

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑΣ ΜΠΟΓΑ

"Θερμορρύθμιση κατά την άσκηση"

Διπλωματική εργασία

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Γκίσης

Τρίκαλα, Σεπτέμβριος 1998

ΠΤ - ΤΕΦΑΑ  
1998  
ΜΠΟ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000048137



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 1343 / 1

Ημερ. Εισ.: 19 - 09 - 2000

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΤΕΦΑΑ

1998

ΜΠΟ

2.1.4	Απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης .....	41
2.1.5	Απώλεια θερμότητας σε υψηλές περιβάλλουσες θερμοκρασίες .....	41
2.2	Αλληλεπίδραση των μηχανισμών αποβολής της θερμοκρασίας .....	42
2.2.1	Κυκλοφορία .....	42
2.2.2	Εξάτμιση .....	43
2.2.3	Ορμονικές ρυθμίσεις .....	43
2.3	Περιβαλλοντική ένταση κατά την άσκηση .....	44
2.3.1	Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις .....	44
2.3.2	Συστολή και διαστολή .....	45
2.3.3	Διατήρηση της πίεσης του αίματος .....	45
2.4	Η θερμοκρασία του πυρήνα κατά την άσκηση .....	46
2.4.1	Ρύθμιση υψηλοτέρων θερμοκρασιών του πυρήνα .....	46
2.4.2	Επίδραση της άσκησης .....	46
2.4.3	Εγκλιματισμός στη ζέστη .....	47
2.5	Άσκηση στο κρύο .....	52
2.5.1	Πάχος σώματος, άσκηση και έντονο ψύχος .....	55
2.5.2	Εγκλιματισμός στο κρύο .....	56
2.5.3	Δείκτης του δροσερού αέρα (wind chill index) .....	59
	Κεφάλαιο 3 .....	61
3.1	Άσκηση και περιβάλλον: διαταραχές .....	61
3.1.1	Θερμικοί νόσοι .....	61
3.1.1.1	Θερμοπληξία .....	61
3.1.1.2	Θερμική εξάντληση .....	63
3.1.1.3	Θερμικοί σπασμοί .....	64
3.1.1.4	Τραυματισμοί στο κρύο .....	65
3.2	Ανώτερα όρια θερμικής ανοχής .....	66
3.2.1	Ενδυση .....	67
3.2.1.1	Ενδυση στο κρύο .....	69
3.2.1.2	Ενδυση στη ζέστη .....	70
3.2.1.3	Μικροκλίμα .....	70
3.2.1.4	Ηλικία .....	71

3.2.1.5 Φύλο .....	73
3.2.1.6 Πάχος .....	74
3.3 Παράγοντες που καθορίζουν τις διαταραχές στη ζέση.....	74
3.3.1 Παράγοντες διαταραχών στο κρύο.....	76
3.4 Προθέρμανση και αποθεραπεία .....	78
3.5 Επίδραση προθέρμανσης σε διάφορα αθλήματα .....	82
Κεφάλαιο 4.....	84
4.1 Θερμορρύθμιση κατά την άσκηση σε υγιείς μεγαλύτερους ενήλικες.....	84
4.1.1 Άσκηση σε ζεστό περιβάλλον.....	85
4.1.2 Θερμοεγκλιματισμός και ηλικία .....	86
4.2 Θερμορρύθμιση σε γυναίκες.....	87
4.2.1 Άσκηση στο κρύο .....	87
4.2.2 Άσκηση στη ζέση.....	88
4.3 Άσκηση σε υψόμετρο .....	89
4.3.1 Εγκλιματισμός.....	89
4.3.2 Μεταβολές των διαφόρων συστημάτων κατά την διαμονή και την άσκηση σε υψηλό υψόμετρο .....	91
4.3.3 Αναταραχές του οργανισμού σε υψηλό υψόμετρο.....	92
Κεφάλαιο 5.....	95
5.1 Υγρά του σώματος .....	95
5.1.1 Απώλεια νερού .....	95
5.1.2 Δίψα .....	102
5.1.3 Σημαντικές συνέπειες .....	104
5.2 Αντικατάσταση νερού .....	106
5.2.1 Πρακτικές προτάσεις αντικατάστασης υγρών.....	106
5.2.2 Γαστρικό άδειασμα .....	107
5.2.3 Αντικατάσταση ηλεκτρολυτών .....	107
Επίλογος .....	110
Βιβλιογραφία.....	111

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο οργανισμός στη διάρκεια μιας φυσικής δραστηριότητας δεν υφίσταται μόνο την έκταση της άσκησης, ως παράγοντα μηχανικής επιφόρτισης, αλλά και την επίδραση άλλων παραγόντων, όπως οι μεταβολές της θερμοκρασίας. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη και η ανάλυση αυτών των μεταβολών της θερμοκρασίας, που δρουν καθοριστικά στη ρύθμιση της άσκησης, χωρίς να υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος ερευνητικός χαρακτήρας.

Η εργασία ξεκινάει με την ανάλυση του όρου ομοιόσταση που διαταράσσεται κατά την άσκηση και επεκτείνεται στην έννοια της θερμορρύθμισης κατά την άσκηση.

### **Συγκεκριμένα:**

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στη φυσιολογική σωματική θερμοκρασία και στον τρόπο ρύθμισης της σωματικής θερμοκρασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι αλλαγές στη θερμοκρασία του σώματος με την άσκηση, ο τρόπος με τον οποίο ενεργοποιούνται οι μηχανισμοί απώλειας θερμότητας και οι ευεργετικές ιδιότητες του εγκλιματισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι διάφορες θερμικές διαταραχές που προκαλούνται κατά την άσκηση και ο τρόπος πρόληψης αυτών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση σε υγιείς μεγαλύτερους ενήλικες, καθώς και οι επιδράσεις της άσκησης σε ψηλό υψόμετρο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος ρύθμισης της υδρικής ισορροπίας κατά την άσκηση, που αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.

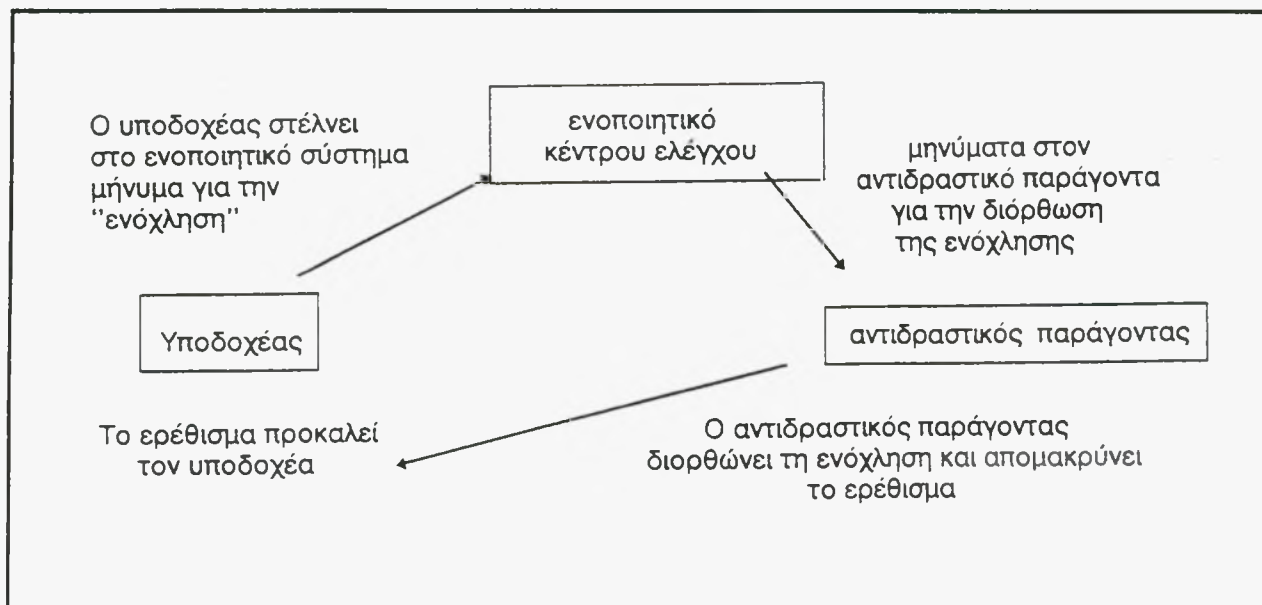


## ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ο όρος ομοιοστασία αναφέρεται στην σταθερότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος αποτελεί γενικό φαινόμενο όλων των εμβρύων συστημάτων και επιτρέπει στα ζώα, στα φυτά και στον άνθρωπο να επιζήσουν στις εναλλαγές και στο στρες του περιβάλλοντος.

### 1.1 Φύση των συστημάτων ελέγχου

Το βιολογικό σύστημα ελέγχου i) αυτό μπορεί να καθοριστεί ως μια σειρά "συνδεδεμένων" συστατικών που υπηρετούν την διατήρηση μιας φυσικής ή χημικής παραμέτρου της σταθερότητας του σώματος. Αυτά τα γενικά στοιχεία ενός βιολογικού συστήματος ελέγχου είναι α) ο υποδοχέας β) το ενοποιητικό κέντρο γ) ο αντιδραστικός παράγοντας.



Σχήμα 1: Σχήμα των συστατικών που αποτελούν το βιολογικό σύστημα ελέγχου.

Η εικ.1 παρουσιάζει το σχήμα ενός τέτοιου συστήματος. Το μήνυμα για να ξεκινήσει η όλη διαδικασία του συστήματος ελέγχου είναι το ερέθισμα. (π.χ. η αλλαγή στο περιβάλλον). Το ερέθισμα διεγείρει τον υποδοχέα ο οποίος στέλνει μήνυμα στο ενοποιητικό κέντρο, που μπορεί να θεωρηθεί ως "δοχείο" ελέγχου. Αυτό το κέντρο εκτιμάει τη δύναμη του ερεθίσματος και στέλνει ένα "παραγωγικό" μήνυμα στο συστατικό γνωστό ως αντιδραστικός παράγοντας που σχετίζεται με την διόρθωση της ενόχλησης που οδηγεί σε συμπεριφορά που αλλάζει το εσωτερικό περιβάλλον πίσω στο φυσιολογικό. Αυτή η επιστροφή οδηγεί σε μια μείωση του αρχικού ερεθίσματος το οποίο ήταν υπεύθυνο για την αρχική ανταπόκριση του συστήματος ελέγχου. Τα περισσότερα συστήματα ελέγχου του σώματος, διευθύνουν μέσω του επανατροφοδοτικού ελέγχου (GAYTON, 1990).

#### **1.1.1 Αρχή του επανατροφοδοτικού ελέγχου**

Η επανατροφοδότηση χρησιμοποιείται από τα βιολογικά συστήματα για την διατήρηση μιας προεπιλεγμένης κατάστασης. Η επανατροφοδότηση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική.

Θετική: Οδηγεί σε αστάθεια επειδή το εξερχόμενο σήμα γίνεται προοδευτικά ισχυρότερο καθώς επανατροφοδοτείται και επαναπολλαπλασιάζεται.

Αρνητική: Αν φανταστούμε ένα πολλαπλασιαστή του οποίου το σήμα εξόδου είναι αντίθετο από αυτό της εισόδου, η αντιστροφή του προσήμου είναι το πιο ουσιαστικό χαρακτηριστικό του αρνητικού επανατροφοδοτικού ελέγχου. Η αντεστραμμένη έξοδος του ενισχυτή μειώνει την ένδειξη του σφάλματος και το σύστημα τείνει να λάβει την προκαθορισμένη τιμή του. (GAYTON, 1990).

#### **1.1.2 Κέρδος του συστήματος ελέγχου**

Η ακρίβεια με την οποία ένα σύστημα ελέγχου διατηρεί την ομοιοστασία ονομάζεται το κέρδος του συστήματος. Το κέρδος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ποσό ενίσχυσης του συστήματος. Το κέρδος μιας αρνητικής επανατροφοδότησης καθορίζεται από την αναλογία του ποσού της διόρθωσης που

χρειάζεται για την διατήρηση της ομοιοστασίας, προς το ποσό ανωμαλίας που υπάρχει μετά από την διόρθωση από το σύστημα:

$$\text{Κέρδος} = \frac{\text{Ποσό διόρθωσης που χρειάζεται}}{\text{Ποσό ανωμαλίας που υπάρχει μετά τη διόρθωση}}$$

Το σώμα όμως σπάνια διατηρεί αληθινή ομοιοστασία, ενώ εκτελεί έντονη άσκηση ή κατά τη διάρκεια επεντεταμένης άσκησης σε ένα ζεστό υγρό περιβάλλον. Η έντονη άσκηση ή η παρατεταμένη δουλειά οδηγεί σε ανωμαλίες στο εσωτερικό περιβάλλον που είναι γενικά, μεγάλες για το υψηλότερο "σύστημα ελέγχου κέρδους" και για να επανέλθει συνεπώς ένα σταθερό επίπεδο είναι αδύνατο (ένα σταθερό φυσιολογικό περιβάλλον).

Όσο αφορά την διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος, οι άνθρωποι ως "ομοιοθερμικοί" επιτυγχάνουν μια σταθερή θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος τους και έτσι διαδικασίες, όπως η μεταφορά του  $O_2$ , ο κυτταρικός μεταβολισμός, η μυϊκή σύσπαση, διατηρείται αμείωτη σε ζεστά και κρύα περιβάλλοντα.

Συνεπώς ο άνθρωπος ως "ομοιοθερμικός" κατά την διάρκεια άσκησης και γενικά σε περιόδους παρατεταμένου άγχους, μπορεί και "αντέχει". Στην πραγματικότητα μόνο στις πολύ εξωτερικές περιοχές του σώματος η θερμοκρασία είναι σταθερή (θερμοκρασία πυρήνα =  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ενώ η θερμοκρασία των άκρων και του δέρματος μπορεί να κυμαίνεται κατά αρκετούς  $^{\circ}\text{C}$  δηλ. αυτά τα μέρη είναι κατά κάποιο τρόπο ποικιλόθερμα. (DESPOPOLOS / SILBERNGAL, 1989).

### 1.1.3 Έννοια της σωματικής θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία δεν είναι μια ουσία. Η θερμοκρασία ενός αντικειμένου είναι μέτρηση της κινητικής δραστηριότητας των μορίων. Αν ένα άτομο είναι ζεστό, τότε τα μόρια του κινούνται πολύ γρήγορα, και όταν κρυώνει τα μόρια κινούνται σιγά. Η θερμοκρασία είναι ανάλογη με την θερμότητα που αποθηκεύει. Όταν η αποθήκευση θερμότητας αυξάνεται, αυξάνεται και η σωματική θερμοκρασία. Όταν η αποθήκευση μειώνεται, η σωματική θερμοκρασία πέφτει.



Η μονάδα θερμοκρασίας στο S.I. είναι το Kelvin (K). Το 0 της κλίμακας Kelvin το απόλυτο μηδέν είναι η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία. Η κλίμακα Κελσίου με την ίδια μονάδα της, τον βαθμό Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ) παράγεται από την κλίμακα Kelvin.

Θερμοκρασία σε  $^{\circ}\text{C}$  = θερμοκρασία σε K-273,15

Επίσης μετριέται σε Fahrenheit ( $^{\circ}\text{f}$ ) οι οποίοι μπορούν να μετατραπούν σε βαθμούς Κελσίου ως εξής:

Θερμοκρασία σε  $^{\circ}\text{F}$  =  $(0,15 \times \text{θερμοκρασία σε } ^{\circ}\text{C}) + 32$  και προς την αντίθετη κατεύθυνση, θερμοκρασία σε  $^{\circ}\text{C}$  =  $5/9 \times (\text{θερμοκρασία σε } ^{\circ}\text{F}-32)$ .

Η σωματική θερμοκρασία ρυθμίζεται με τον έλεγχο του ρυθμού της θερμικής παραγωγής και της θερμικής απώλειας. Όταν ο ρυθμός της θερμικής παραγωγής είναι ίσος με το ρυθμό της απώλειας, το σώμα βρίσκεται σε ισορροπία.

Η σωματική θερμοκρασία προσαρμόζεται με την θερμική ισορροπία σύμφωνα με την εξίσωση.

$$Q = M-E+/-C+/-R+/-S$$

M = μεταβολική παραγωγή θερμότητας

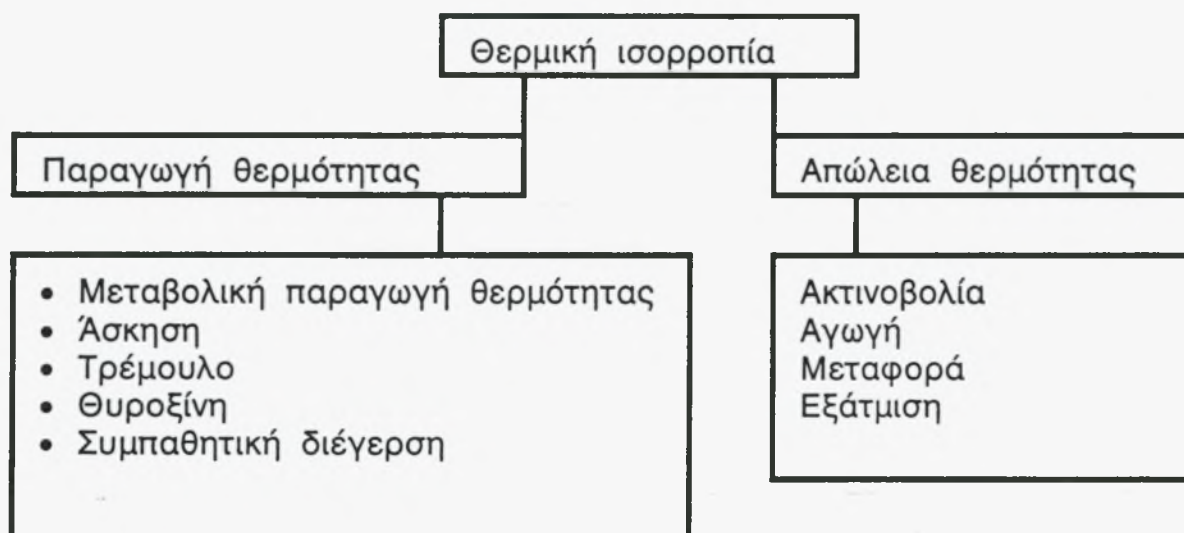
E = απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης

C = απώλεια θερμότητας μέσω αγωγής ή πρόσληψης

R = πρόσληψη ή απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας

S = σωματική αποθήκευση θερμότητας ή απώλεια

Ο μηχανισμός ρύθμισης της θερμοκρασίας μπορεί να χωριστεί σε φυσική και χημική διαδικασία. Η φυσική ρύθμιση θερμοκρασίας δουλεύει κυρίως με την αλλαγή της αντίστασης της ροής του αίματος, ενώ ο χημικός μηχανισμός δουλεύει με την αύξηση του μεταβολικού ρυθμού (βλέπε πίνακα 1) (BROOKS / FAHEY, 1989).



Πίνακας 1: Παράγοντες καθορισμού της θερμικής ισορροπίας (BROOKS, 1989)

## 1.2 Θερμορρύθμιση κατά την άσκηση

### 1.2.1 Φυσιολογική σωματική θερμοκρασία / φύση ρύθμισης της σωματικής θερμοκρασίας

Τα ανθρώπινα όντα βιώνουν μια ποικιλία σωματικής θερμοκρασίας μεταξύ των 36,5-37,5 °C, όμως το πρωί η θερμοκρασία μπορεί να πέσει κάτω από τους 36 °C και κατά την άσκηση, να ξεπεράσει τους 40 °C, χωρίς επιδράσεις. Υπάρχει μια αξιοσημείωτη ποικιλία θερμοκρασίας στο σώμα. Η κεντρική θερμοκρασία συνήθως καθορίζεται ως αυτή του υποθαλάμου, το θερμορρυθμικό κέντρο του σώματος. Η πιο κοινή μέθοδος μέτρησης είναι διά του στόματος. Όμως αυτή έχει σημαντικούς περιορισμούς, ειδικά κατά την άσκηση, όσο ο αυξανόμενος εξαερισμός επιδράσει στην "ψύξη" μέσω εξάτμισης του θερμομέτρου, που θα παράγει μια ανακριβή μέτρηση. Σε έρευνα, η κεντρική θερμοκρασία μετριέται πιο συχνά πρωκτικά. Η πρωκτική θερμοκρασία είναι τυπικά 0,6 °C υψηλότερη από την στοματική θερμοκρασία. Όμως η πρωκτική θερμοκρασία ( $T_r$ ) είναι η πιο ακριβή και έχει τους περιορισμούς της. Η σκληρή εργασία των μυϊκών ομάδων, παράγουν μια μεγαλύτερη τοπική θερμοκρασία, που θα φέρει αποτελέσματα. Επιπλέον υπάρχουν ποικίλες θερμοκρασίες στον πρωκτό. Ο "thermistor" (όργανο μέτρησης) θα εισέλθει σε

βάθος 5-8 cm, για μια ακριβή μέτρηση πρωκτικής θερμοκρασίας. Ερευνητές καθορίζουν τις κεντρικές θερμοκρασίες με μετρήσεις στο ακουστικό κανάλι και στο στομάχι. Είναι πλεονεκτική εξαιτίας της αμεσότητας στον υποθάλαμο όμως η μέτρηση μπορεί να προκαλέσει ανωμαλία. Οι στοματικές θερμοκρασίες παρακολουθούνται με "telemetry". Τα αντικείμενα καταπίνουν ένα μικρό ραδιοφωνικό πομπό που δίνει τις θερμοκρασίες στον αποδέκτη. Δυστυχώς, οι στοματικές θερμοκρασίες, μπορεί να ποικίλουν σημαντικά από την θερμοκρασία στον υποθάλαμο. Αλλαγές στην περιβαλλοντική θερμοκρασία ή η χώνεψη του φαγητού θα οδηγήσει σε ποικιλίες των 3 °C.

Ο προσδιορισμός της μέσης σωματικής θερμοκρασίας, πρέπει να πάρει υπόψη της το δέρμα και την κεντρική θερμοκρασία (Tc). Αυτό είναι ακατόρθωτο μετρώντας την πρωκτική θερμοκρασία και μια σειρά δερματικών σε διάφορα μέρη του σώματος. Η μέση σωματική θερμοκρασία εκφράζεται από την εξίσωση:  $MBT = (0,33 \times \text{θερμοκρασία δέρματος}) + (0,67 \times \text{πρωκτική θερμοκρασία})$ .

Όπως ανάφερα παραπάνω, υπάρχουν ποικίλες θερμοκρασίες από 0,1 °F - 1,5 °F, εξαρτώμενη από το βάθος της εισχώρησης του θερμομέτρου ή των άλλων οργάνων μέτρησης.

Μια πρωκτική θερμοκρασία των 99,6 °F δεν σημαίνει ότι όλα τα μέρη του σώματος βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, για παράδειγμα η θερμοκρασία του δέρματος μπορεί να είναι στους 10° ή 15 °F, χαμηλότερα από την πρωκτική θερμοκρασία και εάν ο "thermistor", εισχωρείται μέσα στον υποδόριο ιστό οι θερμοκρασίες είναι αυτές που μεσολαβούν μεταξύ αυτών του δέρματος και του πρωκτού. Παρουσιάζεται λοιπόν ότι το σώμα αποτελείται από 2 τμήματα από έναν κεντρικό πυρήνα και από μια περιφερειακή μεμβράνη.

Ο πυρήνας περιλαμβάνει τα περιεχόμενα των κρανιακών θωρακικών και πυελικών κοιλιοτήτων και τα βαθύτερα μέρη των μυϊκών μαζών των άκρων. Η μεμβράνη περιλαμβάνει το δέρμα τους υποδόριους ιστούς και τα επιφανειακά μέρη των μυϊκών μαζών. Είναι εξαρτώμενη από την περιβαλλοντική θερμοκρασία: αυξάνεται σε πυκνότητα κατά την έκθεση σε κρύο και μειώ-

νεται σε ανταπόκριση προς το περιβάλλον ή την άσκηση. Η μεμβράνη μπορεί να θεωρηθεί ως ένα στρώμα απομόνωσης γύρω από τον πυρήνα, βοηθώντας για την διατήρηση μιας συνεχούς κεντρικής θερμοκρασίας ( $T_c$ ). Η θερμοκρασία της μεμβράνης δεν είναι μόνο χαμηλότερη από αυτήν στον πυρήνα αλλά υπάρχει μια κλίση στην θερμοκρασία του δέρματος στην περιφέρεια. Γενικά οι θερμορρυθμιστικοί μηχανισμοί ρυθμίζουν με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλιστεί η θερμοκρασία του πυρήνα, αν η θερμοκρασία της μεμβράνης ποικίλει σημαντικά. Η στοματική και πρωκτική θερμοκρασία, αν μετρηθούν ποικίλουν σημαντικά από την θερμοκρασία του πυρήνα.

### 1.2.2 Θερμική ισορροπία

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2, η θερμοκρασία του σώματος, η πιο ειδικά η θερμοκρασία των βαθύτερων ιστών ή πυρήνα, είναι σε δυναμικό ισοζύγιο ως αποτέλεσμα μιας ισορροπίας μεταξύ παραγόντων που προσθέτουν και αφαιρούν σωματική θερμότητα. Αυτή η ισορροπία επιτυγχάνεται με την αλληλεπίδραση μηχανισμών που μεταβάλλουν τη μεταφορά θερμότητας στην περιφέρεια ή το κύτταρο, ρυθμίζουν το εξατμιζόμενο πάγωμα και διαφοροποιούν τον ρυθμό παραγωγής θερμότητας του σώματος. Εάν το θερμικό κέρδος υπερβαίνει την θερμική απώλεια όπως μπορεί εύκολα να συμβεί με έντονη άσκηση σε ζεστό περιβάλλον, η θερμοκρασία του πυρήνα αυξάνεται στο κρύο, αντίθετα η θερμική απώλεια συχνά υπερβαίνει την παραγωγή θερμότητας και η θερμοκρασία του πυρήνα πέφτει.

Η θερμότητα παράγεται άμεσα από τις αντιδράσεις του μεταβολισμού της ενέργειας. Όταν οι μύες ενεργοποιούνται η θερμική συνεισφορά τους είναι τεράστια. Μόνο από το τρέμολο, ο συνολικός μεταβολικός ρυθμός μπορεί να αυξηθεί κατά 3-5 fold. Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης έντονης άσκησης, ο συνολικός μεταβολικός ρυθμός αυξάνεται κατά 20-25 φορές, παραπάνω από το κανονικό επίπεδο και αυτό θεωρητικά μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του πυρήνα γύρω στους  $1^{\circ}\text{C}$  ή  $18^{\circ}\text{F}$  κάθε 5 λεπτά. Η θερμότητα απορροφάται επίσης από το περιβάλλον μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας είτε από αντικείμενα που είναι πιο ζεστά από το σώμα. Η θερμότητα

χάνεται από τους φυσικούς μηχανισμούς της ακτινοβολίας, μεταβίβασης της μεταγωγής και της εξάτμισης του νερού από το δέρμα και τις αναπνευστικές οδούς.

Κυκλικές ρυθμίσεις παρέχουν το "καλύτερο ρύθμισμα" για την κυκλοφορία της θερμότητας. Η θερμότητα διατηρείται από την απότομη αλλαγή της ροής του αίματος βαθιά από την κρανιακή θωρακική και υπογάστρια κοιλότητα και προς μερίδες της μυϊκής μάζας. Αυτό εξιδανικεύει την απομόνωση από το υποδόριο λίπος και άλλες μερίδες του σωματικού κυττάρου. Αντιστρόφως όταν η εσωτερική θερμότητα αυξάνεται, τα περιφερειακά αγγεία, διαστέλλονται και το ζεστό αίμα διοχετεύεται προς την "ψυχρότερη" περιφέρεια. Η τάση για θερμική ισορροπία είναι τόσο δυνατή που μπορεί να εξάγει έναν βαθμό ιδρώτα της τάξης των 3,5 lt/h άσκησης σε ζεστό περιβάλλον ή μια κατανάλωση O<sub>2</sub> της τάξης των 1.000 ml ανά λεπτό που προκαλείται από το ρίγος σε συνθήκες έντονου ψύχους.



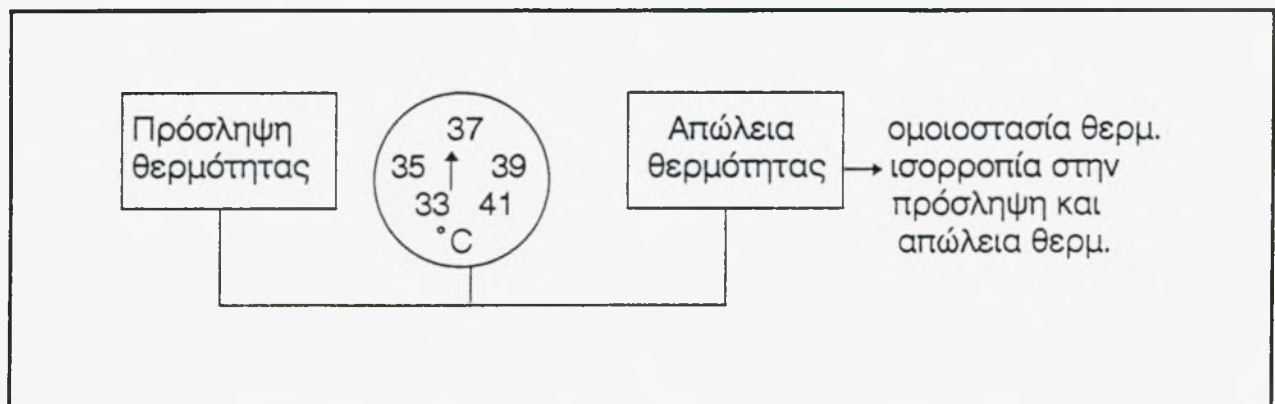
Σχήμα 2: Παράγοντες που συμβάλλουν στην πρόσληψη και απώλεια θερμότητας ώστε η κεντρική θερμοκρασία να ισορροπηθεί στους περίπου 37 °C (Mc ARDLE, 1991).

Μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες του κυκλοφορικού συστήματος, είναι να μεταφέρει την θερμότητα. Το αίμα είναι πολύ αποτελεσματικό σ' αυτή την λειτουργία αφού έχει μεγάλη ικανότητα να αποθηκεύει θερμότητα. Όταν το σώμα προσπαθεί να αποβάλλει θερμότητα η ροή του αίματος προς το δέρμα αυξάνεται ως μέσο προώθησης για να προλάβει την θερμική απώλεια, το αίμα κατευθύνεται μακριά από το δέρμα και προς το εσωτερικό του σώματος, για να προλάβει επιπρόσθετη θερμική απώλεια.

Είναι σημαντικό να τονίσω όπως έχει αναφερθεί ότι μέσα στο σώμα, η θερμοκρασία ποικίλει σε μεγάλο βαθμό. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια κλίση



μεταξύ της θερμοκρασίας του έσω-σώματος (π.χ. των έσω κεντρικών περιοχών που περιλαμβάνουν την καρδιά, τους πνεύμονες, τα υπογάστρια όργανα) και της εξωτερικής (δέρματος) θερμοκρασίας. Σε ακραίες καταστάσεις η θερμοκρασία του πυρήνα μπορεί να είναι 20 °C υψηλότερη απ' ότι του δέρματος. Πάντως τόσο μεγάλες κλίσεις πυρήνα - δέρματος είναι σπάνιες και η ιδανική διαφορά μεταξύ πυρήνα και δέρματος είναι περίπου 4 °C. Ακόμη και μέσα στον πυρήνα, η θερμοκρασία ποικίλει από όργανο σε όργανο. Επειδή υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην θερμοκρασία μεταξύ ενός μέρους του σώματος και ενός άλλου μέρους του σώματος, είναι σημαντικότερο να είμαστε συγκεκριμένοι ως προς το που μετράται η θερμοκρασία του σώματος. Γι' αυτό το λόγο ο όρος "θερμοκρασία σώματος" είναι εσφαλμένος και πρέπει να αντικατασταθεί από πιο περιγραφικούς όρους όπως θερμοκρασία πυρήνα ή θερμοκρασία δέρματος ανάλογα με το ποια θερμοκρασία συζητάτε. (Mc ARDLE et al, 1991).



Σχήμα 3: Η ομοιοστασία θερμοκρασίας διατηρείται από έναν ίσο ρυθμό πρόσληψης και απώλειας θερμότητας (Mc ARDLE, 1991).

### 1.2.3 Υποθαλαμική ρύθμιση της θερμοκρασίας

Ο υποθάλαμος περιέχει το συντονιστικό κέντρο για τις διάφορες διαδικασίες ρύθμισης της θερμοκρασίας. Αυτή η ομάδα των εξειδικευμένων νευρώνων στο πάτωμα του εγκεφάλου, λειτουργεί σαν ένας "θερμοστάτης" (με κανονική θερμοκρασία 37 °C ±1) που κάνει θερμορρυθμιστικές προσαρμογές στις αποκλίσεις, από την κανονική θερμοκρασία. Αντίθετα πάντως με τον θερμοστάτη του "σπιτιού" μας, ο υποθάλαμος δεν μπορεί να "κλείσει" τη

θερμότητα (ζέστη) μπορεί μόνο να εισάγει (ξεκινήσει) αντιδράσεις για να προστατέψει τον οργανισμό από μια συσσώρευση ή απώλεια θερμότητας.

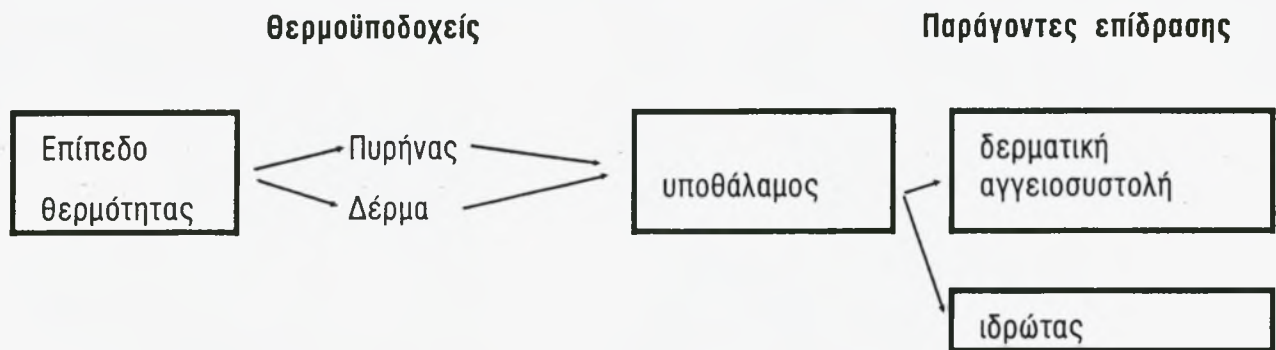
Οι μηχανισμοί ρύθμισης της θερμότητας ενεργοποιούνται με 2 τρόπους: 1) με θερμικούς υποδοχείς στο δέρμα που παρέχουν εισαγωγή στο κεντρικό σύστημα ελέγχου και 2) με άμεσο ερεθισμό του υποθαλάμου μέσω αλλαγών στη θερμοκρασία του αίματος.

Περιφερειακοί θερμικοί υποδοχείς: ή αισθητήρες υπεύθυνοι για τις απότομες αλλαγές στη ζέστη και στο κρύο, είναι κατανεμημένοι, επικρατώντας ως ελεύθερες νευρικές απολήξεις στο δέρμα. Οι δερματικοί υποδοχείς ψύχους βρίσκονται συνήθως προς την επιφάνεια του δέρματος και είναι περισσότεροι από τους υποδοχείς θερμότητας που βρίσκονται βαθύτερα. Παίζουν βασικό ρόλο στην έναρξη των ρυθμιστικών αντιδράσεων σε ένα ψυχρό περιβάλλον. Οι δερματικοί θερμοϋποδοχείς λειτουργούν σαν ένα "προειδοποιητικό σύστημα" που μεταβιβάζει τις κατάλληλες ρυθμίσεις διατήρησης της θερμότητας ή σπατάλης της θερμότητας και οδηγεί το άτομο να αναζητήσει, συνειδητά ανακούφιση από μια θερμική πρόκληση.

Το κεντρικό ρυθμιστικό σύστημα παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της θερμικής ισορροπίας επιπρόσθετα με τους περιφερειακούς υποδοχείς, τα κύτταρα στο ανώτερο μέρος του υποθαλάμου είναι από μόνα τους ικανά να ανιχνεύσουν αλλαγές στη θερμοκρασία του αίματος. Αυτά τα κύτταρα μπορούν να ενεργοποιούν άλλες περιοχές του υποθαλάμου, να εισάγουν συντονισμένες αντιδράσεις για τη διατήρηση της θερμότητας (οπίσθιος υποθάλαμος) ή για την αποβολή θερμότητας (πρόσθιος υποθάλαμος). Αντίθετα με την σημασία των περιφερειακών υποδοχέων στην ανίχνευση του ψύχους, η θερμοκρασία του σώματος παρακολουθείται κυρίως από την θερμοκρασία του αίματος που εισέρχεται στον υποθάλαμο.

Ο πρόσθιος υποθάλαμος (που αναφέρθηκε παραπάνω) είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των αυξήσεων στην σωματική θερμότητα, ενώ ο οπίσθιος θεωρείται ότι ευθύνεται για την επίδρασή του στην μείωση της σωματικής θερμοκρασίας. Μια αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα πάνω από το κανονικό σημείο έχει σαν αποτέλεσμα την έναρξη στον υποθάλαμο μιας σειράς

από φυσιολογικές δραστηριότητες που στοχεύουν στην αύξηση του ποσού της θερμικής απώλειας. Ο υποθάλαμος διεγείρει τους ιδρωτοποιούς αδένες το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μια αύξηση στη θερμική "απώλεια" μέσω εξάτμισης. Επιπλέον το αγγειοκινητικό κέντρο ελέγχου αποσύρει τον κανονικό αγγειοσυσταλτικό τόνο στο δέρμα, προάγοντας αυξημένη αιματική ροή στο δέρμα και επιτρέποντας αυξημένη θερμική απώλεια.



**Σχήμα 4:** Φυσιολογικές ανταποκρίσεις σε μια αύξηση του "επιπέδου θερμότητας" (Mc ARDLE, 1991).

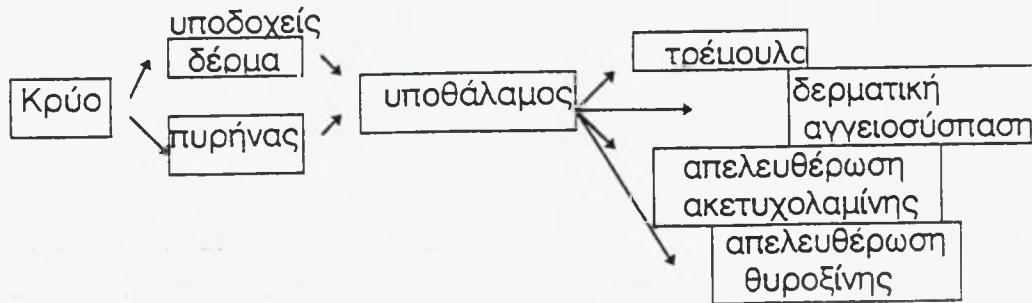
Το σχήμα 4 παρουσιάζει τις αντιδράσεις που συνδέονται με την αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα. Όταν η θερμοκρασία του πυρήνα έρθει στα κανονικά της επίπεδα, το ερέθισμα που προωθεί και την παραγωγή ιδρώτα και την αγγειοδιαστολή, αποσύρεται. Αυτό αποτελεί παράδειγμα ενός συστήματος ελέγχου, που χρησιμοποιεί αρνητική επανατροφοδότηση.

Όταν οι υποδοχείς του κρύου διεγείρονται στο δέρμα ή στον υποθάλαμο, το κέντρο θερμορρυθμιστικού ελέγχου, ενεργοποιεί ένα σχέδιο δράσης για να ελαχιστοποιήσει την θερμική απώλεια και να αυξήσει την θερμική παραγωγή. Αρχικά το αγγειοκινητικό κέντρο, κατευθύνει τα περιφερειακά αγγεία αίματος να αγγειοσυσταθούν, πράγμα το οποίο μειώνει την θερμική απώλεια. Κατά δεύτερο λόγο εάν η θερμοκρασία του πυρήνα πέσει σημαντικά, αρχίζει το ακούσιο ρίγος.

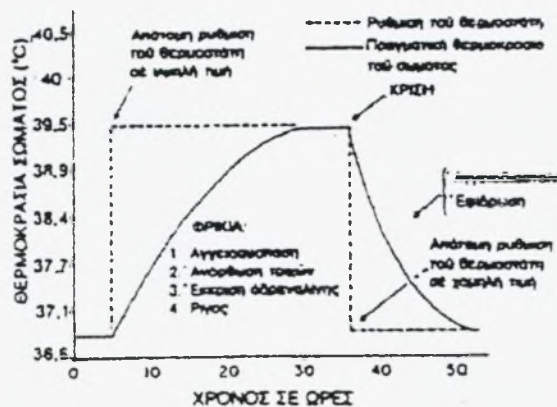
Επιπλέον ο υποθάλαμος αυξάνει έμμεσα την παραγωγή θυροξίνης και την απελευθέρωση η οποία αυξάνει την κυτταρική παραγωγή θερμότητας (CABANAC, 1975). Τέλος ο οπίσθιος υποθάλαμος εισάγει την απελευθέρωση νορεπινεφρίνης, η οποία αυξάνει τον ρυθμό του κυτταρικού μεταβολισμού

(θερμογένεση χωρίς τρέμουλο). (BROOKS, 1989 / MOREHOUSE, 1967 / Mc ARDLE ET AL , 1991).

Οι φυσιολογικές επιδράσεις σε μια πτώση της θερμοκρασίας του πυρήνα περιγράφονται στο σχ. 5.



Σχήμα 5: Οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις στο κρύο (Mc ARDLE, 1991).



Σχήμα 6: Παρουσίαση αντιδράσεων μετά από μεταβολή ρύθμισης του θερμοστάτη.

Όταν η ρύθμιση του θερμοστάτη μεταβληθεί απότομα, από την φυσιολογική τιμή σε υψηλότερη, πρέπει να περάσουν μερικές ώρες ώσπου η θερμοκρασία ν' ανέβει ψηλά στα νέα επίπεδα. Για παράδειγμα η ρύθμιση της θερμοκρασίας του θερμοστάτη μπορεί ν' ανέβει στους 39,7 °C και παρουσιάζονται αντιδράσεις, τα λεγόμενα φρίκια (κρυάδες) (βλέπε σχήμα 6).



#### 1.2.4 Μέθοδοι προσδιορισμού της θερμικής ισορροπίας

Οι μετρήσεις της κεντρικής θερμοκρασίας ( $T_c$ ), γίνεται με την βοήθεια θερμόμετρου "υδραργύρου" "thermocouple ή thermistor". Το κλασικό μέρος μέτρησης είναι ο πρωκτός. Η πρωκτική θερμοκρασία ( $T_r$ ) ποικίλει με την απόσταση από τον πρωκτό και μετριέται σε βάθος των 5-8 cm. Αυτή η  $T_r$  είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του αρτηριακού αίματος, αλλά είναι περίπου ίδια με την θερμοκρασία στο συκώτι, αλλά ελαφριά χαμηλότερη (0,2-0,5 °C) από το μέρος του εγκεφάλου όπου το κέντρο θερμορρύθμισης, υπάρχει. Κατά την έκθεση στην ζέση, η θερμοκρασία αυτού του μέρους του εγκεφάλου αυξάνεται απότομα από την  $T_r$  και ο χρόνος διαλείμματος μέχρι μια νέα ισορροπία θερμοκρασίας παρουσιαστεί βρέθηκε να είναι περίπου 30' (NIELSEN, 1938). Η θερμοκρασία αν αυξάνεται ή μειώνεται στον εγκέφαλο και στον πρωκτό αποτελεί της ίδιας σημασίας. Η  $T_c$  είναι δείκτης για τον προσδιορισμό αλλαγών στην σωματική θερμοκρασία αλλά η μέτρηση γίνεται κάτω από σταθερές συνθήκες, όπως μετά από 30'-40'. Βρέθηκε ότι η θερμοκρασία στο τύμπανο είναι καλή ένδειξη της εγκεφαλικής θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να καθοριστεί με τοποθέτηση συσκευής μέσω της θερμοηλεκτρικής ισχύος ανάμεσα σε 2 σύρματα που ενώνονται μεταξύ τους σε κάθε άκρη (thermocouple) εισαγόμενο στο αυτί. (BEUZINGER / TAYLOR, 1963).

Όμως η θερμοκρασία του τύμπανου δεν είναι όμοια με την θερμοκρασία στο θερμορρυθμιστικό κέντρο. Ποικίλει με την περιβαλλοντική θερμοκρασία. (HOUDAS / RING, 1982). Επίσης γίνεται μέτρηση θερμοκρασίας στον οισοφάγο. Παρόλο που η θερμοκρασία δεν είναι όμοια με τις παρουσιαζόμενες κεντρικές θερμοκρασίες αλλάζει παράλληλα με αυτές τις θερμοκρασίες. (SALTIN / HERMANSEN, 1966 - NIELSEN, 1969). Η μέτρηση της στοματικής θερμοκρασίας έχει περιορισμούς αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρακτική ένδειξη της  $T_c$ . Ο Mariaux et al (1983) έδειξε ότι οι διαφοροποιήσεις της υπογλώσσιας στοματικής θερμοκρασίας σχετίζονται με τις ποικίλες των θερμοκρασιών του οισοφάγου κάτω από σταθερές συνθήκες και από ποικίλες θερμοκρασίες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η στοματική θερμοκρασία



αντιπροσώπευσε έναν καλύτερο υπολογισμό της θερμοκρασίας του οισοφάγου από τη  $T_c$  (πρωκτική).

Η θερμοκρασία δέρματος μετριέται με τον "radiometer" ή με τοποθέτηση "thermocouples" στο δέρμα. Η σχετική θερμοκρασία του δέρματος ( $T_c$ ) υπολογίζεται με τον προσδιορισμό παραγόντων σε κάθε μια από τις μετρήσεις σε σχέση με το κλάσμα της συνολικής επιφάνειας του σώματος, όπως παρουσιάζεται μέσα από κάθε συγκεκριμένη περιοχή: όπως ακολουθεί. (HARDY AND DUBOIS, 1938).

Κεφάλι:	0,07
χέρια:	0,05
βραχίονες:	0,14
πόδια:	0,13
δάχτυλα:	0,07
μηροί:	0,19
κορμός:	<u>0.35</u>
	1,00

Μια απλή εξίσωση για τον υπολογισμό της  $T_s$  σύμφωνα με τον Hardy - Dubois (1938) είναι:  $T_s = 0,37$  στήθους +  $0,37$  βραχίονα +  $0,2$  μηρού +  $0,2$  ποδιού. Η σχετική δερματική θερμοκρασία ( $T_s$ ) σύμφωνα με τον Kenney W. εκφράζεται με την ακόλουθη εξίσωση.

$T_s = (T_a$  μετώπου +  $T_a$  στήθους +  $T_a$  βραχίονα +  $T_a$  μηρού +  $T_a$  κνήμης +  $T_a$  στομάχου +  $T_a$  πλάτους) / 7, όπου οι δερματικές θερμοκρασίες είναι αντίστοιχα αυτές που μετρήθηκαν στο μέτωπο, στήθος, βραχίονα, μηρό, στόμα και πλάτη. (RAMANATHAN, 1964).

Στην πραγματικότητα οι διαφορές της  $T_s$  και της μέσης θερμοκρασίας του μηρού μετρήθηκαν σύμφωνα με την εξίσωση των Handy - Dubois σε 39 μελέτες και ήταν μόνο  $0,17$  °C. Αυτό όμως μπορεί να μην ισχύει σε πολύ κρύο περιβάλλον.

Για τον υπολογισμό του θερμικού περιεχομένου του σώματος υπάρχει η ακόλουθη εξίσωση: Heat content =  $0,83 w (0,65 T_r + 0,35 T_s)$  όπου

W = σωματικό βάρος

0,83 = ειδική θερμότητα του σώματος

(0,65 και 0,35) είναι οι παράγοντες που σχετίζονται με την Tr (πρωκτική) και την Ts. (BURTON, 1935).

Η ειδική θερμότητα σώματος, ειπώθηκε ότι είναι 0,35 αλλά ποικίλει από την ατομική σύνθεση του σώματος από 0,70-0,85 (Hardy 1970). Ενώ σε λεπτό περιβάλλον δεν μπορεί να καθοριστεί από μια καθορισμένη αναλογία Ts και Tr. (WINDHAM, 1973). Ο μεταβολικός ρυθμός ή το μέγεθος παραγωγής θερμότητας καθορίζεται από την μέτρηση πρόσληψης O<sub>2</sub>. Η ποσότητα θερμότητας μέσω εξάτμισης (E) παίζει σημαντικό ρόλο στην "ψύξη" του δέρματος και του αίματος κατά την έκθεση στη ζέση. Σε φυσιολογική θερμοκρασία δέρματος η εξάτμιση 1 lt ιδρώτα απαιτεί 2,4 MJ (580 Kcal). Το μέγεθος της απώλειας του ιδρώτα μπορεί να εκτιμηθεί με την μέτρηση βάρους του αντικειμένου πριν και μετά από το πείραμα και μετρώντας τα εισαγόμενα φαγητά και υγρά για την απομάκρυνση μετάλλων και ούρων κατά την περίοδο της παρατήρησης. Επίσης η απώλεια βάρους κατά τη μεταφορά αερίων και αναπνοής πρέπει να συμπεριληφθεί στον υπολογισμό σύμφωνα με την παρακάτω (SHELLEN, 1966) εξίσωση.

$$C_{qe} = VO_2 (1 \times 977 \times R^{-1} \times 429)$$

C<sub>qe</sub> = απώλεια βάρους σε gm<sup>-1</sup> χάρη στην μεταφορά αερίων αναπνοής

VO<sub>2</sub> = πρόσληψη O<sub>2</sub> σε lt X min<sup>-1</sup> STPD

R = αναπνευστικό πηλίκιο

1 X 977 = βάρος σε gr ενός lt CO<sub>2</sub> STPD

1 X 429 = βάρος σε gr ενός lt O<sub>2</sub> STPD

Αυτές οι μετρήσεις ισχύουν για τις μετρήσεις της θερμικής ισορροπίας όσο ο ιδρώτας παράγεται κατά το πείραμα στην πραγματικότητα εξατμίζεται. Από την άλλη ανεξάρτητα από αυτό ο ρυθμός ιδρώτα αποτελεί ένδειξη του μεγέθους της θερμικής έντασης. Η θερμοκρασία αέρα επηρεάζει την πρόσληψη ή απώλεια θερμότητας και μετριέται με την βοήθεια του θερμομέτρου Hg. Αν εκτεθεί σε ακτινοβολία θα πρέπει να προστατευθεί. Η υγρασία του



αέρα μπορεί να μετρηθεί με ηλεκτρική συσκευή για μέτρηση υγρασίας. Ο ρυθμός της εξάτμισης του παραγόμενου ιδρώτα εξαρτάται από την υγρασία του αέρα.

Η κίνηση του αέρα, επηρεάζει την μεταφορά θερμότητας μέσω αγωγής (C) και την απώλεια εξάτμισης (E).

Η επίδραση του ρεύματος αέρα στην θερμοκρασία σώματος, ονομάζεται παράγοντας ψύχους  $K_0$  και υπολογίζεται ως εξής:

$$K_0 = (100 V + 1.045) (33 - T_a)$$

όπου  $K_0$  = χλιοθερμίδες την ώρα κατά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας σώματος (ml) όταν το σώμα είναι στην σκιά και αγνοείται ο παράγοντας εξάτμισης.

$$V = \text{ταχύτητα ανέμου } m \times \text{sec}^{-1}$$

$$T_a = \text{ατμοσφαιρική περιβατολογική θερμοκρασία σε } ^\circ\text{C}.$$

Η μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας εξαρτάται από τη διαφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα στο άτομο και το περιβάλλον. Αυτό καθορίζεται από τις τιμές ενός θερμομέτρου Hg σε ένα ρηχό μαύρο χάλκινο δοχείο με διάμετρο 15 cm.

Εισαγόμενες ωθήσεις από τους θερμοϋποδοχείς στο δέρμα που ανταποκρίνονται σε γρήγορες αλλαγές θερμότητας μπορεί να σημαίνουν περιφεριακές θερμικές διαταραχές πριν η  $T_c$  έχει επηρεαστεί. Τέτοιες ωθήσεις οδηγούν σε "αισθήσεις" θερμικής διαταραχής ή "άνεσης". (HARDY et al, 1971). Συγκεκριμένα η αίσθηση της θερμικής άνεσης παρουσιάζεται να είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ σημάτων που προκαλούνται από την αίσθηση της θερμοκρασίας εισαγωγής σημάτων, για ρύθμιση θερμοκρασίας και των αισθήσεων που εγείρονται από τις θερμορρυθμιστικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την δερματική ροή του αίματος, τον ιδρώτα και το ρίγος.

Γενικά το επίπεδο της θερμικής ουδετερότητας ή της θερμικής άνεσης χαρακτηρίζεται από κέντρικη θερμοκρασία ίση με  $36,6-37,1$   $^\circ\text{C}$  και δερματικές θερμοκρασίες ανάμεσα στους  $32^\circ-35,5^\circ\text{C}$ . (PRECHT et al, 1973).

Προφανώς η θερμοκρασία "άνεσης" μπορεί να είναι το αντικείμενο ενός βαθμού προσαρμογής ή εξοικείωσης.

### 1.2.5 Μέγεθος του μεταβολικού ρυθμού

Οι άνθρωποι μπορεί να θεωρηθούν ως τροπικά ζώα επειδή απαιτούν μια περιβαλλοντική θερμοκρασία 28°-30°C για την διατήρηση της θερμικής ισορροπίας στην ξεκούραση όταν είναι γυμνοί. Η πρόληψη O<sub>2</sub>, σ' αυτές τις συνθήκες είναι 0,20-0,30 lt/min<sup>-1</sup>. Είναι ελαφρώς μεγαλύτερη όταν το μέγεθος του σώματος είναι μεγαλύτερο. Αυτό οδηγεί σε παραγωγή 70-100 Watts. Αυτή η ενέργεια είναι το υποπροϊόν της μεταβολικής διαδικασίας που είναι αναγκαία για τη διατήρηση της ζωής. Αυτή η παραγωγή θερμότητας καλύπτει την απώλεια θερμότητας μέσω αγωγής (C), ακτινοβολίας (R) και εξάτμισης (E). Κάτω από αυτές τις συνθήκες C+R υπολογίζεται στο 75% της απώλειας θερμότητας και (E) υπολογίζεται μόνο στο 25%. Η απώλεια θερμότητας μέσα από τους πνεύμονες, μέσα από τον κορεσμό του αέρα, με την εξέταση του νερού κατά την αναπνοή υπολογίζεται στα 2/5 της (E), όχι όλο το υπόλοιπο της (E) οφείλεται στην εξάτμιση του ιδρώτα για μέρος της απώλειας νερού, συμβαίνει χωρίς την ανάνηψη των ιδρωτοποιών αδένων, την καλούμενη ανεπαίσθητη αναπνοή. Η συνολική απώλεια νερού μέσα από το δέρμα υπολογίζεται στο ελάχιστο σε lt/μέρα.

Η μυϊκή επάρκεια σχετίζεται με την αύξηση στο μεταβολικό ρυθμό. Από τη στιγμή που η μηχανική επάρκεια μπορεί να ποικίλει από 0-50% εξαρτώμενη από το είδος της άσκησης τουλάχιστον 30% της ενέργειας που χρησιμοποιείται μετατρέπεται σε θερμότητα. Καλά προπονημένοι αθλητές μπορούν κατά τη διάρκεια μικρών περιόδων άσκησης των 5-10 να παρουσιάζουν μια πρόσληψη O<sub>2</sub> στα 6 lt X min<sup>-1</sup> (2.000 W) και κατά τη διάρκεια πιο εκτεταμένης άσκησης από 4-5 lt X min<sup>-1</sup>. Το ποσό της θερμότητας που παράγεται σε μια ώρα θα μπορούσε θεωρητικά να αυξήσει την σωματική θερμοκρασία ενός 70 Kg ατόμου από 37° (σε 60°C, αν η θερμότητα δεν ξοδευτεί). Στον πυρετό ή στο τρέμουλο κατά την έκθεση στο κρύο, η παραγωγή θερμότητας μπορεί να αυξηθεί διπλάσια ή τετραπλάσια. (ASTRAND, 1986).

### Συντελεστής απόδοσης

Η θερμοκρασία του σώματος κατά την άσκηση εξαρτάται από τη σχετική και όχι από την απόλυτη ένταση της μυϊκής προσπάθειας. Με πείραμα του Saltin K, Hermansen (1966) δύο νέοι με την ίδια σωματική επιφάνεια αλλά με διαφορετική πρόσληψη O<sub>2</sub> ασκήθηκαν για 1 ώρα στο κυκλοεργόμετρο με ένταση 52%. Η παραγωγή ενέργειας ήταν αντίστοιχα 790 Kcal και 540 Kcal ενώ η παραγωγή θερμότητας 615 και 420 Kcal. Η θερμοκρασία ήταν ίδια και για τους δύο. Το πλεόνασμα θερμότητας σ' αυτόν με την μεγαλύτερη αερόβια ικανότητα αποβλήθηκε με την αυξημένη παραγωγή και εξάτμιση ιδρώτα. Γίνεται συνεπώς φανερό πως στην άσκηση μόνο ένα μέρος από τη χημική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενώ το υπόλοιπο απελευθερώνεται με την μορφή θερμότητας. Όσο περισσότερο το μηχανικό έργο τόσο μεγαλύτερος και ο συντελεστής απόδοσης.

$$\text{Συντελεστής απόδοσης} = \frac{\text{παραγόμενη μηχανική ενέργεια} \times 100}{\text{καταναλωμένη χημική ενέργεια}}$$

Όταν λέμε ότι ο συντελεστής απόδοσης είναι 25%, εννοούμε πως 25% αξιοποιείται για την εκτέλεση μηχανικού έργου, ενώ το υπόλοιπο 75% απελευθερώνεται ως θερμότητα.

Κάτω από συνθήκες βασικού μεταβολισμού, ο ρυθμός παραγωγής ενέργειας είναι 1 θερμίδα την ώρα για κάθε κιλό σωματικού βάρους. Ο μέσος άνθρωπος που ζυγίζει 70 κιλά παράγει 70 θερμίδες την ώρα. Για ν' αυξήσει τη θερμοκρασία του σώματος κατά 1°C χρειάζεται 0,93 θερμίδα για κάθε κιλό σωματικού βάρους και επομένως για άνθρωπο 70 κ. χρειάζεται 58 θερμίδες.

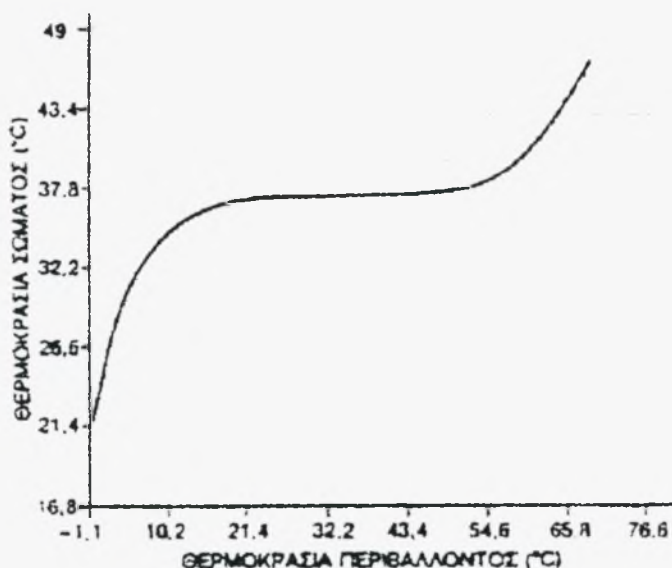
Στην έντονη μυϊκή προσπάθεια παράγονται σημαντικές ποσότητες θερμότητας, για π.χ. ένας μαραθωνοδρόμος με σ.β. = 70 κ. και μέγιστη πρόσληψη O<sub>2</sub> = 4 lt το λεπτό που τρέχει 2 1/2 ώρες με ταχύτητα που αντιστοιχεί στα 70% της μέγιστης ατομικής του πρόσληψης, θα παράγει 2.100 θερμίδες (2,8 X 150 X 5). Το 25% αυτής χρησιμοποιούνται για την παραγωγή έργου



ενώ οι υπόλοιπες 1.575 kcal πρέπει ν' αυξήσουν την θερμοκρασία του σώματος από 37°C σε 64°C, σύμφωνα με την εξίσωση (FOLK, 1974).

$$\text{Μεταβολή θερμοκρασίας σώματος} = \frac{\text{παραγωγή θερμότητας, θερμίδες}}{\text{μάζα σώματος, Kg} \times 0,83}$$

### 1.2.6 Ρύθμιση θερμοκρασίας και άσκηση



Σχήμα 7: Μεταβολές θερμοκρασίας μετά από έκθεση για λίγες ώρες σε στεγνό αέρα από -11 έως -7,66°C.

Το σχήμα 7 δείχνει τι συμβαίνει με την θερμοκρασία του σώματος μετά την έκθεσή του για λίγες ώρες σε στεγνό αέρα θερμοκρασίας από -11, -7,66°C. Οι διαστάσεις της καμπύλης ποικίλουν ανάλογα με την κίνηση του αέρα, την υγρασία ακόμα και από την φύση του περιβάλλοντος. Η θερμοκρασία του σώματος ρυθμίζεται όπως έχει ειπωθεί από τον υποθάλαμο.

Στην διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας αρκετά όργανα έχουν ανάγκη παροχής αίματος. Η καρδιά πρέπει να τροφοδοτεί μια επαρκή ποσότητα αίματος στους μυς και το δέρμα, για την μεταφορά της περίσσειας θερμότητας που παράγεται από την μυϊκή σύσπαση. Κατά τη διάρκεια της άσκησης σε υποθερμικά ουδέτερες συνθήκες, η καρδιακή παροχή αυξάνεται

ανάλογα με τον ρυθμό κατανάλωσης  $O_2$ , και συνοδεύεται με αίτηση της παροχής αίματος προς τους μυς. Δεν είναι ξεκάθαρο αν υπάρχει απλή σχέση ανάμεσα στην καρδιακή παροχή και στην κατανάλωση  $O_2$  όταν η ανάγκη για εφίδρωση του δέρματος είναι μεγάλη. Η δερματική παροχή αίματος καθορίζεται κατά μεγάλο ρόλο από τη θερμοκρασία του σώματος. Επιπρόσθετα όταν αρχίζει η άσκηση αυξάνεται η μεταβολική θερμότητα με έναν ρυθμό που είναι ευθέως ανάλογος προς την ένταση της άσκησης αλλά ακόμη δεν προκύπτει περίσσεια ώστε να αρχίζει η αποβολή της.

Λόγω της ανισορροπίας αυτής, η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται μέχρις ότου η απώλεια της θερμότητας μέσω του δέρματος με την αυξημένη αιματική παροχή και την εφίδρωση, εξισορροπήσει την παραγωγή της. Όταν πετυχαίνεται αυτό προκύπτει ένα καινούργιο σημείο αναφοράς σε υψηλότερη σταθερή θερμοκρασία σώματος, η ομοιοθερμία η οποία διατηρείται, μέχρις ότου είτε επιπλέον θετικά φορτία αλλάξουν το σημείο αναφοράς προς τα πάνω, ή η μειωμένη παραγωγή έργου ελαττώσει και πάλι την θερμοκρασία του σώματος. Οι συνδυασμένες κυκλοφοριακές ανάγκες των μυών και του δέρματος καθορίζονται όχι μόνο από την θερμοκρασία του σώματος αλλά επίσης από την μέση θερμοκρασία του δέρματος που είναι συνδεδεμένη με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Αν η εντατική άσκηση εκτελεστεί σε πολύ θερμό περιβάλλον οι μυς που συσπώνται έχουν ανάγκη από ένα δυσανάλογο μεγάλο κλάσμα της καρδιακής παροχής που απομακρύνεται από το δέρμα, ενώ αυτό περιορίζει την απομάκρυνση της θερμότητας από το εσωτερικό του δέρματος προς το δέρμα. Η εσωτερική θερμοκρασία αυξάνεται και τελικά οδηγεί σε προοδευτική υπερθερμία. Από την άλλη διατηρείται επαρκής ποσότητα αίματος προς το δέρμα σε βάρος των μυών που συσπώνται, προκύπτει αναερόβιο έργο, ενώ ελαττώνεται η παραγωγή ATP.

### **Ανακατανομή της αιματικής παροχής**

Για να παρεμποδιστεί η ανακατανομή της αιματικής παροχής προς τους μυς ή σε οποιοδήποτε άλλο ιστό κατά την άσκηση θα πρέπει να αυξάνει διαρκώς η καρδιακή παροχή.

### **Ανταγωνισμός δέρματος και μυών για αίμα**

Ο ανταγωνισμός για τη διατήρηση ομοιοθερμίας περιπλέκεται ακόμη περισσότερο από το αυξημένα δερματικό φλεβικό όγκο στην διάρκεια της αυξημένης θερμοκρασίας του σώματος. Η αύξηση αυτή πιστεύεται ότι οφείλεται στην αγγειοδιαστολή των φλεβών του δέρματος λόγω της υψηλής ελαστικότητας τους και του ελαττωμένου τόνου, που μπορεί να είναι αποτέλεσμα ενός αυξημένου θερμορρυθμιστικού δρόμου. Η αύξηση του φλεβικού αίματος επιτρέπει επιπρόσθετη μεταφορά θερμότητας λόγω της ελαττωμένης ταχύτητας ροής και την αύξηση του χρόνου για την θερμική ανταλλαγή ανάμεσα στο αίμα και το δέρμα.

### **Απώλεια υγρών του σώματος**

Η ελάττωση του κεντρικού όγκου και συνεπώς ελάττωση της καρδιακής πλήρωσης, προκαλείται από απώλεια υγρών. Ο ρυθμός εφίδρωσης μπορεί να ξεπερνά τα 1-1,8 l/hr. Τελικά η ελάττωση στο κεντρικό όγκο του αίματος προκαλεί ελαττωμένη καρδιακή πλήρωση, ελαττωμένο όγκο παλμού και ανεπάρκεια κατάλληλης εφίδρωσης. Καθώς πέφτει η συστηματική πίεση, η διατήρηση της καρδιακής παροχής εξαρτάται όλο και περισσότερο από τον αυξημένο καρδιακό ρυθμό που προκαλείται από την ενεργοποίηση των αντανακλαστικών των τασεοϋποδοχέων.

### **Δερματική αγγειοσύσπαση**

Όταν παρουσιάζονται μέγιστοι καρδιακοί ρυθμοί και η καρδιακή παροχή είναι μειωμένη προκαλείται δερματική αγγειοσύσπαση. Αυτή ελαττώνει μια οριακή μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό προς την επιφάνεια έχοντας σαν αποτέλεσμα συσσώρευση θερμότητας ενώ βοηθά να διατηρηθεί η αρτηριακή πίεση του αίματος, η καρδιακή πλήρωση και έτσι η αιμάτωση των μυών. Η αγγειοσύσπαση στην διάρκεια πτώσης της πίεσης του αίματος ενεργοποιείται από τα αντανάκλαστα των τασεοϋποδοχέων. Δεν είναι σαφές εάν η δερματική αγγειοσύσπαση αρχίζει να παρουσιάζεται μετά από μια κρίσιμη ελάττωση στον όγκο του αίματος, αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος και ίσως καθορισμένη ελάττωση της καρδιακής παροχής. (NADEL et al, 1988).

### Όγκος παλμού και όγκος πλάσματος

Η δερματική αγγειοσύσπαση παρουσιάζεται όταν ο όγκος παλμού και οι όγκοι πλάσματος ελαττώνονται. Η αγγειοσύσπαση του δέρματος γι' αυτό το λόγο παρεμποδίζει πιθανόν περαιτέρω ελάττωση του V παλμού και σταθεροποιεί την κεντρική κυκλοφορία.

### Θέση σώματος

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η δερματική αγγειοσύσπαση εξαρτάται από τη θέση του σώματος. Είναι μεγαλύτερη στην όρθια θέση. Έχει αναφερθεί ότι η αγγειοσύσπαση παράγεται με την ενεργοποίηση καρδιοαναπνευστικών αντανακλαστικών τασεοϋποδοχέων. (ROBERTS / FAND / WENGER, 1980).

Μελέτες καθορίζουν ότι ο ρυθμός παραγωγής θερμοκρασίας μπορεί εύκολα να αυξηθεί (0-20 φορές από ένα αντικείμενο σε ξεκούραση και μπορεί να είναι ψηλός μέχρι 30 φορές από το επίπεδο ξεκούρασης). Καθώς παρουσιάζεται αύξηση της σωματικής θερμοκρασίας συμβαίνει αύξηση στον ρυθμό του ιδρώτα και στην ποσότητα ροής του αίματος. Στην περίπτωση ρύθμισης της κυκλοφορίας υπάρχει μια σύγκρουση κέρδους από την στιγμή που υπάρχει απαίτηση για αυξημένη ροή αίματος στο δέρμα και στους ενεργοποιημένους μυς. Το αποτέλεσμα είναι ένας συμβιβασμός κατά τον οποίο κάθε "απαίτηση" δοκιμάζεται ειδικά σε εξαντλητική άσκηση στην ζέστη. Είναι γνωστό ότι η σωματική θερμοκρασία αυξάνεται κατά την άσκηση, ανάλογα με την σοβαρότητα της άσκησης. Αυτό δεν σημαίνει ότι η ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι επαρκής, αντίθετα αυξάνεται σε ένα επίπεδο και διατηρείται για περαιτέρω αύξηση. Αν όμως η περισσότερη θερμοκρασία παράγεται στους ενεργοποιημένους μυς, η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη από όλη του σώματος, όπως παρουσιάζεται στην πρωκτική κι στοματική θερμοκρασία. Αυτή η αύξηση μπορεί να προκαλέσει "distress" σε έναν αθλούμενο άνδρα κατά την ξεκούραση.

Ο Buskirk και ο Bass έδωσαν την εξήγηση: Η αυξημένη ανοχή στην υποθερμία στα αθλούμενα άτομα οφείλεται στο ότι η αυξημένη καρδιακή απόδοση, επιτρέπει την διατήρηση μιας επαρκούς εγκεφαλικής ροής αίματος αν και η έκθεση στην ζέστη χωρίς άσκηση συνδέεται με μια μειωμένη εγκεφαλική ροή αίματος εξαιτίας της μειωμένης καρδιακής απόδοσης και της εγκεφαλικής ροής αίματος και της εγκεφαλικής αγγειοσυστολής ως αποτέλεσμα

της αναπνευστικής "αλκάλωσης". Οι θετικές επιδράσεις από μια αυξημένη θερμοκρασία του μυός, μπορεί να αποδοθεί σε μια αποτελεσματική αύξηση στην εξάντληση της οξυχεμογλοβίνης στην μεταφορά του στις μυϊκές ίνες και στην μειωμένη εσωτερική γλοιότητα του πρωτοπλάσματος του μυός, αν οι δομικές ανακατατάξεις που συμβαίνουν κατά τη σύσπαση και στη χαλάρωση των μυϊκών ινών διευκολύνονται από την αυξανόμενη θερμοκρασία. Μεγαλύτερη ένταση μπορεί να αναπτυχθεί πριν το στάδιο της διέγερσης της μυϊκής ίνας, τελειώσει. (ΧΑΤΖΗΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, 1991).

### 1.3 Σωματική θερμοκρασία, περιβάλλον και ένταση άσκησης

Μέσα στην πλατιά ποικιλία των 4°C-30°C η σωματική κεντρική θερμοκρασία είναι ανεξάρτητη από την περιβαλλοντική θερμοκρασία. Κάτω από τέτοιες συνθήκες η κεντρική θερμοκρασία αυξάνει σε καθορισμένη αναλογία με την συσχετιζόμενη ένταση της άσκησης. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση τόσο μεγαλύτερη είναι και η αύξηση της κεντρικής θερμοκρασίας (εικόνα 8). Κάτω από αυτές τις συνθήκες οι θερμοκρασίες των περιφερικών ιστών θα αντανακλούν τον μεταβολικό ρυθμό και το περιβάλλον. Η θερμοκρασία του δέρματος είναι ένα σύνθετο αποτέλεσμα του περιβάλλοντος του μεταβολικού ρυθμού της ένδυσης και του επιπέδου της αφυδάτωσης. Για παράδειγμα σε μια ζεστή μέρα η δερματική θερμοκρασία μπορεί να γίνει ψηλότερη από ότι σε μια κρύα μέρα κατά την άσκηση σε μια δοσμένη ποσότητα. Όμως ο ιδρώτας σε ένα ζεστό ξηρό περιβάλλον, μπορεί πράγματι να "δροσίσει" το δέρμα σε σύγκριση με μια πιο κρύα μέρα. Αν η άσκηση είναι παρατεταμένη σε ζεστό περιβάλλον, η δερματική θερμοκρασία αυξάνεται όσο η ποσότητα ιδρώτα μειώνεται, εξαιτίας της αφυδάτωσης και εξαιτίας της αγωγής του θερμαινόμενου αίματος στο δέρμα. Η δερματική θερμοκρασία κατά την έκθεση στην ζέστη μπορεί επίσης να ποικίλει σημαντικά γύρω στο σώμα οφειλόμενο στην παρουσία του ντυσίματος και των διαφορών στην κίνηση του αέρα, στα διάφορα μέρη του σώματος.

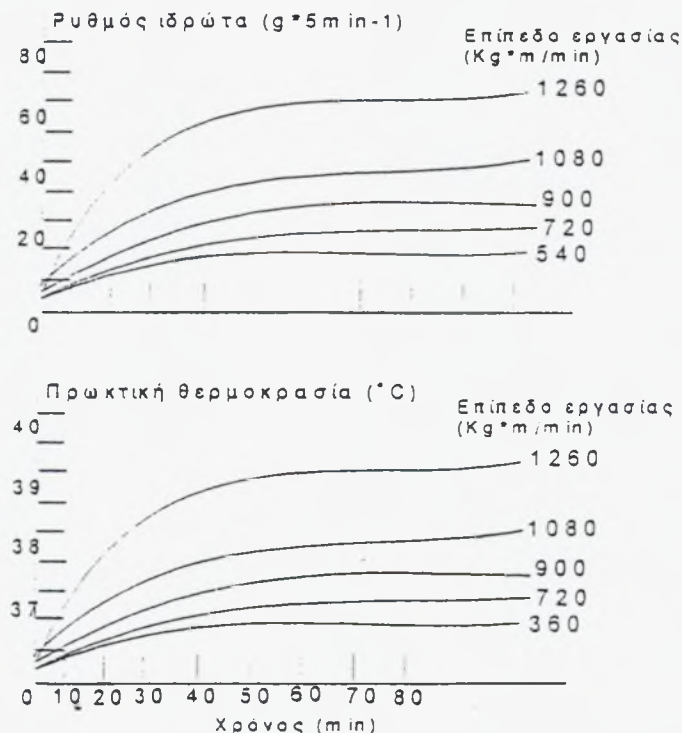
Κατά την διάρκεια της άσκησης η ενυδάτωση επηρεάζει σημαντικά την θερμοκρασία και την κυκλοφορία του σώματος στη διάρκεια της ζέστης ή της παρατεταμένης υπομέγιστης άσκησης. Η εσωτερική θερμοκρασία, πειραματικά ήταν υψηλότερη σε αφυδατωμένα άτομα, παρά όταν το ίδιο άτομο



ήταν κανονικά ενυδατωμένο ενώ παρόμοιες παρατηρήσεις έγιναν και σε αφυδατωμένα άτομα που βρίσκονταν σε ηρεμία. Η ελαττωμένη εφίδρωση και ροή αίματος στο αντιβράχιο κάτω από αφυδάτωση έχει αποδοθεί σε υψηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες του σώματος, καθώς και σε ανεπαρκή ρύθμιση της θερμοκρασίας.

### 1.3.1 Αποτελέσματα όγκου του αίματος

Μερικοί ερευνητές βρήκαν ότι η διαταραγμένη καρδιακή παροχή στην άσκηση και ενώ είναι αφυδατωμένος, πρέπει να προκύπτει ότι εξαρτάται από τον αρχικό όγκο αίματος. Φαίνεται συνεπώς πως κατά την άσκηση με έναν υψηλό όγκο αίματος η ελάττωση του όγκου του πλάσματος που προκαλείται με την άσκηση, είναι λιγότερο πιθανό να προκαλέσει κυκλοφορικές διαταραχές παρά αν χανόταν ο ίδιος όγκος πλάσματος, αλλά με μικρότερο αρχικό όγκο αίματος. Συνεπώς κατά την υπογκαιμία οι ρυθμίσεις του κυκλοφορικού πρέπει να παρουσιαστούν γρήγορα, αν πρόκειται να συνεχιστεί η σωματική δραστηριότητα.



Σχήμα 8: Οι επιδράσεις του επιπέδου εργασίας σε παρατεταμένη άσκηση α) στον ρυθμό ιδρώτα και β) στην πρωκτική θερμοκρασία (ASTRAD, 1986).

### 1.3.2 Μυϊκή δραστηριότητα

Ξέρουμε ότι η μυϊκή δραστηριότητα επιβάλλει μια καταπόνηση πάνω στο θερμορρυθμιστικό και αγγειοκινητικό σύστημα του δέρματος, με την δημιουργία ενός θερμικού φορτίου ανάλογου της έντασης της άσκησης που προκαλεί ελάττωση στον V αίματος.

Όταν επικρατεί υπερβολική θερμότητα ή αφυδάτωση, γίνονται ανακατανομές στην δερματική κυκλοφορία και την θερμορρυθμιστική. Στην αυξημένη θερμοκρασία ανταποκρίνεται το βαλβιδικό επίπεδο κεντρικής θερμοκρασίας για την αγγειοδιαστολή της δερματικής αγγειακής κοίτης, που επιτρέπει αύξηση της αιματικής ροής.

Όταν η ροή αίματος στο δέρμα είναι υψηλή, ελαττώνεται η φλεβική επιστροφή και η καρδιακή πλήρωση. Η έξοδος των υγρών ελαττώνει τον όγκο του πλάσματος. Παρουσιάζεται αγγειοσύσπαση και ελάττωση της μεταφοράς θερμότητας από το εσωτερικό του σώματος στην επιφάνεια.

Όταν κατά την έναρξη της άσκησης παρουσιάζεται αφυδάτωση, το βαλβιδικό επίπεδο για την αγγειοδιαστολή του δέρματος, μετακινείται προς τις υψηλότερες κεντρικές θερμοκρασίες υποθέτοντας την παρουσία μιας κεντρικά δημιουργημένης αναστολής της αγγειοδιασταλτικής ώσης.

### 1.4 Γενική περιγραφή της θερμικής ισορροπίας κατά την άσκηση

Ο στόχος της θερμορρύθμισης όπως έχει ήδη παρουσιαστεί είναι η διατήρηση μιας σταθερής θερμοκρασίας του πυρήνα. Αυτή η ρύθμιση επιτυγχάνεται με τον έλεγχο του ρυθμού παραγωγής θερμότητας και απώλειας θερμότητας.

Από τις πρώτες παρατηρήσεις του (HILL, 1951), πάνω στον μειωμένο μυ γνωρίζουμε ότι υπάρχει μια σταθερή παραγωγή βασικής θερμότητας ως αποτέλεσμα των μεταβολικών αλλαγών. Εάν ένας μυς ερεθιστεί πάρα πολύ έντονα και δεν επιτρέπεται να συσπαστεί συστέλλεται ισομετρικά και πρακτικά όλη η ενέργεια δίδεται προς τα έξω ως θερμότητα δραστηριοποίησης για να διατηρήσει την ενεργό κατάσταση του μυ. Εάν μυς επιτρέπεται να συσπαθεί και να εκτελέσει μηχανική εργασία, εμφανίζεται ένα υπερβολικό ποσό θερμότητας που ονομάζεται θερμότητα βράχυσης, η οποία αναφέρεται

επίσης και ως επίδραση Fenn, από το όνομα του διάσημου φυσιολόγου που την περιέγραψε πρώτος. Η θερμότητα σύσπασης είναι ανάλογη με την απόσταση σύσπασης  $\mu$  και είναι ανεξάρτητη από το φορτίο. Πιθανότατα προκαλείται από την ενέργεια που απελευθερώνεται από τις εγκάρσιες μυϊκές γέφυρες, καθώς τα νήματα ακτίνης και μυοσίνης συμπλέκονται για να παράγουν μηχανικό έργο. Κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης εάν το φορτίο που σηκώνεται υποβοηθάται από το  $\mu$ , εμφανίζεται θερμότητα αποκατάστασης εάν όχι, δεν απελευθερώνεται θερμότητα αποκατάστασης. Έτσι στην ιστονική σύσπαση η ενέργεια που απελευθερώνεται περιγράφεται από την ενεργειακή εξίσωση του Hill:  $E = A + a\chi + P\chi$  όπου

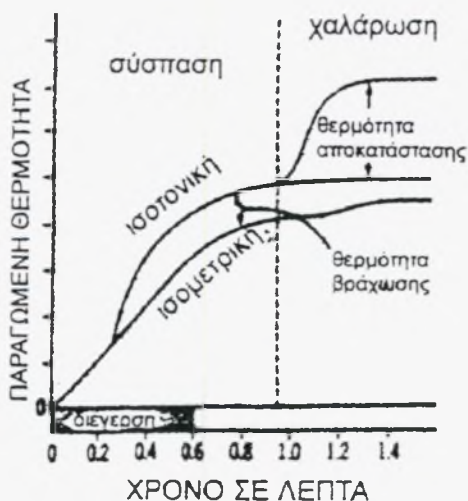
$E$  = ενέργεια

$A$  = θερμότητα που παράγεται για κάθε μονάδα βράχυνσης του μύος

$\chi$  = το μέγεθος βράχυνσης του μύος

$P$  = φορτίο που σηκώνει ο μύς

Θερμότητα δραστηριοποίησης και βράχυνσης ονομάζεται συνολικά αρχική θερμότητα. Κατά τη διάρκεια της ανάληψης παράγεται ένα ποσό θερμότητας ίσο με την αρχική θερμότητα και ονομάζεται θερμότητα αποκατάστασης. Η σχέση μεταξύ της παραγωγής θερμότητας και της μηχανικής εργασίας σ' έναν μεμονωμένο  $\mu$ , φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Διάγραμμα: Παραγωγή θερμότητας ως αποτέλεσμα ισομετρικής και ιστονικής σύσπασης (HILL, 1938).

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει την παραγωγή θερμότητας που είναι σύσπασης ισομετρικής και ισοτονικής. Η τετανική διέγερση είχε δοθεί σε έναν απομονωμένο μυ για 0,6". Η ισοτονική σύσπαση ξεκίνησε στο σημείο που δείχνεται το βέλος. Η εργασία που έγινε από το επίπεδο του μυός κατά τη διάρκεια της ανάρρωσης μετατρέπεται σε θερμότητα θερμ. αποκατάστασης. Η μικρή θερμότητα αποκατάστασης κάτω από ισομετρικές συνθήκες δείχνουν αποθήκευση ενέργειας στις σειρές του ελαστικού συστατικού που μετατρέπεται σε θερμότητα κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης (WINTON / BAYLISS, 1962) βασιζόμενοι στα αποτελέσματα του Hill (1938).

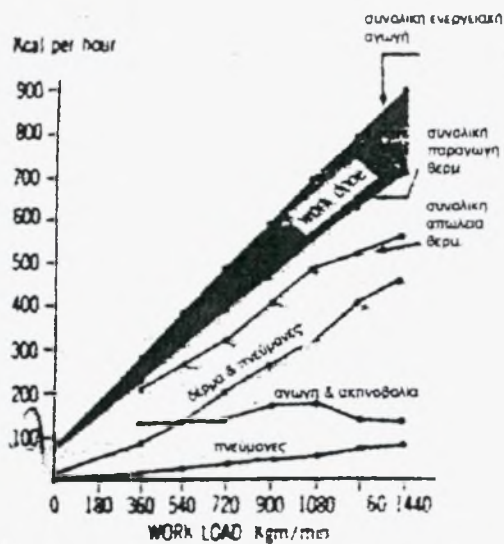
Από τα παραπάνω φαίνεται, ότι κατά τη διάρκεια της μυϊκής δραστηριότητας μόνο το ένα μέρος της διατεθειμένης χημικής ενέργειας χρησιμοποιείται ως βιομηχανική ενέργεια υπεύθυνη για την απόδοση του μηχανικού έργου, ενώ η υπόλοιπη (χημική) ενέργεια απελευθερώνεται ως θερμότητα. Μερική απ' αυτήν την απελευθερωμένη θερμότητα χρησιμοποιείται για να διατηρήσει μια σταθερή θερμοκρασία σώματος, ενώ αυτή που απομένει πρέπει να καταστραφεί και έτσι μπορεί να θεωρηθεί χαμένη ενέργεια. Μ' αυτή την έννοια, το μυϊκό κύτταρο μπορεί να συγκριθεί με μια μηχανοχημική μηχανή, αλλά θα πρέπει να διαφοροποιηθεί από μια θερμική μηχανή αφού στην πρώτη η θερμότητα είναι ένα παράγωγο της εργασίας, στην δεύτερη η θερμότητα είναι η πηγή της εργασίας. Η ένταση στην οποία η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια και δεν χαραμίζεται ως θερμότητα καθορίζει την αποδοτικότητα της μηχανής. Όσο περισσότερη μηχανική ενέργεια παράγεται από ένα δεδομένο ποσό μεταβολικής ενέργειας, τόσο μεγαλύτερη είναι η αποδοτικότητα της μηχανής.

$$\text{Συνεπώς, αποδοτικότητα} = \frac{\text{παραγωγή μηχανικής ενέργειας} \times 100}{\text{εισαγωγή μεταβολικής ενέργειας}}$$

Εάν δεν υπήρχε καμιά απώλεια θερμότητας στη διάρκεια της μετατροπής της ενέργειας, όλη η χημική ενέργεια θα μετατρέπονταν σε μηχανική ενέργεια (παραγωγή μηχανικής ενέργειας = εισαγωγή χημικής ενέργειας) και η μηχανή θα είχε 100% αποδοτικότητα.



Όμως το σώμα ως μηχανή, έχει αποδοτικότητα 25%. Αυτό σημαίνει ότι το 25% των καυσίμων (λίπος και υδατάνθρακες κυρίως) χρησιμοποιείται για την απόδοση της εξωτερικής εργασίας ενώ το υπόλοιπο 75% απελευθερώνεται ως θερμότητα κατά τη διάρκεια του σχηματισμού και της μεταφοράς του ATP στα λειτουργικά συστήματα των κυττάρων. Η παραγωγή ενέργειας αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η ένταση της εργασίας αλλά μόνο το ένα τέταρτο αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε χρήσιμη μηχανική εργασία το υπόλοιπο εξάγεται ως θερμότητα. Ενώ η σχετική συνεισφορά των διαφόρων οδών για απώλεια θερμότητας φαίνεται στο σχ. (11).

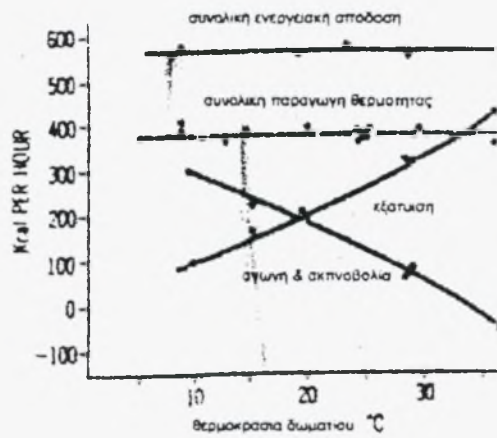


Σχήμα 11: Εναλλαγή ενέργειας στην ανάρρωση και κατά τη διάρκεια αυξημένης έντασης εργασίας (REDRAWN / NIELSEN, 1938).

Ένα γυμνό αντικείμενο ασκήθηκε για 60' σε κάθε επίπεδο εργασίας σε ένα εργομετρικό ποδήλατο και σε δωμάτιο θερμοκρασίας των 21°C. Η πρωκτική θερμοκρασία μετά από 30'-40' άσκησης εξαρτώμενης από την ένταση αυτής.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η εξάτμιση του ιδρώτα ευθύνεται για τα 3/4 περίπου της θερμικής απώλειας και η μεταγωγή και ακτινοβολία για το υπόλοιπο 1 τέταρτο. Πρέπει να τονιστεί πάντως ότι το ποσοστό της ακτινοβολίας και της μεταγωγής αυξάνεται αισθητά όταν το υποκείμενο αποδίδει σε χαμηλή περιβάλλουσα θερμοκρασία (βλέπε σχ. 12).



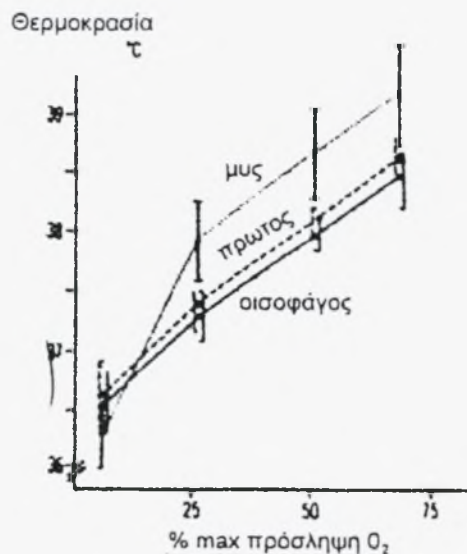


Σχήμα 12

Το ίδιο αντικείμενο εργάστηκε σε εργομετρικό ποδήλατο σε επίπεδο των 900 Kgm/min, σε διάφορες θερμοκρασίες δωματίου. Η θερμοκρασία του δέρματος ήταν 21°C, ενώ η υψηλότερη 35°C. Η απώλεια ιδρώτα ήταν 150 g και 700 g. Ο ιδρώτας ξεκίνησε 5' μετά από την έναρξη της άσκησης και πριν η πρωκτική θερμοκρασία και δερματική άλλαξαν από τις τιμές ανάληψης. Ενα σταθερό επίπεδο μετά από 30' άσκησης σε χρόνο όταν η κεντρική θερμοκρασία επίσης σταθεροποιήθηκε (NIELSEN, 1938).

Η παραγωγή θερμότητας κατά τη μυϊκή άσκηση υπερβαίνει την θερμική απώλεια και έτσι η θερμοκρασία του σώματος ανεβαίνει. Αυτή η αύξηση εξαρτάται από την σχετική ένταση της εργασίας (βλέπε σχ. 10). Επίσης φαίνεται ότι η θερμοκρασία του μυός κατά την εργασία είναι αισθητά υψηλότερη από την θερμοκρασία του πυρήνα.

Το σώμα όπως ειπώθηκε, παράγει εσωτερική θερμότητα που οφείλεται στις κανονικές φυσιολογικές διαδικασίες. Κατά την ξεκούραση ή στην διάρκεια του ύπνου, η παραγωγή μεταβολικής θερμότητας είναι μικρή πάντως κατά την διάρκεια έντονης άσκησης, η παραγωγή θερμότητας είναι μεγάλη. Η παραγωγή μπορεί να ταξινομηθεί ως εκούσια άσκηση ή ακούσια (ρίγος) ή βιομηχανική παραγωγή θερμότητας, που προκαλείται από την έκκριση ορμόνης, όπως η θυροξίνη και οι κατεχολαμίνες.



Σχήμα 10: Η μέση θερμοκρασία στον οισοφάγο, στον πρωκτό και στους ενεργοποιημένους μυς (SALTIN / HERMANSEN, 1966).

Η μέση θερμοκρασία στον οισοφάγο, στον πρωκτό και στους ενεργοποιημένους μυς σε σχέση με την πρόσληψη O<sub>2</sub> εκφρασμένη στις εκατό της ατομικής μέγιστης πρόσληψης O<sub>2</sub>. Οι μετρήσεις πάρθηκαν σε ξεκούραση σε επτά αντικείμενα μετά από 60' δουλειάς σε ένα εργομετρικό ποδήλατο. (SALTIN / HERMANSEN, 1966).

Αφού η αποδοτικότητα του σώματος είναι περίπου 20-25% το 75-80% της ενέργειας που ξοδεύεται κατά την άσκηση χάνεται στην θερμότητα. Κατά την έντονη άσκηση, αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο θερμικό φορτίο. Πράγματι η άσκηση σε ζεστό και υγρό περιβάλλον, εξυπηρετεί ως ένα σοβαρό τεστ, για την ικανότητα του σώματος να αποβάλλει θερμότητα.

Η ακούσια παραγωγή θερμότητας, κατά την έκθεση στο κρύο, είναι το πρωταρχικό μέσο αύξησης της παραγωγής θερμότητας, κατά 5 φορές πάνω από την κανονική τιμή περίπου. Επιπλέον η απελευθέρωση θυροξίνης δρα αυξάνοντας τον μεταβολικό ρυθμό όλων των κυττάρων του σώματος. Τέλος μια αύξηση στα επίπεδα της κατεχολαμινών στο αίμα (επινεφρίνη και νορεπινεφρίνη), μπορεί να προκαλέσει μια αύξηση στο ρυθμό του κυτταρικού μεταβολισμού. Η αύξηση στην παραγωγή θερμότητας που οφείλεται στις συνδυασμένες επιδράσεις της θυροξίνης και των κατεχολαμινών, ονομάζεται "θερμογένεση χωρίς ρίγος".

## II) Θερμική απώλεια

Η αποβολή θερμότητας μπορεί να συμβεί με την μορφή υπέρυθρων ακτινών και περιλαμβάνει μεταφορά της θερμότητας από την επιφάνεια ενός αντικειμένου στην επιφάνεια ενός άλλου χωρίς σωματική επαφή. Κατά την ξεκούραση σ' ένα άνετο περιβάλλον το 60% της απώλειας γίνεται μέσω ακτινοβολίας. Αυτό είναι πιθανό επειδή η θερμοκρασία του δέρματος θα είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία των γύρω αντικειμένων, η οποία προκαλεί απώλεια που οφείλεται στην θερμική κλίση. Η ακτινοβολία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα και το θερμικό κέρδος σε σχέση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Αγωγή: είναι η μεταφορά θερμότητας από το σώμα σε μόρια ψυχρότερων αντικειμένων που βρίσκονται σε επαφή. Το σώμα χάνει μόνο μικρά ποσά θερμότητας από αυτή την διαδικασία.

Η μεταφορά μέσω ρευμάτων: είναι η μορφή αγωγίμης θερμικής απώλειας από την μετάδοση της θερμότητας, είτε στα μόρια του αέρα, είτε στα μόρια του νερού που έρχονται σε επαφή με το σώμα. Στην απώλεια θερμότητας μέσω μεταφοράς ή τα μόρια του αέρα, ή του νερού θερμαίνονται και γίνονται λιγότερο πυκνά φεύγουν μακριά από την πηγή της θερμότητας και αντικαθίστανται από ψυχρότερα μόρια. Μιλώντας πρακτικά το ποσό της θερμικής απώλειας που οφείλεται στη μεταφορά θερμότητας μέσω ρευμάτων εξαρτάται από την ροή του αέρα πάνω στο δέρμα.

Εξάτμιση: είναι υπεύθυνη για το 25% της θερμικής απώλειας κατά την ξεκούραση αλλά κάτω από τις περισσότερες περιβαλλοντικές συνθήκες είναι το πιο σημαντικό μέσο θερμικής απώλειας κατά την άσκηση. Η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα στο νερό, πάνω στην επιφάνεια του δέρματος. Όταν αυτό κερδίσει αρκετή θερμότητα (ενέργεια) μετατρέπεται σε αέριο παίρνοντας την θερμότητα μακριά από το σώμα. Η εξάτμιση συμβαίνει εξαιτίας μίας κλίσης πίεσης ατμού μεταξύ του δέρματος και του αέρα. Η πίεση του ατμού είναι η πίεση που βγαίνει από τα μόρια του νερού που έχουν, μετατραπεί σε αέριο. Το "πάγωμα" μέσω εξάτμισης στην άσκηση συμβαίνει

ως εξής: Όταν η θερμοκρασία του σώματος ανεβαίνει πάνω από το κανονικό, το νευρικό σύστημα διεγείρει τους ιδρωτοποιούς αδένες να εκκρίνουν ιδρώτα στην επιφάνεια του δέρματος καθώς ο ιδρώτας εξατμίζεται, η θερμότητα αποβάλλεται στο περιβάλλον, το οποίο με τη σειρά του χαμηλώνει την θερμοκρασία του δέρματος.

Το ποσό εξάτμισης του ιδρώτα από το δέρμα εξαρτάται: i) από την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία ii) από τα μεταγωγικά ρεύματα γύρω από το σώμα και iii) από το ποσοστό της επιφάνειας του δέρματος που εκτίθεται στο περιβάλλον. Σε υψηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες η σχετική υγρασία μειώνει τον ρυθμό εξάτμισης. Στην πραγματικότητα όταν η σχετική υγρασία είναι κοντά στο 100% η εξάτμιση περιορίζεται. Γι' αυτό το λόγο το "πάγωμα" μέσω εξάτμισης είναι περισσότερο αποτελεσματικό κάτω από συνθήκες χαμηλής υγρασίας.

Η υψηλή σχετική υγρασία μειώνει τον ρυθμό εξάτμισης γιατί αυτή (RH) μειώνει την κλίση πίεσης ατμού μεταξύ του δέρματος και του περιβάλλοντος. Σε μια ζεστή υγρή μέρα η πίεση του ατμού στον αέρα είναι κοντά με την πίεση του ατμού στο υγρό δέρμα. Γι' αυτό ο ρυθμός της εξάτμισης μειώνεται σημαντικά. Ο υψηλός ρυθμός παραγωγής ιδρώτα σε ζεστό υψηλής υγρασίας περιβάλλον, οδηγεί στην "άχρηστη" απώλεια νερού. Δηλ. η παραγωγή ιδρώτα δεν ψύχει το δέρμα αλλά η εξάτμιση είναι που ψύχει το δέρμα. Κατά την άσκηση η πίεση του ατμού στο δέρμα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την πίεση ατμού στον αέρα. Η πίεση του ατμού επηρεάζεται και από την θερμοκρασία και από την σχετική υγρασία.

Πόση θερμότητα μπορεί να χαθεί μέσω της εξάτμισης στην άσκηση; Η θερμική απώλεια που οφείλεται στην εξάτμιση μπορεί να υπολογιστεί με τον εξής τρόπο. Το σώμα χάνει 0,55 Kcal θερμότητας για κάθε ml νερού που εξατμίζεται. Έτσι η εξάτμιση 1 lt ιδρώτα θα είχε ως αποτέλεσμα μια θερμική απώλεια της τάξης των 5.800 Kcal ( $1.000 \text{ ml} \times 0,58 \text{ Kcal} = 580 \text{ Kcal}$ ).

Περίληπτικά η θερμική απώλεια κατά την άσκηση (εκτός από κολύμβηση σ' ένα ψυχρό ήπιο περιβάλλον οφείλεται πρωταρχικά στην εξάτμιση. Όταν η άσκηση γίνεται σε ζεστό περιβάλλον (όπου η θερμοκρασία του αέρα είναι

μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του δέρματος) η εξάτμιση είναι το μέσο απώλειας σωματικής θερμότητας. (COOPER, 1990).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια περίληψη των μηχανισμών θερμικής απαλλαγής κατά την άσκηση.



## ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2 Θερμορρύθμιση κατά την άσκηση και περιβαλλοντική ένταση κατά τη διάρκεια αυτής.

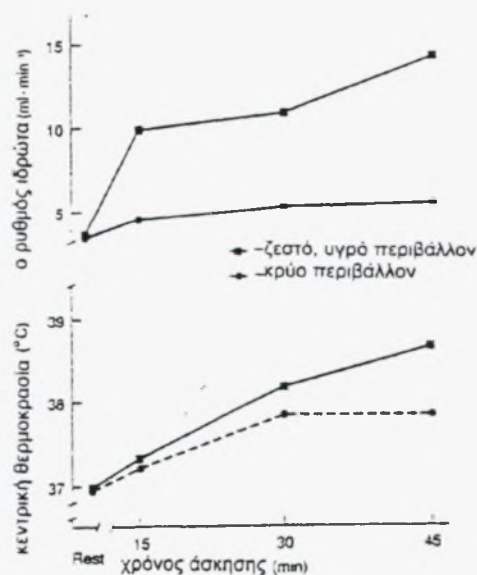
### 2.1 Άσκηση στην ζέστη

Θερμορρύθμιση σε συνθήκες έντονης ζέστης: θερμική απώλεια

Η συνεχόμενη άσκηση σε ένα ζεστό και υγρό περιβάλλον θέτει μια ιδιαίτερα στρεσογόνο πρόκληση για την διατήρηση της κανονικής θερμοκρασίας του σώματος και της ομοιόστασης των υγρών. Η υψηλή θερμότητα και η υγρασία μειώνουν την ικανότητα του σώματος να αποβάλλει θερμότητα μέσω μεταγωγής ακτινοβολίας και εξάτμισης. Αυτό οδηγεί σε μια μεγαλύτερη θερμοκρασία πυρήνα και σε έναν υψηλότερο ρυθμό παραγωγής ιδρώτα όταν συγκρίνεται με την ίδια άσκηση σε ήπιο περιβάλλον. Αυτό φαίνεται καθαρά στο σχήμα 13.

Σχ. 13. Διαφορές στην κεντρική θερμοκρασία και στον ρυθμό ιδρώτα σε 45 λεπτά υπό μέγιστης άσκησης σε ένα ζεστό υγρό περιβάλλον έναντι ενός κρύου (POWERS, 1982)

Συνεπώς είναι πολύ σημαντική η αποφυγή της υπερθέρμανσης γιατί ειδικά στην άσκηση στην ζέστη λαμβάνει ένας συνυπάρχον ανταγωνισμός μεταξύ των μηχανισμών που διατηρούν μια μεγάλη ροή αίματος προς τους μύες και αυτόν που προνοούν για την κατάλληλη θερμορρύθμιση. Η απώλεια θερμότητας γίνεται:



### 2.1.1 Μέσω ακτινοβολίας

Αυτή η μορφή μεταβίβασης θερμότητας (όπως έχει ειπωθεί), δεν απαιτεί μοριακή επαφή με το θερμότερο σώμα και γίνεται βασικά με τα μέσα με τα οποία οι ακτίνες του ηλίου ζεσταίνουν τη γη. Ένα άτομο μπορεί να μείνει ζεστό απορροφώντας ακτινοβολό θερμική ενέργεια, όπως το φως του ήλιου ακόμα και σε θερμοκρασίες υπό το 0. Όταν η θερμοκρασία των σωμάτων υπερβαίνει αυτή του σώματος η ακτινοβόλος θερμική ενέργεια απορροφάται από τα περιβάλλοντα σώματα. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η μόνη οδός για απώλεια θερμότητας είναι η εξάτμιση ("πάγωμα" μέσω εξάτμισης).

### 2.1.2 Απώλεια μέσω μεταγωγής

Αν και η περισσότερη από τη θερμότητα του σώματος μεταφέρεται στο εξωτερικό με την κυκλοφορία, ένα μικρό ποσοστό κινείται μέσω της μεταβίβασης κατευθείαν μέσα από τους βαθύτερους ιστούς προς την ψυχρότερη επιφάνεια, ενώ η "απώλεια" της θερμότητας αφορά το "ζέσταμα" των μορίων και των ψυχρότερων επιφανειών που έρχονται σε επαφή με το δέρμα. Ο ρυθμός της αγωγίμης απώλειας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας του δέρματος και των γύρω επιφανειών και τις θερμικές τους ποιότητες. (CRAIG / DVORAK, 1981).

### 2.1.3 Απώλεια θερμότητας μέσω μεταφοράς

Η αποτελεσματικότητα αυτής βασίζεται στο πόσο γρήγορα ο παρακείμενος στο σώμα αέρας, ανταλλάσσεται μόλις αυτός θερμανθεί. Αν η κίνηση είναι αργή, ο αέρας που βρίσκεται κοντά στο δέρμα θερμαίνεται και λειτουργεί ως μια ζώνη απομόνωσης. Αυτό ελαχιστοποιεί την παραπέρα απώλεια θερμότητας μέσω μεταγωγής. Αν όμως ο ζεστότερος αέρας που περιβάλλει το σώμα αντικαθίσταται συνεχώς από ψυχρότερο αέρα, η απώλεια αυξάνεται καθώς τα μεταγωγικά ρεύματα μεταφέρουν την θερμότητα μακριά. Τα ρεύματα αέρα των τεσσάρων μιλίων/ώρα είναι δύο φορές πιο αποτελεσματικά για πώση της θερμοκρασίας, από ότι τα ρεύματα αέρος 1 μιλίου/ώρα.



#### 2.1.4 Απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης

Για κάθε lt νερού που εξατμίζεται 580 Kcal βγαίνουν από το σώμα και μεταφέρονται στο περιβάλλον. Περίπου 2-4 εκατομμύρια ιδρωτοποιοί αδένες είναι κατανεμημένοι στην επιφάνεια του σώματος. Σαν αντίδραση στην υψηλή θερμότητα, αυτοί οι εκκριτικοί αδένες που ελέγχονται από χολυνεργικές ίνες νεύρων του συμπαθητικού σώματος, εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες ασθενούς αλατούχου διαλύματος (υποτονικό 0,2-0,4% NaCl). Όταν ο ιδρώτας έρχεται σε επαφή με το δέρμα παρατηρείται ένα δροσιστικό αποτέλεσμα καθώς εξατμίζεται το "δροσισμένο" δέρμα χρησιμεύει για να "δροσίσει" το αίμα που έχει μετακινηθεί από το εσωτερικό προς την επιφάνεια. Με την απώλεια θερμότητας μέσω του ιδρώτα, 350 ml νερού περνούν μέσα από το δέρμα και εξατμίζονται στο περιβάλλον.

#### 2.1.5 Απώλεια θερμότητας σε υψηλές περιβάλλουσες θερμοκρασίες

Καθώς η περιβάλλουσα θερμότητα αυξάνεται, η αποτελεσματικότητα της απώλειας μέσω των παραπάνω τρόπων μειώνεται. Όταν η περιβάλλουσα θερμοκρασία υπερβαίνει αυτή του σώματος η θερμότητα κερδίζεται. Συνεπώς τα μοναδικά μέσα για την διάλυση της θερμότητας είναι η εξάτμιση του ιδρώτα και η μικρή συνεισφορά στην πώση της θερμοκρασίας που παρέχεται από την εξάτμιση του νερού από το αναπνευστικό σύστημα.

Απώλεια θερμότητας σε υψηλή υγρασία

Ο συνολικός ιδρώτας που εξατμίζεται από το δέρμα εξαρτάται από 3 παράγοντες.

1. Την επιφάνεια που εκτίθεται στο περιβάλλον.
2. Την θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος αέρα.
3. Τα αγώγιμα ρεύματα αέρα γύρω από το σώμα.

Η σχετική υγρασία είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας καθορισμού της αποτελεσματικότητας της απώλειας θερμότητας μέσω εξάτμισης. Η σχετική υγρασία ορίζεται ως αναλογία του νερού στον περιβάλλοντα αέρα, προς την συνολική ποσότητα υγρασίας που μπορεί να μεταφερθεί στον αέρα σε μια



συγκεκριμένη θερμοκρασία περιβάλλοντος, εκφραζόμενη ως ποσοστό. Όταν η υγρασία είναι υψηλή η περιβάλλουσα πίεση ατμού πλησιάζει αυτήν του υγρού δέρματος (περίπου 40 mm Hg) και η εξάτμιση μειώνεται κατά μεγάλο βαθμό. Έτσι αυτή η οδός απώλειας θερμότητας, ουσιαστικά κλείνει ακόμη και όταν μεγάλες ποσότητες ιδρώτα, στάζουν πάνω στο δέρμα και τελικά κυλούν απ' αυτό. Αυτή η μορφή αποτελεί ανώφελη απώλεια που οδηγεί σε επικίνδυνο στάδιο αφυδάτωσης ή υπερθερμίας. Το "πάγωμα" μέσω εξάτμισης εμποδίζεται και από το συνεχές στέγνωμα του δέρματος με μια πετσέτα, πριν ο ιδρώτας εξατμιστεί. Ο ιδρώτας αυτός δεν ψύχει το δέρμα, η εξάτμιση ψύχει το δέρμα. Όσο η υγρασία είναι χαμηλή οι σχετικά μεγάλες θερμοκρασίες αντέχονται. Γι' αυτό το λόγο τα ζεστά ψυχρά κλίματα είναι πιο κατάλληλα από τα πιο δροσερά αλλά με περισσότερη υγρασία τροπικά κλίματα.

## **2.2 Αλληλεπίδραση των μηχανισμών αποβολής της θερμοκρασίας**

Οι μηχανισμοί για την απώλεια θερμότητας είναι ίδιοι είτε το φορτίο επιβάλλεται εσωτερικά (μεταβολική θερμότητα), είτε εξωτερικά (περιβαλλοντική θερμότητα).

### **2.2.1 Κυκλοφορία**

Το κυκλοφορικό σύστημα λειτουργεί σαν "εργάτης" που του έχει ανατεθεί το βαρύ φορτίο της διατήρησης της θερμικής ισορροπίας. Στην ξεκούραση ο ρυθμός της καρδιάς και η καρδιακή απόδοση αυξάνονται όταν τα επιφανειακά φλεβικά και αρτηριακά αγγεία διαστέλλονται, για να αλλάζουν την ροή του ζεστού αίματος προς την επιφάνεια του σώματος. Αυτό παρουσιάζεται ως "αναμμένο" ή κοκκινισμένο πρόσωπο σε ζεστή μέρα ή κατά τη διάρκεια μιας έντονης άσκησης. Σ' έντονο θερμικό στρες το 15%-25% της καρδιακής απόδοσης περνάει από το δέρμα. Αυτό αυξάνει σημαντικά τη θερμική αγωγιμότητα στους περιφερειακούς ιστούς και ευνοεί την απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας στο περιβάλλον, ειδικά από τα χέρια, τους ώμους, τους πήχεις, τα αυτιά και τις περιοχές των κάτω άκρων.



### 2.2.2 Εξάτμιση

Η παραγωγή του ιδρώτα ξεκινά μέσα σε 1/2 sec. Μετά την αρχή έντονης άσκησης και μετά από περίπου 30 λεπτά και φτάνει σε μια ισορροπία η οποία είναι σχετιζόμενη με το φορτίο της άσκησης. Μια αποτελεσματική θερμική άμυνα εδραιώνεται όταν το "πάγωμα" μέσω εξάτμισης συνδυάζεται με μεγάλη δερματική ροή αίματος. Το "ψυγμένο" περιφερικό αίμα γυρίζει έπειτα σε βαθύτερους ιστούς για να πάρει την επιπρόσθετη θερμότητα.

### 2.2.3 Ορμονικές ρυθμίσεις

Επειδή μαζί με το νερό και οι ηλεκτρολύτες χάνονται μέσω του ιδρώτα, οι ορμονικές ρυθμίσεις εισάγονται σε καταστάσεις θερμικού στρες καθώς το σώμα προσπαθεί να διατηρήσει τα άλατα και υγρά. Ο βλεννογόνος αδένας απελευθερώνει βασοπρεσίνη ή αντιδιουρητική ορμόνη (ADH), για να αυξήσει την επαναρρόφηση του νερού από τα νεφρά. Αυτό προκαλεί την συμπύκνωση των ούρων κατά τη διάρκεια του θερμαντικού στρες. Συνεπώς κατά τη διάρκεια συνεχόμενης άσκησης σε ζέστη ή σε έναν απλό αγώνα κατά τη διάρκεια συνεχής άσκησης σε ζέστη η ορμόνη διατήρησης νατρίου αλδοστερόνη απελευθερώνεται από τον φλοιό των επινεφριδίων. (COSTILL, 1976). Αυτή δρα στους νεφρικούς σωλήνες για να αυξήσει την επαναρρόφηση του νατρίου. Μέσω μη ακόμη καθορισμένων μηχανισμών η συγκέντρωση νατρίου στον ιδρώτα μειώνεται κατά την διάρκεια επαναλαμβανόμενης έκθεσης σε θερμότητα για να βοηθήσει στην διατήρηση των ηλεκτρολυτών. Σε έρευνες έχει βρεθεί ότι η κατάσταση αφυδάτωσης και η ένταση της υγρασίας έχουν τις εξής επιδράσεις πάνω στην αλδοστερόνη και στην βασοπρεσίνη.

1. Αύξηση της αλδοστερόνης (ALD) και της βασοπρεσίνης (AVP) και αυτή η επίδραση διατηρείται κατά την άσκηση θερμικής έντασης.
2. Αυξήσεις των ALD και ADP που προκαλούνται από την άσκηση είναι υψηλότερες κατά τη διάρκεια της άσκησης υψηλής έντασης παρότι σε άσκηση χαμηλής έντασης.



3. Η υποενυδάτωση και η ένταση της άσκησης, έχουν προσθετικές επιδράσεις στην ALD.
4. Οι ανταποκρίσεις της AVP είναι στενά συνδεδεμένες με την οσμωτικότητα. (MONTAIN, 1997).

### **2.3 Περιβαλλοντική ένταση κατά την άσκηση**

Στην άσκηση στη ζέστη το σώμα έρχεται αντιμέτωπο με δύο ανταγωνιστικές απαιτήσεις.

1) Οι μυς απαιτούν O<sub>2</sub> για να διατηρήσουν το μεταβολισμό της ενέργειας και 2) μεταβολική θερμότητα πρέπει να μεταφερθεί μέσω του αίματος από τους βαθύτερους ιστούς στην περιφέρεια. Συνεπώς αυτό το αίμα δεν μπορεί να παραδώσει το O<sub>2</sub> στους ασκούμενους μυς.

Επιπρόσθετα στις αγγειακές ρυθμίσεις, η αποβολή της μεταβολικής θερμότητας κατά την άσκηση σε ζεστό νερό βασίζεται στον "ψυκτικό" μηχανισμό του "παγώματος" μέσω εξάτμισης. Ετσι πληρώνεται ένα τίμημα καθώς οι απαιτήσεις τοποθετούνται στα αποθέματα υγρών του σώματος και μια σχετική κατάσταση αφυδάτωσης εμφανίζεται συχνά. Η υπερβολική παραγωγή ιδρώτα οδηγεί σε απώλεια υγρών, συνοδευόμενη από μείωση του πλάσματος που μπορεί να προκαλέσει μια κυκλοφορική ανακοπή και η θερμοκρασία του πυρήνα να ανέβει σε θανάσιμα επίπεδα.

#### **2.3.1 Κυκλοφορικές ρυθμίσεις**

Ο V παλμός είναι συνήθως χαμηλότερος κατά την άσκηση στη ζέστη και αντισταθμίζεται από μια ποσοστιαία αύξηση στον καρδιακό ρυθμό σε όλα τα επίπεδα υπομέγιστης άσκησης. Συνεπώς οι καρδιακές αποδόσεις είναι όμοιες και στα ζεστά και στα κρύα περιβάλλοντα. Στην έντονη άσκηση, αυτή η αντισταθμική αντανεκλαστική άσκηση είναι ανεπαρκής να αντισταθμίσει την μείωση του V παλμού και η μέγιστη καρδιακή απόδοση και η σχετιζόμενη αεροβική δύναμη μειώνονται.

### 2.3.2 Συστολή και διαστολή

Στη ζέστη η κυτταρική δερματική και μυϊκή ροή του αίματος, επιταχύνεται εις βάρος άλλων ιστών που μπορούν προσωρινά να διακινδυνέψουν την προμήθεια αίματός τους. Για παράδειγμα η αγγειοδιαστολή των υποδερμικών αγγείων αντικρούεται ταχύτατα, από αντισταθμιστική σύσπαση του σπλαχνικού μυϊκού σώματος και των νευρικών ιστών. Μια τέτοια σημαντικά και συχνά παρατεταμένη μείωση στη ροή του αίματος αυτών των ιστών, μπορεί να ευθύνεται για το μεγάλο αριθμό επιπλοκών στο συκώτι και στα νεφρά που παρατηρούνται σε υπερβολική θερμική ένταση.

### 2.3.3 Διατήρηση της πίεσης του αίματος

Εκτός από την αλλαγή διεύθυνσης της ροής του, προς την περιοχή που έχουν ανάγκη η αγγειοσυστολή στα σπλάχνα υπηρετεί στο να αυξήσει την συνολική αγγειακή αντίσταση. Κατά αυτόν τον τρόπο η αρτηριακή πίεση διατηρείται σταθερή κατά την άσκηση σε ζέστη. Σε βαριά άσκηση στην ζέστη με την συνοδευόμενη αφυδάτωση σχετικά λιγότερο αίμα στέλνεται στις περιφερειακές περιοχές για την αποβολή θερμότητας. (FORTNEY et al, 1984). Αυτό πιθανό να αντανakλά στην προσπάθεια του αίματος να διατηρήσει την καρδιακή απόδοση μπροστά σε μια ελάττωση του Νπλάσματος που προκαλείται από την παραγωγή ιδρώτα. Σε μια κουραστική άσκηση η κυκλοφορική ρύθμιση και η ροή του αίματος στους μύς υπερσχύουν της ρύθμισης της θερμοκρασίας. (NADEL, 1988).

Ακόμα και όταν η υπομέγιστη άσκηση είναι ανοιχτή στην ζέστη η εργασία γενικά ολοκληρώνεται με μεγαλύτερη εξάρτηση στον αναερόβιο μεταβολισμό από ότι στις πιο δροσερές συνθήκες. Αυτό οδηγεί στη γρήγορη συσσώρευση του γαλακτικού οξέως και στην σπατάλη αποθεμάτων γλυκόζης κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ένα αυξημένο επίπεδο γαλακτικού οξέος οφείλεται ίσως 1) σε μειωμένη πρόσληψη γλυκόζης από το συκώτι επειδή συμβαίνουν σημαντικές μειώσεις της υπατικής ροής αίματος, κατά τη διάρκεια άσκησης στη ζέστη, 2) Σε μειωμένη κυκλοφορία των μυών επειδή οι μεγάλες ποσότητες αίματος στέλνονται στην περιφέρεια για αποβολή θερμότητας. Και οι

δυσο αυτοί παράγοντες μπορεί να είναι υπεύθυνοι για γρήγορη κόπωση κατά τη διάρκεια μέτριας άσκησης σε θερμότητα.

#### **2.4 Η θερμοκρασία του πυρήνα κατά την άσκηση**

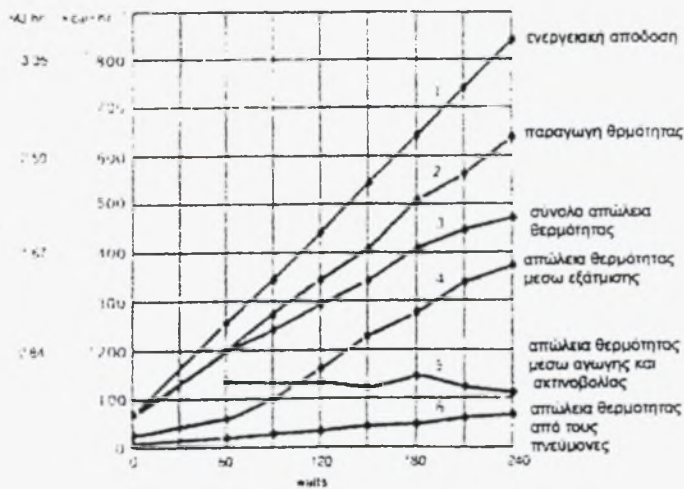
Η θερμοκρασία που παράγεται κατά την άσκηση των μυών μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του σώματος σε επίπεδο πυρετού που θα μπορούσε να κάνει ανίκανο ένα άτομο αν οφειλόταν μόνο από εξωτερικό θερμαντικό στρες.

##### **2.4.1 Ρύθμιση υψηλότερων θερμοκρασιών του πυρήνα**

Μέσα στα όρια η αύξηση στην θερμοκρασία του πυρήνα στην άσκηση δεν αντανakλά κάποιο πρόβλημα στους μηχανισμούς αποβολής θερμότητας. Αντιθέτως πρόκειται για μια καλά ρυθμισμένη αντίδραση που συμβαίνει ακόμα και όταν ασκούμαστε στο κρύο. (DRINKWATER, 1976). Πιο πιθανό, μια μέτρια αύξηση στη θερμοκρασία του πυρήνα, αντανakλά σε μια επιθυμητή προσαρμοστική αντίδραση που δημιουργεί ένα ιδανικό θερμικό περιβάλλον για την φυσιολογική και μεταβολική λειτουργία. Με έρευνα έχει βρεθεί (ROBERTS / WENGER, 1980) ότι σε άσκηση σε ένα άνετο περιβάλλον του 50% μεγίστου  $\dot{V}O_2$ , ένα φορμαρισμένο άτομο παράγει περισσότερη ενέργεια στην άσκηση και όμως έχει την ίδια περίπου θερμοκρασία πυρήνα με ένα λιγότερο φορμαρισμένο άτομο. Η έξτρα μεταβολική θερμότητα αποβάλλεται με μια μεγαλύτερη αποβολή ιδρώτα από το άτομο που ασκείται στο υψηλότερο απόλυτο εργασιακό φορτίο. Φυσικά στο ίδιο εργασιακό φορτίο, το προπονημένο άτομο ασκείται με χαμηλότερη θερμοκρασία του πυρήνα.

##### **2.4.2 Επίδραση της άσκησης**

Από την στιγμή που η μηχανική ενέργεια του σώματος είναι κάτω του 25% περισσότερο από 75% της συνολικής χρησιμοποιημένης ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα. Όσο πιο έντονη είναι η ένταση της άσκησης τόσο μεγαλύτερη θερμότητα παράγεται. Αυτή η θερμότητα όπως έχει αναφερθεί πρέπει να μετακινηθεί και να ξοδευτεί για να εμποδίσει την υπερθερμία.



Σχήμα 14: Τρόποι απώλειας θερμότητας (NIELSEN, 1980)

Το σχήμα 14 δείχνει πώς η θερμική ισορροπία διατηρείται κατά τη διάρκεια μυϊκής άσκησης σε διαφορετική ένταση σε 1 ώρα. Η σωματική θερμοκρασία αυξάνεται και μπορεί να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα της ενεργοποιημένης ρύθμισης. (CHRISTENSEN, 1932). Προφανώς η κεντρική θερμοκρασία αυξάνεται για να δημιουργήσει μια κλίση για τη ροή της θερμότητας από το κέντρο στην περιφέρεια και για να παρακινήσει την παραγωγή ιδρώτα. (Nielsen B., 1980). Η διαφορά της "ενεργειακής" και της παραγωγής θερμότητας στο σχήμα 14 είναι μια έκφραση της μηχανικής επάρκειας (23%) και η διαφορά ανάμεσα στην "παραγωγή θερμότητας" και στην "συνολική απώλεια θερμότητας", είναι απόρροια της αυξημένης σωματικής θερμότητας. Η απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας και αγωγής είναι αδιάκοπη παρόλο τις μεγάλες ποικιλίες στην παραγωγή θερμότητας. Η εξάτμιση παρέχει την επιπλέον απώλεια θερμότητας όσο ο ρυθμός της άσκησης αυξάνεται (βλέπε σχήμα 14).

### 2.4.3 Εγκλιματισμός στην ζέστη

Εργα που είναι σχετικά εύκολα όταν πραγματοποιούνται σε ψυχρό καιρό γίνονται εξαιρετικά και επιβλαβή όταν γίνεται προσπάθεια να πραγματοποιηθούν στην πρώτη ζεστή μέρα της άνοιξης. Η επαναλαμβανόμενη έκθεση ανδρών και γυναικών σε ζεστά περιβάλλοντα ειδικά όταν συνδυάζεται με

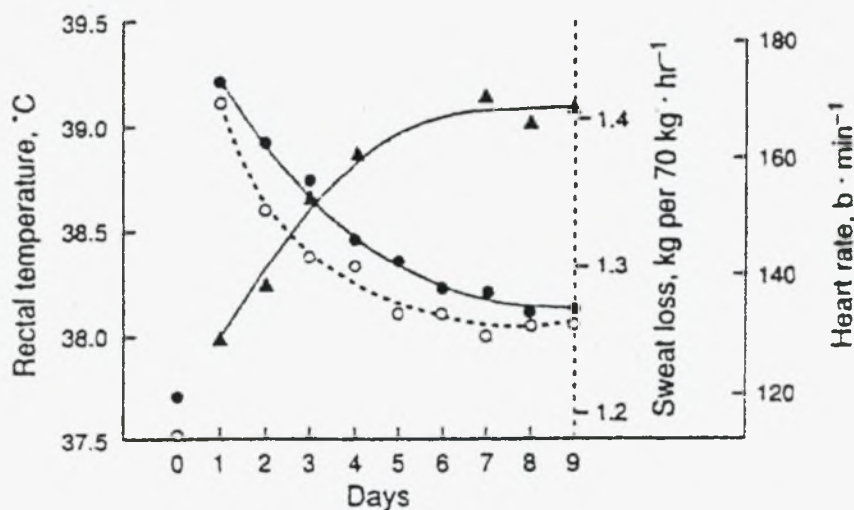
άσκηση έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ικανότητας για άσκηση και λιγότερη ενόχληση για την έκθεση στη ζέστη. Οι φυσιολογικές προσαρμοστικές αλλαγές που βελτιώνουν την ανοχή στη θερμότητα ορίζονται συνολικά ως εγκλιματισμός στη ζέστη.

Όπως περιγράφεται στο σχ.15 ο μεγαλύτερος εγκλιματισμός συμβαίνει κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας έκθεσης στη ζέστη και ολοκληρώνεται ουσιαστικά έως το τέλος των 10 ημέρων. Μόνο 2-4 ώρες καθημερινής έκθεσης στη ζέστη απαιτούνται. Σε πρακτικούς όρους οι πρώτες φορές εξάσκησης στη ζέστη θα πρέπει να είναι ελαφρές και να διαρκούν γύρω στα 15'-20'. Από εκεί και πέρα οι προπονήσεις μπορούν να αυξηθούν σε διάρκεια και ένταση.

Με τον εγκλιματισμό μεγαλύτερες ποσότητες αίματος αλλάζουν ροή προς τα επιδερμικά αγγεία και η ζέστη κινείται από τον πυρήνα προς την περιφέρεια. Επιτυγχάνεται ακόμη μια περισσότερο αποτελεσματική διανομή της καρδιακής παραγωγής, έτσι ώστε η πίεση του αίματος, να παραμένει περισσότερο σταθερή κατά την άσκηση. Αυτός ο "κυκλοφορικός εγκλιματισμός" συμπληρώνεται από ένα χαμηλότερο κατώφλι για την παραγωγή ιδρώτα. Συνεπώς η διαδικασία ψύξης ("παγώματος") ξεκινά πριν η θερμοκρασία αυξηθεί αξιοσημείωτα. Μετά από 10 ημέρες έκθεσης στη ζέστη, η ικανότητα για την παραγωγή ιδρώτα διπλασιάζεται, ο ιδρώτας γίνεται πιο αραιός (χάνεται λιγότερο αλάτι) και είναι πιο ομαλά διανεμημένος, στην επιφάνεια του δέρματος. Αυτές οι προσαρμογές στην κυκλοφορία και στο "πάγωμα" μέσω εξάτμισης καθιστούν ικανό το εγκλιματισμένο στη ζέστη άτομο, να ασκείται με χαμηλότερη θερμοκρασία του δέρματος και του πυρήνα και με χαμηλότερο καρδιακό ρυθμό, απ' ό,τι ένα άτομο που δεν έχει εγκλιματιστεί. Αυτή η χαμηλότερη θερμοκρασία του πυρήνα μπορεί, να έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη ανάγκη για ροή του αίματος προς το δέρμα αφήνοντας έτσι ελεύθερο, ένα μεγαλύτερο ποσοστό από την καρδιά για παραγωγή και για διανομή στους εργαζομένους μύες. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι εάν το άτομο δεν είναι καλά ενυδατωμένο η διαδικασία του εγκλιματισμού αμβλύνεται. Επίσης τα μεγαλύτερα οφέλη του εγκλιματισμού χάνονται μέσα σε 2-3 εβδομάδες, αφού επιστρέψουμε σε ένα πιο εύκρατο (μέτριο) περιβάλλον.



Η ακτίνα ιδανικής φυσιολογικής λειτουργίας της θερμοκρασίας του πυρήνα είναι γύρω στους 36° με 40°C, ενώ τα όρια αντοχής είναι από 25°-42°.



Σχήμα 15

Το σχήμα 15 δείχνει τον εγκλιματισμό στην θερμότητα που προέρχεται από καθημερινή έκθεση στη ζέστη. Η ένταση με την έκθεση πάνω στον οργανισμό μειώνεται προοδευτικά όπως φαίνεται από μια ελάττωση του καρδιακού ρυθμού, της πρωκτικής θερμοκρασίας, της θερμοκρασίας του δέρματος και κατά συνέπεια της μείωσης στον θερμικό φόντο. Αυτές οι φυσιολογικές προσαρμογές μπορεί να οφείλονται στο αυξημένο "πάγωμα" μέσω εξάτμισης πάνω στην αυξημένη παραγωγή ιδρώτα. Μπορεί να υπολογιστεί ότι την ένατη μέρα το θερμικό περιεχόμενο ήταν περίπου 80 Kcal λιγότερο απ' ό τι την πρώτη μέρα. Η διαδικασία του εγκλιματισμού φαίνεται να επιτυγχάνεται από την άσκηση στην ζέστη αλλά η άσκηση από μόνη της δεν είναι ένα υποκατάστατο της έκθεσης στη θερμότητα. Ο ιδανικός χρόνος έκθεσης για την ανάπτυξη του εγκλιματισμού είναι περίπου μια εβδομάδα και όπως αναφέρθηκε μπορεί να διατηρηθεί για άλλες δύο εβδομάδες χωρίς περαιτέρω έκθεση.

Ο εγκλιματισμός είναι ουσιαστικός και για την πρόληψη θερμικών διαταραχών. Έχει αναφερθεί περίπτωση θανάσιμης θερμοπληξίας σε άτομα, ενώ

αυτά συναγωνίζονταν σε αθλητικές δραστηριότητες σε θερμοκρασίες τόσο χαμηλές όσο οι 18°C, αλλά και με σχετική υγρασία της τάξης των 100%. Ο ιδρώτας πρέπει να εξατμιστεί για να "βγει" η δροσιστική του επίδραση, αλλά κάτω από συνθήκες υγρασίας η εξάτμιση επιβραδύνεται και ο ιδρώτας απλά στάζει. Επιπλέον η αφειδής παραγωγή ιδρώτα θέτει την απειλή αφυδάτωσης. Ο Saltin δήλωσε, ότι η αφυδάτωση οδηγεί σε σταδιακή μείωση της απόδοσης. Απέδωσε τη μείωση της σωματικής ικανότητας εργασίας κατά την αφυδάτωση σε κυτταρικές αλλαγές, αφού η μέγιστη αεροβική δύναμη των υποκειμένων του δεν χειροτέρευε. Η ανάγκη για αντικατάσταση του χαμένου νερού γίνεται εμφανής. Επίσης θα πρέπει να θυμόμαστε ότι η απώλεια χλωριούχου νατρίου συνοδεύει την απώλεια νερού (1-2 gr/lit νερού) και οποιοδήποτε έλλειμμα ηλεκτρολύτη θα πρέπει να θεραπεύεται γρήγορα. Η αποτυχία να γίνει αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μυϊκούς σπασμούς.

Μελέτες που έχουν γίνει πάνω στην απόδοση του έργου από άτομα με διαφορετική φυσική κατάσταση, έδειξαν ότι η προσαρμογή στο κλίμα των ατόμων που ήταν υγιή και εκείνων που κατά μέσο όρο παρουσίαζαν κάποιο πρόβλημα προσφέρει σαφή καρδιαγγειακά πλεονεκτήματα για την παραγωγή έργου στη ζέστη. Στα προσαρμοσμένα άτομα, ο καρδιακός ρυθμός ήταν χαμηλότερος στη διάρκεια παραγωγής παρόμοιου έργου, ενώ η θερμοκρασία του ορθού των εγκλιματισμένων και υγιών ατόμων που απέδιδαν μεγαλύτερα φορτία έργου δεν αντανάκλούσε οποιοδήποτε μεγαλύτερο μεταβολικό θερμικό φορτίο, από ότι εκείνων των μη εγκλιματισμένων. Επιπλέον η καλύτερη καρδιαγγειακή λειτουργία στην διάρκεια παραγωγής έργου στη ζέστη υποδηλώνει μεγαλύτερους όγκους παλμού. Γενικά έχει αποδειχτεί ότι ο εγκλιματισμός στη θερμότητα ελαττώνει την επιβάρυνση έργου στα θερμά περιβάλλοντα και η εκπαίδευση αντοχής α) προσφέρει ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα όταν χρησιμοποιούνται υψηλά μεταβολικά φορτία θερμού με επιπρόσθετο εξωτερικό φορτίο θερμότητας, β) βελτιώνει την απόδοση, γ) ελαττώνει την καρδιαγγειακή και ομοιοθερμική ρυθμιστική καταπόνηση. Είναι σαφές ότι άτομα εγκλιματισμένα αποβάλλουν τα θερμικά φορτία πιο αποτε-

λεσματικά ελαττώνοντας τις περιφερικές κυκλοφορικές απαιτήσεις με αποτέλεσμα την βελτίωση της καρδιαγγειακής απόδοσης. (WELLS, 1980).

Επίσης μια άποψη του εγκλιματισμού, είναι η αύξηση του όγκου του πλάσματος κατά 10-25%. Αυτή η αύξηση ενισχύει την αντοχή της θερμότητας και βελτιώνει την σωματική απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος ελαττώνοντας τη θερμοκρασία του εσωτερικού του σώματος και την καταπόνηση της καρδιάς. Επιπλέον η εκπαίδευση αντοχής αυξάνει τον όγκο του αίματος σαν αποτέλεσμα του αυξημένου όγκου πλάσματος. Η υπερογκαιμία συνοδεύεται από αυξημένο καρδιακό ρυθμό, αυξημένο V παλμό, στην ηρεμία και άσκηση και ελαττωμένο αιματοκρίτη. Όλα αυτά συνοδεύονται με αυξημένη μέγιστη κατανάλωση O<sub>2</sub> και καρδιακή ροή. Για αυτό το λόγο υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στις θερμορρυθμιστικές απαιτήσεις στο θερμό περιβάλλον και εκείνες στην εκπαίδευση της άσκησης που χαρακτηρίζονται από αυξημένο ρυθμό εφίδρωσης, ελαττωμένη αποθήκευση θερμότητας και ελαττωμένη εσωτερική θερμοκρασία σε ορισμένα φορτία έργου. Μια πρόσφατη μελέτη δέχεται ότι η υπερογκαιμία συνοδεύεται από ένα 40% θερμικών και ένα 60% μη θερμικών παραγόντων. Οι μη θερμικοί ήταν κατά δύο φορές αύξηση των οσμωτικών και αγγειοπλαστικών δυνάμεων του πλάσματος στη διάρκεια της άσκησης και μια κατά πέντε φορές αύξηση των πρωτεϊνών του πλάσματος σε ηρεμία και όλα αυτά συνέβαλαν στην υπερογκαιμία. ( DE VRIES HERBERT, 1986 / POWERS, 1990). Γενικά στην άσκηση σε υψηλή θερμοκρασία, ο εγκλιματισμός μπορεί να οδηγήσει σε βελτιώσεις της θερμορρύθμισης και της καρδιαγγειακής σταθερότητας αλλά μπορούν να χαθούν αν δεν υπάρξει συνεχή παροχή υγρών για την αποφυγή αφυδάτωσης. (GALLOWAY, 1997).

Σε έρευνα του InBar, Ο παρατηρήθηκε η διαφοροποίηση που υπάρχει στον εγκλιματισμό ανάλογα με την ηλικία. (INBOR, 1989). Τα αποτελέσματα ήταν ότι α) τα παιδιά άνδρες και γυναίκες παρουσιάζουν ίδιες προσαρμογές, β) ο ρυθμός εγκλιματισμού των γυναικών και παιδιών είναι πιο αργός από τους άνδρες, γ) ο εγκλιματισμός στα παιδιά και στις γυναίκες επιτυγχάνεται με την αύξηση της ικανότητας παραγωγής ιδρώτα. Η αφυδάτωση που ανα-

φέρθηκε παραπάνω κατά την άσκηση προκαλεί ένα μεγαλύτερο θερμικό απόθεμα και μειώνει την αντοχή σε σχέση με επίπεδα ενυδάτωσης. Αυτό οδηγεί σε μείωση του ρυθμού ιδρώτα και σε μείωση της δερματικής αιματικής ροής. (BITTEL, 1989).

## 2.5 Άσκηση στο κρύο

Η άσκηση σε ψυχρό, περιβάλλον αυξάνει την ικανότητα του αθλητή να αποβάλλει θερμότητα και γι' αυτό το λόγο μειώνει την πιθανότητα τραυματισμού. Γενικά ο συνδυασμός μεταβολικής παραγωγής θερμότητας και ζεστής ένδυσης προλαμβάνει την ανάπτυξη υποθερμίας, κατά την διάρκεια μακροχρόνιας άσκησης σε μια ψυχρή ημέρα. Πάντως η άσκηση στο κρύο για παρατεταμένες χρονικές περιόδους, μπορεί να υπερσχύσει της ικανότητας του σώματος να προλάβει την θερμική απώλεια και μπορεί να έχουμε υποθερμία. Σε τέτοιες περιπτώσεις η παραγωγή θερμότητας δεν είναι ικανή να συμβαδίσει με την θερμική απώλεια. Αυτό είναι αληθές στην κολύμβηση σε κρύο νερό (π.χ. 415°C). Η έντονη υποθερμία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μια απώλεια κρίσης, η οποία αυξάνει τον κίνδυνο για περαιτέρω τραυματισμούς εξαιτίας του ψύχους.

Όπως αναφέρθηκε το νερό είναι εξαιρετικό μέσο για την μελέτη της φυσιολογικής προσαρμογής στο κρύο, επειδή η θερμότητα του σώματος χάνεται μέσα στο κρύο νερό γύρω στις 2-4 φορές τόσο γρήγορα όσο χάνεται στον αέρα με την ίδια θερμοκρασία. Στην ελαφριά και μέτρια άσκηση σε κρύο νερό η κατανάλωση O<sub>2</sub> είναι υψηλότερη και η θερμοκρασία του σώματος χαμηλότερη σε σύγκριση με παρόμοια άσκηση σε πιο ζεστά νερά. (CRAIG, 1969 / DVORAK, 1969). Για παράδειγμα η κολύμβηση με έναν max ρυθμό στους 18°C απαιτεί 500 ml O<sub>2</sub>/min περισσότερο από ό,τι απαιτεί η κολύμβηση με την ίδια ταχύτητα σε νερό στους 16°C. Αυτή η επιπρόσθετη ανάληψη O<sub>2</sub>, θα σχετίζεται με το προστιθέμενο ενεργειακό κόστος του τρέμουλου, καθώς το σώμα προσπαθεί να ανταγωνιστεί την θερμική απώλεια.

Είναι δυνατό για τους μεταβολικούς ρυθμούς να αυξηθούν κατά 25-30 φορές σε πολύ σκληρή εργασία. Πολλοί αθλητές ιδρώνουν υπερβολικά γιατί η



ένδυση πρέπει να είναι ελαφριά, ώστε να προβάλει ένα εμπόδιο στην μεταφορά του υδρατμού του νερού όσο είναι δυνατό, διαφορετικά ο ιδρώτας θα συσσωρευτεί στο δέρμα ή στην φανέλα οδηγώντας στο ρίγος, στο χρόνο ανάμεσα στο τέλος της άσκησης και του μπάνιου. Για μικρή έκθεση έχειδειχθεί ότι η απομόνωση των χεριών και ποδιών εμποδίζει την ταλαιπωρία από το κρύο, ενώ η υπεραπομόνωση των χεριών και ποδιών σε σύγκριση με τον κορμό για μεγαλύτερες εκθέσεις μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της κεντρικής θερμοκρασίας του ρίγους. (KAUFNRAN, 1982). Περισσότερη θερμική απομόνωση γύρω από τον κορμό από ότι στα χέρια και πόδια συμπληρώνει τη φυσιολογική διατήρηση των μηχανισμών θερμότητας και διατηρεί την κεντρική θερμοκρασία. Έχει επίσης βρεθεί ότι η τεχνική προθέρμανσης των χεριών διεγείρει την ροή του αίματος, αλλά η ροή του αίματος δεν θα γυρίσει στα πόδια εκτός αν ολόκληρο το σώμα είναι ικανοποιητικά θερμό. Επιπλέον βλέπουμε πόσο σημαντική είναι η προστασία του υγρού για την προστασία των ποδιών από τους τραυματισμούς που προκαλεί το κρύο. (RADOMISKL, 1982 / BOUTELLIER, 1982).

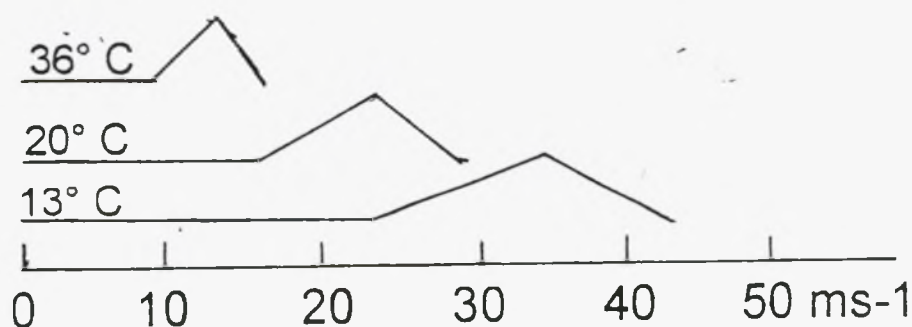
Κατά τη διάρκεια μέγιστης άσκησης αν η κεντρική και η μυϊκή θερμοκρασία πέσουν κάτω από το φυσιολογικό, η αντοχή, η  $VO_2 \max$  HR (καρδιακός ρυθμός) θα μειωθούν με την επόμενη σωματική θερμοκρασία. Σε καλά προπονημένα άτομα έχειδειχθεί ότι ο  $VO_2 \max$  μειώθηκε κατά 5-6% ανά βαθμό, Κελσίου μείωσης στην κεντρική θερμοκρασία. Ο χρόνος εξάντλησης σε ένα εργομετρικό ποδήλατο μειώθηκε ανά 20% ανά βαθμό Κελσίου και HR μειώθηκε ανά 8 bpm ανά βαθμό Κελσίου. (Mc FARREN, 1989).

Για ένα άτομο στην χαλάρωση, η ιδανική περιβαλλοντική θερμοκρασία είναι 28-30°C. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η σχετική δερματική θερμοκρασία είναι περίπου 33°C και η θερμοκρασία του κέντρου είναι περίπου 37°C. Τότε η κλίση της θερμοκρασίας από το κέντρο στο δέρμα είναι ανεπαρκής για να διευκολύνει την μεταφορά της παραπάνω θερμότητας από τους ενεργοποιημένους ιστούς στο περιβάλλον. Από το συνολικό ποσό του αίματος περίπου το 5% κινείται μέσα από τα αιμοφόρα αγγεία του δέρματος. Αν η περιβαλλοντική θερμοκρασία πέφτει, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο



δέρμα και στο περιβάλλον αυξάνεται και αυτό προκαλεί μια αυξημένη απώλεια θερμότητας μέσω μεταφοράς και ακτινοβολίας. Μια μειωμένη ροή θερμότητας στο δέρμα θα οδηγήσει σε μια σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας του δέρματος. Αυτό θα παράγει μια μειωμένη κλίση θερμοκρασίας ανάμεσα στο δέρμα και στο περιβάλλον. Στην πραγματικότητα μια μείωση στην "αγωγιμότητα του ιστού" συμβαίνει εξαιτίας της αγγειοσύσπασης των αιμοφόρων αγγείων, που προκαλούν μια μείωση στη ροή του αίματος, επειδή το αίμα, στις φλέβες των άκρων παρεκκλίνει από τις επιφανειακές στις βαθύτερες φλέβες. Αυτή αγγειοσύσπαση είναι πιο έντονη στα άκρα (VANGAARD, 1977). Εξαιτίας της αμεσότητας ανάμεσα στις βαθιές φλέβες με τις αρτηρίες, συμβαίνει μια ανταλλαγή θερμότητας.

Συνεπώς σύμφωνα με αυτό το σύστημα, ένα αντικείμενο που εκτίθεται σε περιβαλλοντική θερμοκρασία  $9^{\circ}\text{C}$ , το αίμα που αφήνει την καρδιά θα έχει θερμοκρασία  $37^{\circ}\text{C}$ . Καθώς ρέει μέσα από τον βραχίονα θα ψυχθεί και μέχρι να φτάσει στο χέρι θα πέσει στους  $21^{\circ}\text{C}$ . Το επιστρεφόμενο αίμα απορροφά ένα μέρος της θερμότητας. Με άλλα λόγια η "ψύξη" του αρτηριακού αίματος, που ρέει μέσα από τις αρτηρίες των άκρων, εξαρτάται από την επαναθέρμανση του κρύου αίματος, που επιστρέφει στις γειτονικές φλέβες από πιο απόμακρες περιοχές. Έτσι η ψύξη του "πυρήνα" του σώματος εμποδίζεται. Ο Vangaard (1981) μέτρησε την δερματική θερμοκρασία του χεριού σε ένα αντικείμενο που μεταφέρθηκε από τους  $28^{\circ}\text{C}$  στους  $9^{\circ}\text{C}$ .



Σχήμα 16. Αλλαγές στην νευρική αγωγιμότητα με μείωση της θερμοκρασίας (WYON, 1982).

Παρατηρήθηκε ότι η απότομη έκθεση στο κρύο προκαλεί μια πλήρη διακοπή στην κυκλοφορία στο εκτεθειμένο χέρι. Ο Wyon (1982) έδειξε ότι η

πτώση της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας από 24° C στους 18° C προκάλεσε σημαντική εξασθένηση στις δεξιότητες, αλλαγές στην νευρική αγωγιμότητα με μείωση της θερμοκρασίας.

Η έκθεση σε ένα κρύο ερέθισμα οδηγεί στην επιβράδυνση του καρδιαγγειακού ρυθμού και σε μια αυξημένη περιφερειακή αγγειοσύσπαση. (LEBLANC et al, 1978). Παρόμοια κρύος αέρας στην άσκηση προκάλεσε πτώση του καρδιακού ρυθμού. (BATER, 1982). Η ανταπόκριση του καρδιακού ρυθμού στην ψύξη κατά την άσκηση μετριάζεται προπαντός μέσω μιας κεντρικής θερμορρυθμιστικής ανταπόκρισης.

Σε έρευνα που έγινε σε ομάδα ανδρών για την σχέση Φ.Κ. και εγκλιματισμού παρουσιάστηκε ότι είχαν ικανότερες θερμορρυθμιστικές ικανότητες εξαιτίας της βελτιωμένης ευαισθησίας του θερμορρυθμιστικού συστήματος. (BITTEL et al, 1988).

### 2.5.1 Πάχος σώματος, άσκηση και έντονο ψύχος

Οι διαφορές των ατόμων στην περιεκτικότητα λίπους του σώματος είναι μια σημαντική επίδραση στη φυσιολογική λειτουργία στο κρύο και κατά την ξεκούραση και την άσκηση. Όπως συμβαίνει στους κολυμβητές μεγάλων αποστάσεων, κι αυτό αυξάνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της απομόνωσής τους, το αίμα στα περιφερειακά αγγεία αλλάζει ροή και στρέφεται προς τον πυρήνα του σώματος μέσα στο κρύο νερό. Αυτό συμβαίνει στους αθλητές με μεγάλο ποσοστό υποδόριου λίπους.

Κατά ένα μεγάλο μέρος, η ένταση από το "κρύο" είναι σχετική. Η ένταση που επιβάλλεται από το κρύο δεν εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά και από το επίπεδο του μεταβολισμού και από την αντίσταση στη θερμική ροή, που παρέχεται από το σωματικό λίπος ειδικά σε νερό πιο κρύο από τους 25° C. Ένα παχύ άτομο που ξεκουράζεται άνετα, βυθισμένο μέχρι το λαιμό σε νερό 26° C, μπορεί να ιδρώσει γύρω από το μέτωπο κατά την διάρκεια έντονης άσκησης. Γι' αυτό το άτομο οι 18° C μπορεί να είναι μια πιο ευνοϊκή θερμοκρασία νερού για σκληρή εξάσκηση. Για το ισχνό άτομο το νερό στους 18° C είναι εξασθενικό, κατά την ξε-

κούραση και άσκηση. Έτσι υπάρχει μια ιδανική θερμοκρασία νερού για κάθε άτομο και για κάθε δραστηριότητα. Για τους περισσότερους από εμάς οι θερμοκρασίες 26° C - 30° C, παρέχουν αποτελεσματική υποβολή θερμότητας στην άσκηση ενώ ταυτόχρονα δεν είναι υπερβολικά κρύες ώστε η ικανότητα εργασίας να μην συμβιβάζεται.

### 2.5.2 Εγκλιματισμός στο κρύο

Οι άνθρωποι έχουν πολύ λιγότερη ικανότητα προσαρμογής σε παρατεταμένη έκθεση σε κρύο απ' ότι σε παρατεταμένη έκθεση στη ζέση. Μια μορφή γενικής προσαρμογής στο κρύο φαίνεται να συμβαίνει ακολουθώντας τακτική και παρατεταμένη έκθεση σε κρύο αέρα. Ως αποτέλεσμα η θερμική απώλεια δεν ισοφαρίζεται από την αυξανόμενη θερμική παραγωγή και τα άτομα "ρυθμίζονται" σε μια χαμηλότερη πρωκτική θερμοκρασία ως αντίδραση στο κρύο.

Κάποιες περιφερειακές προσαρμογές αντανakλούν ένα τύπο εγκλιματισμού σε έντονη τοπική έκθεση στο κρύο. (CRAIG / DVORAK, 1969). Η επαναλαμβανόμενη έκθεση των χεριών και των ποδιών στο κρύο επιφέρει μια αυξημένη αιματική ροή διαμέσου αυτών των περιοχών όταν υποβάλλονται σε έντονο κρύο. Αν και αυτή η προσαρμογή θα είχε ως αποτέλεσμα μια απώλεια θερμότητας από την περιφέρεια, αντιπροσωπεύει μια μορφή "αυτοάμυνας", καθώς η αυξημένη έντονη κυκλοφορία στις εκτεθειμένες περιοχές στοχεύει στο να προλάβει την καταστροφή ιστών εξαιτίας της υποθερμίας. Αν και δεν είναι μια μορφή εγκλιματισμού στο κρύο, η βελτιωμένη φυσική κατάσταση όπως αυτή αντανakλάται σε μια υψηλή αεροβική ικανότητα προάγει την θερμορρυθμιστική άμυνα ενός ατόμου έναντι στο έντονο ψύχος. Αυτό εκδηλώνεται με μια μεγαλύτερη αντίδραση τρέμουλο καθώς και με ένα ευαίσθητο ξεκίνημα αυτής της αντίδρασης όταν το άτομο εκτίθεται στο κρύο. (LEBLANC, 1988).

Η θερμορρυθμιστική θερμογέννηση όπως έχει αναφερθεί (TT) χωρίζεται i) στο ρίγος, ii) η κατάσταση χωρίς ρίγος. Είναι μια μορφή ακούσιας ρυθμικής σύσπασης του σκελετικού μυός και δραστηριοποιείται από την ακετυλολαμί-

νη. Το ρίγος ξεκινά και μετά από έκθεση και η ένταση αυξάνεται με το πέρασμα του χρόνου. (TIKWISIS et al, 1991).

### **Βασικές πηγές για την ΤΤ**

Μελέτες έδειξαν ότι τα λιπίδια και υδατάνθρακες δίνουν την απαιτούμενη ενέργεια για το ρίγος αλλά δεν καθόρισαν την μορφή ή την πηγή του υποστρώματος που οξειδώνεται. Συγκεκριμένα έχει παρουσιαστεί ιδιαίτερη αύξηση στην χρησιμοποίηση υδατανθράκων. (GRABE and AUFFMON, 1985).

### **Χρησιμοποίηση μυϊκής γλυκόζης**

Δεδομένης της θετικής σχέσης συγκέντρωσης μυϊκής γλυκόζης και άσκησης αντοχής των σκελετικών μυών υπήρξε υπόθεση ότι υπάρχει παρόμοια επίδραση ανάμεσα στα αποθέματα μυϊκής γλυκόζης σε μια άλλη μορφή σύσπασης όπως το ρίγος.

### **Παράγοντες που περιορίζουν την ΤΤ**

Υπάρχουν έρευνες ότι η ΤΤ μπορεί να φτάσει στο 50%  $VO_2$  max σε ανθρώπους. (GOLDEN et al, 1974). Γιατί ο μεταβολικός ρυθμός είναι τόσο περιορισμένος στο ρίγος; Επειδή υπάρχουν 2 περιοριστικοί παράγοντες για την κατανάλωση  $O_2$ , μεταφορά μέσω αίματος και ένας περιφερειακός παράγοντας συνδυάζοντας την μεταφορά του  $O_2$  και την μιτοχονδρική χρησιμοποίηση του  $O_2$ . (FERETTI, 1990). Ο LENDERGAST (1984), συμπέρανε ότι για τους ασκούμενους ανθρώπους, που είχαν "ψυχθεί" σε κρύο νερό παρουσιάστηκε εξασθένιση της μεταφοράς  $O_2$  και της περιφερειακής χρησιμοποίησης  $O_2$ . Αυτή προκλήθηκε από την ένταση στο κρύο, περιορίζοντας την μηχανική απόδοση.

Συνεπώς οι προσαρμογές που επιτυγχάνονται με την έκθεση στο κρύο, είναι η μείωση στη μέση θερμοκρασία του δέρματος, στην οποία ξεκινά το ρίγος δηλ. οι άνθρωποι που έχουν εγκλιματιστεί τρέμουν σε χαμηλότερη θερμοκρασία του δέρματος, όταν συγκρίνονται με άτομα που δεν έχουν εγκλιματιστεί. Η εξήγηση γι' αυτήν την παρατήρηση, είναι ότι τα άτομα που

έχουν εγκλιματιστεί στο κρύο διατηρούν την παραγωγή θερμότητας με λιγότερο ρίγος αυξάνοντας την θερμογένεση χωρίς τρέμουλο. Αυξάνουν την έκκριση νορεπινεφρίνης η οποία έχει ως αποτέλεσμα μια αύξηση στην μεταβολική παραγωγή θερμότητας. (CABANOC, 1971). Μια δεύτερη προσαρμογή είναι η διατήρηση της μέσης θερμοκρασίας χεριών και ποδιών κατά την έκθεση στο κρύο. Ο εγκλιματισμός έχει ως αποτέλεσμα μια βελτιωμένη διακοπτόμενη περιφερειακή αγγειοδιαστολή για την αύξηση της αιματικής ροής (και της θερμικής ροής) και στα χέρια και στα πόδια.

Η τρίτη προσαρμογή στο κρύο, είναι η βελτιωμένη ικανότητα ύπνου. Τα άτομα που έχουν εγκλιματιστεί έχουν την ικανότητα να κοιμούνται άνετα σε ψυχρά περιβάλλοντα εξαιτίας του αυξημένου επιπέδου θερμογένεσης χωρίς ρίγος. Γενικά τα υποκείμενα που τοποθετούνται σε υγρό θάλαμο εμφανίζουν σημάδια εγκλιματισμού μετά από μια εβδομάδα.

Ο Radomski και Boutelier (1982) υπέθεσαν ότι κάποιος βαθμός αντίστασης στο κρύο μπορεί να παρακινηθεί στους ανθρώπους με μικρές διακοπτόμενες εκθέσεις σε μια περιβαλλοντική ένταση. Αυτή η αντίσταση συμβαίνει για μια σημαντική χρονική περίοδο μετά την τελευταία έκθεση.

Σ' έρευνες που έγιναν όταν νεαροί άντρες ήταν ντυμένοι μόνο με σορτς και παπούτσια και είχαν περιοριστεί σε θερμοκρασία 8° C για 3-10 μέρες ανταποκρίθηκαν με έντονο τρέμουλο, που παρέμεινε ακόμα και όταν κοιμόντουσαν κάτω από την κουβέρτα. Σύντομα έμαθαν να συνεχίζουν τον ύπνο τους ανεξάρτητα από το τρέμουλο. Ως αποτέλεσμα αύξησαν την παραγωγή θερμότητας χάρης στο ρίγος που διατηρούνταν ακόμα και κατά τον ύπνο, ώστε η σωματική θερμοκρασία διατηρήθηκε φυσιολογική και τα αντικείμενα κοιμήθηκαν σχετικά άνετα. Ομως τα ίδια αντικείμενα απέτυχαν να κρατήσουν τα τρέμουλα, κατά την διάρκεια όλης της νύχτας ενώ κοιμόντουσαν. Συνεπώς η σωματική τους θερμοκρασία συνέχισε να πέφτει και πλησίασε χαμηλά επίπεδα. Σε αυτή την κατάσταση θα μπορούσαν και να πεθάνουν. Συνεπώς παρουσιάζεται, ότι ένας άνθρωπος στο κρύο, μπορεί να παγώσει μέχρι και να φτάσει στο θάνατο.

Τα παραπάνω αντικείμενα στην έρευνα διπλασίασαν τους μεταβολικούς



ρυθμούς εξαιτίας του συνεχούς τρέμουλου. Ο καρδιακός ρυθμός κατά την ξεκούραση αυξήθηκε και η απώλεια αζώτου στα ούρα αυξήθηκε σημαντικά. Αυτές οι αλλαγές ερμηνεύτηκαν ως το αποτέλεσμα ορμονικών αλλαγών από την περιβαλλοντική ένταση (κρύο).

Μετά από 9 μέρες έκθεσης στους 8° C γυμνοί η max πρόσληψη O<sub>2</sub> δεν χειροτέρευσε όταν τα άτομα έτρωγαν σύμφωνα με δίαιτα των 3.000 Kcal και 70 g πρωτεΐνης. Όταν η πρόσληψη ενέργειας μειώθηκε στα 1.500 Kcal ή όταν η πρόσληψη πρωτεΐνης ήταν 4 g ή όταν και η πρόσληψη ενέργειας και πρωτεΐνης μειώθηκαν, παρουσιάστηκε μια αξιόλογη χειροτέρευση στην φυσική απόδοση μέσα σε 3-5 μέρες.

### **2.5.3 Ο δείκτης δροσερού αέρα / wind chill index**

Ενα δίλημμα στην αξιολόγηση της θερμικής ποιότητας ενός περιβάλλοντος είναι ότι η περιβάλλουσα θερμοκρασία δεν είναι πάντα ένας αξιόπιστος δείκτης της ψυχρότητας. Ο σημαντικός παράγοντας είναι ο άνεμος σε μια ανεμώδη μέρα (τα ρεύματα αέρα ενεργοποιούν την απώλεια θερμότητας καθώς το θερμόμετρο απομονωτικό στρώμα αέρα που προβάλλει το σώμα αντικαθίσταται συνεχώς από το πιο ψυχρό περιβάλλοντα αέρα). Η επίδραση του παγώματος του ανέμου φαίνεται καθαρά στο wind chill index. Αυτός ο δείκτης δείχνει τις επιδράσεις της ταχύτητας του αέρα στο γυμνό δέρμα, για διαφορετικές θερμοκρασίες και ταχύτητες. Για π.χ. μια ένδειξη 30° F είναι ισοδύναμη με 0° F όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 25 mph, ενώ μια ένδειξη 10° F είναι ισοδύναμη με -29° F, όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 52 mph. Επιπρόσθετα αν ένα άτομο τρέχει, η επίδραση του "παγώματος" από τον άνεμο αυξάνεται σε άμεση σχέση με την ταχύτητα του ασκούμενου. Έτσι το τρέξιμο με ταχύτητα 8 mph με ενάντιο άνεμο ταχύτητας 12 mph ισοδυναμεί με ταχύτητα αέρα της τάξης των 20 mph. Αντιθέτως το τρέξιμο με 8 mph με άνεμο 2 mph από πίσω, δημιουργεί μια σχετική ταχύτητα αέρα της τάξης των 4 mph μόνο.

#### 2.5.4 Η αναπνευστική οδός κατά τη διάρκεια άσκησης σε κρύο νερό

Ο ψυχρός περιβαλλοντικός αέρας δεν θέτει σε κίνδυνο σε όρους βλάβης στις αναπνευστικές οδούς. Ακόμη και σε υπερβολικό κρύο ο εισερχόμενος αέρας θερμαίνεται γύρω στους 26,5-32,2° C μέχρι τη στιγμή που φτάνει στους βρόγχους αν και οι τιμές τόσο χαμηλές όσο και οι 20° C έχουν παρατηρηθεί ενώ αναπνέουμε μεγάλες ποσότητες κρύου, ξηρού αέρα. (Mc FARREN, 1984).

Όταν η εισερχόμενη ανάσα αέρα θερμαίνεται η ικανότητά της να κρατά υγρασία αυξάνεται και λαμβάνει χώρα ύγρανση σε βάρος του νερού από τις αναπνευστικές οδούς. Έτσι σημαντικές ποσότητες νερού και θερμότητας μπορούν να χαθούν από την αναπνευστική χώρα ειδικά κατά την άσκηση, όταν οι εξαεριζόμενοι όγκοι είναι αρκετά μεγάλοι. Αυτό προκαλεί ενοχλήσεις κατά την άσκηση στο κρύο. Μια γενική αφυδάτωση μπορεί να συνοδεύσει την άσκηση, καθώς και μια ξηρότητα, στο στόμα, μια αίσθηση καψίματος στο λαιμό και μια ενόχληση στις αναπνευστικές οδούς. Αυτά τα συμπτώματα μπορούν να μειωθούν αν φοράμε κασκόλ ένα σκούφο τύπου μάσκας που καλύπτει τη μύτη και το στόμα και παγιδεύει το νερό στον αέρα που εκπνέουμε. Αυτή η κίνηση ζεσταίνει και υγραίνει την επόμενη αναπνοή εισερχόμενου αέρα.

## ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 3.1 Άσκηση και περιβάλλον: διαταραχές

Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράφηκαν οι αλλαγές στην θερμοκρασία του σώματος με την άσκηση, το πως ενεργοποιούνται οι μηχανισμοί απώλειας θερμότητας και οι ευεργητικές επιδράσεις του εγκλιματισμού. Σ' αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η πρόληψη των θερμικών διαταραχών κατά την άσκηση.

#### 3.1.1 Θερμικοί νόσοι

Αυτές που μπορούν να παρουσιαστούν κατά την άσκηση είναι i) η θερμοπληξία, η υψηλή θερμοκρασία σώματος σε ένα πλαίσιο περιορισμού της συνείδησης παραληρήματος και σπασμών ii) θερμική υπερπυρεξία όπου η θερμοκρασία είναι επάνω από 41 °C iii) θερμική εξάντληση ή απουσία εφίδρωσης λόγω της ανωμαλίας των ιδρωτοποιών αδένων iv) οξεία αντιϊδρωτική θερμική εξάντληση που ακολουθείται με ήπιες λοιμώξεις σε θερμά και υγρά κλίματα.

##### 3.1.1.1 Θερμοπληξία

Τα κριτήρια για την διάγνωση είναι η υψηλή θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος, υψηλή θερμοκρασία όρθου, μερικές φορές (όταν φτάνει στους 41°-43° C) και τέλος διαταραχές του καρδιαγγειακού κεντρικού νευρικού συστήματος.

Κατά την θερμοπληξία παρουσιάζεται αυξημένος καρδιακός παλμός και καρδιακή παροχή, ελαττωμένη συστηματική αγγειακή αντίσταση και κατάλληλες απαντήσεις των περιφερικών οργάνων που αυξάνουν την αποβολή θερμότητας.

Στα νεαρά άτομα παρουσιάζεται υπογκαιμία ενώ στα ηλικιωμένα άτομα, η θερμοπληξία συχνά συνοδεύεται από μια προϋπάρχουσα πάθηση όπως η αθηροσκληρωτική καρδιακή νόσος. Στην μεγάλη θερμότητα παρουσιάζεται υπαερισμός, αλλά αυτοί που παρουσιάζουν την θερμοπληξία αναπτύσσουν αναπνευστική αλκάλωση. Επιπρόσθετα παρουσιάζεται γαλακτική οξέωση. Επιπλέον η υπογλυκαιμία, αποτελεί γνώρισμα της θερμοπληξίας που προκαλείται με την προσπάθεια στη ζέστη. Τέλος παρουσιάζονται διαταραχές της λειτουργίας του νευρικού συστήματος στην θερμοπληξία που περιλαμβάνουν απώλεια συνείδησης ή αίσθημα επικείμενης καταστροφής, πονόκεφαλου, ζάλη, σύγχυση, αδυναμία. Επίσης η λειτουργία του εγκεφάλου επηρεάζεται. (BATER, 1982). Η θερμοπληξία δεν συμβαίνει ξαφνικά. Τα προειδοποιητικά σημεία είναι ότι οι πνεύμονες και οι μύες "καίνε". Η αναπνοή δυσκολεύει και μικραίνει το εύρος της και το στόμα ξηραίνεται. Υπάρχει θάμπωμα στην όραση και ο αθλούμενος αισθάνεται ιλίγγους.

Μπορεί κάποιος να σκέφτεται παράλογα πράγματα. Εάν συνεχιστεί η άσκηση το δέρμα σταματάει να ιδρώνει και ξηραίνεται. Ο αθλούμενος αισθάνεται το δέρμα του στεγνό και κολλώδες, παρόλο που η θερμοκρασία είναι στους 43° C. (BURTON, 1963 / CLAREMONT, 1963 / HJELTGES, 1981 / VOKAC, 1981).

### **Αντιμετώπιση**

Το σώμα θα πρέπει να δροσιστεί και να υποστηριχθούν τα ζωτικά συστήματα. Τα ρούχα αφαιρούνται και ο άρρωστος τοποθετείται σε λουτρό με πάγο ή κρύες κουβέρτες. Το θύμα πρέπει να τοποθετηθεί με το κεφάλι χαμηλά και τα πόδια ψηλά ώστε να εξασφαλιστεί η αιμάτωση του εγκεφάλου. Γενικά η ανοχή στην αυξημένη σωματική θερμοκρασία επεκτείνεται όταν ο εγκέφαλος διατηρείται κρύος. (CARITHERS, 1976 / GRABE and AUFFMAN, 1985 / ΡΟΥΣΣΗΣ, 1991).

### **Θερμοπληξία στους μαραθωνοδρόμους**

Αυτή οφείλεται:

- i) στην γρήγορη ταχύτητα έναρξης της κούρσας
- ii) στην αύξηση θερμοκρασίας που οδηγεί στην εφίδρωση
- iii) στην αφυδάτωση που οδηγεί στην σταδιακή πώση καρδιακής παροχής και αιματικής ροής του δέρματος.

Σύμφωνα με την έκθεση του Αμερικάνικου Κολεγίου των Σπορ για την πρόληψη των ατυχημάτων i) οι δρόμοι δεν πρέπει να διεξάγονται όταν η θερμοκρασία του ανέμου υπερβαίνει τους 28° C (824 °F) ii) όταν η θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου υπερβαίνει τους 27° C (οι "κούρσες" πρέπει να γίνονται προ τις 9 π.μ. ή μετά τις 4 μ.μ.) iii) πρέπει να παρέχονται υγρά με ελάχιστη ζάχαρη και ηλεκτρολύτες iv) οι δρομείς πρέπει να μαθαίνουν να αναγνωρίζουν τα συμπτώματα της θερμοπληξίας. (SUTTON, 1984).

#### **3.1.1.2 Θερμική εξάντληση**

Εμφανίζεται σε μερικές μέρες. Τα συμπτώματα είναι κόπωση, αδυναμία και αδιαθεσία. Όσο ο οργανισμός αφυδατώνεται, τόσο εξαντλείται προοδευτικά. Εάν συνεχιστεί η απώλεια υγρών, ο όγκος του αίματος ελαττώνεται σε σημείο "shock". Γιατί το 65% του βάρους του σώματος είναι υγρά τα οποία κατανέμονται 56% ενδοκυττάρια, 37% εξωκυττάρια και 7% στο αίμα. Όταν χάνει κάποιος νερό όλο το ποσό χάνεται από τον ενδοκυττάριο χώρο αλλά ο όγκος του σώματος μειώνεται όταν συνεχιστεί η απώλεια νερού και επέρχεται το "σοκ". Η θεραπεία είναι η λήψη μεγάλων ποσοτήτων υγρών πλούσιων σε μεταλλικά άλατα.

#### **β) Θερμική εξάντληση με υψηλά επίπεδα αλατιού**

Αν κάποιος αθλούμενος παίρνει χάπια αλατιού, όταν το νάτριο είναι σε χαμηλά επίπεδα στον οργανισμό τον βοηθάνε να κατακρατεί νερό, όταν όμως είναι φυσιολογικά ή αυξημένα του προκαλούν απώλεια ποσοτήτων νερού καθώς και καλίου. Εχοντας κάποιος πολύ αλάτι παθαίνει ευκολότερα



θερμική εξάντληση και προκαλούνται θρόμβοι. Κανονικά οι γευστικοί υποδοχείς προφυλάσσουν από το να πάρει κάποιος δόσεις αλατιού. Επίσης η θερμική εξάντληση παρουσιάζεται όταν τα επίπεδα αλατιού είναι χαμηλά. Υπάρχουν αθλητές που πίνουν μεγάλες ποσότητες υγρών και έχουν πάρει πολύ αλάτι, όλο το χειμώνα. Το αποτέλεσμα είναι η αδυναμία των ιδρωτοποιών αδένων και των νεφρών για την συγκράτηση του αλατιού. Στο ζεστό καιρό, οι ανάγκες τους αυξάνουν δραματικά και παθαίνουν αφυδάτωση (απώλεια νατρίου).

Ένα άλλο είδος ενόχλησης, χάρη στην έκθεση στην ζέστη είναι η υπερβολική απώλεια εξαιτίας της αποτυχίας αντικατάστασης των υγρών και των αλάτων που χάνονται μέσω του ιδρώτα. Μετά από μερικές εβδομάδες θα παρουσιαστούν κράμπες.

### **3.1.1.3 Θερμικοί σπασμοί**

Συμβαίνουν κατά τη διάρκεια ή μετά από έντονη σωματική δραστηριότητα και παρατηρούνται συνήθως στους συγκεκριμένους μύες που ασκούνται. Αυτή οφείλεται πιθανόν σε μια ανισορροπία στα υγρά του σώματος και στις συγκεντρώσεις των ηλεκτρολυτών. Κατά την έκθεση στη θερμότητα τα αλάτα μπορούν να χαθούν ως αποτέλεσμα της παραγωγής ιδρώτα. Μυϊκοί πόνοι και μυϊκοί σπασμοί, μπορεί να συμβούν, εάν οι ηλεκτρολύτες δεν αναπληρωθούν. Με τους θερμικούς σπασμούς η θερμοκρασία του σώματος δεν αυξάνεται απαραίτητα. Η πρόληψη γίνεται με την χορήγηση ποσοτήτων νερού και με την αύξηση της λήψης αλάτων πριν την περίοδο της θερμικής έντασης.

Μέχρι τώρα πρέπει να είναι ξεκάθαρο ότι παράγοντες άλλοι από την θερμοκρασία του αέρα καθορίζουν τη φυσιολογική ένταση της θερμότητας. Αυτό είναι, το μέγεθος του σώματος και το πάχος, το επίπεδο της προπόνησης και ο εγκλιματισμός και εξωτερικούς παράγοντες όπως είναι τα μεταγωγικά ρεύματα αέρα, το ακτινοβολο θερμικά κέρδος, η ένταση της άσκησης, το ποσό, ο τύπος και το χρώμα της ένδυσης και το πιο σημαντικό η σχετική υγρασία (θα αναφερθούν παρακάτω).

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για τον έλεγχο των βλαβών είναι να τις

εμποδίζουμε. Αυτό μπορεί να γίνει με τον έλεγχο του δείκτη του θερμικού στρες. (Ροντογιάννης, 1998). Αυτός ονομάστηκε wet bulb globe temperature ή δείκτης WB-GT και υπολογίζεται ως εξής:

$$WB-GT = 0,1 \times DBT + 0,7 \times WBT + 0,2 \times GT$$

όπου DBT = ξηρός βολβός ή θερμοκρασία αέρα που καταγράφεται από ένα συνηθισμένο θερμόμετρο υδραργύρου που χρησιμοποιείται για την καταγραφή της θερμοκρασίας του αέρα (dry bulb).

Το WDT είναι η θερμοκρασία του (Wet bulb) που καταγράφεται από ένα παρόμοιο θερμόμετρο με τη διαφορά ότι ένα υγρό φυτίλι περιβάλλει την προεξοχή του υδραργύρου που εκτίθεται σε στιγμιαία κίνηση αέρα. Όταν η σχετική υγρασία είναι υψηλή γίνεται μικρού μεγέθους "πάγωμα" μέσω εξάτμισης από τον βρεγμένο βολβό, κι έτσι η θερμοκρασία του θερμομέτρου είναι παρόμοια με αυτή του ξηρού - βολβού.

Το GT είναι η σφαιρική (globe) θερμοκρασία που καταγράφεται από ένα θερμόμετρο του οποίου η προεξοχή είναι κλεισμένη σε μεταλλική σφαίρα που είναι μαύρη και απορροφά την ακτινοβολία ενέργεια.

Ο πίνακας παρουσιάζει τις οδηγίες του WB-GT για να εφαρμοστούν σε αθλητικές δραστηριότητες για τη μείωση της θερμικής βλάβης.

#### 3.1.1.4 Τραυματισμοί στο κρύο

i) Κρυοπαγήματα: συμβαίνουν όταν οι ιστοί του σώματος καταστρέφονται από το ψύχος. Παγοκρύσταλλοι που δημιουργούνται από τα υγρά του σώματος γύρω από τα κύτταρα, και τα αγγεία του σώματος, ψύχονται τόσο πολύ ώστε το αίμα δεν κυκλοφορεί και μόλις το δέρμα παγώνει γίνεται πολύ επώδυνο.

Θεραπεία: Ο γιατρός πρέπει να βάλει το παγωμένο μέλος πόδι ή χέρι σε νερό με θερμοκρασία 40° C. Παρουσιάζονται πόνοι που θεραπεύονται και με παυσίπονα. Κατά την τήξη το δέρμα γίνεται κόκκινο και υπάρχει κάψιμο. Σε μεγάλα κρυοπαγήματα παρουσιάζονται φλύκταινες.



ii) Υποθερμία: παρουσιάζεται σε άτομα που εκτίθενται σε ήπιες θερμοκρασίες αν συνυπάρχει η αφυδάτωση και σχετική έλλειψη τροφής με την επακόλουθη υπογλυκαιμία. Όταν η θερμοκρασία του ορθού ελαττωθεί κάτω από 30° C παρουσιάζεται θόλωση της συνείδησης και λήθαργος. Παρουσιάζεται επιτάχυνση της ομιλίας αταξία και ακούσιες κινήσεις. Το σώμα είναι κρύο και αυτό δεν περιορίζεται στα άκρα, αλλά επεκτείνεται και στα καλυμμένα τμήματα του σώματος. Ιδιαίτερα στις μασχάλες και βουβωνικές κοιλότητες. (KRUSE, 1995).

Θεραπεία: Η ικανότητα του ατόμου να φέρει εις πέρας συντονισμένες κινήσεις κατά την υποθερμία μειώνεται, ο λόγος μπερδεύεται και η κρίση χειροτερεύει. Οι άνθρωποι μπορούν να πεθάνουν από υποθερμία και η περίπτωση πρέπει να αντιμετωπιστεί όταν συμβεί. Τα ακόλουθα βήματα αντιμετώπισης έχουν παρθεί από τον Sharkey:

- Παίρνουμε το άτομο από το κρύο τον άνεμο και την βροχή
- Βγάζουμε όλα τα βρεγμένα ρούχα
- Του παρέχουμε ζεστά ποτά, στεγνά ρούχα
- Εάν το άτομο είναι αναίσθητο το κρατάμε ξύπνιο και βρίσκουμε πηγή θερμότητας.

Τοπικός τραυματισμός των ματιών παρατηρήθηκε σε σκιέρ σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. (KALSKAND and OPSHAHL, 1979).

### 3.2 Ανώτερα όρια θερμικής ανοχής

Οι περιορισμοί γενικά που υπάρχουν εξαρτώνται από τον συνδυασμό των διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών, τον τύπο της εργασίας από την αυστηρότητα στον ρυθμό εργασίας από την διάρκεια της εργασίας και τέλος από την ένδυση. Υπάρχουν επιπλέον διαφορές στην ανοχή της περιβαλλοντικής έντασης με την ηλικία, το φύλο, τον ρυθμό εγκλιματισμού της Φ.Κ. του κάθε ατόμου.

Όσο αφορά την προσαρμογή της εργασίας στις βιομηχανικές συνθήκες υπάρχουν οι σχετικές μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα (Dry bulb), της

θερμοκρασίας της ακτινοβολίας, της σχετικής υγρασίας (wet bulb) και της ταχύτητας του αέρα. Επίσης συμπεριλαμβάνεται γαι παράδειγμα η απαίτηση ενέργειας. (BURTON and EDHOLM, 1969). Το American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.H. 1976) παρουσίασε όρια τιμών για βιομηχανική εφαρμογή βασιζόμενο στο περιεχόμενο του Wet Bulb Globe Temperature (WBGT).

### 3.2.1 Ενδυση

Η ένδυση εκτείνει την φυσική απομόνωση με το υποδόριο λίπος για να μας επιτρέψει να υποφέρουμε πολύ κρύα περιβάλλοντα. Η ποιότητα αυτής της απομόνωσης δίνεται σε Clo όπου το 1 Clo είναι η απομόνωση που χρειάζεται στην ξεκούραση (1 MET) για την διατήρηση της θερμοκρασίας του πυρήνα όταν το περιβάλλον έχει θερμοκρασία 21° C το RH = 50% και η κίνηση του αέρα είναι 6 m x min<sup>-1</sup>. Καθώς η θερμοκρασία πέφτει η ένδυση με υψηλότερη τιμή clo πρέπει να φορεθεί για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του πυρήνα αφού η κλίση δέρματος και περιβάλλοντος αυξάνεται. Η εικόνα 16 δείχνει την απομόνωση που χρειάζεται σε διαφορετικές δαπάνες ενέργειας διαμέσου μιας ευρέους ακτίνας θερμοκρασίας από -60 έως +80° F. Καθώς η παραγωγή ενέργειας αυξάνεται, η απομόνωση πρέπει να μειωθεί για να διατηρήσει την θερμοκρασία του πυρήνα. Φορώντας ρούχα σε στρώματα η απομόνωση μπορεί να αφαιρεθεί κομμάτι - κομμάτι εφόσον χρειάζεται λιγότερη απομόνωση. Ακολουθώντας αυτά τα βήματα η παραγωγή ιδρώτα θα μειωθεί. Πρωτάρικος στόχος είναι η αποφυγή της υγρότητας που οφείλεται είτε στον ιδρώτα είτε στον καιρό. Η πίεση των υδρατμών στο περιβάλλον είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την εξάτμιση και σε χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες, η πίεση των υδρατμών είναι χαμηλή ακόμη και όταν η σχετική υγρασία είναι υψηλή. Αν την ώρα μετά το τέλος του παιχνιδιού σε κλειστό χώρο βγει κάποιος έξω σε κρύο υγρό καιρό για να δροσιστεί, θα παρατηρήσει "ατμό" να βγαίνει από το σώμα του. Αυτό συμβαίνει γιατί η πίεση των υδρατμών είναι υψηλή στην επιφάνεια του δέρματος αφού η θερμοκρασία του δέρματος είναι αυξημένη και έτσι υπάρχει κλίση προς την πίεση των υδρατμών και θα δροσιστεί γρήγορα κάτω από αυτές τις συνθήκες. Αυτός είναι ο λόγος που τα ψυχρά υγρά ανεμώδη πε-

ριβάλλοντα φέρουν ένα υψηλότερο κίνδυνο για υποθερμία. Ο αέρας δεν παρέχει μόνο μεγαλύτερη αποβολή θερμότητας αλλά επιταχύνει και την εξάτμιση. (BURTON and EDHOLM, 1969).

Η ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον εκφράζεται ως

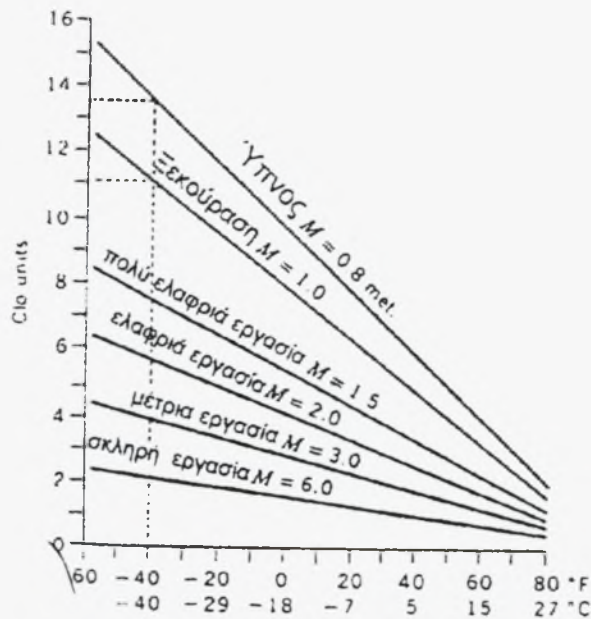
$$S = M + -R + -C - E$$

S = αποθήκευση της σωμα. θερμότητας

R = απαλλαγή θερμότητας μέσω ακτινοβολίας

C = απαλλαγή θερμότητας μέσω αγωγής και μεταφοράς

E = απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης



Σχήμα 16: Απαιτήσεις απομόνωσης στο κρύο (BURTON / EDHOLM, 1969).

Απαιτήσεις απομόνωσης στο κρύο, όταν προφυλάσσεται κάποιος από τον άνεμο κατά τη διάρκεια διαφορετικών ρυθμών παραγωγής. Ένα Clo είναι η θερμική απομόνωση που θα διατηρήσει κάποιον άνετο σε 21° C, με σχετική θερμότητα μικρότερη από 50% και κίνηση αέρα 6 m X min<sup>-1</sup>. (Burton A.C. and Edholm O.G.).

Η S μπορεί να υπολογιστεί μετρώντας την κεντρική και σχετική θερμοκρασία. Οι άγνωστες μεταβλητές είναι μεταφορά θερμότητας μέσω της R



και C μέσα από την δερματική επιφάνεια στο περιβάλλον που υπολογίζεται από 80-90% όλης της θερμότητας που μεταφέρεται από το σώμα. Αυτή η θερμότητα πρέπει να περάσει μέσα από τα στρώματα της ένδυσης καλύπτοντας το 95% της επιφάνειας του σώματος. Αυτή η μεταφορά γίνεται ως ξηρή μεταφορά θερμότητας και έως υγρή. Η ξηρή μεταφορά καθορίζεται ως  $dry = \frac{T_s - T_a}{R_c}$  όπου

$T_s$  = σχετική δερματική θερμοκρασία

$T_a$  = περιβαλλοντική θερμοκρασία αέρα

$R_c$  = αντίσταση της ένδυσης των στρωμάτων αέρα στην ξηρή μεταφορά θερμότητας σε clo

Υγρή απώλεια θερμότητας

$$Humid = \frac{R_c - P_A}{R_c}$$

$P_s$  = μέση πίεση υδρατμών του νερού στην επιφάνεια του δέρματος

$P_a$  = περιβαλλοντική πίεση υδρατμού στο νερό σε Pascal

$R_c$  = αντίσταση στην μεταφορά θερμότητας μέσω εξάτμισης μέσω ένδυσης των στρωμάτων αέρα.

### 3.2.1.1 Ένδυση στο κρύο

Το πλέγμα των ινών του ρούχου για την απομόνωση από το κρύο, παγιδεύουν τον αέρα ο οποίος κατόπιν ζεσταίνεται. Όσο πιο πυκνή είναι η ζώνη του παγιδευμένου αέρα δίπλα στο δέρμα τόσο πιο σημαντική είναι η απομόνωση. Για την απομάκρυνση της υγρασίας το μαλλί, τα συνθετικά μπορούν να εξυπηρετήσουν αυτό το σκοπό. Ένας μάλλινος σκούφος συμβάλλει στη διατήρηση της θερμότητας γιατί το 30-40% της θερμότητας του σώματος χάνεται μέσω της υψηλά αγγειόμενης περιοχής του κεφαλιού. Αντιστρόφως το "πάγωμα" του κεφαλιού είναι αρκετά αποτελεσματικό στην μείωση των συμπτωμάτων θερμικής εξάντλησης. Όταν η ένδυση γίνεται υγρή χάνει το 1% από τα μεμονωμένα μέρη και διευκολύνει τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα. Όταν δουλεύεις σε κρύο αέρα το πρόβλημα είναι όχι αυτό της απομόνωσης αλλά της υποβολής της μεταβολικής θερμότητας μέσω ενός πυκνού αντιανεμικού φράγματος. (CLAREMONT, 1976).

### 3.2.1.2 Ένδυση στη ζέση

Η στεγνή ένδυση επιβραδύνει την απαλλαγή θερμότητας σε σύγκριση με το ότι είναι βρεγμένο. Η απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης συμβαίνει μόνο όταν η ένδυση βραχεί ολόκληρη. Μια ζεστή στολή απλά αυξάνει τον χρόνο καθυστέρησης μεταξύ ιδρώτα και "παγώματος". Διαφορετικά υλικά απορροφούν νερό σε διαφορετικούς ρυθμούς. Τα λινά και βαμβακερά απορροφούν την υγρασία άμεσα. Από την άλλη βαριά ένδυση φτιαγμένη από λάστιχο ή πλαστικό παράγουν υψηλή υγρασία κοντά στο δέρμα και επιβραδύνουν την εξάτμιση του ιδρώτα. Αυτό εμποδίζει το "πάγωμα" μέσω εξάτμισης. Η ένδυση του πρέπει να είναι χαλαρή για την εύκολη κυκλοφορία του αέρα ανάμεσα στο περιβάλλον και στο δέρμα, για να διευκολύνει την κίνηση του νερού μακριά από το δέρμα. (CLAREMONT, 1976 - POWERS, 1990).

### 3.2.1.3 Μικροκλίμα

Οι προτιμότερες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες εκτείνονται από 137° C-31° C που εξαρτώνται από το κλίμα και τα ρούχα που φοράμε (AVELLINI et al, 1980). Αυτοί συμπεραίνουν ότι η πιο αποτελεσματική περιβαλλοντική θερμοκρασία για πνευματική προσπάθεια είναι 28° C. Η θερμοκρασία του προσώπου είναι σημαντική γιατί σύμφωνα με τον CRAWSHAW et al (1975), το δέρμα στο πρόσωπο είναι 4 φορές πιο ευαίσθητο στην αίσθηση της θερμότητας απ' ό τι στο δέρμα στον μηρό ανά μονάδα επιφάνειας.

Η λύση στο πρόβλημα είναι η δημιουργία τοπικών μικροκλιμάτων μέσω της ψύξης της θέρμανσης των ρούχων μέσω παροχής περιβαλλοντικών κουστουμιών, για να φοριούνται κάτω από ειδικές συνθήκες, ή μέσω εγκλεισμού της εργασιακής περιοχής σε κατάλληλο τεχνητό περιβάλλον.

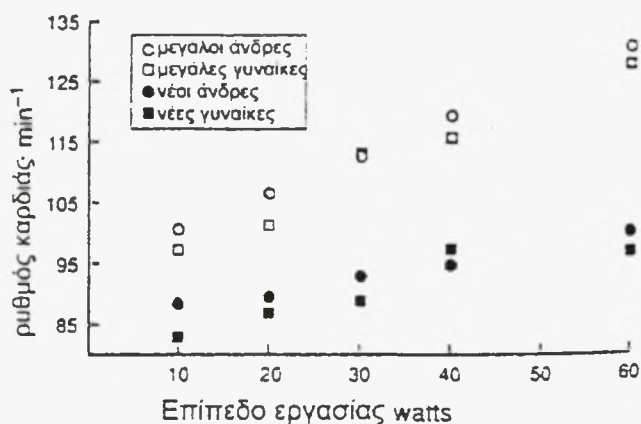
Στο ιδανικό περιβάλλον η θερμοκρασία του δέρματος είναι 33° C. Τα πόδια είναι πιο κρύα από τον κορμό και συνεπώς μπορεί να δεχτεί μια μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας των ποδιών, χωρίς να αισθάνονται κρύο. Προκειμένου κάποιος που κάνει μπάνιο πρέπει η θερμοκρασία να είναι 35° C.

Μια τέτοια θερμοκρασία δεν παράγει ισορροπία θερμοκρασίας. Θα προκαλέσει την αύξηση σωματικής θερμοκρασίας. Όπως το θέτει ο Burton (1963): ο άνθρωπος δεν είναι κατασκευασμένος να περάσει πολύ ώρα στο νερό. Μια προκαλούμενη αγγειοδιαστολή του ποδιού είναι αποδοτική στην αύξηση της θερμικής απώλειας, αλλά τα ζεστά πόδια, τα υποκείμενα μιας έρευνας τελικά κρύωσαν.

Ετσι είναι πιθανό με ακατάλληλο ντύσιμο, με την ψύξη περιορισμένων περιοχών του δέρματος να αναστατώσουμε την κανονική φυσιολογική ρύθμιση της θερμοκρασίας. Η τοπική θέρμανση των χεριών και ποδιών για παράδειγμα, προκαλούν τρέμουλο και εφίδρωση ταυτόχρονα. Ακόμη και όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλή, η θερμική απώλεια μέσω εξόδου της ακτινοβολίας προς ψυχρές επιφάνειες μπορεί να προκαλέσει αυτό που αναφέρεται κοινώς, ως ρεύμα (αέρα). Με έρευνα έχει δείχτει (BAR OR et al, 1968) ότι η πτώση στην κεντρική θερμοκρασία που πηγαίνει κάποιος στο κρεβάτι, δεν οφείλεται στην εκδήλωση του ύπνου αλλά στην θερμική αντίσταση των ρούχων που προκαλούν μια αύξηση στην θερμοκρασία του αέρα που είναι παγιδευμένος κάτω από τα ρούχα, οδηγώντας σε μια ανακατανομή της θερμότητας του σώματος, αυξάνοντας την περιφερειακή θερμοκρασία και μειώνοντας την κεντρική θερμοκρασία.

#### 3.2.1.4 Ηλικία

Υπάρχει διαφωνία ως προς το κατά πόσο η ικανότητα ανοχής και εγκλιματισμού σε μέτριο θερμικό στρες μειώνεται με την πάροδο της ηλικίας. Σε πείραμα δύο ομάδες ανδρών και γυναικών ηλικίας 60-93 ετών εκτέθηκαν για 70 λεπτά σε έντονη θερμότητα, προοδευτικά ασκούσαν σε εντάσεις εκτεινόμενες από 2-3 φορές του βασικού μεταβολισμού. (HENSHEL, 1971). Η σχέση του ρυθμού της καρδιάς και της έντασης του έργου φαίνεται στο σχήμα (17).



Σχήμα 17: Καρδιακός παλμός σε μέτρια άσκηση στη ζέστη (HENSEL, 1971)

Ο ρυθμός καρδιάς κατά τη διάρκεια μέτριας άσκησης στην ζέστη για νέους και μεγάλους άνδρες και γυναίκες. Η *dry bulb* θερμοκρασία ήταν 33,5° C και *wet bulb* 28,5° C.

Ο ρυθμός της καρδιάς ήταν υψηλότερος για τα ηλικιωμένα λιγότερο γυμνασμένα. Πάντως η ζέστη δεν προκάλεσε μεγαλύτερο φυσιολογικό φόρτο πάνω στα μεγαλύτερα υποκείμενα, επειδή η θερμοκρασία του σώματος τους αυξήθηκε κατά 0,3° C σε σύγκριση με 0,2° C για την νεαρότερη ομάδα. Προτάθηκε ότι η ηλικία είναι ένας περιοριστικός παράγοντας σε έντονη άσκηση στη ζέστη. Αυτή η επίδραση της ηλικίας αποδίδεται και σε φανερά καθυστερημένο ξεκίνημα στην παραγωγή ιδρώτα όσο προχωρούν τα χρόνια καθώς και σε μια αντίδραση ανεπαρκή στην παραγωγή ιδρώτα που οφείλεται είτε σε ένα περιορισμό της παραγωγής των ιδρωτοποιών αδένων είτε σε μια περιορισμένη αντίδραση στην αφυδάτωση εάν η αντικατάσταση των υγρών είναι ανεπαρκής. (KENNEY, 1988). Στους σωματικά προπονημένους άνδρες που διανύουν την πέμπτη δεκαετία της ζωής τους παρατηρήθηκε χειροτέρευση στην θερμορρυθμιστική λειτουργία σε σχέση με τους νέους άνδρες. Μια αναφορά που υποστηρίζει αυτά τα ευρήματα, λέει ότι η ικανότητα για την παραγωγή ιδρώτα είναι πλήρως επαρκής για την ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά τη διάρκεια περιπάτων στην έρημο, σε άντρες με ηλικία 58-84 ετών. (BAR OR et al, 1968 - DIELE et al, 1975).

### 3.2.1.5 Φύλο

Οι συγκρίσεις ανδρών και γυναικών απέδειξαν ότι οι άνδρες εμφάνιζαν μεγαλύτερη αντοχή στην ζέστη. Το μεγαλύτερο ελάττωμα ήταν ότι οι γυναίκες ασκούσαν διαρκώς σε κατά πολύ υψηλότερες εντάσεις σε σχέση με την αεροβική τους ικανότητα.

#### Παραγωγή ιδρώτα

Η βασική διαφορά στη θερμορρύθμιση μεταξύ ανδρών και γυναικών, βρίσκεται στην παραγωγή ιδρώτα. Οι γυναίκες είναι λιγότερο "γόνιμες" στην παραγωγή ιδρώτα απ' ό,τι οι άνδρες. Οι γυναίκες ιδρώνουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες δέρματος και πυρήνα. (ASMUSSEN and BOJE, 1947). Επίσης παράγουν λιγότερο ιδρώτα όταν κατέχουν περισσότερους ενεργοποιημένους από την ζέστη ιδρωτοποιούς αδένες ανά μονάδα επιφάνειας δέρματος από ό,τι οι άνδρες. (BARNORD et al, 1973).

#### Πάγωμα μέσω εξάτμισης έναντι κυκλοφορικού "παγώματος"

Οι γυναίκες εμφανίζουν ανοχή στην θερμότητα παρόμοια με των ανδρών. (AVELLINI et al, 1980). Οι γυναίκες πιθανόν βασίζονται περισσότερο σε κυκλοφορικούς μηχανισμούς για την αποβολή της θερμότητας, εκεί που οι άνδρες κάνουν μεγαλύτερη χρήση του "παγώματος" μέσω εξάτμισης.

#### Η αναλογία (της περιοχής) της επιφάνειας προς τον όγκο

Ένα ευνοϊκό χαρακτηριστικό των γυναικών, είναι μια σχετική αναλογία επιφάνειας προς μάζα. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μονάδα μάζας σώματος, η γυναίκα έχει μια μεγαλύτερη επιφάνεια που εκτίθεται στο περιβάλλον.

Συνεπώς στην ζέστη οι γυναίκες θα έτειναν να "παγώσουν" σε γρηγορότερο ρυθμό απ' ό,τι οι άνδρες, μέσω μιας μικρότερης μάζας σώματος διαμέσου μιας μεγάλης επιφάνειας.

#### δ) Η επίδραση της έμμηνου ρύσης

Η αντίδραση της παραγωγής ιδρώτα και η ικανότητα άσκησης στην ζέστη, δεν σχετίζεται με τον έμμηνο κύκλο.



Έρευνα δείχνει ότι οι γυναίκες μπορούν να αντέξουν το φυσιολογικό και θερμικό στρες της άσκησης λιγότερο τόσο καλά όσο οι άνδρες παρόμοιας φυσικής κατάστασης και επιπέδου εγκλιματισμού και μπορούν να εγκλιματίζονται σε όμοιο βαθμό. (American College of Sports medicine, 1984).

### 3.2.1.6 Πάχος

Επειδή η ειδική θερμότητα του πάχους είναι μεγαλύτερη από αυτή για τον μυϊκό ιστό, το υπερβολικό πάχος αυξάνει την απομονωτική ποιότητα του εξωτερικού του σώματος και επιβραδύνει την μεταβίβαση της θερμότητας προς την περιφέρεια. Το μεγαλόσωμο άτομο έχει μικρή επιφάνεια σώματος για την εξάτμιση του ιδρώτα σε σύγκριση με ένα μικρόσωμο άτομο. Το υπερβολικό πάχος επιβαρύνει το μεταβολικό κόστος των δραστηριοτήτων. Όταν αυτό συνδυάζεται με το βάρος του εξοπλισμού με τον έντονο αναγκασμό και ένα ζεστό υγρό περιβάλλον, το υπέρβαρο άτομο μειονεκτεί. Στην πραγματικότητα συμβαίνουν περιστατικά θερμοπληξίας 3,5 φορές συχνότερα σε υπέρβαρα άτομα. (HENSHELL, 1967).

### 3.3 Παράγοντες που καθορίζουν τις διαταραχές στη ζέση

Οι παράγοντες που σχετίζονται με τις θερμικές διαταραχές είναι:

#### Φυσική κατάσταση - εγκλιματισμός

Ένα υψηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης μειώνει την απώλεια αλάτων και αυξάνει την ικανότητα παραγωγής ιδρώτα. Έτσι η προπόνηση αυξάνει την ευαισθητοποίηση και την ικανότητα αντίδρασης για παραγωγή ιδρώτα, έτσι ώστε η παραγωγή ιδρώτα ξεκινά σε χαμηλότερη θερμοκρασία σώματος και μεγαλύτερη ποσότητα αραιωμένου ιδρώτα παράγεται. Αυτό φαίνεται να προκαλείται από εσωτερικές προσαρμογές στους ιδρωτοποιούς αδένες. Αυτή η ευεργετική θερμορρυθμιστική αντίδραση συσχετίζεται με την αύξηση του όγκου του πλάσματος. (MINARD et al, 1957). Αυτό το προστιθέμενο υγρό μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των ιδρωτοποιών αδένων κατά τη διάρκεια

του θερμικού στρες, ενώ την ίδια στιγμή καλύπτει τη διατήρηση μιας επαρκούς ποσότητας αίματος στη κυκλοφορία. Έτσι το προπονημένο άτομο αποθηκεύει λιγότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια της παροδικής θερμικής φάσης της άσκησης και φτάνει σ' ένα σταθερό θερμικό επίπεδο γρηγορότερα και σε χαμηλότερη θερμοκρασία πυρήνα απ' ότι ένα απροπόνητο. Αυτό το πλεονέκτημα της προπόνησης συμβαίνει μόνο όταν το άτομο είναι ενυδατωμένο. (SAWKA, 1983).

Πάντως όπως μπορεί να αναμένεται η θερμική αυτή κατάσταση είναι λιγότερο αποτελεσματική απ' ότι ο εγκλιματισμός που προέρχεται από παρόμοια προπόνηση στη ζέστη. Ο πλήρης εγκλιματισμός στην θερμότητα δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς έκθεση στην έντονη θερμότητα.

### **Ενυδάτωση**

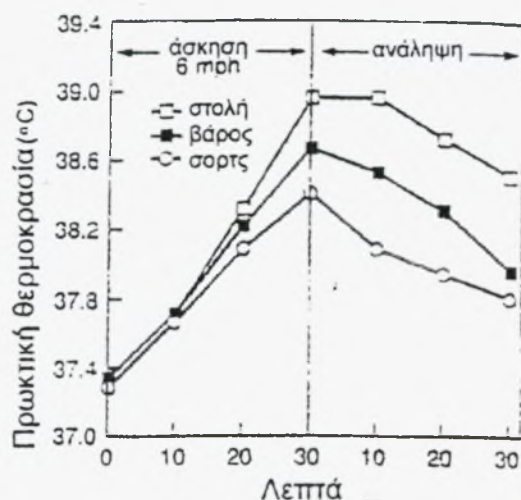
Η ανεπαρκής ενυδάτωση μειώνει τον ρυθμό παραγωγής ιδρώτα και αυξάνει την πιθανότητα θερμικής υποδοχής. Δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ του νερού και των ροφημάτων ηλεκτρολυτών στην αντικατάσταση του νερού που ακολουθεί την αφυδάτωση.

### **Περιβαλλοντική θερμοκρασία**

Οι μηχανισμοί απώλειας θερμότητας μέσω μεταγωγής και ακτινοβολίας εξαρτώνται από την κλίση της θερμοκρασίας από το δέρμα προς το περιβάλλον. Η εξάρτηση σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες από εκείνη του δέρματος οδηγεί σε θερμικό κέρδος. Η εξάτμιση του ιδρώτα πρέπει να "ισοφαρίσει" αυτό το κέρδος για να μείνει η σωματική θερμοκρασία σε ασφαλή τιμή.

### **Ενδυση**

Το σχ. (18) δείχνει πως επιδρά η διαφορετική στολή στην αντίδραση της θερμοκρασίας του σώματος στο συσχετιζόμενο τρέξιμο.



Σχήμα 18: Η επίδραση των διαφορετικών τύπων ένδυσης και ανταπόκρισης της σωματικής θερμοκρασίας στο συνεχιζόμενο τρέξιμο (Mc ARDLE, 1991).

### Υγρασία (πίεση υδρατμών)

Η εξάτμιση του ιδρώτα εξαρτάται από την κλίση πίεσης των υδρατμών μεταξύ του δέρματος και του περιβάλλοντος.

### Μεταβολικός ρυθμός

Εχοντας ως δεδομένο ότι η θερμοκρασία του πυρήνα είναι ανάλογη με τον ρυθμό εργασίας η παραγωγή μεταβολικής θερμότητας παίζει σημαντικό ρόλο στο θερμικό φορτίο που βιώνει το άτομο κατά την άσκηση.

Άνεμος: ο άνεμος θέτει περισσότερα μόρια αέρα σε επαφή με το δέρμα και επηρεάζει την απώλεια θερμότητας α) εάν υπάρχει μια κλίση θερμοκρασίας για απώλεια θερμότητας μεταξύ του δέρματος και του αέρα ο άνεμος θα αυξήσει την απώλεια θερμότητας μέσω μεταγωγής. Παρόμοια ο άνεμος αυξάνει τον ρυθμό εξάτμισης, εάν υποθέσουμε ότι ο αέρας μπορεί να δεχτεί υγρασία.

#### 3.3.1 Παράγοντες διαταραχών στο κρύο

Οι μηχανισμοί αποβολής θερμότητας περιλαμβάνουν την αγωγιμότητα την μεταγωγή, την ακτινοβολία και την εξάτμιση. Η υποθερμία είναι αποτέλεσμα

του υψηλότερου ρυθμού αποβολής θερμότητας. Η αγωγιμότητα, η μεταφορά και η ακτινοβολία εξαρτώνται από την κλίση της θερμότητας μεταξύ του δέρματος και περιβάλλοντος: όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός αποβολής θερμότητας. Υπάρχουν άλλοι παράγοντες που αλληλεπιδρούν για την δημιουργία επικίνδυνης κατάστασης, ο άνεμος και το νερό.

### Δείκτης Wind Chill

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο δείκτης αυτός δείχνει ποια είναι η "αποτελεσματική" θερμοκρασία για κάθε συνδυασμό θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου. Αναπτύχθηκε ο τύπος για την πρόγνωση του πόσο γρήγορα μπορεί να απολεσθεί θερμότητα, σε διαφορετικές ταχύτητες ανέμου και θερμοκρασίας.

$$\text{Wind chill (Kcal X m}^{-2} \text{ X h}^{-1}) = \sqrt{Wv \times 100 + 10,45 - Wv} \times (33 - T_a)$$

όπου  $Wv = \text{ταχύτητα ανέμου (m X sec}^{-1}) \times 3,3 = 33^\circ \text{C}$  (που θεωρούνται ως η θερμοκρασία του δέρματος)

το 10,45 είναι μια σταθερά

$T_a = \text{περιβάλλουσα dry bulb θερμοκρασία σε } ^\circ\text{C}$ . Στον παρακάτω πίνακα Windchill φαίνεται πως μπορούμε να υπολογίσουμε σωστά τις συνθήκες σε μια ποικιλία από ταχύτητες ανέμου και θερμοκρασίες.

ταχύτητα ανέμου σε MPH	Actual Thermometer Reading ( $^{\circ}\text{F}$ )											
	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60
Calm	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60
5	48	37	27	16	6	-5	-15	-26	-36	-47	-57	-68
10	40	29	16	4	-9	-21	-33	-46	-58	-70	-83	-95
15	36	22	9	-5	-18	-30	-45	-58	-72	-85	-99	-112
20	32	18	4	-10	-25	-39	-53	-67	-82	-96	-110	-124
25	30	16	0	-15	-29	-44	-59	-74	-88	-104	-118	-133
30	28	13	-3	-18	-33	-48	-63	-79	-94	-109	-125	-140
35	27	11	-4	-20	-35	-49	-67	-82	-98	-113	-129	-145
40	26	10	-6	-21	-37	-53	-69	-85	-100	-116	-132	-148

ταχύτητες ανέμου

πάνω από 40mph

είχαν μικρή  
αντίδραση

Μικρός  
κίνδυνος

Αυξανόμενος κίνδυνος

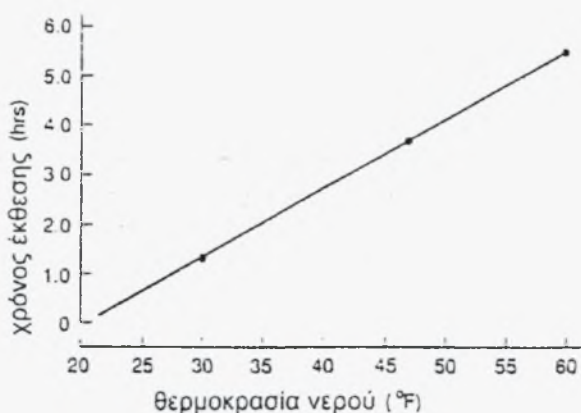
Κίνδυνος από πάγωμα

Μεγάλος κίνδυνος

Πίνακας Windchill (Από SHARKEY, 1984).

## Νερό

Η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 25 φορές μεγαλύτερη από αυτή του αέρα και έτσι μπορεί να χαθεί θερμότητα 25 φορές γρηγορότερα σε σύγκριση, με τον αέρα της ίδιας θερμοκρασίας. Το σχ. 19 δείχνει πόσες ώρες χρειάζονται οριακά μέσα σε κρύο νερό.



Σχήμα 19: Η επίδραση διαφορετικών θερμοκρασιών του νερού (DE VRIES HERBERT, 1986).

## Απομονωτικοί παράγοντες

Ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα αποβάλλεται, είναι αντιστρόφως ανάλογη με την απομόνωση μεταξύ του σώματος και περιβάλλοντος. Η ποιότητα απομόνωσης σχετίζεται με το υποδόριο λίπος και την ένδυση.

Ερευνα που έγινε σχετικά με την ένδυση οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι (TOKURO /MIDORIKAWA, 1994): σε δύο ομάδες εξέτασης για την αντοχή στο κρύο, η μια ομάδα με ενδυμασία μέχρι το γόνατο (skirt group) παρουσίασε μεγαλύτερη ικανότητα αντοχής στο κρύο, από ό,τι η ομάδα που φόραγε, μακριά ρούχα (trouser group).

### 3.4 Προθέρμανση και αποθεραπεία

Το πλεονέκτημα των υψηλότερων θερμοκρασιών κατά την άσκηση βρίσκεται στο γεγονός ότι οι μεταβολικές διαδικασίες στο κύτταρο προχωρούν με υψηλότερο ρυθμό, αφού αυτές οι διαδικασίες είναι θερμοεξαρτώμενες. Για



κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας ο μεταβολικός ρυθμός του κυττάρου αυξάνεται στο 13%. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες η απαλλαγή  $O_2$  από το αίμα προς τους ιστούς είναι πολύ πιο γρήγορη. Η σωματική απόδοση βελτιώνεται ακολουθώντας την προθέρμανση. Ακόμη πιο πέρα τα νευρικά μηχανήματα ανεβαίνουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Έτσι υπάρχει ένας πολύ καλός λόγος για ένα άτομο να κρατήσει την θερμοκρασία του σώματος ανεβασμένη, ακόμη και με αξιοσημείωτο κόστος, προκειμένου να είναι ικανό να κινείται πιο γρήγορα. Αυτός είναι επίσης ο λόγος που οι αθλητές ανακάλυψαν ότι αποδίδει και προθερμαίνονται πριν από ένα αθλητικό γεγονός. (HOGBERG and LJUNGGREN, 1947).

Οι Hogberg και Ljunggren εξέτασαν την επίδραση της προθέρμανσης σε μορφή τρεξίματος με μέτρια ταχύτητα σε συνδυασμό με γυμναστική, στην ταχύτητα τρεξίματος 100, 400 ή 800 μ. σε καλά προπονημένους αθλητές. Σύγκριναν αυτή την επίδραση, με την επίδραση της παθητικής θέρμανσης του σώματος με μπάνιο, σε σάουνα για περίοδο 20' πριν τον αγώνα και βρήκαν ότι η ευεργετική επίδραση της παθητικής αύξησης της θερμοκρασίας του σώματος από ένα τέτοιο μπάνιο, ήταν πολύ μικρότερη από αυτή της αυξημένης θερμοκρασίας του σώματος από προθέρμανση μέσης σωματικής άσκησης. Στην ρίψη 100 μ. η βελτίωση μετά από μια κατάλληλη προθέρμανση ήταν της τάξης του 0,5-0,6 s που ανταποκρίνεται σε 3-4% σε σύγκριση με το αποτέλεσμα χωρίς προθέρμανση. Στον αγώνα των 800 μ. η βελτίωση ήταν 4-6 s ή 2,5-5%. Έτσι το ποσοστό βελτίωσης ήταν με δυσκολία το ίδιο σε όλες τις αποστάσεις που εξετάστηκαν. Παρόμοια αποτελέσματα αποκτήθηκαν και στην κολύμβηση. (MUIDO, 1946).

Σε σχέση με την διάρκεια της προθέρμανσης οι Horberg και Lunggren παρατήρησαν καλύτερα αποτελέσματα μετά από μια 15λεπτη προθέρμανση απ' ότι μετά από μια 5λεπτη αλλά δεν σημειώθηκε καμιά περαιτέρω σημαντική βελτίωση στον αγώνα 100 μ. όταν η προθέρμανση παρατάθηκε από 15'-30'.

Η διάρκεια και η ένταση της προθέρμανσης πρέπει να προσαρμόζονται σύμφωνα με την περιβαλλοντική θερμοκρασία και το ποσό ντυσίματος. Όσο υψηλότερη είναι η περιβαλλοντική θερμοκρασία και όσο μεγαλύτερο το ποσό του ντυσίματος, τόσο γρηγορότερα επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία γύρω στους 38,5 °C. Η περίοδος ξεκούρασης μεταξύ προθέρμανσης και έναρξης αγώνα, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μερικά λεπτά όχι παραπάνω από 15'. Μετά από ξεκούραση 45' η ευεργητική επίδραση της προθέρμανσης καταργείται στο όποιο χρόνο η θερμοκρασία των μυών έχει επίσης επανέλθει στα επίπεδα πριν την προθέρμανση.

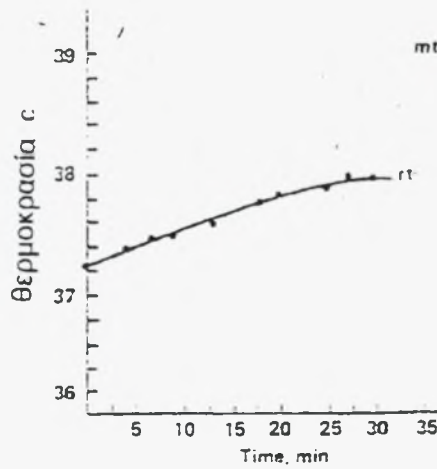
Ο Barnard (1980) και οι συν. ανέφεραν ότι η έντονη άσκηση χωρίς προθέρμανση εισήγαγε ανώμαλες αλλαγές στο 70% από τα 44 κανονικά χωρίς συμπτώματα υποκείμενα (ηλικίας 21-52 ετών). Δύο λεπτά επιτόπου τροχάδην, σαν προθέρμανση πριν την άσκηση εξουδετέρωσε αυτές τις ανώμαλες αντιδράσεις.

### **Γενική προθέρμανση ενάντια τοπικής θέρμανσης**

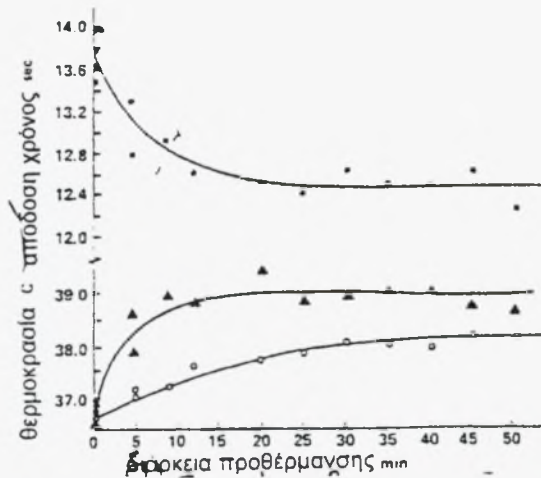
Τρεις έρευνες έδειξαν σημαντικές βελτιώσεις (1%-8%) όταν ολόκληρο το σώμα είναι ζεστό, ώστε η πρωκτική και μυϊκή θερμοκρασία αυξάνονται. (Assmussen F. and Boje O., 1947). Η τοπική θέρμανση του απαιτούμενου μέλους έχει δείξει ότι οδηγεί σε ευκολότερη κόπωση και πιο μειωμένη απόδοση στο άκρο αυτό. (CLARKE et al, 1958) έχει δειχθεί επίσης ότι στην τοπική θέρμανση ο παράγοντας της κύριας σημασίας είναι η διανομή του αίματος ανάμεσα στο δέρμα και στους μυς, αν και οι δύο "εξυπηρετούνται" από την ίδια αρτηρία. (NUKADA, 1955).

### **Πρωκτική έναντι μυϊκής θερμοκρασίας**

Η εικ. (20) παρουσιάζει τις αλλαγές στην μυϊκή και πρωκτική θερμοκρασία που συμβαίνει ως αποτέλεσμα προθέρμανσης πάνω σε εργομετρικό ποδήλατο. Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης στην μυϊκή θερμοκρασία συμβαίνει τα πρώτα πέντε λεπτά με την πρωκτική θερμοκρασία να αυξάνεται για 30'.



Σχήμα 20: Θερμοκρασία που μετρήθηκε στους μυς και στον πρωκτό μετά τη διάρκεια δουλείας των 650 Kg/min (ASMUSSEN and BOZE, 1945).



Σχήμα 21:

Δείχνει την ίδια θερμοκρασία και συσχετίζει τις 2 θερμοκρασίες με τον χρόνο απόδοσης για ένα σπριντ στο εργομετρικό ποδήλατο. Επειδή η απόδοση έδειξε την καλύτερη βελτίωση όταν η μυϊκή θερμοκρασία αυξήθηκε σημαντικά και η πρωκτική μειώθηκε, ο Astmussen και Boze (1947) θεώρησαν ότι η μυϊκή θερμοκρασία είναι πιο σημαντική. Πιο πρόσφατη δουλειά απέδειξε το παραπάνω (MORKIN et al, 1975) και μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οποιαδήποτε διαδικασία που αυξάνει την βαθιά μυϊκή θερμοκρασία θα βελτιώσει την απόδοση.

### 3.5 Η επίδραση της προθέρμανσης στα διάφορα αθλήματα.

- Ταχύτητα: διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι διάφοροι τύποι προθέρμανσης βελτιώνουν την ταχύτητα του τρεξίματος (BLANK, 1955) ενώ άλλες δεν έδειξαν βελτίωση σ' αυτές τις δραστηριότητες. (HIPPLE, 1955 / LOTTER, 1959).
- Δύναμη: δύο ερευνητές χρησιμοποίησαν ολική προθέρμανση βρήκαν σημαντικές αυξήσεις στην δύναμη, μετά από προθέρμανση (BURKE, 1957) ενώ αυτοί που χρησιμοποίησαν τοπική προθέρμανση δεν βρήκαν βελτίωση μετά από προθέρμανση. (GROSE, 1958). Μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι αλλαγές δύναμης εξαρτώνται από κεντρικές νευρικές αλλαγές, που προκαλούνται από τις αλλαγές της θερμοκρασίας, αλλαγές στις κυκλοφορικές ή τις δύο.
- Μυϊκή αντοχή: Οι Asmussen και Boze (1947) βρήκαν ότι με την ολική προθέρμανση υπήρξαν θετικές επιδράσεις. Αυτοί χρησιμοποίησαν τοπική προθέρμανση δεν βρήκαν θετική επίδραση. (CLARKE et al, 1958 / - GROSE, 1958).
- Ρίψεις: έχει παρουσιαστεί από έρευνες θετική επίδραση, από υψηλής έντασης, μεσαίας και χαμηλής έντασης.
- Κολύμβηση: υπάρχει θετική επίδραση. Ζεστά μπάνια των 8' οδήγησαν σε 10% (CARLILE, 1956) βελτίωση, ενώ ζεστά μπάνια 15-20' βελτίωσαν την απόδοση σε 400 μ. ελεύθερο και στα 200 μέτρα πεταλούδα ανά 2,1-3,9% στα 50 μ. ελεύθερο αν 2,0%.

Συνεπώς η συνολική θερμοκρασία καθορισμένης έντασης και διάρκειας αυξάνει την μυϊκή και πρωκτική θερμοκρασία και οδηγεί σε βελτίωση της απόδοσης.

- Είναι σημαντικό για την αποφυγή τραυματισμών.
- Προφυλάσσει την καρδιά από αλλαγές που συμβαίνουν με την απότομη εξουθενωτική άσκηση.
- Η προθέρμανση πρέπει να αναντοποκρίνεται στις ατομικές απαιτήσεις.

- Η υπερβολική προθέρμανση είναι χρήσιμη σε αγωνίσματα, όπου η νευρομυϊκή εφαρμογή αποτελεί σημαντικό παράγοντα.
- Οι αλλαγές στην θερμοκρασία των ιστών, διατηρούνται 95-80' μετά την προθέρμανση.
- Ένας συνδυασμός έντασης και διάρκειας παράγει αυξημένη θερμοκρασία στους βαθύτερους ιστούς χωρίς κόπωση. Ο ιδρώτας είναι ένδειξη της αυξημένης συνολικής θερμοκρασίας. Στο υψηλό επίπεδο δραστηριότητας η αύξηση των  $1^{\circ} F$  ή  $2^{\circ} F$  είναι επιθυμητή.



## ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 4.1 Θερμορρύθμιση κατά την άσκηση σε υγιείς μεγαλύτερους ενήλικες

Από διάφορες έρευνες αυξημένης θνησιμότητας στους μεγαλύτερους άντρες και γυναίκες από υπο-υπερθερμία, δεν μπορεί να ερμηνευτεί ότι η ηλικία δημιουργεί μια ανικανότητα αντοχής στις περιβαλλοντικές εντάσεις. Μερικοί ερευνητές προσπάθησαν να περιγράψουν τις επιδράσεις της χρονολογικής ηλικίας από παράγοντες (όπως οι μειώσεις του  $\dot{V}O_2 \max$ , χαμηλότερα συνήθη επίπεδα δραστηριοτήτων, αλλαγές στην σύνθεση του σώματος) καθορίζοντας τις θερμορρυθμιστικές ανταποκρίσεις στην ξεκούραση και στην άσκηση σε ζεστά περιβάλλοντα. Όταν γενικά οι επιδράσεις των χρονολογικών συμπτωμάτων της καθιστικής ζωής διατηρούνται στο ελάχιστο, η ανοχή στη θερμοκρασία δεν παρουσιάζεται να διακινδυνεύεται από την ηλικία.

Ειδικά ο έλεγχος της ροής του αίματος και η διανομή της καρδιακής απόδοσης είναι σημαντικά σχετιζόμενος με τη χρονολογική ηλικία.

Οι επιδράσεις της αφυδάτωσης μπορεί να μεγαλώσουν στα ηλικιωμένα άτομα και η ενυδάτωση μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά από τις διαφορές σε σχέση με την ηλικία, στην ευαισθησία της δίψας και της νεφρικής λειτουργίας.

Η δραστικότητα των επεμβάσεων για τη βελτίωση των θερμορρυθμιστικών ανταποκρίσεων στα μεγαλύτερα άτομα (αερόβια προπόνηση και θερμοεγκλιματισμός), δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Οι μεγαλύτεροι άνδρες και γυναίκες είναι ικανοί για εγκλιματισμό σε ζεστές συνθήκες, αλλά ο χρόνος των φυσικών αλλαγών κατά τον εγκλιματισμό ανάλογα με την ηλικία ίσως είναι διαφορετικός. Άλλη επέμβαση που είναι ίσως "δραστική", είναι η θεραπεία

αντικατάστασης των ορμονών σε γυναίκες που παρουσιάζουν εμμηνόπαυση, που επηρεάζει τη ρύθμιση θερμοκρασίας και τον έλεγχο των σωματικών υγρών σε μια θετική κατεύθυνση. Όμως αυτές οι επιδράσεις δεν έχουν μελετηθεί. Η ανοχή στο κρύο κάτω από συνθήκες ανάληψης δεν εξαρτάται τόσο από την ηλικία και την αερόβια κατάσταση (NEUFFER, 1986), όσο από τη σύνθεση του σώματος. (COLLIAS, 1974).

#### **4.1.1. Άσκηση σε ζεστό περιβάλλον**

Σε μελέτη του Henshel σε ήπια άσκηση οι ηλικιωμένοι άνδρες και γυναίκες είναι ικανοί για ανοχή της άσκησης στη θερμική ένταση, χωρίς σημάδια εξάντλησης, αλλά δεν μπορεί να γενικευτεί και για έντονη άσκηση. (HENSHEL, 1968). Παρόλ' αυτά υπάρχει μεγαλύτερο ρίσκο και η εξήγηση μπορεί να δοθεί α) στη μείωση της ευαισθησίας και της ικανότητας του μηχανισμού ιδρώτα (GISOLFI, 1979), καθώς και στην ανεπαρκή καρδιαγγειακή ανταπόκριση που σχετίζεται με μια μείωση στη φυσική κατάσταση.

#### **Κεντρική θερμοκρασία ( $T_c$ ) και αποθήκευση θερμότητας ( $S$ )**

Η μεταβολική παραγωγή της θερμότητας είναι μια λειτουργία της απεριόριστης έντασης της άσκησης, ανεξάρτητα αν οι μηχανισμοί απώλειας θερμότητας σχετίζονται στενά με τη σχετική ένταση. Η εναποθήκευση θερμότητας και η αύξηση της  $T_c$ , εξαρτώνται σε κάποιο βαθμό από τις απόλυτες και τις σχετικές εντάσεις. Δεν είναι συνεπώς πιθανό ότι η διαμάχη σχετικά με τις ανταποκρίσεις της  $T_c$  στην άσκηση και με την ηλικία μπορεί να λυθεί με τον έλεγχο των διαφορών στο  $VO_2 \max.$ , ανάμεσα σε ομάδες.

Συγκεκριμένα αυτό επιτεύχθηκε από τον Havernith G. (1990-95), ο οποίος προσπάθησε να καθορίσει τις επιδράσεις διαφόρων ατομικών μεταβλητών, (ηλικία, ανθρωπομετρία,  $VO_2 \max$  και το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας), σε εξαρτώμενες μεταβλητές όπως η  $T_r$  (πρωκτική θερμοκρασία) και η  $S$

κατά τη διάρκεια 1hr χαμηλής έντασης (60 Watt) άσκησης σε ποδήλατο σε ζεστό περιβάλλον (KENNEY, 1988). Το συμπέρασμα ήταν ότι η Tr και η S, σχετίζονταν με την  $VO_2 \max$  και όχι με την ηλικία.

#### **Ελεγχός ροής αίματος στο δέρμα (Sk. B.F.)**

Έρευνες δείχνουν ότι υπάρχει χαμηλότερη (Sk. B.F.) σε σύγκριση με τους νέους, στους ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες (MACK, 1994 / KENNEY, 1994).

#### **Καρδιακή απόδοση**

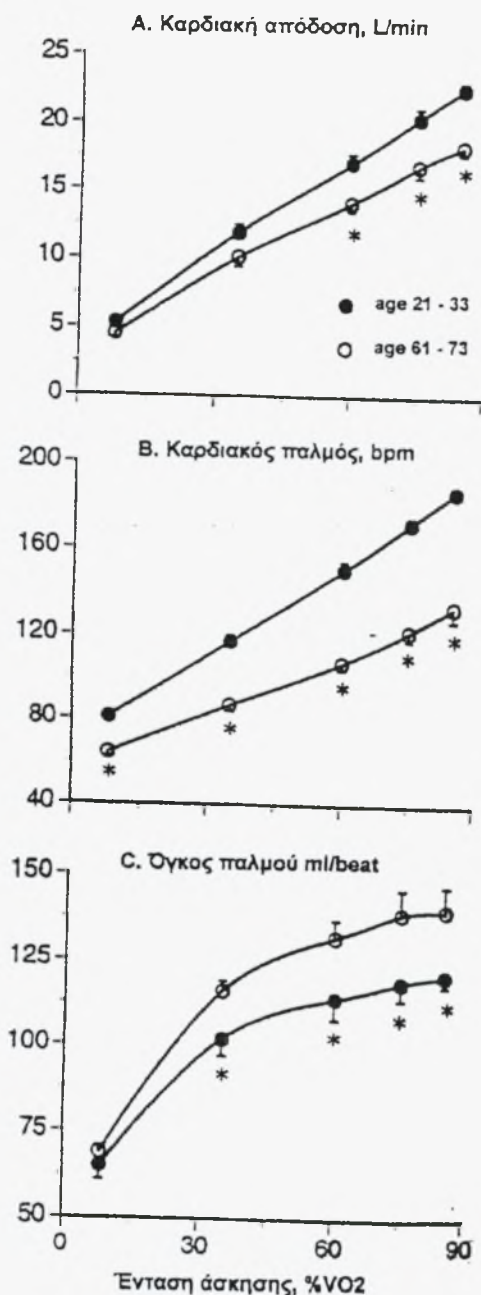
Παρουσιάζεται χαμηλότερη στους μεγάλους άνδρες και ο V παλμού είναι υψηλότερος. Σε πείραμα που έγινε με χαμηλή ένταση άσκησης σε ηλικιωμένους άντρες, βρέθηκε μείωση του καρδιακού ρυθμού (H R), της πρόσληψης  $O_2$  ( $VO_2$ ), ενώ ο  $VO_2 \max$  δεν άλλαξε. Το συμπέρασμα ήταν ότι η άσκηση χαμηλής έντασης μπορεί να βελτιώσει τη φυσική κατάσταση σε ηλικιωμένους. (BUSKIRK / CAMPIETRO / BASS, 1958).

#### **V πλάσματος (PV)**

Ο Mack και οι συν. δεν παρουσίασαν διαφορά στον PV. Σε έρευνες του Kenney (1990) σε μεγάλες γυναίκες παρουσίασαν μεγαλύτερο (PV) σε ζεστό, υγρό περιβάλλον, ενώ σε άλλες η ηλικία σχετιζόταν με μια μεγαλύτερη απώλεια PV, όταν τα αντικείμενα ήταν καλά ενυδατωμένα, αλλά αυτή η διαφορά της ηλικίας εξαφανίστηκε όταν τα αντικείμενα ήταν υποενυδατωμένα. (PANDOFF, 1988).

#### **4.1.1 Θερμοεγκλισμός και ηλικία**

Ο Robinson και οι συν. (1978) επιβεβαίωσαν την ικανότητα για τους ενήλικες να εγκλιματίζονται σε συνεχή άσκηση έκθεσης στη ζέστη.



**Σχήμα 22:** Καρδιακή απόδοση (A), καρδιακός ρυθμός (B) και καρδιακός παλμός (C) του VO<sub>2</sub> max ηλικιωμένων (n=7) και νέων (n=8) ομάδων, εκτελώντας προοδευτική διακοπτόμενη εργασία στους 36° C. Στην ανάληψη μόνο ο καρδιακός ρυθμός ήταν διαφορετικός ανάμεσα στις ομάδες. Ο V παλμού ήταν υψηλότερος στους ηλικιωμένους, όμως αυτή η αύξηση ήταν ικανή να αντισταθμίσει τον χαμηλότερο καρδιακό παλμό και η καρδιακή απόδοση ήταν χαμηλότερη από το 60% του VO<sub>2</sub>.

## 4.2 Θερμορρύθμιση στις γυναίκες

### 4.2.1 Άσκηση στο κρύο

Γενικά οι γυναίκες κατά την ανάληψη στο κρύο περιβάλλον (HARDY, 1940 / WAGNER, 1985), ίσως λόγω μεγαλύτερου ποσοστού λίπους, έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία δέρματος και γι' αυτό μικρότερη θερμική αγωγιμότητα από τον πυρήνα στο δέρμα σε σχέση με τους άνδρες (HAYWARD, 1975 / GRAHAM, 1988).. Κατά την απορρόφηση του κρύου νερού, οι γυναίκες κρυώνουν γρηγορότερα από τους άνδρες. (HAYWARD, 1975 - Mc ARDLE, Διάφορα

εργαστήρια παρουσίασαν τις θερμορρυθμιστικές αλλαγές της συμπεριφοράς στην ψύξη (CUNNINGHAM, 1971). Οι γυναίκες αισθάνονται την ψύξη του δέρματος πιο γρήγορα στην εκκριτική φάση (CUNNINGHAM, 1971), έχουν υψηλότερη θερμοκρασία δέρματος σ' αυτή. (KENSALO, 1966).

Το αυξημένο λίπος στις γυναίκες δημιουργεί απομόνωση κατά τη βύθιση στο νερό (GRAHAM, 1988), αλλά η μεγαλύτερη εξωτερική επιφάνεια στην

αναλογία της μάζας και η χαμηλότερη μάζα για την παραγωγή θερμότητας βοηθά στη γρηγορότερη ψύξη κατά τη βύθιση στο νερό, από τους άνδρες.

Ο Hardy (HARDY, 1940, /, DUBOIS, 1940) παρουσίασε παρόμοια κεντρική θερμοκρασία ( $T_c$ ) σε άνδρες και γυναίκες κατά την έκθεση στο κρύο κατά την ξεκούραση, ενώ ο Cunningham (1985), Wagner και Harvath (1985) παρουσίασαν υψηλότερες στις γυναίκες.

#### 4.2.2 Άσκηση στη ζέστη

Ο Haslag και Hertzman (1965), παρουσίασαν ότι η έναρξη του θερμορρυθμιστικού ιδρώτα, ενώ ολόκληρο το σώμα ήταν σε έκθεση στη ζέστη, έγινε σε μια νέα υψηλότερη κεντρική θερμοκρασία στις γυναίκες κατά την εκκριτική φάση σε σχέση με την υπερπλαστική φάση. (HASLAG and HERTZMAN, 1965).

Η επίδραση της έμμηνης ρύσης στην αποτελεσματική λειτουργία, ερευνήθηκε κατά την ξεκούραση και άσκηση από 12 εργαστήρια (NUNNELEY, 1978 / KOLKA, 1989). Ο Stephenson παρουσίασε υψηλότερη κεντρική θερμοκρασία για την έναρξη του ιδρώτα και της δερματικής αγγειοδιαστολής κατά την άσκηση σε ζεστό περιβάλλον για γυναίκες στην εκκριτική φάση, σε σχέση με την υπερπλαστική φάση. Σύμφωνα με τον Nunneley (NUNNELEY, 1978) οι γυναίκες κατά την έκθεση στη ζέστη είχαν υψηλότερη  $T_c$ , καρδιακό ρυθμό, χαμηλότερη επίδρωση και μετέπειτα έναρξη επίδρωσης από τους άνδρες.

Έρευνες που έγιναν για να δείξουν τις ανταποκρίσεις ανδρών και γυναικών στη θερμική ένταση, λαμβάνοντας υπόψη ατομικά χαρακτηριστικά, όπως βάρος, μέγιστη αερόβια δύναμη, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι άνδρες είχαν υψηλότερους ρυθμούς ιδρώτα από τις γυναίκες σε ελαφριά ένταση σε ζεστό, ξηρό περιβάλλον. Διαφορετικά οι ανταποκρίσεις των ανδρών και γυναικών ήταν ίδιες σε ελαφριά άσκηση σε θερμό περιβάλλον.

Γενικά κατά τη διάρκεια ελαφριάς άσκησης σε ξηρή ζέστη, οι γυναίκες ιδρώνουν λιγότερο και έχουν υψηλότερους καρδιακούς ρυθμούς και κεντρικές θερμοκρασίες από τους άνδρες. Αν οι γυναίκες ασκούνται στην ίδια



αναλογία της μέγιστης αερόβιας δύναμης, αυτές οι διαφορές ελαττώνονται, ειδικά σε ελαφριά άσκηση. Τέλος οι εμμηνοπαυσιακές γυναίκες έχουν τις ίδιες θερμορρυθμιστικές ανταποκρίσεις σε 2 ώρες θερμικής έκθεσης, όπως έχουν και οι νεότερες γυναίκες (BALKE, 1960). Ο χρόνος, η  $T_c$  που παρουσιάστηκε, ο ιδρώτας, η αποθήκευση θερμότητας, η  $Sk$  B.F. και η απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης και οι αλλαγές  $V$  πλάσματος δεν ήταν διαφορετικές ανάμεσά τους.

### 4.3 Άσκηση σε υψόμετρο

Γενικά οι παράγοντες που επιδρούν στην επίδοση ενός αθλητή που αγωνίζεται σε μεγάλο υψόμετρο, είναι:

- α) Μείωση της θερμοκρασίας: η ελάττωση που επιτυγχάνεται είναι  $2^\circ C$ , για κάθε 300 m αύξησης του ύψους.
- β) Ελάττωση της αντίστασης του αέρα: αυτό είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό σε αθλήματα στίβου, όπως: i) δρόμος μικρών και μεσαίων αποστάσεων.
- γ) Μείωση της βαρύτητας: παρουσιάστηκε ότι η πτώση ενός σώματος λόγω βαρύτητας, μειώνεται κατά  $0,3 \text{ cm/sec}^{-1}$  για κάθε 1.000 m ύψος.
- δ) Ελάττωση της μερικής πίεσης του  $O_2$  ( $PO_2$ ). Συγκεκριμένα ενώ στην επιφάνεια της θάλασσας είναι περίπου 159 mm Hg, στα 3.000 m η  $PO_2$  είναι 110 mm Hg. Συνεπάγεται ότι στην πρώτη περίπτωση ο κορεσμός του αρτηριακού αίματος από  $O_2$  είναι 97%, ενώ στη δεύτερη περίπτωση είναι 90%.

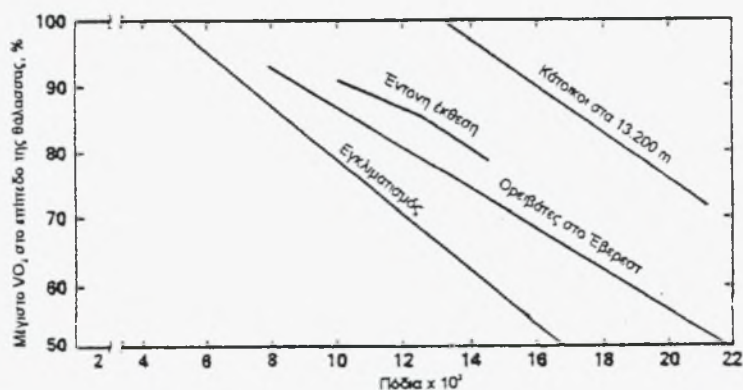
#### 4.3.1 Εγκλιματισμός

Διάφορα πειράματα έχουν δείξει ότι χωρίς επιπρόσθετο  $O_2$ , το μέσο άτομο μπορεί να μείνει έχοντας τις αισθήσεις του για περίπου 30' στα 18.000 πόδια, αλλά για 1 λεπτό ή λιγότερο στα 30.000 πόδια. Η άσκηση θα μειώσει προφανώς αυτούς τους χρόνους.

Από την άλλη η ικανότητα του ανθρώπου να προσαρμοστεί σε υψηλότερα περιβάλλοντα είναι φαινομενική. Έχει παρουσιαστεί ότι ένα μέλος της "British Mt Everest" αποστολής, έφθασε στα 28.126 πόδια χωρίς  $O_2$ . Κάτω από τα

3.000 πόδια δεν απαιτείται εγκλιματισμός, ενώ το πρόβλημα είναι πάνω από 8.000 πόδια και η περιοχή προσοχής για τη φυσική εκπαίδευση είναι ανάμεσα στα 5.000-10.000 πόδια. Ο Q.B. Dill (1968) παρουσίασε τις εξής φάσεις του εγκλιματισμού. (BALKE, 1960).

- 1) Η έντονη φάση: στα πρώτα 30' έκθεσης σε υψόμετρο, η απώλεια max κατανάλωσης  $O_2$  σε επιδόσεις που εξαρτώνται από την αερόβια δύναμη είναι μικρότερη του 10%.
- 2) Η δεύτερη φάση: μειώσεις μπορεί να γίνουν από 20%-30%.
- 3) Η τρίτη φάση: προσαρμογή στις μειώσεις της φάσης 2, απαιτούν μερικές εβδομάδες.
- 4) Η τέταρτη φάση: η προσαρμογή εξαρτάται από την αύξηση στον V του αίματος των ερυθρών κυττάρων, που φτάνει στο max σε περίπου 1 χρόνο. Είναι δυνατό να επιτευχθεί η επίδοση στο επίπεδο της θάλασσας σε ύψος 13.200 πόδια. Πάνω από 17.500 πόδια υπάρχει περιορισμός. Αυτό αντιπροσωπεύει μια παράσταση (βλέπε σχήμα 23) που ποικίλει από άτομο σε άτομο (DE BRIES HERBERT, 1986).



Σχήμα 23: Μείωση στη χωρητικότητα προμήθειας  $O_2$  στους ιστούς  $VO_{2max}$  στα τέσσερα στάδια εγκλιματισμού (DILL, 1968)

Ο εγκλιματισμός σε ένα επίπεδο δεν εξασφαλίζει μόνο μερική προσαρμογή σε υψηλότερο επίπεδο. Περίπου 2 εβδομάδες απαιτούνται για ύψος μέχρι 2.300 m. (MARESCH et al, 1983).

Για τους αθλητές που θέλουν να ανταγωνιστούν στο υψόμετρο η έντονη προπόνηση πρέπει να αρχίσει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα κατά την περίο-

δο του εγκλιματισμού. Αυτό θα ελαχιστοποιήσει οποιοσδήποτε μετά της προπόνησης επιδράσεις, επειδή είναι δύσκολο να εμπλακούν σε σκληρή (WIEKINS, 1993) προπόνηση στις πρώτες μέρες της διανομής κάποιου σε υψόμετρο. Τα πλεονεκτήματα του εγκλιματισμού χάνονται μέσα σε 2-3 εβδομάδες, αφότου επιστρέψουμε στο επίπεδο της θάλασσας.

#### 4.3.2 Μεταβολές των διαφόρων συστημάτων κατά τη διαμονή και την άσκηση σε μεγάλο υψόμετρο

- i) Εμφάνιση υπεραερισμού για την αντιμετώπιση υποξαιμίας. Με τον υπεραερισμό μειώνεται η τιμή της μερικής πίεσης του CO<sub>2</sub> με αποτέλεσμα την εμφάνιση μεταβολικής αλκάλωσης.
- ii) Αύξηση καρδιακής συχνότητας και της καρδιακής παροχής κατά την ηρεμία και σε υπομέγιστη άσκηση, σε τιμές μεγαλύτερες από 50% των τιμών στη θάλασσα. Παρουσιάζεται όμως μείωση του V παλμού.

Ο πίνακας 3 δείχνει την καρδιοαναπνευστική και μεταβολική ανταπόκριση κατά τη διάρκεια υπομέγιστης και μέγιστης άσκησης στο επίπεδο της θάλασσας και σε υψόμετρο 4.000 m (13.115 FT) σε έξι νέους άνδρες. (STENBERG, 1966)

Πίνακας 3

επίπεδο άσκησης	VO <sub>2</sub> (l·min <sup>-1</sup> )		V <sub>e</sub> (l·min <sup>-1</sup> BTPS)		Αρτηριακή (1%)	
υψόμετρο m	0	4000	0	4000	0	4000
600kg·m min <sup>-1</sup>	1,50	1,56	39,6	53,7	96	71
900kg·m min <sup>-1</sup>	2,17	2,23	59,0	93,7	95	69
μέγιστο	3,46	2,50	123,5	118,0	94	70

επίπεδο άσκησης	Q (l·min <sup>-1</sup> )		HR(b·min <sup>-1</sup> )		SV(ml)		a-VO <sub>2</sub> DIFT (ml D <sub>2</sub> - 100ml <sup>-1</sup> )	
υψόμετρο m	0	4000	0	4000	0	4000	0	4000
600kg·m min <sup>-1</sup>	13.0	16.7	115	122	122	113	10.8	9,4
900kg·m min <sup>-1</sup>	19.2	21.6	154	125	125	123	11.4	10,4
maximum	23.7	23.2	186	127	127	126	14.6	10,8

Οι προσαρμογές που ακολουθούν από την χρόνια διαμονή σε μεγάλο υψόμετρο είναι:

- α) διατήρηση υπεραερισμού.
- β) η ΚΣ παραμένει σε υψηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με την αντίστοιχη στην επιφάνεια της θάλασσας. Αντίθετα η μέγιστη καρδιακή συχνότητα η καρδιακή παροχή και ο όγκος παλμού, διατηρούνται στα ίδια με την επιφάνεια της θάλασσας επίπεδα.
- γ) Αύξηση του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης, καθώς και της συνολικής τιμής των ερυθρών αιμοσφαιρίων.
- δ) Αύξηση των τριχοειδών αγγείων στους σκελετικούς μύες.
- ε) Μετατόπιση προς τα δεξιά της καμπύλης κορεσμού αιμοσφαιρίνης οξυγόνου.
- στ) ελάττωση σωματικού βάρους.
- ζ) Παρά τον εγκλιματισμό σε μεγάλο υψόμετρο η μέγιστη αερόβια ικανότητα, διατηρείται σε χαμηλότερα της επιφάνειας της θάλασσας επίπεδα.
- η) Η πιο σημαντική βραχυπρόθεσμη προσαρμογή, είναι μια αύξηση στην ικανότητα του σώματος για μεταφορά  $O_2$ . Δύο παράγοντες είναι υπεύθυνοι:
  - ι) μια μείωση στον V πλάσματος που ακολουθείται
  - ii) ένας γρήγορος σχηματισμός των ερυθροκυττάρων και της οξυχεμογλοβίνης.

#### **4.3.3 Διαταραχές του οργανισμού σε μεγάλο υψόμετρο:**

- α) Οξείες διαταραχές: α) οξεία ορεσειπάθεια που οδηγεί σε ναυτία, έμετο, αδυναμία, αϋπνία, β) εγκεφαλικό οίδημα που εκδηλώνεται με πονοκέφαλο, με μυϊκή αδυναμία, κώμα και θάνατο, γ) πνευμονικό οίδημα, δ) οξεία νόσος των όρεων. Εμφανίζεται στους ορειβάτες κ.λπ. σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 2.500 m και τα συμπτώματα είναι ναυτία, έμετος, ληθαργική κατάσταση.
- β) Χρόνιες διαταραχές: α) χρόνια νόσος των όρεων. Εμφανίζεται μετά από διαμονή λίγων μηνών σε μεγάλο υψόμετρο άνω των 3.000 m. (ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ, ΠΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗΣ, 1998).

### Απώλεια νερού

Επειδή ο αέρας είναι κρύος και ξηρός μεγάλο ποσοστό νερού μπορεί να χαθεί μέσω εξάτμισης, όταν ο αέρας θερμαίνεται. Αυτή η απώλεια οδηγεί σε μέτρια αφυδάτωση και με συνοδευόμενα συμπτώματα ξηρότητας στα χείλη, στο στόμα και στον λαιμό. Αυτό είναι αληθές για τα δραστήρια άτομα για τα οποία η συνολική απώλεια ιδρώτα και ο πνευμονικός αερισμός είναι μεγάλος. Για αυτά τα άτομα πρέπει να υπάρξει συνεχής έλεγχος της σωματικής μάζας.

### Αλλαγές στη μάζα του σώματος και στην σύνθεση

Διάφορες έρευνες έδειξαν ότι η καθημερινή πρόσληψη θερμίδων μειώθηκε κατά 43%, κατά τη διάρκεια έκθεσης. Αυτό αντιπροσώπευσε μια απώλεια 7,4 Kg μυϊκής μάζας.

### Μπορεί η προπόνηση να διατηρηθεί στο υψόμετρο;

Η έκθεση σε υψόμετρο των 2.300 m κάνει αδύνατο για τους αθλητές να προπονούνται με την ίδια ένταση με εκείνο που επιτυγχάνεται στο επίπεδο της θάλασσας. Ο πίνακας 4 δείχνει αυτή τη μείωση στην ένταση προπόνησης σε σχέση με το επίπεδο θάλασσας για έξι αθλητές.

<u>Υψόμετρο</u>				
	(m)			
ένταση εργασίας	300	2300	3100	4000
% max VO <sub>2</sub> σε 200m	78	60	56	39

Πίνακας 4: (KOLLIAS and BURSKIRK, 1974)



Είναι η προπόνηση στο υψόμετρο πιο αποτελεσματική από ότι στο επίπεδο της θάλασσας

Εξι δρομείς υψηλά προπονημένα ακολούθησαν προπονητικό πρόγραμμα στο επίπεδο της θάλασσας για 3 εβδομάδες στο 75% του  $VO_2$  του επιπέδου της θάλασσας, ενώ η άλλη ομάδα, προπονήθηκε στα 2.300 m. Οπως φάνηκε η max  $VO_2$  για τις δύο ομάδες στο υψόμετρο μειώθηκε περίπου 17,4%. Αυτή βελτιώθηκε ελάχιστα μετά από 20 ημ. Όταν οι δρομείς μετρήθηκαν στο επίπεδο της θάλασσας η αεροβική ικανότητα ήταν 2,8% κάτω από τις τιμές που παρατηρήθηκαν στο επίπεδο της θάλασσας.

## ΠΕΜΠΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 5.1 Υγρά του σώματος

Υδρική ισορροπία προϋπόθεση σωστής λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού

Ο μυϊκός ιστός αποτελείται κατά 80% από νερό, 19,6% από πρωτεΐνες και 0,4% από ανόργανα άλατα και άλλα στοιχεία. Αντιθέτως το λίπος αποτελείται μόνο κατά 10% από νερό. Στους αθλητές οι οποίοι έχουν λιγότερο λίπος και μεγαλύτερες μυϊκές μάζες, το νερό αντιπροσωπεύει ένα μεγαλύτερο ποσοστό του σωματικού βάρους, που ανέρχεται στο 70-75% του ολικού σωματικού βάρους, ενώ στις αθλήτριες ανέρχεται στο 60-65%. Το νερό χωρίζεται: α) στο ενδοκυτταρικό και αποτελεί το 55% του ολικού νερού του σώματος, ενώ στον αθλητή αποτελεί το 60%, β) στο εξωκυτταρικό.

Η σωστή επανυδάτωση μετά από την απώλεια υγρών πραγματοποιείται με συνεχή και συνειδητή προσπάθεια κατανάλωσης υγρών, η οποία δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την αίσθηση της δίψας και είναι περιορισμένη μετά από την έντονη μυϊκή προσπάθεια (GREENLEAF, 1965).

#### 5.1.1 Απώλεια νερού

Τα λογικά μεγέθη για την απώλεια νερού είναι τα ακόλουθα: από τη γαστροεντερική οδό 200 ml· από την αναπνευστική οδό 400 ml· από το δέρμα 500 ml· από τα νεφρά 1500 ml = 2600 ml (συνολικά). Αυτή η απώλεια ισορροπείται από λήψη νερού, κατά ακόλουθο τρόπο: ως υγρά 1300 ml· ως νερό στην τροφή 1000 ml· ως νερό που απελευθερώνεται κατά την οξείδωση των κυττάρων 300 ml = 2600 ml (σύνολο). Πάντως η απώλεια νερού μπορεί να αυξηθεί σημαντικά όταν το υποκείμενο ασκείται ή εκτίθεται σε

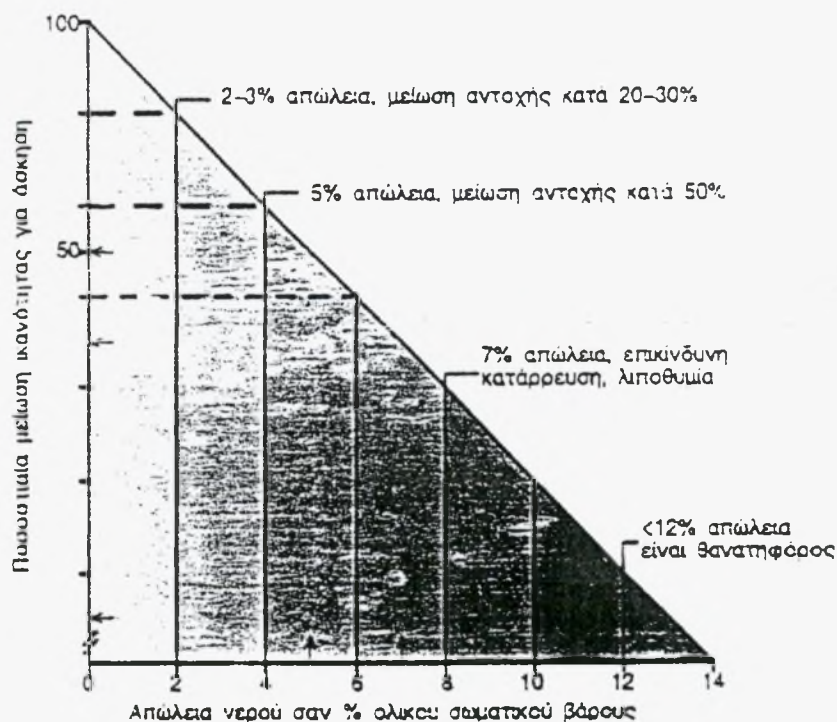
ένα πολύ ζεστό περιβάλλον. Η συμμετοχή σε μια ήπιας έντασης αθλητική δραστηριότητα προξενεί πρόσθετες απώλειες υγρών που κυμαίνονται από 500-700 χιλιοστόλιτρα νερού την ώρα και αντιπροσωπεύει το 1% του Σ.Β.

Η απώλεια νερού μέσω της αναπνευστικής οδού ποικίλει με τον πνευμονικό αερισμό (η ξηρότητα και η θερμοκρασία του εισπνεόμενου αέρα ασκεί επιρροή. Η υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί στην αφυδάτωση καθώς και η υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία).

Ο αερισμός ποικίλει μέσα σε ένα ευρύ πεδίο άμεσα με την παραγωγή CO<sub>2</sub> και αυτή η παραγωγή είναι ανάλογη με το μεταβολικό ρυθμό. Γι' αυτόν το λόγο ο όγκος το νερού από την οξείδωση ανάλογα με το μεταβολικό ρυθμό είναι ίσος από σύμπτωση με την βραδεία απώλεια νερού μέσω της αναπνευστικής οδού. Κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης το γλυκογόνο είναι η πηγή ενέργειας που προτιμάται. Περίπου 2,7 gr νερού αποθηκεύονται με κάθε gr γλυκογόνου και αυτό το νερό απελευθερώνεται καθώς το γλυκογόνο καταναλώνεται. Εάν κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης 5Μζ μεταβολίζονται συνολικά το 80% ή τα 4Μζ μπορεί να προέρχονται από το γλυκογόνο. Ο όγκος νερού που απελευθερώνεται θα κλείσει στα 800 ml. Υποθέτοντας ότι η μηχανική επάρκεια είναι γύρω στο 25%, 38 Μζ (900 Kcal) από τα 5 Μζ θα ξοδευτούν ως θερμότητα, εάν η θερμοκρασία μέσω εξάτμισης απαιτεί την εξάτμιση περίπου 1500 ml νερού, για να εξουδετερώσει τα 38 Μζ. Κάτω από αυτές τις συνθήκες ο μισός από τον αναγκαίο όγκο νερού πρέπει να παρθεί από τις "αποθήκες του σώματος", γιατί το υπόλοιπο νερό απελευθερώνεται στη διαδικασία παραγωγής της θερμότητας. Θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο ότι μπορεί να εκκριθεί περισσότερος ιδρώτας από αυτόν που εξατμίζεται από το δέρμα. Απ' την άλλη η ακτινοβόλος και μεταγωγική ανταλλαγή θερμότητας μπορεί να μειώσουν την απαίτηση για απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης. Όταν οι αποθήκες γλυκογόνου αποκαθίστανται ξανά, το παραπάνω νερό σίγουρα χρειάζεται.

Οι καλύτεροι δρομείς του μαραθωνίου συχνά αντιμετωπίζουν το γεγονός απώλειας υγρών της τάξης των 5 lt, κατά τη διάρκεια συναγωνισμού (HELLON, 1956). Γι' αυτούς τους αθλητές η απώλεια αυτή αντιπροσωπεύει το

6-10% της μάζας του σώματός τους. Για έναν πιο αργό μαραθώνιο ή τον υπερμαραθώνιο η μέση απώλεια υγρών σχεδόν σπάνια υπερβαίνει τα 500 ml/h (HARRISON, 1975).



Σχήμα 24

Στο σχήμα (24) παρουσιάζεται ότι όταν η απώλεια ανέρχεται στο 2% του Σ.Β., οδηγεί στη μείωση της αντοχής, ενώ το 5% οδηγεί στη μείωση απόδοσης του αθλητή κατά 50% (PONTOΓΙΑΝΝΗΣ, 1998).

Εκτός από το τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων, οι παίκτες του ποδοσφαίρου, του μπάσκετ και του χόκεϊ μπορούν να χάσουν εξίσου μεγάλες ποσότητες υγρών. Έχει αναφερθεί ότι οι αθλητές πάλης χάνουν το 9-13% της μάζας του σώματός τους· το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της απώλειας προέρχεται από την εθελοντική μείωση της λήψης νερού και την υπερβολική παραγωγή ιδρώτα πριν το ζύγισμα. Με την επιθυμία να "φτιάξουν το βάρος τους" οι αθλητές της πάλης συναγωνίζονται σε κατάσταση αφυδάτωσης. Σύμφωνα με τον Burke M. and Hawley J. (1997), ο ρυθμός ιδρώτα ήταν 1,5-0,9 L για άνδρες και γυναίκες στον αγώνα. Οι άνδρες κατανάλωσαν 1,0 L/h, ενώ οι

γυναίκες 0,6 L/h με μερικούς παίκτες ικανούς να ανεχθούν ποσότητες μέχρι 1,5 L/h. Οι απώλειες υγρών ήταν γενικά <12%.

Γενικά στα ομαδικά αθλήματα που χαρακτηρίζονται από υψηλή ένταση άσκησης, αλλά και από τη συνεισφορά της δεξιότητας και της σημασίας της πνευματικής λειτουργίας, η υποενυδάτωση έχει πολύ μεγάλη σημασία, ενώ η αφυδάτωση >2% επιδρά στην πνευματική λειτουργία των αθλητών. Σύμφωνα με έρευνα βρέθηκε ότι δεν υπάρχει επίδραση υδατανθράκων και νερού στην υδρική ισορροπία κατά την άσκηση και δεν επηρεάζει την απόδοση ή τις επιδεξιότητες των αθλητών. Συνεπώς δεν είναι απαραίτητη η λήψη ηλεκτρολυτών. Σύμφωνα με μια σειρά οδηγιών των Barke M. - Hawley J. (1997), για την επαρκή ενυδάτωση στα ομαδικά αθλήματα:

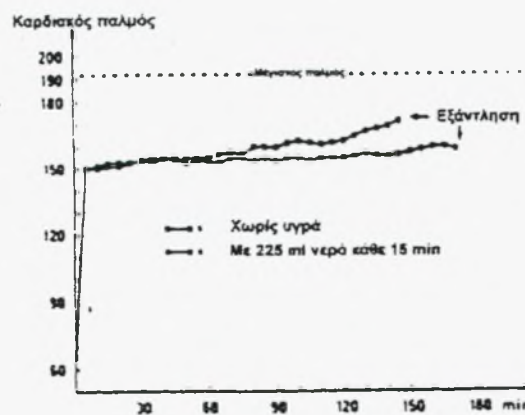
i) οι αθλητές πρέπει να γνωρίζουν το μέσο όρο ατομικής απώλειας μέσω μέτρησης του βάρους. ii) πρέπει να υπάρχουν ευκαιρίες για κατανάλωση υγρών. iii) κατά τη διάρκεια των αγώνων, πρέπει να υπάρχουν διαλείμματα κάθε 10'-5', ώστε να μπορούν να αντικαταστήσουν τις απώλειες ιδρώτα μέχρι 80%. iv) ποτά, αναψυκτικά υδατανθράκων προσφέρουν το πλεονέκτημα της προμήθευσης καυσίμων σε περίπτωση που τα αποθέματα γλυκόζης των μυών στο συκώτι εξαντληθούν. v) υπάρχουν κανόνες στα παιχνίδια που περιορίζουν τη λήψη υγρών, αφού οριοθετούν τα διαλείμματα σε χρονική διάρκεια 30' μεταξύ τους. Επειδή αυτή η περίοδος είναι ανεπαρκής, είναι προτιμότερο να εισαχθούν νέοι κανόνες που μειώνουν το διάστημα αυτών των διαλειμμάτων ή να γίνουν τυπικά διαλείμματα για την πόση νερού. Πρέπει να διατηρούνται υγρά που οι παίκτες μπορούν να παίρνουν π.χ. μπουκάλια νερού πίσω από το τέρμα, για αθλητές ποδοσφαίρου.

Έχει βγει το συμπέρασμα ότι υψηλοί ρυθμοί εφίδρωσης με υπερβολική απώλεια υγρών σώματος μπορούν να προκαλέσουν ένα έλλειμμα στο νερό του σώματος (υποενυδάτωση ή αφυδάτωση). Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος έχει προτεραιότητα έναντι της ρύθμισης του νερού του σώματος. Για το λόγο αυτόν η υποενυδάτωση μπορεί να προχωρήσει πολύ και να αποτελέσει μεγάλη απειλή για τη ζωή, εάν το περιβάλλον είναι πολύ ζεστό και το νερό δεν είναι διαθέσιμο.



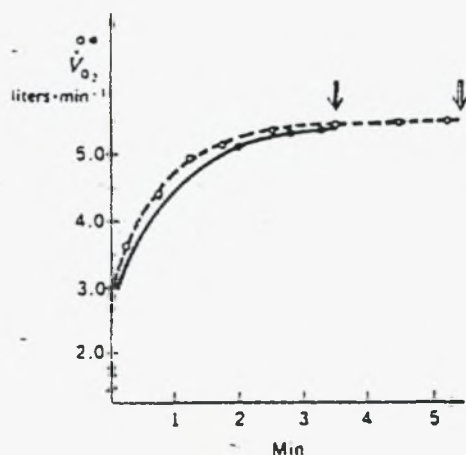
Η παρατεταμένη έκθεση στη ζέστη και η άσκηση προκαλεί υποενυδάτωση, ενώ η μείωση στον όγκο του πλάσματος έχει επίσης παρατηρηθεί. Οι Costill και Fink ανέφεραν μείωση της τάξης του 16-18% στον όγκο του πλάσματος, σε μια υποενυδάτωση, ισοδύναμη με 4% μείωση του βάρους του σώματος.

Υπάρχει μια συρρίκνωση των ερυθρών κυττάρων κατά την υποενυδάτωση και γι' αυτό οι αλλαγές στον αιματοκρίτη δεν είναι αξιόπιστο μέτρο των αλλαγών στον όγκο του πλάσματος (COSTILL / FINK, 1974). Κατά την άσκηση και την έκθεση σε θερμικό στρες, υπάρχει μια κίνηση των πρωτεϊνών από τους διάμεσους χώρους ειδικά στους σκελετικούς μύες. Η αύξηση της συγκέντρωσης πρωτεϊνών στο πλάσμα, θα αυξήσει την οσμωτική πίεση στο πλάσμα βοηθώντας έτσι τη διατήρηση του όγκου του αίματος μειώνοντας την απώλεια νερού και επαυξάνοντας το κέρδος του νερού (SENAV, 1972). Οπως προτάθηκε από τον Senay, ο εγκλιματισμός στη ζέστη μπορεί να αυξήσει την ικανότητα μετακίνησης των πρωτεϊνών και των υγρών από το διάμεσο προς τον ενδοαγγειακό όγκο, ο οποίος μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα του καρδιαγγειακού συστήματος (Η επίδραση της άσκησης και της θερμικής έντασης στην ανατοποθέτηση των πρωτεϊνών δημιουργεί μεθοδολογικά προβλήματα, όταν ο όγκος του πλάσματος εκτιμάται από τις συγκεντρώσεις πρωτεϊνών στο πλάσμα.). Ασχετα με τα αίτια της εφίδρωσης, η υποενυδάτωση σχετίζεται με μια μείωση στον παλμικό όγκο κατά την άσκηση (βλέπε σχήμα 25).



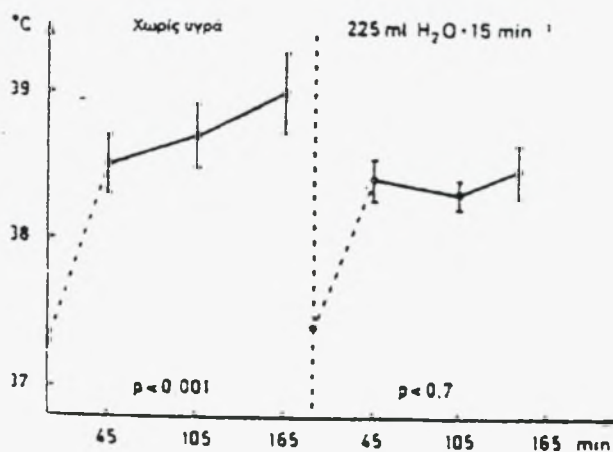
Σχήμα 25.: Μέσοι καρδιακοί ρυθμοί σε αντικείμενα που τρέχουν στο 70% της max πρόσληψης μέχρι την εξάντληση, με και χωρίς υγρά (SALTIN, 1964)

Πάντως η λήψη  $O_2$ , η καρδιακή απόδοση και ο παλμικός όγκος δεν τροποποιούνται από μια απώλεια ιδρώτα της τάξης του 5% βάρους του σώματος. Πάντως η αντοχή, δηλαδή ο χρόνος που ένας καθιερωμένος μέγιστος φόρτος άσκησης μπορεί να ανεχθεί, μειώνεται μετά από την αφυδάτωση (βλέπε σχήμα 26).



Σχ. 26.: Πρόσληψη  $O_2$  ( $lit \cdot min^{-1}$ ) σε ένα επίπεδο άσκησης που θα μπορούσε να ανεχθεί για 5 1/2 λεπτά, κατά τη διάρκεια φυσιολογικών συνθηκών, αλλά μόνο για 3/2 λεπτά μετά την υποενυδάτωση. Τα βέλη δείχνουν τον max χρόνο άσκησης (SALTIN, 1964).

Εχει βρεθεί επίσης ότι οι πρωκτικές θερμοκρασίες είναι σημαντικά υψηλότερες στο αφυδατωμένο αντικείμενο (βλέπε σχήμα 27) και η αύξηση σχετίζεται με την υφιστάμενη απώλεια βάρους. (GISOLFI and COPPING, 1974).



Σχήμα 27: Μέση πρωκτική θερμοκρασία σε αντικείμενα που τρέχουν στο 70%  $VO_2$  με και χωρίς υγρά.

Όταν δεν προστέθηκαν υγρά, η πρωκτική θερμοκρασία αυξήθηκε από το 45' μέχρι το 165'.

Η υπερβολική αύξηση στη θερμοκρασία του πυρήνα με την υποενυδάτωση οφείλεται πιθανώς και σε ανεπαρκή εφίδρωση. (GREENLEAF and CASTLE, 1971).

Η εξήγηση για τη βαθμιαία μείωση στη σωματική απόδοση καθώς αναπτύσσεται η υποενυδάτωση, δεν είναι διαθέσιμη προς το παρόν. Προφανώς δεν μπορεί να είναι πρωταρχικά μια τροποποίηση στην παραγωγή αεροβικής ενέργειας, επειδή η μέγιστη αεροβική δύναμη δεν ζημιώθηκε στα πειράματα του Saltin παρά τη σαφή υποενυδάτωση. Η εξήγηση θα μπορούσε να ζητηθεί στο κυτταρικό επίπεδο όπου μπορούν να συμβούν αλλαγές κατά την υποενυδάτωση. (BOSCO/TERJANO and GREENLEAF, 1968). Σε κάθε περίπτωση μια μειωμένη περιεκτικότητα νερού μέσα στο μυϊκό κύτταρο και μια διαταραγμένη ηλεκτρολυτική ισορροπία μπορούν να επηρεάσουν την ικανότητα του μυϊκού κυττάρου να συστέλλεται και την επιδεκτικότητά του στους μεταβολίτες. Η μείωση στην εργασιακή απόδοση φαίνεται εάν ένα έλλειμμα νερού προκαλείται από παρατεταμένη έντονη άσκηση, απ' ό,τι μετά από έκθεση σε ένα πολύ ζεστό περιβάλλον χωρίς να περιλαμβάνεται κίνηση.

Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης και σωματικά έντονης προπόνησης ή κατά τη διάρκεια συμμετοχής σε συγκεκριμένα ανταγωνιστικά αθλήματα, ο ρυθμός εφίδρωσης μπορεί να είναι πολύ υψηλός. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι  $2 \text{ lt/hr}^{-1}$ . Μια κατάλληλη ισορροπία νερού παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ιδανικής απόδοσης. Είναι ατυχές ότι σε συγκεκριμένα γεγονότα, όπως ο μαραθώνιος ή το βάδην, οι καθιερωμένοι κανόνες μπορεί να περιορίσουν τη διαθέσιμη παροχή υγρών στους δρομείς. Παρομοίως η μέθοδος ζυγίσματος των αθλητών της πάλης 2 ώρες πριν την έναρξη του αγώνα, μπορεί να επιτρέψει σε αυτούς που έχουν αφυδατωθεί προκειμένου να έχουν τα προσόντα να μπουν σε μικρότερη κατηγορία. Τα υποκείμενα που είναι καλά προπονημένα επηρεάζονται λιγότερο από μια υποενυδάτωση (BURSKIRK/CAMPIETRO, and BASS, 1958). Ο εγκλιματισμός στη ζέστη δεν φαίνεται να προστατεύει από τη μειωτική επίδραση μιας υποενυδάτωσης.

Η πιο απλή μέθοδος καθορισμού για το αν η λήψη υγρών είναι επαρκής,

είναι το ζύγισμα. Μια μείωση 1-2% αντιπροσωπεύει μια μείωση στη σωματική απόδοση.

Θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο ότι ο βαθμός της υποενυδάτωσης του σώματος υπερεκτιμάται από μετρήσεις του βάρους του σώματος, όταν μεγάλες ποσότητες γλυκογόνου έχουν μεταβολιστεί, οι οποίες θα παραδώσουν ένα "πλεόνασμα νερού". Η απώλεια νερού κατά τη διάρκεια παρατεταμένης έκθεσης στη ζέστη, θα πρέπει να αναπληρωθεί με την πόση 100-150 ml νερού, μερικές φορές ανά ώρα. Η θερμοκρασία του νερού θα πρέπει να είναι περίπου 15° C. Στην περίπτωση έκθεσης στη ζέστη που διαρκεί για μερικές εβδομάδες, συνίσταται η παροχή ταμπλέτων αλάτων 5-15 gr/ημέρα, ανάλογα με τη δίαιτα, το κλίμα και το βαθμό σωματικής δραστηριότητας. Υπερβολική απώλεια υγρών μπορεί να συμβεί και σε ψυχρά περιβάλλοντα. Έχει παρουσιαστεί ότι η προκαλούμενη από το κρύο διούρηση, μπορεί να επιμείνει για μερικές ημέρες και μπορεί να οδηγήσει σε ένα σημαντικό έλλειμμα νερού, συνοδευόμενη από μείωση στον όγκο του αίματος. Η προκαλούμενη από το κρύο αύξηση στην οσμωτική έκκριση μπορεί να οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στην αύξηση της έκκρισης νατρίου, χλωριδίου και ασβεστίου.

### **Χρήση διουρητικών**

Ενα μεγαλύτερο ποσοστό νερού, προέρχεται από το πλάσμα, αν το νερό του σώματος χαθεί ως αποτέλεσμα αφυδάτωσης προκαλούμενο από διουρητικά. Η κατάχρηση ουσιών για χάσιμο βάρους, οδηγεί στην υπερβολική απώλεια καλίου, με συνοδευόμενη μικρή αδυναμία. Η χρήση τέτοιων φαρμάκων θα μπορούσε να δώσει την ανταγωνιστική "άκρη" στον αντίπαλο. Επιπρόσθετα τα φάρμακα που έχουν διουρητικό αποτέλεσμα μπορούν να προκαλέσουν μια βαθμιαία χειροτέρευση στην νευρομυϊκή λειτουργία η οποία δεν παρατηρείται όταν η συγκρινόμενη απώλεια υγρών, προκαλείται από την άσκηση. (CALDWELL, 1989).

### **5.1.2 Δίψα**

Μακροπρόθεσμα η λήψη νερού πρέπει να ισορροπεί με την απώλεια νερού από ορισμένους δρόμους που αναφέρονται. Ο υποθάλαμος και άλλες

παρακείμενες περιοχές παίζουν τον ουσιαστικό ρόλο στον μηχανισμό της δίψας. (BURKE and HAWLEY, 1997). Υπάρχουν μερικά είδη οσμο-υποδοχέων, που αλληλεπιδρούν σε μια αύξηση της οσμωτικότητας του ενδοκυττάριου υγρού. Κάθε αλλαγή στο εσωτερικό περιβάλλον που οδηγεί σε κυτταρική υποενυδάτωση (αφυδάτωση), θα προκαλέσει δίψα. Μια δεύτερη επίδραση της ανόδου της οσμωτικότητας του σωματικού υγρού, είναι μια αυξημένη έκκριση αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH), από την νευροϋπόφυση, μια επίδραση που μεσιτεύεται από το ίδιο κέντρο. (VERNEY, 1947). Τα νεφρά πρέπει να εκκρίνουν ένα ελάχιστο ποσό νερού σαν ένα μέσο για την εξουδετέρωση των στερεών. Όταν το νερό είναι σε πλεόνασμα στο σώμα, μικρή ποσότητα ή καθόλου ADH φέρεται στα νεφρά και εκκρίνεται περισσότερο νερό. Ένα έλλειμμα νερού, θα διεγείρει την έκκριση της ADH, προκαλώντας αυξημένη επαναρρόφηση του νερού αυξάνοντας την διαπερατότητά του, από τα τοιχώματα των αγωγών συγκέντρωσης στα νεφρά. Είναι μια συνήθης παρατήρηση το ότι ο όγκος των ούρων μειώνεται όταν η εφίδρωση είναι άφθονη. Ο κορεσμός είναι ζήτημα συμπεριφοράς. Ο Noakes (1988) υποδεικνύει ότι ένα άτομο συνήθως περιμένει μέχρι τη λήψη φαγητού για να αναπληρώσει το τελευταίο μέρος μιας έλλειψης νερού. Η αίσθηση ξηρότητας στην στοματοφαρυγγική κοιλότητα μπορεί να διεγείρει την ορμή της δίψας, αλλά αυτό το αντανακλαστικό δεν είναι ουσιώδες για την ορμή της δίψας, αλλά ούτε για τη διατήρηση της κανονικής λήψης νερού. Όταν κάποιος πίνει, υπάρχει μια προσωρινή ανακούφιση της δίψας. Αυτή η αρνητική επανατροφοδότηση, λειτουργεί εν μέρει από το στοματοφαρυγγικό επίπεδο, αλλά επηρεάζεται επίσης και από το φούσκωμα του στομάχου. Η γρήγορη ανακούφιση της δίψας μετά από λήψη νερού, εξηγείται επίσης από την επαναφορά στα κανονικά επίπεδα της οσμωτικότητας του αίματος. Το νερό όχι μόνο φεύγει από την γαστρεντερική οδό, αλλά και τα άλατα διαχέονται προς την αντίθετη κατεύθυνση σύμφωνα με την κλίση συγκέντρωσης. Η περιεκτικότητα του ιδρώτα σε άλατα είναι λιγότερη από αυτή του αίματος και γι' αυτό το λόγο η απώλεια ιδρώτα προκαλεί μια αύξηση στη συγκέντρωση αλάτων στο αίμα. Η αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στα υγρά του σώματος, οδηγεί στην αίσθηση της δίψας και σε μειωμένο όγκο ούρων. Συγκεκριμένες μελέτες έχουν υποδείξει ότι η περιεκτικότητα αλάτων στον ιδρώτα μπορεί



να ελαττωθεί ως αποτέλεσμα του εγκλιματισμού στη ζέστη, ο οποίος θα οδηγούσε σε μια αυξημένη οσμωτικότητα και σε αυξημένη δίψα, σε μια συγκεκριμένη απώλεια ιδρώτα. (ROBINSON, 1963). Το άτομο που έχει εγκλιματιστεί είναι περισσότερο ικανό να διατηρήσει την ισορροπία των υγρών, απ' ό,τι ένα άτομο που δεν έχει εγκλιματιστεί. Εδώ ξανά η εμπειρία μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας, γιατί μια έλλειψη νερού θα επηρεάσει αρνητικά τη φυσική κατάσταση.

Είναι μια συνηθισμένη παρατήρηση ότι μια εκούσια λήψη νερού δεν καλύπτει απαραίτητα την απώλεια νερού που προκαλείται από υπερβολική εφίδρωση. (HARRISON et al, 1975). Ο κίνδυνος της εκούσιας υποενυδάτωσης είναι μεγαλύτερος για ένα άτομο που δεν έχει συνηθίσει τη ζέστη. Ο κίνδυνος είναι ακόμη μεγαλύτερος, όταν μια μεγάλη μερίδα του φαγητού αποτελείται από αποξηραμένα και αφυδατωμένα τρόφιμα, αφού ένας αξιοσημείωτος όγκος της καθημερινής λήψης νερού προέρχεται συνήθως από τα κανονικά γεύματα. Η κατάποση των αναψυκτικών που συμβάλλουν στην ενυδάτωση εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη γεύση. (ADOLPH 1947 / ARMSTRONG 1985/ BALZE 1983).

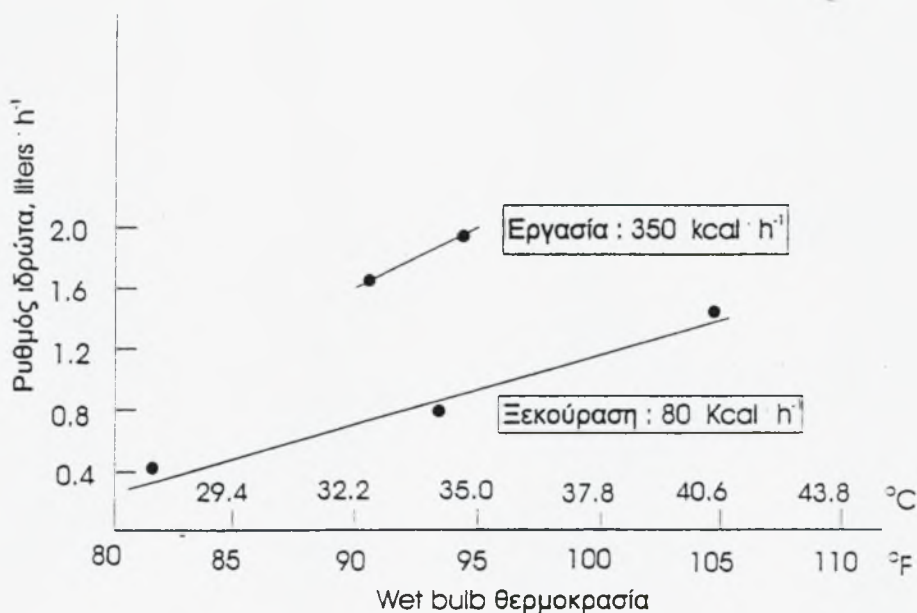
Μελέτες έχουν δείξει ότι η αυξημένη θερμοκρασία του νερού μειώνει την πρόσληψη (ARMSTRONG 1985/ HUBBORD 1984/ SZLYK 1989). Πότε όμως σταματάμε να πίνουμε; Οι μηχανισμοί που ενεργοποιούν τον κορεσμό της δίψας, βρίσκονται στην πεπτική οδό, όμως υποδοχείς που σηματοδοτούν την ενεργοποίηση συστημάτων κορεσμού στο στόμα και στο λαιμό έχουν πολύ μικρή σημασία. Αντίθετα σχετικά πειράματα ενοχοποιούν το δωδεκαδάχτυλο και το ήπαρ. Συγκεκριμένα αν ο πυλωρός κλειστεί, προκαλεί αύξηση της κατανάλωσης νερού σε σχέση με το φυσιολογικό. (CISUFFI, et al, 1990).

### 5.1.3 Σημαντικές συνέπειες

Καθώς η αφυδάτωση προοδεύει και ο όγκος του πλάσματος πέφτει, η παραγωγή ιδρώτα μειώνεται και η θερμορρύθμιση γίνεται προοδευτικά δύσκολη. Η αφυδάτωση πριν την άσκηση, που είναι ίση με το 5% της μάζας του σώματος, αυξάνει σημαντικά την πρωκτική θερμοκρασία και τον καρδιακό ρυθμό και μειώνει το ρυθμό παραγωγής ιδρώτα στους άνδρες και γυναίκες. Ο αυξανόμενος καρδιακός ρυθμός στην κατάσταση αφυδάτωσης,

οφείλεται στη μείωση του κεντρικού όγκου του αίματος, που οδηγεί σε χαμηλότερη πίεση των κοιλίων της καρδιάς και ένταση παλμών. Μια ανεβασμένη θερμοκρασία του πυρήνα σχετίζεται με μείωση και στην παραγωγή ιδρώτα και στη ροή του αίματος προς το δέρμα. (FORTNEY et al, 1981).

Η απώλεια υγρών είναι φανερή ιδίως κατά τη διάρκεια άσκησης σε ζεστές υγρές περιβαλλοντικές συνθήκες. Σ' αυτές τις συνθήκες, η αποτελεσματικότητα του "παγώματος" μέσω εξάτμισης, εμποδίζεται από την υψηλή ατμοσφαιρική πίεση του περιβάλλοντα αέρα. Όπως φαίνεται στο σχήμα 28, υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού παραγωγής ιδρώτα στην ξεκούραση και άσκηση καθώς και της περιεκτικότητας του αέρα σε υγρασία. Η υπερβολική παραγωγή ιδρώτα σε υψηλή εργασία, συμβάλλει πολύ λίγο στο "πάγωμα" επειδή η εξάτμιση του ιδρώτα δημιουργεί ένα εξαιρετικά υγρό μικροκλίμα που περιβάλλει ένα μεγάλο ποσοστό του σώματος. Τέτοιο ντύσιμο "βοηθά" την αφυδάτωση και την υπερθέρμανση.



Σχήμα 28: Η επίδραση της υγρασίας στο ρυθμό ιδρώτα στην ξεκούραση και στην άσκηση. Η περιβαλλοντική θερμοκρασία ήταν 43,3°C (THOMAS, 1971).

## 5.2 Αντικατάσταση νερού

Ο πρωταρχικός σκοπός είναι η διατήρηση του όγκου του πλάσματος, ώστε η κυκλοφορία και η παραγωγή ιδρώτα να μπορούν να προχωρούν στα ιδανικά επίπεδα. Στους διεθνείς αγώνες μαραθωνίου, πριν τους Ολυμπιακούς του 1976, η λήψη νερού απαγορευόταν τα 10 πρώτα χιλιόμετρα.

Περιοδικό πέρασμα του μετώπου και του υπογαστρίου με κρύες πετσέτες κατά τη διάρκεια της άσκησης, ή ένα κρύο ντουζ πριν την άσκηση στη ζέστη, έχουν προταθεί ως πρακτικές προσεγγίσεις για τη μείωση της θερμικής έντασης. Αυτές οι "θεραπίες" μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερο καρδιακό ρυθμό κατά την άσκηση, χαμηλότερη πρωκτική θερμοκρασία και μειωμένη απώλεια υγρών. Υποτίθεται ότι αυτές "οι κρύες θεραπείες" ψύχουν το αίμα στην περιφέρεια και ευνοούν την μεταφορά της θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος. Έχει φανεί ότι το ψέκασμα 50 ml νερού σε 30° C στο δέρμα κάθε 10 λεπτά κατά τη διάρκεια ενός 2ωρου αγώνα βάρδην δεν έχει κανένα θερμορρυθμιστικό όφελος, σε σύγκριση με την ίδια άσκηση χωρίς βρέξιμο δέρματος. Γενικά ένας καλά ενυδατωμένος αθλητής λειτουργεί σ' ένα υψηλότερο επίπεδο, από ότι ένας που ασκείται σε μια κατάσταση αφυδάτωσης.

### 5.2.1 Πρακτικές προτάσεις αντικατάστασης υγρών

Η λήψη έξτρα νερού ή υπερενυδάτωση πριν την άσκηση στη ζέστη παρέχει κάποια προστασία, επειδή καθυστερεί την ανάπτυξη της αφυδάτωσης, αυξάνει την παραγωγή ιδρώτα και προκαλεί μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα. Θα ήταν συνεπώς συνετό, να καταναλώσουμε 400-600 ml κρύο νερό, 10 με 20 λεπτά πριν την άσκηση στη ζέστη. Πάντως αυτή η διαδικασία δεν αντικαθιστά την ανάγκη για συνεχή αντικατάσταση υγρών και δεν είναι τόσο αποτελεσματική στη διατήρηση της θερμικής ισορροπίας όσο η κατανάλωση ίσης ποσότητας νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης. Σε δραστηριότητες όπως οι δρόμοι μεγάλων αποστάσεων το ισοφάρισμα της απώλειας υγρών με τη λήψη μπορεί να είναι αδύνατο, επειδή, μόνο 800 ml υγρών μπορούν να αδειάσουν από το στομάχι κάθε ώρα κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης. Αυτό είναι ανεπαρκές να ισοφαρίσει μια απώλεια νερού που μπορεί να είναι 2 lt/h. (GISOLFI, 1979).

### 5.2.2 Γαστρικό άδειασμα

Τα κρύα υγρά (5° C, 41° F) αδειάζονται από το στομάχι με γρηγορότερο ρυθμό από ότι τα υγρά που έχουν θερμοκρασία σώματος. (COSTILL, 1973). Ο όγκος των υγρών στο στομάχι είναι επίσης μεγάλης σημασίας επειδή το γαστρικό άδειασμα επιταχύνεται για κάθε 100 ml αύξησης γαστρικού όγκου σε 600 ml. Μια ποσότητα των 250 ml, περίπου, που λαμβάνεται μεταξύ διαστημάτων των 10-15 λεπτών, είναι πιθανώς ένας ρεαλιστικός στόχος, επειδή μεγαλύτερες ποσότητες τείνουν να προκαλούν την αίσθηση του "γεμάτου στομαχιού". Για να επιταχύνουμε ένα υψηλό ρυθμό απορρόφησης των υγρών, το στομάχι θα πρέπει να παραμείνει μερικώς γεμάτο και τα υγρά που λαμβάνονται θα πρέπει να είναι σχετικά κρύα. Μέσα σε ένα ευρύ πεδίο υπομέγιστων εντάσεων η κίνηση του νερού από το στομάχι δεν εμποδίζεται από την φυσική δραστηριότητα. Το γαστρικό άδειασμα ευνοείται όταν τρέχουμε σε σύγκριση με την κατάσταση ξεκούρασης, ίσως ως αποτέλεσμα των αυξανόμενων μηχανικών κινήσεων των υγρών κατά το τρέξιμο. (NEUFFER, 1986).

Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι το γαστρικό άδειασμα επιβραδύνεται όταν το λαμβανόμενο υγρό περιέχει συμπυκνωμένα απλά γλυκαντικά είτε στη μορφή γλυκόζης, φρουκτόζης ή ζακχάρου. Σύμφωνα με έρευνα για την επίδραση της εισαγωγής υδατανθράκων στο γαστρικό άδειασμα και στην απόδοση, παρουσιάστηκε αύξηση της απόδοσης πιθανώς λόγω της διατήρησης υψηλών επιπέδων γλυκόζης.

### 5.2.3 Αντικατάσταση ηλεκτρολυτών

Δεν υπάρχουν στοιχεία, ότι η λήψη ηλεκτρολυτών κατά τη διάρκεια άσκησης στη ζέστη βελτιώνει την απόδοση ή μειώνει το φυσιολογικό φόρτο συμπεριλαμβανομένου και των μυϊκών κραμπών. Επειδή ο ιδρώτας είναι υποτονικός προς τα υγρά του σώματος, είναι πολύ πιο άμεσου ενδιαφέροντος η αντικατάσταση του νερού από ότι η αντικατάσταση ιόντων. Για μια απώλεια υγρών λιγότερη από 2,7 Kgr στον ενήλικα οι ηλεκτρολύτες αναπληρώνονται άμεσα με την προσθήκη ελαφριάς ποσότητας αλατιού στο φαγητό,



όταν υπάρχει ανάγκη. Επιπλέον οι απώλειες νατρίου κατά την άσκηση α-ντοχής ισορροπούνται από τους μηχανισμούς διατήρησης νατρίου στο συ-κώτι οι οποίοι ενεργοποιούνται σε τέτοιου είδους άσκηση. (MITCHELL et al, 1988).

Οι έρευνες δείχνουν ότι οι απώλειες σε νάτριο είναι αυξημένες στην αρχή κάθε νέας αγωνιστικής περιόδου και παρουσιάζονται μειωμένες μετά τους πρώτους μήνες προπόνησης, λόγω εγκλιματισμού του οργανισμού. Κανείς όμως δεν έχει μελετήσει αν η μείωση αυτή οφείλεται στον εγκλιματισμό ή στην ελάττωση αποθεμάτων του οργανισμού λόγω μη επαρκούς αναπλήρω-σης των ηλεκτρολυτών. Σε έρευνα που έγινε κατά την άσκηση στη ζέστη είναι απαραίτητη η συνεχής και παραπάνω λήψη νερού σε σχέση με την πρόσληψη ηλεκτρολυτών για την αποφυγή μείωσης του Νπλάσματος και του καρδιακού ρυθμού. (KENNON, 1979).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τρόποι αναγνώρισης έλλειψης ηλεκτρολυτών.

α) Τρόποι αναγνώρισης έλλειψης ηλεκτρολυτών

i) ιστοχημική αξιολόγηση

ii) Ανάλυση αίματος και αξιολόγηση της παρουσίας στο αίμα διαφόρων ηλεκτρολυτών.

iii) παρουσία κράμπας

iv) Ο αθλητής της αρχής της περιόδου μπορεί να γευτεί τον ιδρώτα και να προσδιορίσει την αλμυρότητά του. Η περιεκτικότητα σε ηλεκτρολύτες των υγρών του σώματος, προσδίδουν μια αλμυρή γεύση. Αν ο ιδρώτας αρχίσει να γλυκαίνει αυτό σημαίνει ότι τα αποθέματα ηλεκτρολυτών αρχίζουν να μειώνονται. (ΠΑΥΛΟΥ, 1993).

Ο ιδρώτας ανάλογα με τα αποθέματα του σώματος σε ηλεκτρολύτες έχει οσμωτικές πιέσεις που κυμαίνονται από 80 μέχρι 185 osm/lit. Είναι καθαρά υποτονικό υγρό. Όταν λοιπόν μιλάμε για αναπλήρωση υγρών και ηλεκτρολυ-τών του σώματος που χάνονται με τον ιδρώτα, αναφερόμαστε σε ένα υπο-τονικό υγρό του οποίου η πίεση να μην υπερβαίνει τα 185 osm/lit. Σύμφωνα με τον Brouns (BROUNS, 1992) η προσθήκη υδατανθράκων και νατρίου στα



διάφορα αναψυκτικά συστάθηκε για να αυξήσει την πρόσληψη και αποβολή υγρών και για να καθυστερήσει την κόπωση. Όμως η υπερβολική λήψη αυτών οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα οσμωτικότητας που επιδρά αρνητικά στη θερμορρύθμιση. Έχει τονιστεί ότι η ανάγκη για αντικατάσταση Na είναι περισσότερη από την αντικατάσταση K. (MASSAD, SHIRE, 1994). Έρευνα έδειξε ότι η χορήγηση ενός αναψυκτικού (υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών) κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης μπορεί να βελτιώσει την απόδοση (το τεστ ήταν το Wingate Anaerobic Power Test). (BALL, 1995).

Όσον αφορά την έλλειψη καλίου λόγω απώλειας μέσω του ιδρώτα, συντελεί στη μείωση της μεταφοράς O<sub>2</sub> με το αίμα, με αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση της αερόβιας ικανότητας και κατ' επέκταση της αθλητικής απόδοσης.

Όταν τα αποθέματα σε κάλιο μειωθούν, λόγω συνεχούς απώλειας μέσω του ιδρώτα, το μυϊκό σύστημα αδυνατεί να ανταπεξέλθει στα προπονητικά ερεθίσματα. Η μειωμένη αιμάτωση προκαλεί ισχαιμία. Ένα πρόσθετο αρνητικό επακόλουθο της έλλειψης καλίου είναι η μείωση της ικανότητας εφίδρωσης, δηλαδή της αποβολής θερμότητας από το σώμα, με αποτέλεσμα την πιθανότητα θερμοπληξίας.

## Επίλογος

Στο πρώτο κεφάλαιο, όπου γίνεται η ανάλυση του τρόπου ρύθμισης της σωματικής θερμοκρασίας, κατά την άσκηση βγαίνει το συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία του σώματος ή πιο ειδικά η θερμοκρασία των βαθύτερων ιστών του πυρήνα είναι σε δυναμικό ισοζύγιο ως αποτέλεσμα μιας ισορροπίας μεταξύ παραγόντων που προσθέτουν και αφαιρούν σωματική θερμότητα.

Συγκεκριμένα επιδρούν μηχανισμοί, τόσο μέσω της κυκλοφορίας καθώς και μέσω ορμονικών ρυθμίσεων, για την διατήρηση της θερμικής ισορροπίας. Σε περίπτωση που αυτό δεν επιτευχθεί, δημιουργούνται διάφοροι τραυματισμοί και θερμικές διαταραχές (υποθερμία, θερμοπληξία κ.τ.λ.). Για την πρόληψη αυτών, είναι αναγκαία η σωστή ενημέρωση και γνώση για την τήρηση των προϋποθέσεων που θα συμβάλλουν στην αποφυγή αυτών των τραυματισμών.

Με την σωστή ένδυση, την δημιουργία του σωστού "μικροκλίματος", για κάθε άτομο -ανάλογα με το φύλο την ηλικία καθώς και με την ανάλογη Φ.Κ. και προπονητική προετοιμασία, (προθέρμανση - αποθεραπεία)- επιταχύνεται η αποφυγή αυτών των διαταραχών, κατά την άσκηση σε κρύο ή ζέστη.

Τέλος, όπως αναφέρεται, είναι σημαντική η διατήρηση της υδρικής ισορροπίας. Η αφυδάτωση που συμβαίνει συχνά κατά την άσκηση είναι υπεύθυνη για την μείωση της παραγωγής του ιδρώτα, για την μείωση του όγκου του αίματος και έτσι δυσκολεύει την λειτουργία της θερμορρύθμισης.

Συνεπώς πρωταρχικός σκοπός είναι η σωστή υπερενυδάτωση ώστε η κυκλοφορία, καθώς και η παραγωγή ιδρώτα να μπορούν να προχωρούν στα ιδανικά επίπεδα και συνεπώς να επιτυγχάνεται η σωστή ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση.

Αυτός πρέπει να είναι και ένας από τους σκοπούς για τη σωστή διεξαγωγή της προπονητικής διαδικασίας, με στόχο την επίτευξη της μέγιστης επίδοσης και απόδοσης των αθλητών.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) American college of Sports Medicine: *Position stand on prevention of thermal injuries during distance running*, Sports med. Bull, 19-8, 1984.
- 2) Asmussen E. and Boje D.: *Body temperature and capacity for work*, Acta Physiol. Scand 10 : 1-22, 1947.
- 3) Avellini B.A. et al: *Physiological responses of physically fit man and women to acclimatization to humid heat*, J. Appl Physiology, 49:254.
- 4) Astrand Per-Olof: *Textbook of work physiology, physiological bases of exercise*, Mc Graw Hill international editions, Sciences series, 1986.
- 5) Bolke B.: *Work capacity at attitude*, Science and Medicine and Sports, Ed. WR Johnson Chap. 28, New York: Harder and Row, 1960.
- 6) Ball T.C.: *The effect of a carbohydrate electrolyte replacement drink taken during high intensity exercise on sprint capacity of the end of exercise*, Microform Publications Institute for sport and Human Performance University of Oregon 1995.
- 7) a) Bar-Or et al: *Distribution of heat activated sweat glands in obese and lean Men and Women Hum. Biol.* 40:235, 1968 b) Bar-Or et al: *Heat tolerance of exercising obese lean women*, J. Appl. Physiology. 26:403, 1969.
- 8) Barnard R.J., Gardner G.W., Piaco N.V., Mac Alpin R.N. and Kattus A.: *Cardiovascular responses to sudden strenuous exercise heart rate blood pressure and E.C.G.*, J. Appl. Physiol. 34:833, 1973.
- 9) Bater N.A.: *Brain cooling in endotherms in heat and exercise*, Ann. Rev. Physiol. 44:85, 1982.
- 10) Bergh C. and Ckblom B.: *Physical performance and peak aerobic power of different body temperatures*, Journal of Applied Physiology 46:887 - 89.
- 11) Bittel S.H., Nonotte M.Y., Varly C. Liverchi H., Gonnof G., Saviourney G.L.M., Hanniquet A.M.: *Physiol. fitness and thermoregulatory reactions in a cold environment in men*, Journal of Applied Physiology 65 (5), Nov. 1988.

- 12) Blank L.B.: *Effects of warm up on speed*, Athletic, J. 10:45 - 46, 1955.
- 13) Bosco J.J., Terjang R.L. and Greenleaf J.E.: *Effects of progressive hypohydration on maximal isometric muscular strength*, J. Sports Med. 8:81, 1968.
- 14) Brooks G., Fahey T.: *Exercise Physiology Human bioenergetics and its applications*: Mac William Publishing Company, New York, 1989.
- 15) Brouns F., Jans W., Scheider H.: *Rationate for upper limits of electrolyte replacement during exercise international*, Journal of Sport Nutrition, 2 (3), 229-288, 1992.
- 16) Burke R.K.: *Relationships between physical performance and warm up - procedures of varying intensity and duration*, P.H.O. University of Southern California, 1957.
- 17) Burke M. and Hawley J.: *Fluid balance in team sports guidelines for optimal practices*, Sports Med. 38-54 S. (24C) (1), 1997.
- 18) Burton A.C.: *The pattern of response to cold in animals and the evolution of homeotherm in J.D. Hard (ed). Temperature its measurement and control in science and industry*, vol 3 part 3 p 383, Reinhold Book Corporation, New York, 1963.
- 19) Buskirk E.R., Campietro P.F. and Bass D.E.: *Work performance after dehydration: effects of physical conditioning and heat acclimatization*, J. Appl. Physiol. 12:1.189, 1958.
- 20) Cabanoc M.: *Temperature regulation*, Annual review of Physiology 37:415-39, 1971.
- 21) Caldwell J.E. et al: *Diuratic therapy, physical performance and neuromuscular function*, Phys. Sportsmen, 12:73, 1989.
- 22) Carithers R.W. and Seagrove P.C.: *Canine hyperthermia with cerebrol protection*, J. Apply. Physiol. 40 (4), 543, 1976.
- 23) Chrawshaw L.I., Nadel E.R., Stolwijk S.A.J. and Stanford B.A.: *Effect of local cooling on sweating rate and cold sensation*, 354:19, 1978.
- 24) Christensen C.H.: *Beiträge zur physiologie sch werer körperlicher arbeit. Die körpertemperatur während und unmittelbar pack sch werer, körperlicher arbeit*, Arbeitsphysiol. 4:154, 1952.
- 25) Claremont A.D.: *Taking winter instride requires proper attire*, Phys. Sports Med., 4:65, 1976.

- 26) Clark R.S.J., Hellon R.F. and Lind A.R.: *The duration of sustained contractions of the human forearm at different muscle temperatures*, J. Appl. Physiol. 143: 454-73, 1958.
- 27) Collias J., Buskirk E.R.: *Exercise et altitude Science and Medicine of exercise and Sports*, edited by W.R., Johnson and Buskirk E.R., New York, Hopper and Row, 1974.
- 28) Cooper K.: *Αεροβίωση. Βιολογική σημασία της άσκησης*, Επιμ. Β. Κλειοσύρας, εκδ. Συμμετρία, Αθήνα, 1990.
- 29) Corlile F.: *Effect of preliminary passive warming up on swimming performance*, Res. Q., 27:143-51, 1956.
- 30) Costill D.C. and Fink W.J.: *Plasma volume changes following exercise and thermal dehydration*, J. Appl. Physiol. 57:521, 1974.
- 31) Costill D.L. et al: *Exercise induced sodium conservation: Changes in plasma, renin and aldosterone*. Med. Sci. Sports, 8:209, 1976.
- 32) Costill D.L. and Saltin B.: *Factors limiting gastric emptying during rest and exercise*, J. Appl. Physiology, 34:299, 1973.
- 33) Craig A.B. Jr. and Dvorak M.: *Thermal regulation of man exercising during water immersion*, J. of Appl. Physiol., 25-28, 1969.
- 34) Craig A.B. and Dvorak M., *Thermal regulation of man exercising during water immersion*, J. Appl. Physiol, 25:28, 50:741, 1981.
- 35) Cunningham O.S. and Labanac M.: *Evidence from behavioriall thermoregulatory responses of a shift setpoint temperature related to the menstrual cycle*, J. Physiol. 63:236, 238, 1971.
- 36) Cunnigham D.J., Stolwigk S.A.J. and Wenger, CB: *Comparative thermoregulatory, responses of resting men and women*, J. Apply. Physiol, 45:908-915, 1978.
- 37) Desopoulos A. Silberngal S.: *Εγχειρίδιο Φυσιολογίας*, εκδ. Λίτσας, Αθήνα, 1989.
- 38) Δεληγιάννης Α.: *Ιατρική της Αθλησης*, εκδόσεις University Studio Press.
- 39) De Vito J., Hernandez R., Gonsalez V., Felict F., Figoura F.: *Low intense by physical training in order subjects*, Journal of Sports Medicine and physical. fitness, 37(1), Mar-1997, 72-77.



- 40) De Vries Herbert A.: *Physiology of exercise for physical education and athletics* - ed. 4., Wm. C. Brown Publishers U.S.A.: 1986.
- 41) Dill D.B. et al.: *Cardiovascular responses and temperature in relation to age*, Sports Med.: 7:99, 1975.
- 42) Dill D.B.: *Physiological adjustments to altitude changes*, J.A.M.A. 123-130, 1968.
- 43) Dill D.B. and Consolazio L.F.: *Responses to exercise of Applied Physiology*, 645-648, 1962.
- 44) Greenleaf S.E. and Castle B.I.: *Exercise temperature regulation in man during hypohydration and hyperhydration*, J. Appl. Physiology, 30:847, 1971.
- 45) Drinkwater B.L., Denton J.E., Kupprat J.C., Talay T.S. and Horvath S.M.: *Aerobic power as a factor in women's response to work in hot environments*, J. Appl. Physiol. 41:815-821, 1976.
- 46) Drinkwater B.L., Horvath S.M.: *Heat tolerance and going*, Medicine, Science and Sports, 49-55, 1979.
- 47) Drinkwater B.L.: *Female endurance athletes*, Human Kinetics, Publishers Inc. Champaign Illinois, 1986.
- 48) Dubois E.F.F., Ebaugh G. and Hardy J.D., *Basal heat production and elimination of thirteen normal women of temperatures from 22° C - 35° C*, S. Nutr, 257-293, 1952.
- 49) Edholm O.G. and Weiner Y.S.: *The Principles and Practice of human Physiology* Academic Press, London, 1981.
- 50) Feretti G.: *Factors limiting maximal oxygen consumption in humans*, Resir. Physiol. 80:113-128, 1990.
- 51) Fortney J.M. et al: *Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating*, Journal of Applied Physiology, 57:668, 1984.
- 52) Fortney S.M. et al: *Effect of blood pressure on sweating rate and blood lipids in exercising humans*, J. Appl. Physiol. 51:594, 1981.
- 53) Golloway S.D.R., Shirreffs S.M., Leiper J.B., Moughan R.J.: *Exercise in the heat factors limiting exercise capacity*, Sports exercise and injury, Edinburgh, Scotland, 3(1), Feb. 1, 1997, 19-24, Refers: 51.
- 54) Gayton A.M.D.: *Φυσιολογία του ανθρώπου*, εκδ. 3η, Επιμ. Κούβελας Η., εκδ. Λίτσας, Αθήνα, 1990.

- 55) Grisolfi C.V. and Copping G.R.: *Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat*, Med. Sci. Sports, 6:108, 1979.
- 56) Gisuffi, Carlk and Lamb, David R.: *Perspectives in exercise science and sports*, Medicine vol. 3: Fluid homeostasis during exercise, U.S.A., 1990, Cooper Publishing Cronp.
- 57) Golden F., Hompton I., Hervey G., Knibbs A.: *Shivering Intensity in humans during immersion in cold water*, J. Physiol. (London) 290:218, 1979.
- 58) Grabe Mirkin M.D. and Huffman M.: *Αθλητιατρική*, Επιμ. Βασίλης Κλεισούρας, εκδόσεις Παρισιανός, Αθήνα, 1985.
- 59) Graham T.E.: *Thermal metabolic and cardiovascular changes in men and women during cold stress*, Med. Sci. Sports. Exercise, 5:185-5:192, 1988.
- 60) Grose J.E.: *Depression of muscle fatigue curves by heaty and cold*, Res. Q., 29:19-33, 1958.
- 61) Hardy J.D., Dubois E.F.: *Differences between men and women in their response to heat and cold*, Proc. Nat. Acad. Sci., 26:389-398, 1940.
- 62) Hardy J.O. Stolwijk and Gagge A.P. in G.C. Whittow (ed): *Comparative Physiology of thermoregulation*, Vol II, p. 327, Academic Prers Inc., New York, 1971.
- 63) Hardy J.D. and Dubois E.F.: *The technique of measuring radiation and convection*, J. Nut., 15:46, 1938.
- 64) Harrison M.H.R.: Edwards R.S. and Leitch D.R.: *Effect of exercise and thermal stress on plasma volume*, J. Appl. Physiol., 39:925, 1975.
- 65) Haslag S.W.M. and Hertzman A.B.: *Temperature regulation in young women*, J. Appl. Physiol. 20:1.283-1.288, 1965.
- 66) Havenith G., Inoque Y., Luffikholt V. and Kenney W.L.: *Age predicts cardiovascular but not thermoregulatory responses to humid climate in a heterogenous subject population*, Milton A.S. (ed), Thermal Physiology, 1993, Aberdeen, Scotland.
- 67) Havernith G., Van Middendorp H.: *The relative influence of physical fitness acclimatization, state anthropometric, measures and gender on individual reactions to heat stress*, Eur. J. Appl., 1995
- 68) Havenith G., Luffikholt V. and Kenney W.L.: *Age predicts cardiovascular but not thermoregulatoty responses to humid heat stress*, fur. J. Appl. Physiology, 70:88-96, 1995.

- 69) Hayward S.J., Eckerson J.D. and Collins M.L.: *Thermal balance and survival time prediction of man in cold water*, Can. J. Physiol. Pharmacol, 53:21-32, 1975.
- 70) Hellon R.F., Cind A.R. and Weiner J.J.: *The physiological reactions to exercise at night*: J. Appl. Physiology, 59:1.902-1.910, 1985.
- 71) Henshel A.M., Cale B.: *Heat tolerance of elderly persons living in, a subtropical climate*, J. Gerontol. 23:17-23, 1968.
- 72) Henshel A.M.: *The enviromental and performance in physiology of work capacity and fatigue*, ed., E. Simonsen Springfield Charles C. Thomas, 1971.
- 73) Henshel A.: *Obesity as an occupational hazard*, C. an J. Public. Health, 58:491, 1967.
- 74) a) Hersemey V. and Bruck K.: *Influence of menstrual cycle on thermoregulatory metabolic and heart rate responses to exercise at night*, J. Appl. Physiolog, 89:1.911-1.917, 1985.  
b) Hersemey V. and Bruck K.: *Influence of Menstruql cycle on thermoregulation metabolic and sweating responses to exercise at night*, J. Appl. Physiology, 59:1.902-1.910, 1985.
- 75) Hill A.V.: *Thermodynamics of muscle*, Nature, 167:337, 1951.
- 76) Hill A.V.: *The heat of shortening and the dynamic constants of muscle*. Proc. R. Soc. Lond. 1.263. 136, 1938.
- 77) Hipple S.: *Warm up and fatigue in junior high school sprints*, res. Q. 26:246-47, 1955.
- 78) Houdas Yand Ring E.F.J.: *Human body temperature Plenum Publishing Corporation*, New York and London, 1982.
- 79) Inbor O.: *Gender and age related differences in acclimatization of scientistic papers no 4.*, Netanya Wingate Institute The Emmanuel Girl Publishing house, 79-93, 1889.
- 80) Irving R.A. et al: *The immediate and delayed effects of marathon running on renal function*, J. Clrol. 136:1.176, 1986.
- 81) Galloway S.D.R. Shirreffs S.M., Leiper J.B. Mougham R.J.: *Exercise in the heat: factors limiting exercise capacity and methods for improving heat tolerance*, Sports exercise and injury, Endinburgh, Scotland, 3(1), Feb, 1, 1987, 19-24, Refers: 51.

- 82) Gayton A.M.D.: *Φυσιολογία του Ανθρώπου*, εκδ. 3η, Επιμ. Κούβελας, Η εκδ. Λίτσας, Αθήνα, 1990.
- 83) Gisolfi C.V. and Copping G.R.: *Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat*, Med. Sci. Sports, 6:108, 1979.
- 84) Gisuffi, Carlk and Lamb: David R.: *Perspectives in exercise science and sports*, Medicine Vol 3: *Fluid homeostasis during immersion*, U.S.A., 1990, Cooper Publishing Cronp.
- 85) Golden F., Hampton I., Hervey G., Knibhs A.: *Shivering intensity in humans during immersion in cold water*, J. Physiol. (London), 290:43, 1979.
- 86) Grabe Mirkin M.D. and Auffman M.: *Αθλητιατρική*, Επιμ. Βασίλης Κλεισούρας, εκδόσεις Παρισιανός, Αθήνα, 1985.
- 87) a) Graham T.E.: *Thermal metabolic and cardiovascular change s in men and women during cold stress*, Med. Sci. Sports Exercise, 1988.  
b) Grose J.E.: *Depression of muscle fatigue curves by heat and cold*, Res. Q. 29:19-23, 1958.
- 88) Greenleaf S.E. and Castle B.I.: *Exercise temperature regulation in man during hypohydration and hyperhydration*, J. Appl. Physiology, 30:847, 1971.
- 89) Leblanc S., Cote S., Dulac S. and Dulon - Turcot F.: *Effect of age, sex and physical fitness on responses to local idoling*, Journal of Applied Physiology, 44:1.813, 1978.
- 90) Leblanc S.: *Factors affecting cold acclimatization and thermogenesis in man*, Medicine and Science in sports and exercise, 20:8.193, 1988.
- 91) Mack G.W., Langhans, Scheirzer H., Gillen G.M. and Nadel E.R.: *Body fluid balance in dehydrated healthy older men thirst and renal osmoregulation*, Journal of Applied Physiology, 76:1.615-1.623, 1994.
- 92) Mairiaux P.J., Sagot C. and Caudas V.: *Oral temperature as an index of core temperature during heat transients*, Eur. J. Appl. Physiology, 39-83.
- 93) Maresch C.M. et al: *Maximal exercise during hypobaric hypoxia in moderate altitude*, Med. Sci. Exer., 15:360, 1983.
- 94) Massad C.G., Shire M.: *Sodium and potassium needs of the athlete*, Journal of international needs of the athlete, Council for health physical education, recreation sport and dance 31(1), 18-23, 1994.

- 95) Mc Ardle W.D., Magel J.R.: Gergley T.S., Spina R.S. and Joner M.M.: *Thermal adjustment to cold water exposure in exercising men and women*, J. Appl. Physiol. 56:1.572-1.577, 1989.
- 96) Mc Ardle, Katch W., Franke D. and Katch V.: *Exercise Physiology, Energy, nutrition and human performances*, ed 3nd, Lea and Febiger, 1991.
- 97) Mc Faffen E.R.: *Respiratory and water exchange: Physiological and clinical implications*, Journal of Applied Physiology, 54:331, 1984.
- 98) Minard R. et al: *Prevention of heat casualties*, J.A.M.A., 165:1.813, 1957.
- 99) Mitchell J.B., Costill D.L., Haunard G.A., Flynn M.G., Fink W.J., Beltz J.D.: *Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance*, Medicine and Science in sports and exercise, 20(2), 110-115, 1988.
- 100) Montain S.I., Laird S.E., Latzka W.A. and Sawka M.N.: *Responses in the heat: Aldosterone and vasopressin responses in the heat: hydration level and exercise intensity effects*, Medicine and Science in sports and exercise p. 661-668, 1997.
- 101) Morehouse L. and Miller A.: *Physiology of exercise*, The C.V. Mosby Company, S. Louis, 1967.
- 102) Morkin B.J., Robinson S., Wiengman D.L. and Aulick L.H.: *Effect of warm up on metabolic responses to strenuous exercise*, Med. S. Sports, 7:146-49, 1978.
- 103) Muido L.: *The influence of body temperature on performances in swimming*, Acta. Physiol. Scand, 12:100, 1946.
- 104) Nadel E.R. et al: *Circulatory regulation during exercise in different ambient temperatures*, J. Appl. Physiol., 46:430-437.
- 105) Neuffer P.D.: *Effects of exercise and carbohydrate composition on gastric emptying*, Med. Sci. Sports Exercise. 18:658, 1986.
- 106) Nielsen: *Die regulation der korperemperatur bei Muskelarbeit*, Skaud, Arch. Physiology, 79:193, 1988.
- 107) Nielsen B.: *Thermoregulation in rest and exercise*, Acta Physiol. Scand (Suppl., 323), 1969.
- 108) Noakes J.D. et al: *The danger of inadequate water intake during prolonged exercise*, Eur. J. Appl. Physiol. 57:210, 1988.
- 109) Nukada A.: *Hauttemperatur und leistungsfähigkeit in exbemitaten der ständiger haltearbeit*, Arbeits Physiologie, 16:74-80, 1955.



- 110) Nunneley J.H.: *Physiological responses of women to thermal stress*, Med. Sci. Sports, 10:250-255, 1978.
- 111) Pandolf K.B., Cadarette B.S., Sawka M.N., Young A.J., Francesconi R.P. and Conzalez P.R.: *Thermoregulation responses of middle-aged and young men during dry-heat acclimatization*, J. Appl. Physiology, 1968.
- 112) Pendergast P.R.: *The effect of body cooling on oxygen transport during exercise*, Med. Sci. Sports Exercise, 20:5.171-5.176, 1988.
- 113) a) Powers S.T., Houley and Cox R.: *A different catecholamine response during prolonged exercise and passive heating*, Medicine and science in sports and exercise, 6:435-39, 1982.  
b) Powers S.T., Howley and Cox P.: *Ventilatory and metabolic reactions to heat stress during prolonged exercise*, Journal of sports medicine and physical fitness, 22:32-36, 1982.
- 114) Powers S.T., Scott Kand, Howley E.T.: *Exercise physiology theory and application to fitness and performance*, Whm. C. Brown Publishers, U.S.A., 1990.
- 115) Pugh L.G. et al: *Rectal temperatures weight losses and sweat rates in marathon running*, J. Appl. Physiology, 27:1.251, 1966.
- 116) Radomiski M.W. and Boutelier C.: *Hormone response to continous cold*, Journal of Applied Physiology, 23(3), 610, 1982.
- 117) Ramanathan L.N.: *A new weighing system for mean surface temperature of the Human body*, J. Appl., Physiology, 19(3):531, 1964.
- 118) Riggs C.F., Johnson D.J., Konopka B.J. and Kibgour R.D.: *Exercise heart rate response to facial cooling*, European Journal of Apply. Phys. 1981.
- 119) Robonson S.H.S., Belding F.G., Consolazio J.M., Surnel E.S.: *Acclimatization of older Men to work in the heat*, J. Appl. Physiology, 210:583-586, 1965.
- 120) Roberts M.F. and Wenger B.C.: *Control of skin blood and baroreflexes*, J. Appl. Physiol., 48:717.
- 121) Ροντογιάννης Γ.: *Θέματα Αθλητιατρικής*, 1998.
- 122) Ρούσσης Αρ.: *Η Αθλητιατρική στην πράξη*, β' έκδοση, 1991.
- 123) Robinson S.: *Circulatory adjustments of men in hot environments* in J.D. Hardy (ed): *Temperature its measurement and control in science and industry vol. 3 part 3*, p. 287, Reinhold book, Corporation New York, 1963.

- 124) Saltin B.: *Aerobic Work Capacity and Circulation at exercise in Man*, Acta: Physiol. Scand, 1964.
- 125) Sawka M. et al: *Hypohydration and exercise effects of heat acclimatization gender and environmental*, J. Apply. Physiol. 55:1.147, 1983.
- 126) Sawka M.N., Francesconi R.P., Young A.J., Pandolf K.B.: *Influence of hydration in the heat*, J.A.M.A., Sepr. 1984, 1.165-1.169.
- 127) Senoy L.C.: *Changers in plasma volume and protein content during exposures of working men to various temperatures before and after acclimatization to heat*. Separation of the rolls of countaneous and skeleton muscle circulation, J. Physiol. 224:61, 1972.
- 128) Simonson E.M., Teslenko, Gorkin M.: *Einfluss von Vorübungen auf die Leistung beim 100 m. Laufen*, Arbeitphysiol, 9:158, 1936.
- 129) Staff P.H. and Nilson S.: *Vaeske ag Sukkertiforset under longraving intens fysisk askivitet Tidsskift far Den Norske Luegeforening*, 16:1.235, 1971.
- 130) Sutton J.R.: *Heat illness in R.A. Strauss led Sports Medicine*, p. 307, W.B. Saunders Company, Philadelphia P.A., 1984.
- 131) Teichers W.H.: *Assesment of mean body surface temperature*, J. Appl. Physiol., 12:169, 1958.
- 132) Thompson R. and Hayward J.: *Wet-cold responses to prolonged exercise in rain*, The American Physiological Society, 1996.
- 133) Tikwisis P.D., Bell G., Jakobs I.: *Shivering onset metabolic response and convective heat transfer during cold exposure*, J. Appl. Physiol., 70:1996:2002, 1991.
- 134) Tokuro H., Midorikawa T.: *The effects of two types of clothing on seasonol cold tolerance*, European Journal of Applied Physiology and occupational physiology (Berlin), 69(6), Dec. 1994 (498-501).
- 135) Vallerant A.L., Jacobs I.: *Rates of energy substrates utilization during human cold exposure*, European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 873-888, 1989.
- 136) Vangaard L.: *Perifer Varnebalanse in Holmer D. and Sundelt J. (ed 5): "Arbete i kolt klimat"*, Arbete och Holsa, Arbetarkyddverket, vol 1, Stockhlom, 1981.
- 137) Verney E.B.: *The antidiurate hormon and the factors which determine its release*, Proc Roy. Scoc., 135:25, 1947.

- 138) Vokac Z.: *Core-peripherol heat redistribution during sleep and its effect on rectal temperature in reinberg et al (ed 5): night and shift Work biological and social Aspects*, Advances in the biosciences, vol 30, Pergamon Press, Oxford and New York, 1981.
- 139) Wanger J.A. and Horvath J.M.: *Cardiovascular reactions to cold exposures differ with age and gender*, J. Appl. Physiology, 58:187-198, 1985.
- 140) Wells C.L.: *Training and acclimatization effects on responses to exercise in a desert environment*, Aviof. Space environment, Medicine, 51:105-112, 1980.
- 141) Williams W.: *Exercise and sport sciences reviews*, American College of sports Medicine series, vol 21, 22, 25, 1993.
- 142) α) Χατζηκωνσταντίνου Σ.: *Ιατρική της Αθλησης*, Επιμ. Αγγλικής έκδοσης, Otto Appenzeller, εκδ. 3η, 1991.  
β) Χατζηκωνσταντίνου Σ.: *Ιατρική της σωματικής άθλησης, αθλητιατρική παθολογία*, Ι. εκδ. Παρισιανός, Αθήνα, 1993.
- 143) Χατζημηνάς Ι.: *Επίτομη Φυσιολογία*, εκδ. 2η εκδ. Παρισιανός, Αθήνα, 1987.
- 144) Yosef N.K., Dill D.B., Vitez J.F., Hillyrd J.D. and Goldman A.J.: *Thermoregulatory responses to desert heat, age, race and sex*, J. Gerontol, 39:406-414, 1984.