψη υγρών

- ❑ Ρύθμιση της έντασης για διατήρηση της ομοιόστασης
- ❑ Μεγάλες διακυμάνσεις πιθανολογούν γενετική προδιάθεση
- ❑ Πίνουμε όταν διψάσουμε

Θερμοπληξία

Οι κρίσιμοι παράγοντες που καθορίζουν τον κίνδυνο θερμοπληξίας (heatstroke) δεν είναι το ποσοστό αφυδάτωσης αλλά:

- Ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας του αθλητή και
- Η ικανότητα του περιβάλλοντος να απορροφήσει αυτήν τη θερμότητα.