

# Βασικές Αρχές Θερμορρύθμισης

ΑΓΓΕΛΟΣ ΚΑΡΔΑΜΥΛΑΣ

## ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

(α) **Πυρήνας του σώματος (core compartment):** είναι το τμήμα του σώματος στο οποίο η θερμοκρασία είναι σχετικά σταθερή και ομοιογενώς κατανομημένη (1). Περιλαμβάνει τον κορμό και το κεφάλι και αποτελεί το 50-60% της μάζας του σώματος (2). Στον πυρήνα δεν ανήκει το δέρμα που περιβάλλει τα ως άνω τμήματα. (σχήμα 1).

Η θερμοκρασία του πυρήνα ενός γυμνού σώματος μπορεί να μείνει σταθερή - για ώρες - σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεταξύ 12 και 60°C αν ο αέρας είναι ξηρός.

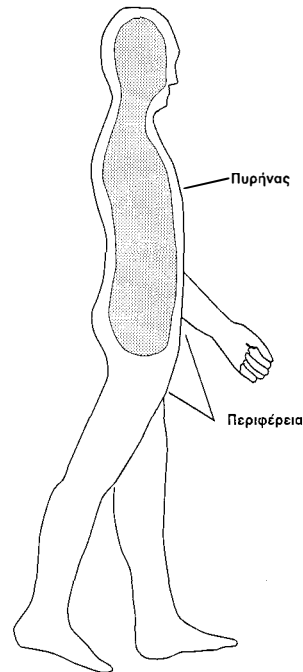
(β) **Περιφέρεια του σώματος (peripheral compartment):** πρακτικά, περιλαμβάνει τα άκρα και το δέρμα και χαρακτηρίζεται από μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του 24ωρου και θερμοκή ανομοιογένεια: τα πλέον απομακρυσμένα από τον πυρήνα τμήματα είναι ψυχρότερα.

Η θερμοκρασία της περιφέρειας είναι συνήθως 2-4°C χαμηλότερη από αυτή του πυρήνα.

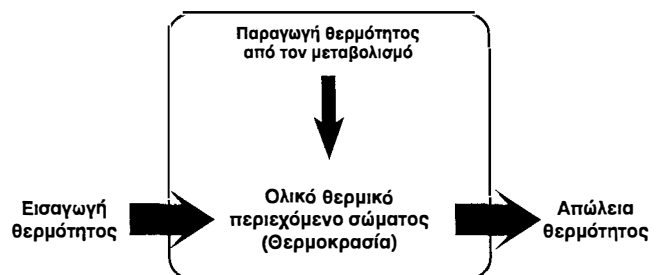
Ορισμένοι ερευνητές υποστήριξαν την άποψη της μεταβλητότητας της έκτασης του πυρήνα βασιζόμενοι στη παρατήρηση της θερμοκής ομογενοποίησης (περιφέρειας - πυρήνα) σε θερμό περιβάλλον, ιδιαίτερα σε άτομα με έντονη αγγειοδιαστολή. Η άποψη αυτή, παρά το ότι είναι βάσιμη, δεν έγινε αποδεκτή από τη πλειοψηφία των ασχολούμενων με τη θερμορρύθμιση εξ αιτίας της πολυπλοκότητας που εισήγαγε <sup>(1)</sup>.

(γ) **Ολικό θερμικό περιεχόμενο:** είναι το συνολικό ποσό θερμικής ενέργειας που περιέχει το σώμα. η θερμοκρασία είναι μια ένδειξη - όχι πάντοτε επαρκής <sup>(3)</sup> (σχήμα 2). Το ολικό θερμικό περιεχόμενο είναι έννοια δυναμική (κι όχι στατική), όπως φαίνεται στο σχήμα 2.

(δ) **Ροή θερμότητας:** Η θερμική ενέργεια κινείται στο



Σχήμα 1: Απεικόνιση του πυρήνα και της περιφέρειας του σώματος.



Σχήμα 2: Το ολικό θερμικό περιεχόμενο ως δυναμική έννοια.

ανθρώπινο σώμα, όπως και στη φύση, από θερμότερες περιοχές προς ψυχρότερες. Η κίνηση αυτή γίνεται είτε με το αίμα (ταχεία) είτε με τους γειτονικούς ιστούς (βραδεία).

Η ταχύτητα ροής της θερμότητας με το αίμα ποικίλει πολύ λόγω του ευμετάβλητου της διαμέτρου των αγγείων σε αντίθεση με τη σχετική σταθερότητα την οποία παρουσιάζει η διά των γειτονικών ιστών μετάδοση.

Ο λόγος αυτής της παρατηρούμενης σταθερότητας

στη ταχύτητα ροής είναι η εξάρτηση της από τον συντελεστή θερμοκικής αγωγιμότητας των ιστών ο οποίος είναι δεδομένος για κάθε ιστό, με το λίπος να παρουσιάζει το χαμηλότερο<sup>(4)</sup>.

### ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το θερμορρυθμιστικό σύστημα στα θηλαστικά αποτελείται από δύο τμήματα: το κεντρικό - υποθάλαμος και το περιφερικό - υποδοχείς και νευρικές ίνες<sup>(5)</sup>.

**Κεντρικό τμήμα:** περιλαμβάνει τις δύο μοίρες του υποθάλαμου (πρόσθια και οπίσθια). Ο υποθάλαμος παίζει συντονιστικό ρόλο μεταξύ εισαγωγών - θερμικών ερεθισμάτων - (από την περιφέρεια και τον πυρήνα) - και εξαγωγών - θερμορρυθμιστικών απαντήσεων.

Τα θερμικά ερεθίσματα αναγνωρίζονται και συγκρίνονται με τη θερμοκρασία αναφοράς (set - point temperature)<sup>(6) (7)</sup>. Η θερμοκρασία αναφοράς για τον άνθρωπο είναι  $37 \pm 0,3^\circ \text{C}$  και σαν τέτοια νοείται η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος.

Εάν προκύψει διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία αναφοράς και σ' αυτή των θερμικών ερεθισμάτων κινητοποιούνται οι μηχανισμοί επαναφοράς της στα

αποδεκτά όρια.

**Περιφερικό τμήμα:** αποτελείται από δύο τμήματα:

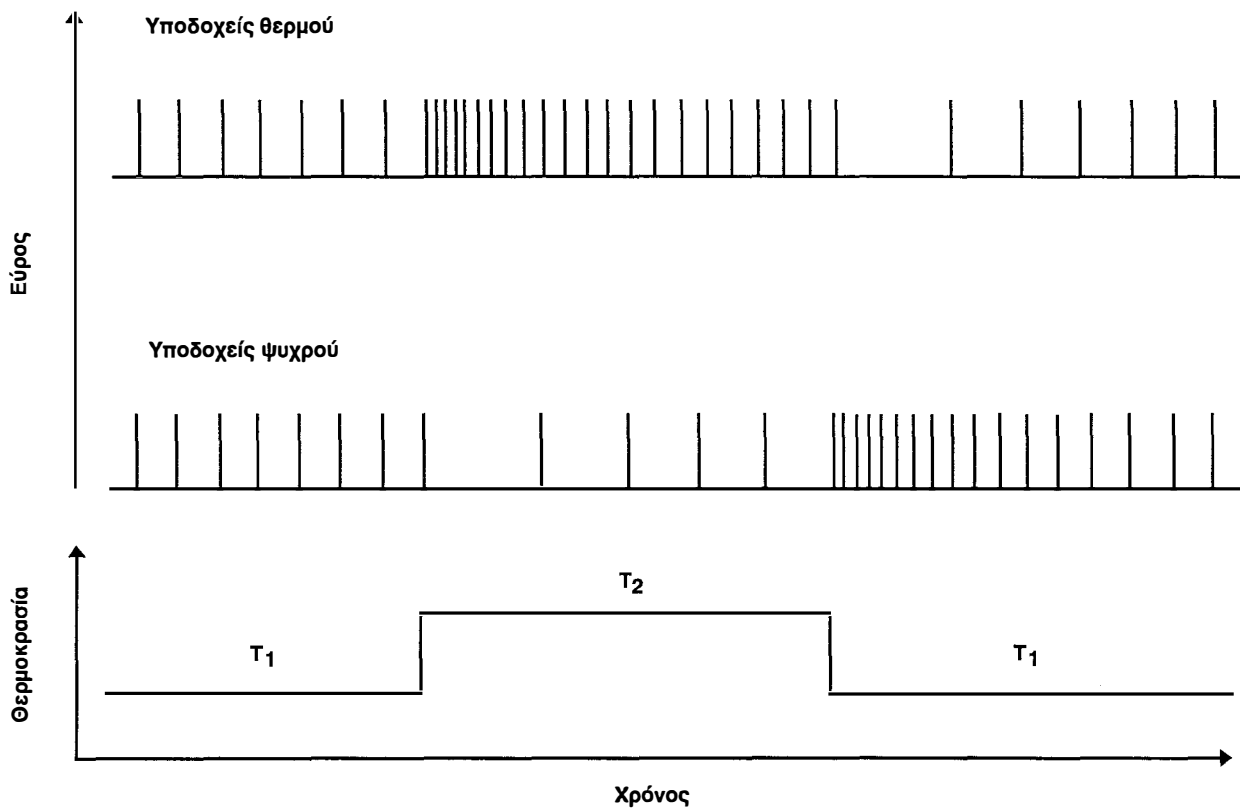
**(α) τους υποδοχείς.** Αυτοί διακρίνονται σε θερμού και ψυχρού (σε αναλογία 1:10). είναι διεσπαρμένοι σ' όλο το σώμα, ιδιαίτερα στο δέρμα, το νωτιαίο μυελό, τα σπλάχνα και τα μεγάλα φλεβικά στοιχεία<sup>(8)</sup>. Το δέρμα, οι εν τω βάθει ιστοί της κοιλίας και του θώρακα, ο νωτιαίος μυελός και ο υποθάλαμος στέλνουν αθροιστικά το 20% μόνο των εισαγωγών του θερμορρυθμιστικού συστήματος<sup>(9)</sup>.

**(β) τις νευρικές ίνες:** Αδ για το ψυχρό (ταχύτητα αγωγής 6 - 30 m/sec) και C για το θερμό (ταχύτητα αγωγής 0,4 - 2 m/sec)<sup>(10)</sup>.

Οι υποδοχείς αυξάνουν την ηλεκτρική τους δραστηριότητα σε σχέση με τις μεταβολές της θερμοκρασίας στέλνοντας αντίστοιχα "μηνύματα" με τις νευρικές ίνες (σχήμα 3).

### ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Το ανθρώπινο σώμα, όπως και κάθε έμβιος οργανισμός, βρίσκεται σε αδιάκοπη θερμοκή συναλλαγή με το περιβάλλον με την οποία εξασφαλίζει τη θερμοκή του ισορροπία.



Σχήμα 3: Συσχέτιση της ηλεκτρικής δραστηριότητας των υποδοχέων με την άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. (Εύρος=ένταση της ηλεκτρικής δραστηριότητας των υποδοχέων).

## Παραγωγή θερμότητας

Οι κυριότεροι μηχανισμοί παραγωγής θερμότητας είναι:

1) **Βασικός μεταβολισμός** των κυττάρων του σώματος. για άτομο μέσης ηλικίας είναι 40 Kcal/m<sup>2</sup>/ώρα (10α).

2) **Μυϊκή δραστηριότητα**: η επιπρόσθετη (πέραν του βασικού μεταβολισμού) μυϊκή δραστηριότητα προκαλεί παραγωγή θερμότητας η οποία μπορεί να φθάσει τις 1400 Kcal/ώρα (σε μέγιστους ρυθμούς άσκησης) και να ανεβάσει τη θερμοκρασία του πυρήνα κατά 2-3°C<sup>(11)</sup>.

Το ρίγος μπορεί να αυξήσει τη παραγωγή θερμότητας κατά πέντε - έως και δέκα, σύμφωνα με κάποιους ερευνητές -φορές<sup>(12) (13)</sup>.

3) **Διέγερση Συμπαθητικού Νευρικού Συστήματος**: το συγκινησιακό stress αυξάνει το μεταβολικό ρυθμό των κυττάρων και μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του σώματος κατά 2°C.

4) **Έκκριση θυροξίνης**: είναι ένας αργός μηχανισμός αύξησης της παραγωγής θερμότητας. απαιτεί τουλάχιστον μια εβδομάδα και αφορά τη προσαρμογή του ανθρώπου σε παρατεταμένη παραμονή σε ψυχρό κλίμα. Ο θυροειδής αυξάνει σε μέγεθος μετά από λίγες εβδομάδες.

5) **Άνευ ρίγους θερμογένεση**: (non shivering thermogenesis): είναι μηχανισμός που απαιτεί την ύπαρξη φαιού λίπους (περισσότερα αγγεία, συμπαθητικές ίνες και μιτοχόνδρια) γι' αυτό και έχει πρακτική αξία μόνο στα νεογνήνητα στα οποία μπορεί να διπλασιάσει τη παραγωγή θερμότητας<sup>(14)</sup>.

Η άνευ ρίγους θερμογένεση καταργείται κατά την διάρκεια της γενικής αναισθησίας<sup>(8)</sup>.

## ΑΠΩΛΕΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Οι μηχανισμοί αποβολής θερμότητας του ανθρώπου είναι: 1) η εφίδρωση, 2) η μεταβολή της διαμέτρου των αγγείων του δέρματος, 3) η ακτινοβολία και 4) η αγωγή προς τον αέρα και τα αντικείμενα<sup>(15) (16)</sup>.

Από τους ανωτέρω μηχανισμούς μόνον ο πρώτος (εφίδρωση) είναι αμιγής μηχανισμός απώλειας. οι υπόλοιποι είναι μικτοί: αύξησης - περιορισμού (της αποβολής) όπως ο δεύτερος ή αποδοχής-αποβολής (θερμότητας) όπως ο τρίτος και ο τέταρτος.

Το 95% της θερμότητας που παράγεται διαχέεται στο περιβάλλον από το δέρμα και μόνο 5% από τους πνεύμονες<sup>(17)</sup>.

### 1) Εφίδρωση

Οι ιδρωτοποιοί αδένες δέχονται ώσεις από συμπαθητικές χολινεργικές ίνες αλλά είναι ευαίσθητοι και στις κατεχολαμίνες του αίματος<sup>(18)</sup>. Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από αυτή του δέρματος και το σώμα δέχεται θερμότητα με ακτινοβολία ή και αγωγή, ο μόνος διαθέσιμος τρόπος αποβολής είναι η εφίδρωση.

Ένα μέσο άτομο (αγύμναστο) δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 700cc ιδρώτα ανά ώρα. Το ίδιο άτομο μπορεί να φθάσει τα 2 lit επ' όσον εγγλιματισθεί (1-6 εβδομάδες) σε θερμό περιβάλλον. Στο ίδιο ποσό εφίδρωσης (2 lit/ώρα) φθάνει ένας αθλητής στο φυσικό του περιβάλλον<sup>(19)</sup>. Σ' αυτό το επίπεδο εφίδρωσης η ψυκτική ισχύς αυτού του μηχανισμού είναι περίπου 1,5 KW<sup>(20)</sup>.

Για κάθε γραμμάριο ύδατος που εξατμίζεται χάνονται 0,54 - 0,58 Kcal<sup>(6)</sup>.

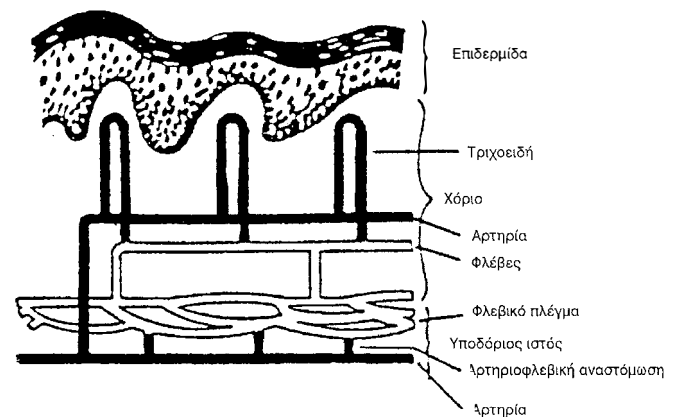
Με το μηχανισμό της εξάτμισης - εφίδρωσης ο οργανισμός μπορεί να φθάσει σε απώλεια θερμότητας 10 φορές μεγαλύτερη από αυτήν που παράγεται από το βασικό μεταβολισμό. Η εξάτμιση ευθύνεται για το 22% των ημερήσιων απωλειών θερμότητας.

### 2) Συστολή - Διαστολή αγγείων δέρματος

Το δέρμα διαθέτει πλούσιο αγγειακό δίκτυο. Ιδιαίτερη σημασία - από θερμορρυθμιστικής απόψεως - έχει ένα συνεχές φλεβικό πλέγμα που δέχεται το αίμα από τα τριχοειδή του δέρματος (σχήμα 4).

Ο ρυθμός ροής αίματος προς αυτός το φλεβικό πλέγμα ποικίλει πολύ: από μηδενικός έως και το 30% της καρδιακής παροχής.

Με αυτή τη υψηλή - και μεταβαλλόμενη - αιμάτωση του δέρματος επιτυγχάνεται μεγάλη μετακίνηση αί-



Σχήμα 4: Απεικόνιση εγκάρσιας διατομής του δέρματος.

ματος από το πυρήνα προς τη περιφέρεια - και αντίστροφως - με άμεση συνέπεια αντίστοιχες μετακινήσεις θερμοτήτος. Από τη κατάσταση της έντονης αγγειοσυστολής μέχρι αυτή της πλήρους αγγειοδιαστολής η ακτινοβολούμενη από το δέρμα θερμική ενέργεια μπορεί να οκταπλασιαστεί.

### 3) Ακτινοβολία

Όλες οι επιφάνειες των σωμάτων με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) εκπέμπουν ενέργεια υπό μορφήν ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και ο ρυθμός εκπομπής είναι ανάλογος της τέταρτης δύναμης, της θερμοκρασίας της επιφάνειας του σώματος.

Στο χώρο των βιολογικών φαινομένων η εκπεμπόμενη ενέργεια παίρνει τη μορφή της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Το ποσό της ενέργειας που ακτινοβολείται από (και προς) το δέρμα υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\Theta_{\text{ακτ}} = K \cdot (\Theta_{\text{π}}^4 - \Theta_{\sigma}^4)$$

όπου:  $\Theta_{\text{ακτ}}$  = ακτινοβολούμενη ενέργεια,  $K$  = σταθερά που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του δέρματος και των αντικειμένων του περιβάλλοντος με τα οποία ανταλλάσσει θερμότητα το δέρμα,  $\Theta_{\text{π}}$  = θερμοκρασία αντικειμένων περιβάλλοντος,  $\Theta_{\delta}$  = θερμοκρασία δέρματος. Οι θερμοκρασίες εκφράζονται σε βαθμούς Kelvin (=θερμοκρασία σε βαθμούς Celsius + 273).

Από την ανωτέρω εξίσωση προκύπτει ότι και μια ελάχιστη διαφορά στις θερμοκρασίες δέρματος και περιβάλλοντος (ανυψωμένες στη τέταρτη δύναμη) προκαλεί μεγάλη εκπομπή θερμότητας.

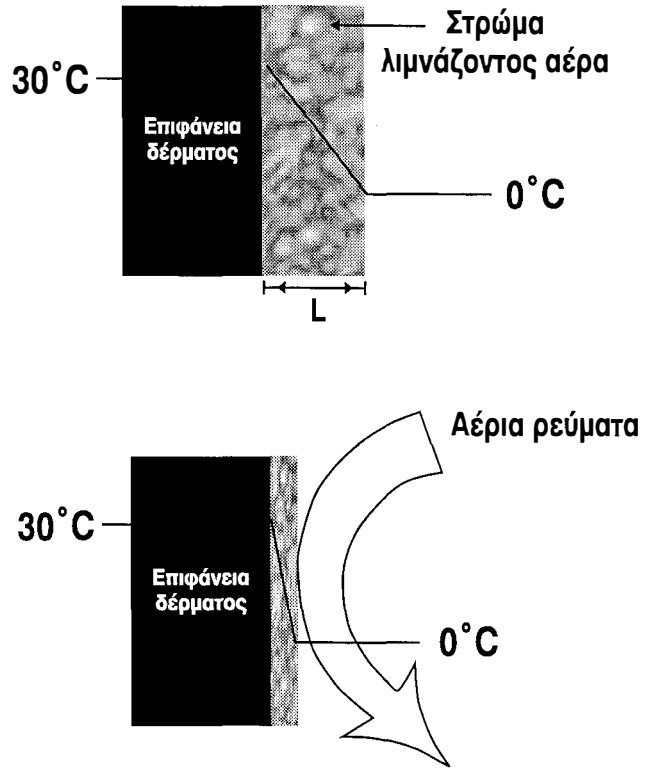
Η ακτινοβολία συμμετέχει κατά 60% στις ημερήσιες απώλειες θερμότητας<sup>(11)</sup>.

### 4) Αγωγή

Μεταφορά θερμότητας με αγωγή γίνεται όταν το δέρμα χάνει (ή δέχεται) θερμική ενέργεια προς (ή από) αντικείμενα με τα οποία είναι σε άμεση επαφή. Εάν το αντικείμενο είναι ο αέρας λέγεται convection, εάν είναι στερεό λέγεται conduction.

**Convection:** ο αέρας που είναι σε επαφή με το δέρμα θερμαίνεται από αυτό με αποτέλεσμα η πυκνότητά του να μειώνεται και να απομακρύνεται με φορά αντίθετη της βαρύτητας. Το ρεύμα αυτό του αέρα μεταφέρει θερμική ενέργεια που έχει αφαιρέσει από την επιφάνεια του σώματος.

Παρά την διαρκή αυτή κίνηση του αέρα (η οποία



Σχήμα 5: Επίδραση των ρευμάτων αέρα στο πάχος του λιμνάζοντος στρώματος αέρα.

εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας δέρματος - αέρα) ένας αριθμός μορίων του παραμένει ακινητοποιημένος γύρω απ' την επιφάνεια του σώματος και σχηματίζει ένα στρώμα που διατηρεί θερμοκρασία περίπου ίδια μ' αυτή του δέρματος δρώντας σαν μονωτικό. Το πάχος αυτού του μονωτικού στρώματος μειώνεται ανάλογα με τη ταχύτητα του ρεύματος αέρος με το οποίο έρχεται σ' επαφή με το δέρμα (σχήμα 5).

Στις χειρουργικές αίθουσες υπάρχουν ρεύματα αέρος· δημιουργούνται κατά τη λειτουργία των κλιματιστικών.

Η αγωγή προς τον αέρα συμμετέχει κατά 15% στις ημερήσιες απώλειες θερμότητας.

**Conduction:** ο χρόνος αυτός αγωγής αφορά ένα μικρό μέρος (3%) της ημερήσιας θερμικής ανταλλαγής του σώματος. Συμβαίνει εξαιτίας της μεταφοράς κινητικής ενέργειας των μορίων της θερμότερης επιφάνειας προς τα μόρια της ψυχρότερης.

Η ταχύτητα (και το ποσό) της μεταφερόμενης ενέργειας είναι ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας του σώματος και του αντικειμένου σύμφωνα με τον τύπο:

$$M_{\theta} = K \frac{\Theta_{\alpha} - \Theta_{\delta}}{\Pi}$$

όπου:  $M\Theta$  = μεταφερόμενη θερμότητα,  $K$  = θερμική αγωγιμότητα του αντικειμένου που είναι σε άμεση επαφή με το δέρμα,  $\Theta_a$  = θερμοκρασία αντικειμένου,  $\Theta_d$  = θερμοκρασία δέρματος και  $\pi$  = πάχος αντικειμένου που καλύπτει το σώμα.

Συνδυάζοντας τους τύπους ακτινοβολίας και conduction και λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η τελευταία αφορά μόνο το 3% των ημερήσιων απωλειών θερμότητας (σ' αντίθεση με το 60% της ακτινοβολίας) εύκολα συμπεραίνει ο αναισθησιολόγος ότι τα ελαφρά και με επικάλυψη αλουμινίου καλύμματα, ανακλώντας την εκπεμπόμενη από το γυμνό ασθενή ενέργεια, προσφέρουν μεγαλύτερη προστασία εναντίον της υποθερμίας από τις συνήθεις κουβέρτες. υπό την προϋπόθεση ότι η ανακλαστική επιφάνεια (αυτή του αλουμινίου) θα βρίσκεται προς τον ασθενή.

## ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

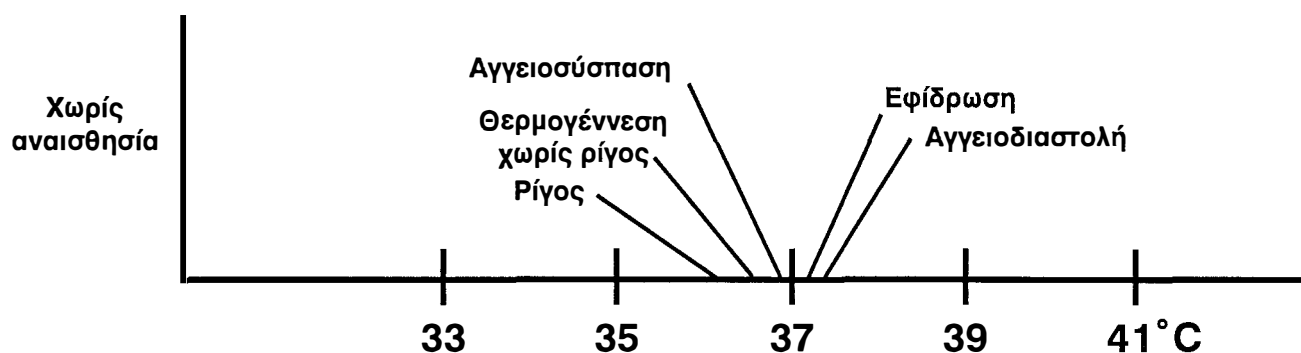
### ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

#### Ουδός (threshold)

Είναι η θερμοκρασία του σώματος (πυρήνα ή επιφάνειας) στην οποία εκλύεται μια θερμορρυθμιστική απάντηση.

#### Interthreshold range

Είναι η διαφορά στους ουδούς δύο αντίθετων θερμορρυθμιστικών απαντήσεων (Π.χ. αγγειοσυσπαση - αγγειοδιαστολή). έχει μεγάλη σημασία για τον αναισθησιολόγο διότι ο ασθενής στο interthreshold range δεν ενεργοποιεί τους συγκεκριμένους δύο (αντίθετους) μηχανισμούς. (σχήμα 6).



Σχήμα 6: Intersubthreshold range αγγειοσυσπασης-αγγειοδιαστολής είναι το διάστημα μεταξύ έναρξης αγγειοσυσπασης (36,8°C) και έναρξης αγγειοδιαστολής (37,2°C).

#### Απόδοση (gain)

Απόδοση ενός θερμορρυθμιστικού μηχανισμού είναι η ένταση της απάντησής του (π.χ. βαθμού αγγειοσυσπασης) σε σχέση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας<sup>(19)</sup>.

Το θερμορρυθμιστικό σύστημα στο σύνολο του θεωρείται από τα πλέον αποδοτικά (“κερδοφόρα”) βιολογικά συστήματα. βαθμολογείται, κατά μέσο όρο, με 27 όταν το σύστημα των τασεούποδοχέων (για τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης) βαθμολογείται με 2.

#### Τοπικές θερμορρυθμιστικές απαντήσεις

Όταν ένα μικρό μέρος του σώματος (ένα άκρο) δέχεται την επίδραση ενός θερμού σώματος παρατηρείται τοπική (μονο) αγγειοδιαστολή και εφίδρωση.

Οι αντιδράσεις αυτές προκαλούνται αφ' ενός μεν από την άμεση τοπική επίδραση της θερμότητας στα αγγεία και στους ιδρωτοποιούς αδένες αφ' ετέρου δε από την ενεργοποίηση αντανακλαστικών των οποίων τα κέντρα βρίσκονται στο Νωτιαίο Μυελό.

Τα αντανακλαστικά αυτά δεν είναι ισχυρά είναι όμως χρήσιμα για την “οικονομία” του θερμορρυθμιστικού συστήματος προστατεύοντας το από “άσκοπες” κεντρικές ενεργοποιήσεις.

### ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΗΣ

#### Πυρετός

Είναι η συχνότερη διαταραχή του θερμορρυθμιστικού συστήματος και ορίζεται ως η άνοδος της θερμοκρασίας αναφοράς (set - point temperature) του σώματος (αίματος του δ. κόλπου)<sup>(21) (22)</sup>.

Τα αίτια της αναβαθμονόμησης της θερμοκρασίας αναφοράς είναι μια σειρά γεγονότων που ξεκινούν με την απελευθέρωση προτεϊνών ή πρωτεϊνικών τμημάτων

(κυτοκίνες) είτε από κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος (ενδογενή πυρετογόνα) είτε μικρόβια (εξωγενή πυρετογόνα) και φθάνουν στη διέγερση των ενδοθηλιακών κυττάρων των αγγείων του υποθαλάμου από τις κυκλοφορούσες κυτοκίνες.

Τα διεγερθέντα ενδοθηλιακά κύτταρα παράγουν προσταγλανδίνες οι οποίες προκαλούν αναβαθμό (reset) της θερμοκρασίας αναφοράς σ' ένα υψηλότερο επίπεδο. Η ασπιρίνη, ως αντιπυρετικό, δρα σ' αυτό το σημείο: εμποδίζει το σχηματισμό προσταγλανδινών.

Το γεγονός αυτό έχει σαν επακόλουθο να κινητοποιήσει ο υποθάλαμος τους μηχανισμούς είτε της αύξησης της παραγωγής θερμότητας είτε της μείωσης των απωλειών (συνήθως και τους δύο) για να ανεβάσει τη θερμοκρασία του πυρήνα στο νέο επίπεδο (σχήμα 7). Ο πρώτος μηχανισμός που κινητοποιείται είναι η αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας (ρίγος).

Από τη στιγμή που η πρώτη κυτοκίνη, συνήθως η ιντερλευκίνη - 1 (IL-1), έρθει σ' επαφή με τον υποθάλαμο ο πυρετός εμφανίζεται σε 7-10 λεπτά.

Όταν επιτευχθεί η νέα θερμοκρασία αναφοράς και για όσο χρόνο τα πυρετογόνα έρχονται σ' επαφή με τον υποθάλαμο ο οργανισμός διατηρεί σ' ετοιμότητα τους μηχανισμούς θερμορρύθμισης για να διατηρήσει τη νέα θερμοκρασία (plateau phase).

Άλλα, σπανιότερα, αίτια πυρετού είναι οι χειρουργι-

κές επεμβάσεις ή όγκοι στην περιοχή του υποθαλάμου.

Σήμερα ο πυρετός θεωρείται μια από τις εκδηλώσεις της **αντίδρασης οξείας φάσης** (acute phase reaction) η οποία περιλαμβάνει αλλαγές στις συγκεντρώσεις ιόντων (Fe-Mg), διέγερση του ανοσοποιητικού και δυσάρεστες αισθητικές διαταραχές (αίσθημα κακουχίας) οι οποίες τείνουν να ακινητοποιήσουν τον ασθενή όσο ο οργανισμός αμύνεται εναντίον της φλεγμονής ή άλλων παθήσεων<sup>(23)</sup>.

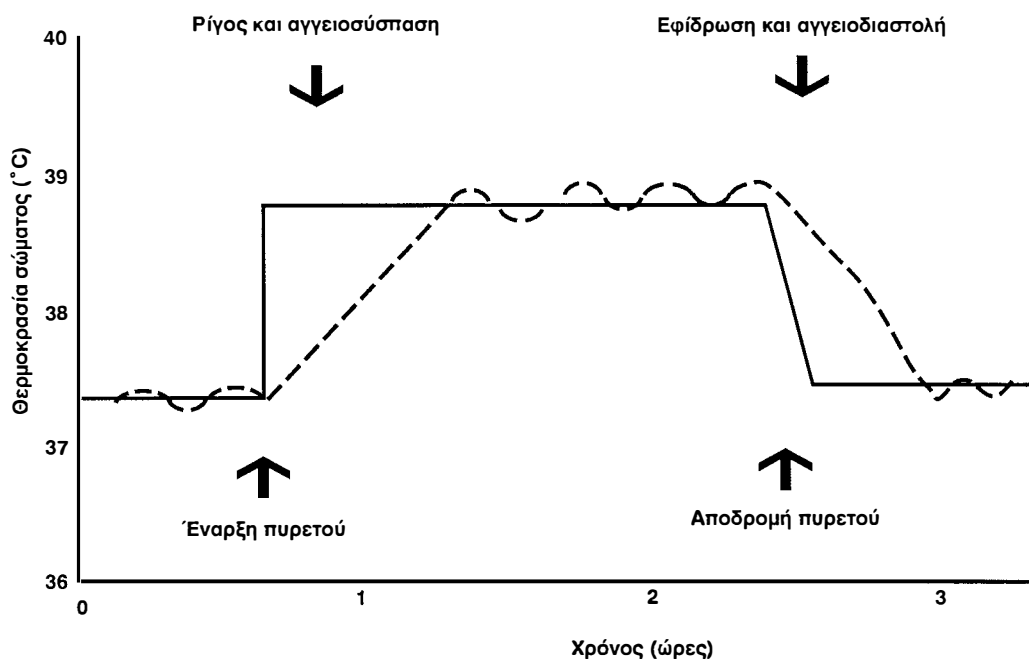
### Υπερθερμία

Παρατηρείται σε καταστάσεις έντονης μυϊκής εργασίας, παρατεταμένης έκθεσης σε θερμό περιβάλλον. Δεν είναι πυρετός διότι δεν υπάρχει αλλαγή στη θερμοκρασία αναφοράς.

### Θερμοπληξία (θερμικό shock)

Η έκθεση του ανθρώπου για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμό περιβάλλον όταν συνδυάζεται με μυϊκή δραστηριότητα (εργασία, αθλοπαιδιές, γρήγορο βάδισμα) ή παρεμπόδιση έκκρισης ιδρώτα (υγρό περιβάλλον, λήψη φαρμάκων) μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση του ολικού θερμικού περιεχομένου του σώματος με καταστροφικά για τις βιοχημικές λειτουργίες των κυττάρων αποτελέσματα.

Το όριο εμφάνισης θερμοπληξίας ποικίλει ανάλογα το ποσοστό της υγρασίας στην ατμόσφαιρα: σε τελείως ξηρό αέρα και επί υπέρθεωσ ρευμάτων αέρος το άτομο



Σχήμα 7: Συσχέτιση μεταβολών θερμοκρασίας του σώματος (πυρετός) και θερμορρυθμιστικών απαντήσεων.

μπορεί να αντέξει και σε θερμοκρασίες 55-60°C για αρκετές ώρες.

Σε κορεσμένη με υδρατμούς ατμόσφαιρα το όριο εμφάνισης θερμικού shock είναι 34,5°C.

### Κακοήθης Υπερθερμία

Είναι μια ακατάσχετη παραγωγή θερμότητας από τα μυϊκά κύτταρα κάτω από την επίδραση ορισμένων φαρμάκων σε έδαφος συγγενούς ανωμαλίας στη δομή τους.

Οι θερμορρυθμιστικοί μηχανισμοί αδυνατούν να αντιμετωπίσουν μόνοι τους τη κατάσταση αυτή και αν δεν επέμβουμε ψύχοντας τον πυρήνα του σώματος και χορηγώντας επαρκείς ποσότητες δαντρολένης ο ασθενής καταλήγει.

Η κακοήθης υπερθερμία δεν είναι πυρετός διότι δεν υπάρχει αλλαγή της θερμοκρασίας αναφοράς<sup>(24)</sup>.

### Υποθερμία

Υποθερμία έχουμε όταν η θερμοκρασία του σώματος πέφτει κάτω από τους 36°C. Παρατηρείται όταν η παραγωγή θερμότητας από το σώμα αδυνατεί να καλύψει τις απώλειες προς ένα ψυχρό περιβάλλον.

Η κατάσταση επιδεινώνεται με τη λήψη αλκοόλ ή φαρμάκων (βαρβιτουρικά και κάποια αντιυπερτασικά).

Εάν η θερμοκρασία του πυρήνα πέσει κάτω από τους 30°C, η θερμορρυθμιστική ικανότητα του υποθαλάμου μηδενίζεται<sup>(21)</sup>. Έκθεση του σώματος σε παγωμένο νερό για 20-30 λεπτά οδηγεί σε καρδιακή ανακοπή ή κοιλιακή μαρμαρυγή. Την ίδια στιγμή η θερμοκρασία του πυρήνα έχει πέσει στους 25°C. Εάν γίνει ταχεία αναθέρμανση η ζωή του ατόμου συχνά σώζεται.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Sessler D.: Perioperative heat balance. *Anesthesiology*, 2000, 92, 578-596.
2. Matsukawa T., Sessler D., et al.: Heat flow and distribution during induction of general anaesthesia. *Anesthesiology*, 1995, 82, 662-673.
3. Sessler D.: Temperature monitoring, in Miller R.D.: *Anesthesia*, 4th edition, 1994, Churchill - Livingstone.
4. Tikuisis, P., Bell D., Jacobs I.: Shivering onset, metabolic response and convective heat transfer during cold air exposure. *J. Appl. Physiol*, 1991, 70, 1996-2002.
5. Satinof E.: Neurol organization and evaluation of thermal regulation in mammals. *Science*, 1978, 201, 16-22.
6. Cooper K.: Basic thermoregulation, in Greger - Windhourst: *Coprehensive Human Physiology*, 1996 Springer.
7. Guyton A.: Body temperature, temperature regulation and fever, in Guyton A - Hall J.: *Textbook of Medical Physiology*, 9th edition, 1996 Saunders W.
8. D.: Mild perioperative hypothermia. *N. Engl. J. Med.*, 1997, 336, 1730-1737.
9. Jessen C., Feinkstrom G.: Some characteristics of core temperature signals. *Am. J. Physiol*, 1984, 247, R456-464.
10. Σγουροπούλου Σ., Σπετσακη Μ.: Ακούσια διεγχειρητική υποθερμία, *Ελλ. Αναισθ.*, 1997, 31, 225-236.
- 10α. Buggy D, Grossley W.: Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and postamesthetic shivering, *Br. J. Anaesth*, 2000, 84, 615-628.
11. Δεληγιάννης Α.: *Θερμορρύθμιση και άσκηση*, στο *ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΣΗ*, 1992, Univ. Studio Press
12. Aitkenhead A - Smith G.: Monitoring of metabolism, in *Textbook of Anaesthesia*, 3rd edit, 1996, Churchill - Livingstone.
13. Sessler D.: Body temperature regulation, in Miller R.D.: *Anaesthesia*, 4th edition, 1994, Churchill - Livingstone.
14. Buckowiek L.: Mechanisms of stimulus calorogenesis coupling in brown adipose tissue. *Can.J. Bioch.Cell. Biol.*, 62, 623-624, 1984.
15. Bissonette B.: Les portes caloriques perioperatoire, in *Hypothermie Perioperatoire en volontaire*, J.E.P.U., 1993, Anesthesie - Reanimation Pitie - Salpetriere, ed: Arnette.
16. Leinhart A., Duranteau R.: Le monitoring de la temperature en anesthesie, en *LE MONITORAGE DE L' OPERE*, 1984, Paris Mason.
17. Bickler P., Sessler D.: Efficiency of airway heat and moisture exchanges in anesthetized humans, *An. Analq.* 1990, 71, 415-418.
18. Hemingway A., Price W.: The autonomic nervous system and regulation of body temperature, *Anesthesiol*, 1968, 29, 693-699.

19. Sessler D.: Perioperative temperature regulation. An. Refr. Course Lectures, ASA, 1995, 265, 1-7
  20. Greger R.: The formation of sweat, in Greger R Windhorst U. Copenhensive Human Physiology, 1996, Springer - Verlag.
  21. Seeley R, Stephens T., Tate P.: Thermoregulation, in Anatomy and Physiology, 1998 McGraw-Hill.
  22. Beutler B., Beutler S.: The pathogenesis of fever, in Cecil Thextbook of Medicine, 20th 1996, Bennet - Plum.
  23. Cooper K.: Body Temperature control and its disorders, in Greger R-Windhorst U.: Copenhensive Human Physiology, 1996, Springer - Verlag.
  24. Adhet P., Gronert Z.: Malignant Hyperthermia: advances and management. Curr. Opp. Anaesth, 1999, 12, 353-358.
-