

Θερμοκρασία

ΜΑΡΙΑ ΑΣΗΜΑΚΗ

STANDARDS FOR BASIC ANESTHETIC MONITORING

(Approved by the ASA House of Delegates on October 21, 1986 and last amended on October 25, 2005)
Every patient receiving anesthesia shall have temperature monitored when clinically significant changes in body temperature are intended, anticipated or suspected.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διεγχειρητική υποθερμία αποτελεί τη συχνότερη επιπλοκή της αναισθησίας και το κυριότερο παράπονο των περισσοτέρων ασθενών. Αν και η απώλεια θερμότητας κατά την διάρκεια της αναισθησίας, δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί, η ανάπτυξη διεγχειρητικής υποθερμίας μπορεί να προβλεφθεί και να περιοριστεί σε σημαντικό βαθμό. Η περιεγχειρητική παρακολούθηση της θερμοκρασίας κρίνεται απαραίτητη και η λήψη μέτρων για την πρόληψη της πτώσης της επιβεβλημένη.

Λέξεις Κλειδιά: Θερμορύθμιση, διεγχειρητική υποθερμία.

ΟΡΙΣΜΟΙ

Ομοιοθερμία: Η ιδιότητα του οργανισμού να διατηρεί τη θερμοκρασία του πυρήνα μέσα σε πολύ στενά όρια ($\pm 2^\circ\text{C}$) παρά τις μεγάλες διακυμάνσεις στην θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Πυρήνας: Το θερμικό διαμέρισμα του σώματος που αποτελείται από τους ιστούς με την υψηλότερη παροχή και διατηρεί ομοιόμορφη, σταθερή θερμοκρασία υψηλότερη από τα υπόλοιπα διαμερίσματα

Νορμοθερμία: Διατήρηση της θερμοκρασίας του πυρήνα στους $36\text{-}38^\circ\text{C}$.

Υποθερμία: θερμοκρασία πυρήνα μικρότερη από τους 36°C . Υποθερμία μπορεί να υφίσταται ανεξάρτητα από την μετρούμενη θερμοκρασία., αν ο ασθενής αισθάνεται κρύο, ή αν υπάρχουν σημεία ή συμπτώματα που υποδηλώνουν υποθερμία όπως ρίγος, περιφερική αγγειοσύσπαση, ανόρθωση τριχών.

Ήπια υποθερμία: θερμοκρασία πυρήνα $35,5\text{-}35,9^\circ\text{C}$

Μέτρια υποθερμία: θερμοκρασία πυρήνα $35\text{-}35,4^\circ\text{C}$

Σοβαρή υποθερμία: θερμοκρασία πυρήνα μικρότερη από 35°C

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Η θερμοκρασία του σώματος, ρυθμίζεται με τη συμμετοχή πληθώρας παραγόντων στους οποίους περιλαμβάνονται: ειδικοί υποδοχείς, προσαγωγοί οδοί, το κέντρο της θερμορύθμισης καθώς επίσης και με την ενεργοποίηση μηχανισμών άμυνας στις

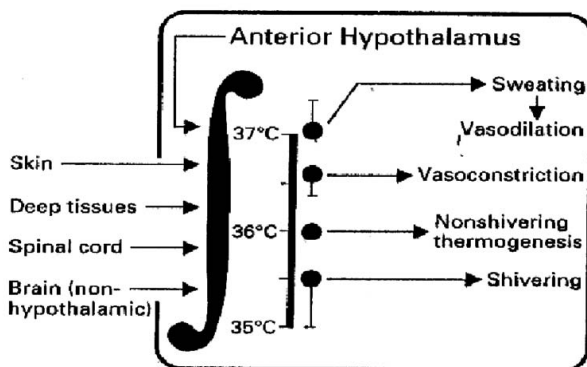
αλλαγές της θερμοκρασίας.

Τα προσαγωγά ερεθίσματα για την αίσθηση του θερμού και του ψυχρού προέρχονται από υποδοχείς που εντοπίζονται στο δέρμα, στους εν τω βάθει ιστούς της κοιλιάς και του θώρακα, στην σπονδυλική στήλη και στον εγκέφαλο. Τα ψυχρά ερεθίσματα από τους υποδοχείς του ψύχους άγο-

νται με ίνες Αδ ενώ τα θερμά με τις ίνες C. Τα ερεθίσματα που προσλαμβάνονται από τους υποδοχείς, αφού περάσουν από ενδιάμεσους σταθμούς τόσο στον νωτιαίο μυελό όσο και στον εγκέφαλο, φτάνουν στον υποθάλαμο όπου και εντοπίζεται το κέντρο ελέγχου της θερμοκρασίας του σώματος.

Ο υποθάλαμος διατηρεί την θερμοκρασία του πυρήνα μέσα σε πολύ στενά όρια, συνήθως από 36,60°C έως 37,2°C (εύρος θερμορύθμισης). Κάθε απόκλιση από το εύρος θερμορύθμισης, κινητοποιεί μηχανισμούς με σκοπό την επαναφορά της θερμοκρασίας εντός των φυσιολογικών ορίων. Η ίδια η συμπεριφορά του ατόμου (ένδυση, αναζήτηση θερμότερου ή ψυχρότερου περιβάλλοντος) αποτελεί τον αποτελεσματικότερο μηχανισμό άμυνας. Το έναυσμα για την κινητοποίηση αυτού του μηχανισμού, δίνεται από ερεθίσματα που προέρχονται κυρίως από τους υποδοχείς του δέρματος.

Η απόκλιση της θερμοκρασίας του πυρήνα από τα προκαθορισμένα όρια κινητοποιεί και το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Έτσι, κάθε φορά που η θερμοκρασία πέφτει κάτω από την προκαθορισμένη τιμή, ο ανθρώπινος οργανισμός προσπαθεί να την επαναφέρει με την αγγειοσύσπαση, το ρίγος και τη θερμογένεση που δεν σχετίζεται με ρίγος. Αντίθετα, η εφίδρωση και η προτριχοειδική αγγειοδιαστολή κινητοποιούνται, όταν ξεπεραστεί το ανώτερο όριο. Η θερμοκρασία στην οποία ενεργοποιείται ο κάθε αμυντικός μηχανισμός χαρακτηρίζεται ως ουδός. (εικόνα 1)



Εικόνα 1. Ο έλεγχος της θερμορύθμισης μέσω του υποθάλαμου

Ο υποθάλαμος, το κύριο θερμορυθμιστικό κέντρο στα θηλαστικά, παριστάνεται με μορφή τετραγωνι-

κής ρίζας. Τα διάφορα ερεθίσματα που εισέρχονται στον υποθάλαμο (όπως φαίνεται στο σχήμα από αριστερά προς τα δεξιά) αποτελούν περίπου το 20% των εισερχόμενων ερεθισμάτων που αφορούν την ρύθμιση της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία του ίδιου του υποθαλάμου συμμετέχει και αυτή κατά 20% στις πληροφορίες που εισέρχονται στον υποθάλαμο. (Τροποποιημένο από Sessler)

Αν και ο μηχανισμός κινητοποίησης της αγγειοδιαστολής δεν έχει ακόμη αποσαφηνιστεί πλήρως, γνωρίζουμε ότι είναι εξαιρετικά αποτελεσματικός, αφού αυξάνει σε πολύ μεγάλο βαθμό την ροή του αίματος από το κέντρο προς την περιφέρεια και άρα την αποβολή θερμότητας. Η εφίδρωση επιτυγχάνεται μέσω των μεταγαγγλιακών χολινεργικών ινών που κατανέμονται στους ιδρωτοποιούς αδένες. Ο ρυθμός παραγωγής του ιδρώτα μπορεί να ξεπεράσει τα 0.5L/min στους περισσότερους υγιείς ενήλικες και το 1-1.5L/min στους αθλητές.

Η αγγειοσύσπαση λόγω του ψύχους συμβαίνει στις αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις (shunts) των δάχτυλων των άκρων και ελέγχεται τόσο μέσω των κεντρικών α_1 αδρενεργικών υποδοχέων όσο και των τοπικών α_2 υποδοχέων.

Το ρίγος που αποτελεί ακούσια μυϊκή δραστηριότητα, μπορεί να αυξήσει τον ρυθμό του μεταβολισμού κατά 2-3 φορές.

Η θερμογένεση που δεν σχετίζεται με το ρίγος αν και αποτελεί σημαντικό θερμορυθμιστικό μηχανισμό στα παιδιά, ο ρόλος της στους ενήλικες είναι περιορισμένος. Ενεργοποιείται μέσω των β_3 αδρενεργικών υποδοχέων που εδράζονται στο φαιό λίπος. Η φαιή απόχρωση του, οφείλεται στην παρουσία μεγάλου αριθμού μιτοχονδρίων.

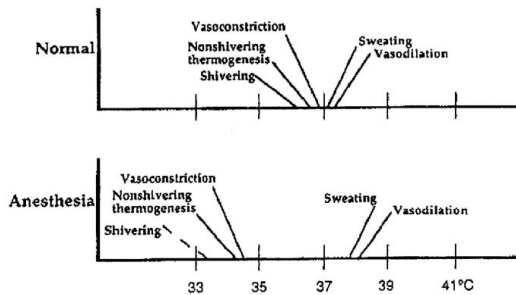
Η θερμοκρασία του πυρήνα μπορεί να διαφέρει σημαντικά από αυτή της περιφέρειας. Οι ιστοί που αντιπροσωπεύουν τον πυρήνα αποτελούν περίπου το 50% του οργανισμού, οι δε περιφερικοί ιστοί το υπόλοιπο 50%.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΘΕΡΜΟΡΥΘΜΙΣΗ

Η αναισθησία οδηγεί σε απώλεια του φυσιολογικού θερμορυθμιστικού μηχανισμού.

Καταρχάς καταργεί τη δυνατότητα άμυνας μέσω της συμπεριφοράς. Επιπλέον, οι χορηγούμενοι

αναισθητικοί παράγοντες επιδρούν στο φυσιολογικό θερμορρυθμιστικό μηχανισμό με διάφορους τρόπους: μειώνουν τον ρυθμό μεταβολισμού, αναστέλλουν την αγγειοσύσπασση και το ρίγος, καταστέλλουν το θερμορρυθμιστικό κέντρο του υποθαλάμου. Προκαλούν έτσι σαφή διεύρυνση του θερμορρυθμιστικού εύρους, μπορούν να το αυξήσουν έως 20 φορές πάνω από την φυσιολογική τιμή. (εικόνα 2)

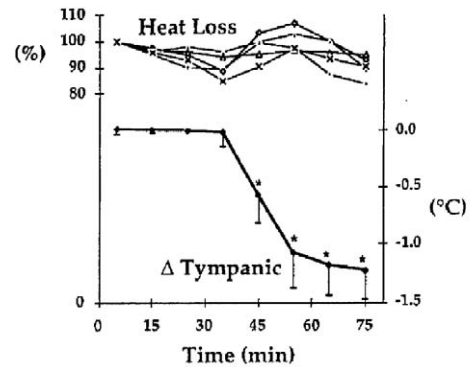


Εικόνα 2 Το θερμορρυθμιστικό εύρος φυσιολογικά και κατά την διάρκεια αναισθησίας. Η οριζόντια γραμμή αντιπροσωπεύει την θερμοκρασία του πυρήνα και οι διαγώνιες γραμμές την θερμορρυθμιστική απάντηση. Σε φυσιολογικές καταστάσεις (επάνω) ο ουδός έναρξης της θερμορρυθμιστικής απάντησης στην ζέση (εφίδρωση, αγγειοδιαστολή) ή στο ψύχος (αγγειοσύσπασση, μη σχετιζόμενη με το ρίγος θερμογένεση, ρίγος) διαφέρουν μεταξύ τους κατά λίγα δέκατα του ενός βαθμού - το θερμορρυθμιστικό εύρος. Κατά την αναισθησία (κάτω) ο ουδός τόσο του ψυχρού όσο και του θερμού μετακινούνται προς τα κάτω και προς τα πάνω αντίστοιχα με αποτέλεσμα την διεύρυνση του θερμορρυθμιστικού εύρους. (Τροποποιημένο από Sessler)

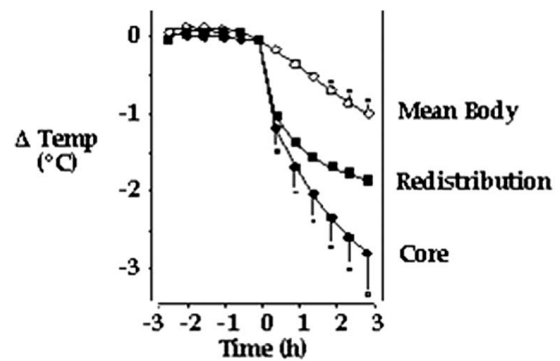
Η διεγχειρητική υποθερμία φαίνεται να παρουσιάζει 3 φάσεις.

Σε πρώτη φάση, μέσα στα πρώτα 40 λεπτά από την έναρξη της αναισθησίας, η θερμοκρασία μειώνεται κατά περίπου 10°C. Η εισαγωγή στην αναισθησία προκαλεί αγγειοδιαστολή, που επιτρέπει τη ροή μεγάλης ποσότητας αίματος προς την περιφέρεια και την πτώση της θερμοκρασίας του πυρήνα. (εικόνα 3)

Η αρχική αυτή φάση της υποθερμίας, είναι πιο έντονη όταν ο ασθενής εκτίθεται σε ψυχρό περιβάλλον πριν την έναρξη της αναισθησίας, γιατί τότε δημιουργείται μεγαλύτερη διαφορά θερμο-



Εικόνα 3. Η μείωση της θερμοκρασίας του σώματος που ακολουθεί την εισαγωγή στην γενική αναισθησία (έναρξη αναισθησίας στα 30 min) σχετίζεται με ταχεία πτώση της θερμοκρασίας του τυμπανικού υμένα κατά 1.2o C κατά τα επόμενα 45 λεπτά (κάτω). Η καθαρή απώλεια θερμότητας είναι μικρή (επάνω) ενοχοποιώντας την ανακατανομή ως αιτία πτώσης της θερμοκρασίας του πυρήνα. (Τροποποιημένο από Sessler et al.)



Εικόνα 4. Αλλαγές στην μέση θερμοκρασία του σώματος και στην θερμοκρασία του πυρήνα κατά την αναισθησία (εισαγωγή στην αναισθησία στο χρόνο 0). Η διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές καμπύλες είναι το ποσοστό της θερμοκρασίας του πυρήνα που χάνεται από την ανακατανομή της θερμότητας μεταξύ πυρήνα και περιφέρειας. Κατά την πρώτη ώρα το 81% της πτώσης της θερμοκρασίας προκύπτει από την ανακατανομή του αίματος. Ακόμη και μετά από 3 ώρες το 65% της πτώσης της θερμοκρασίας οφείλεται στην ανακατανομή. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσες σταθερές αποκλίσεις. (Τροποποιημένο από Kurz A et al. Anesthesiology 1995; 83:491-9)

κρασίας ανάμεσα στον πυρήνα και την περιφέρεια.

Κατά την διάρκεια των επόμενων 2-3 ωρών, η θερμοκρασία του πυρήνα εμφανίζει σταθερή πτώση με ρυθμό περίπου 0,5-1°C την ώρα (εικόνα 4). Η πτώση αυτή οφείλεται σε διαταραχή της ισορροπίας ανάμεσα στην παραγωγή και την απώλεια θερμότητας. Απώλεια θερμότητας προκύπτει με τέσσερις μηχανισμούς: ακτινοβολία, εξάτμιση, αγωγή και μεταφορά.

Με την ακτινοβολία, απελευθερώνεται θερμότητα υπό μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας από δύο αντικείμενα με διαφορετική θερμοκρασία που χωρίζονται μεταξύ τους με στρώμα αέρος.

Με την εξάτμιση, καθώς μόρια υψηλής ενέργειας μεταπίπτουν από την υγρή φάση στην αέρια, η μέση θερμοκρασία των μορίων που παραμένουν σε υγρή μορφή ελαττώνεται. Οι απώλειες αυξάνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού, την αύξηση της κίνησης του αέρα πάνω από την επιφάνεια του υγρού και την μείωση της υγρασίας του περιβάλλοντα αέρα. Η εξάτμιση αποτελεί τον δεύτερο σε σημασία παράγοντα πρόκλησης διεγχειρητικής υποθερμίας. Κατά την διάρκεια της αναισθησίας, αν και η εξάτμιση μέσω του δέρματος δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική, η εξάτμιση των κρύνων διαλυμάτων προετοιμασίας του δέρματος αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική πηγή απώλειας θερμότητας. Για παράδειγμα, η εξάτμιση μέσω του περιτοναίου και του υπεζωκότα κατά την διάρκεια λαπαροτομίας ή θωρακοτομής προκαλεί δραματικά μεγάλη απώλεια θερμότητας, η οποία μάλιστα αυξάνει με την χρήση κρύνων διαλυμάτων έκπλυσης των κοιλοτήτων. Η απώλεια από το αναπνευστικό σύστημα λόγω της εξάτμισης αποτελεί μόλις το 10-15% των συνολικών απωλειών και αυξάνεται όταν χρησιμοποιούνται μεγάλες ροές ψυχρών και ξηρών εισπνεόμενων αερίων.

Με τη μεταφορά, προκαλείται απώλεια θερμότητας όταν σε δύο σώματα που εφάπτονται μεταφέρεται θερμότητα από το θερμότερο στο ψυχρότερο, χωρίς όμως να υπάρχει μεταφορά μορίων. Η θερμότητα που χάνεται με τον μηχανισμό αυτό διεγχειρητικά εξαρτάται από την ροή του αίματος της περιοχής του σώματος που εφάπτεται με τα ψυχρότερα αντικείμενα (π.χ. χειρουργικό κρεβάτι).

Με την αγωγή, οι απώλειες είναι ανάλογες με την διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο δέρμα και τον περιβάλλοντα αέρα και με την τετραγωνική ρίζα της ταχύτητας του αέρα. Οι απώλειες μειώνονται δραματικά με την δημιουργία ενός ακίνητου στρώματος αέρα γύρω από το σώμα.

Μετά από πάροδο 3-5 ωρών αναισθησίας, η θερμοκρασία του πυρήνα παύει να μειώνεται. Η νέα σταθερή θερμοκρασία προκύπτει από την επίτευξη ισορροπίας ανάμεσα στην παραγωγή και την απώλεια θερμότητας. Είναι πιο πιθανό να συμβεί στους ασθενείς που είναι επαρκώς απομονωμένοι από το περιβάλλον και θερμαίνονται ενεργητικά. Στον υποθερμικό ασθενή, η άρση της πτωτικής πορείας, προκύπτει από την ενεργοποίηση της θερμορρυθμιστικής αγγειοσυσπασσης, που έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή της μεταφοράς θερμότητας από το κέντρο στην περιφέρεια.

ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΑ

Η περιοχική αναισθησία επιδρά στο μηχανισμό της θερμορρύθμισης τόσο κεντρικά όσο και στην περιφέρεια.

Κεντρικά, τόσο η ραχιαία όσο και η επισκληρίδιος αναισθησία επηρεάζουν τον έλεγχο της θερμορρύθμισης. Το θερμορρυθμιστικό κέντρο εσφαλμένα θεωρεί την θερμοκρασία του δέρματος των αποκλεισμένων περιοχών μεγαλύτερη από την πραγματική. Αυτή η φαινομενικά υψηλή θερμοκρασία, δεν οδηγεί σε κινητοποίηση των αμυντικών θερμορρυθμιστικών μηχανισμών, που θα έπρεπε να κινητοποιηθούν αν η θερμοκρασία ερμηγυόνταν ορθά. Παράλληλα ο ασθενής αισθάνεται ζεστός, ενώ στην πραγματικότητα είναι υποθερμικός. Αν αυτό συνδυαστεί με το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των αναισθησιολόγων δεν παρακολουθεί την θερμοκρασία των ασθενών που υποβάλλονται σε περιοχική αναισθησία, γίνεται σαφές ότι η διεγχειρητική υποθερμία που αναπτύσσουν αυτοί οι ασθενείς περνά απαρατήρητη.

Περιφερικά, δεδομένου ότι όλες οι θερμορρυθμιστικές απαντήσεις του οργανισμού ολοκληρώνονται μέσω των νεύρων, η πλήρης διακοπή της αγωγής οδηγεί σε απώλεια της θερμορρύθμισης.

Κατά την διάρκεια της περιοχικής αναισθησίας ο ουδός για την αγγειοσυσπασση και το ρίγος μειώνεται κατά 0,5°C, ενώ ο ουδός για την εφίδρωση

αυξάνεται κατά 0,3°C. Το θερμορρυθμιστικό εύρος αυξάνεται κατά 3-4 φορές.

Ο μηχανισμός πρόκλησης της υποθερμίας είναι ουσιαστικά ίδιος με αυτόν που συμβαίνει και στη γενική αναισθησία: η προκαλούμενη αγγειοδιαστολή. Ενώ όμως στην γενική αναισθησία η αγγειοδιαστολή ελέγχεται κεντρικά, στην περιτομική η αγγειοδιαστολή οφείλεται στην άρση της αγγειοσύσπασης. Αν και η αγγειοδιαστολή των αρτηριοφλεβικών αναστομών περιορίζεται συνήθως στο κάτω ήμισυ του σώματος, η μάζα των κάτω άκρων είναι ικανή να προκαλέσει σημαντική υποθερμία. Οι ασθενείς με ραχιαία ή επισκληρίδιο αναισθησία δεν μπορούν να επαναφέρουν το θερμοϊσοζύγιο, γιατί η περιφερική αγγειοσύσπαση παραμένει επηρεασμένη. Έτσι η θερμοκρασία του πυρήνα εξακολουθεί να μειώνεται και η πτώση της θερμοκρασίας ενεργοποιεί το ρίγος ως αμυντικό μηχανισμό. Η παραγόμενη όμως θερμότητα δεν είναι αρκετή, γιατί το ρίγος περιορίζεται στις περιοχές που δεν είναι μπλοκαρισμένες και η μυϊκή μάζα τους είναι περιορισμένη.

ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΥΠΟΘΕΡΜΙΑΣ

1. Αποτελεί δυσάρεστη εμπειρία για τον ασθενή: αρκετοί ασθενείς αξιολογούν το μετεγχειρητικό ρίγος ως το πιο δυσάρεστο επακόλουθο της επέμβασης.
2. Προκαλεί επιπρόσθετο stress του καρδιαγγειακού: έκκριση κατεχολαμινών, αύξηση της αρτηριακής πίεσης, της καρδιακής συχνότητας, της καρδιακής παροχής, της κατανάλωσης οξυγόνου από τους ιστούς, ελάττωση της αποδέσμευσης του οξυγόνου στους ιστούς και μετακίνηση της καμπύλης αποδέσμευσης της αιμοσφαιρίνης προς τα αριστερά (δηλαδή αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης ισχαιμίας και ανεπιθύμητων συμβαμάτων από το καρδιαγγειακό)
3. Καθυστερεί την επούλωση των τραυμάτων λόγω της αγγειοσύσπασης και της μειωμένης αποδέσμευσης του οξυγόνου στους ιστούς.
4. Αυξάνει την πιθανότητα λοίμωξης του τραύματος γιατί επηρεάζεται η λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος.
5. Προκαλεί διαταραχές της πήξης διότι επηρεάζεται η ικανότητα συγκόλλησης των αιμοπετα-

λίων και μειώνεται η ενεργοποίηση των παραγόντων της πήξης με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συνολική απώλεια αίματος.

6. Επηρεάζει τον μεταβολισμό των φαρμάκων.
7. Παρατείνει την ανάνηψη των ασθενών.
8. Παρατείνει τον συνολικό χρόνο νοσηλείας των ασθενών που παρουσίασαν διεγχειρητικά υποθερμία μέχρι και 20% ανεξάρτητα από την ύπαρξη επιμόλυνσης του τραύματος
9. Αυξάνει το κόστος νοσηλείας :μετά-ανάλυση του κόστους έδειξε ότι η εμφάνιση διεγχειρητικής υποθερμίας κατά 1,5°C προκαλεί ανεπιθύμητες συνέπειες που αυξάνουν το κόστος νοσηλείας από 2.500 έως 7.000\$ ανά χειρουργικό ασθενή

ΣΥΜΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί κατά καιρούς διάφοροι παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με συχνότερη εμφάνιση διεγχειρητικής υποθερμίας:

- Ηλικία: παιδιά και ηλικιωμένοι
- Θήλυ φύλο
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Καχεξία
- Διάρκεια και τύπος της χειρουργικής επέμβασης
- Συνυπάρχουσες παθήσεις: περιφερική αγγειακή νόσος, εγκαύματα, νόσοι του ενδοκρινικού συστήματος (μυξοίδημα, ανεπάρκεια επινεφριδίων), νόσοι που επηρεάζουν το αυτόνομο νευρικό σύστημα (παραπληγία, διαβήτης, ουραιμία) εγκυμοσύνη
- Σημαντική διακίνηση υγρών
- Χορήγηση ψυχρών διαλυμάτων
- Γενική ή περιτομική αναισθησία
- Χρήση φαρμάκων: αλκοόλ, αντιχολινεργικά

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ MONITORING ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Η θερμοκρασία του πυρήνα μπορεί να μετρηθεί στην πνευμονική αρτηρία, στον οισοφάγο, στον τυμπανικό υμένα και στον ρινοφάρυγγα. Οι μετρήσεις που γίνονται στην στοματική κοιλότητα, στην μασχάλη, στην ουροδόχο κύστη, στο δέρμα και στο ορθό μπορούν να εκτιμήσουν την θερμοκρασία του πυρήνα αρκετά ικανοποιητικά. Αξίζει

όμως να σημειωθεί ότι στις μεγάλες και ταχείες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, οι θέσεις αυτές δεν εκτιμούν σωστά την θερμοκρασία του πυρήνα.

Τα probes και οι σένσορες που χρησιμοποιούνται στις χειρουργικές αίθουσες για την μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να είναι τριών ειδών: θερμίστορες, θερμικά ζεύγη ή συσκευές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία των υγρών κρυστάλλων.

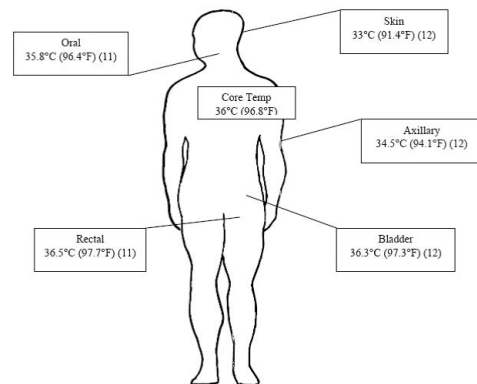
Οι θερμίστορες είναι μεταλλικοί ημιαγωγοί οξειδίων (χαλκού, νικελίου, σιδήρου, μαγγανίου, ψευδαργύρου), που η αντίστασή τους εξαρτάται από την θερμοκρασία. Παρουσιάζουν μεγάλη πτώση της αντίστασης με την άνοδο της θερμοκρασίας και αύξηση της αντίστασης με την πτώση της θερμοκρασίας. Οι θερμίστορες που χρησιμοποιούνται στην κλινική πράξη (π.χ. στα διοισοφάγια θερμομέτρα) έχουν ακρίβεια της τάξης των $0,2^{\circ}\text{C}$ (μέσα στα όρια των 5°C - 45°C).

Τα θερμικά ζεύγη αποτελούνται από δύο διαφορετικά μέταλλα ενωμένα μεταξύ τους. Το ρεύμα σε ένα κύκλωμα που αποτελείται από δύο διαφορετικά μέταλλα είναι ανάλογο της διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στα σημεία που ενώνονται. Το ένα σημείο διατηρείται πάντα σε μία σταθερή θερμοκρασία αναφοράς, ενώ το άλλο τοποθετείται στην άκρη του θερμομέτρου. Έτσι η θερμοκρασία μπορεί να μετρηθεί από τη ροή του ρεύματος.

Οι υγροί κρύσταλλοι, που είναι εστέρες χοληστερόλης, αλλάζουν χρώμα καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Τέτοιοι κρύσταλλοι περιέχονται στις ταινίες που επικολλώνται στο δέρμα. Χρειάζεται προσοχή στην ερμηνεία της μετρούμενης θερμοκρασίας, καθώς αυτή αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία του δέρματος της περιοχής.

Υπάρχει μεγάλη διακύμανση της θερμοκρασίας ανάλογα με την περιοχή του σώματος. Η θερμοκρασία του ορθού είναι συνήθως $0,5^{\circ}\text{C}$ ως 1°C υψηλότερη από την θερμοκρασία του στόματος, η οποία με την σειρά της είναι $0,5^{\circ}\text{C}$ ως 1°C υψηλότερη από την θερμοκρασία της μασχάλης. (εικόνα 5)

Κατά την περιεγχειρητική περίοδο, η θερμοκρασία του πυρήνα αλλάζει γοργά. Οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας των διαφόρων περιοχών του σώματος από τη θερμοκρασία του πυρήνα μεταβάλλο-



Εικόνα 5. Θερμοκρασίες στις διάφορες περιοχές του σώματος

νται επίσης. Η θέση και ο τρόπος μέτρησης της θερμοκρασίας αποτελεί προσωπική επιλογή του κάθε αναισθησιολόγου, που πρέπει να λάβει υπ' όψιν τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα της κάθε μεθόδου (πίνακας 1)

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΘΕΡΜΙΑΣ

Στην διεγχειρητική υποθερμία είναι σαφώς προτιμότερη η πρόληψη από την θεραπεία, όπως άλλωστε συμβαίνει και σε κάθε επιπλοκή.

Η φροντίδα του ασθενούς πρέπει να αρχίζει πρώιμα, από την προεγχειρητική περίοδο και να συνεχίζεται τόσο διεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά. Η πρόληψη και η αντιμετώπιση της υποθερμίας απαιτεί μεθοδικότητα και στρατηγική. Ήδη από το 1986 η αμερικανική εταιρεία περιαναισθητικής νοσηλευτικής έχει εκδώσει κλινικές οδηγίες για την πρόληψη και αντιμετώπιση της διεγχειρητικής υποθερμίας (www.aspan.org).

Το πρωταρχικό βήμα είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας. Παρόλο που το ποσοστό των αναισθησιολόγων που γνωρίζουν τις συνέπειες της υποθερμίας είναι αρκετά υψηλό, οι αναισθησιολόγοι που πραγματικά παρακολουθούν διεγχειρητικά την θερμοκρασία του ασθενούς είναι απογοητευτικά λίγοι.

Αν και κατά καιρούς έχουν προταθεί πολλές μέθοδοι για την αντιμετώπιση της υποθερμίας, φαίνεται πως τα καλύτερα αποτελέσματα προκύπτουν από τον συνδυασμό τους. Σε κάποιες περιπτώσεις βέβαια, όπως στα μικρά παιδιά, παρά τις έντονες προσπάθειες, η ανάπτυξη υποθερμίας δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί.

Πίνακας 1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων θέσεων μέτρησης της θερμοκρασίας		
Θέση	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
Τυμπανικός υμένας	Εύκολη προσπέλαση Γεινίαση με τον πυρήνα (μέσω της έσω καρωτίδας)	Κίνδυνος διάτρησης (σπάνια)
Ρινοφάρυγγας	Εύκολη προσπέλαση Γεινίαση με τον πυρήνα (μέσω της έσω καρωτίδας)	Επηρεάζεται από εισπνεόμενα αέρια, κίνδυνος επίσταξης
Οισοφάγος	Γεινίαση με τον πυρήνα (Κοντά στα μεγάλα αγγεία και την καρδιά)	Επηρεάζεται από τα εισπνεόμενα αέρια και κατά την χειρουργική του θώρακα
Ορθό	Καλή επιλογή κατά την προκλητή υποθερμία	Επηρεάζεται από παρουσία κοπράνων, κατά την कुστεοσκόπηση, την περιτοναϊκή πλύση
Ουροδόχος κύστη	Αντανακλά καλύτερα τη θερμοκρασία του πυρήνα από το ορθό, ενσωματωμένα θερμόμετρα σε καθετήρες μέτρησης ούρων	Επηρεάζεται από την ροή των ούρων, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ουρολογικά περιστατικά
Στοματική κοιλότητα	Εύκολη προσπέλαση	Επηρεάζεται από υπεραερισμό
Μασχάλη	Εύκολη τεχνική	Πρέπει να τοποθετείται πάνω από την μασχαλιαία αρτηρία, επηρεάζεται από την χορήγηση υγρών και την περιχειρίδα μέτρησης της αρτηριακής πίεσης
Δέρμα	Χρήσιμη σε νεογνά Εύκολη τοποθέτηση	Δεν αντιπροσωπεύει την θερμοκρασία του πυρήνα, επηρεάζεται από την αγγειοσύσπαση και την εφίδρωση
Καθετήρας πνευμονικής αρτηρίας	Θερμοκρασία μικτού φλεβικού αίματος	Μη αξιόπιστη στην χειρουργική του θώρακα, στην εξωσωματική κυκλοφορ.

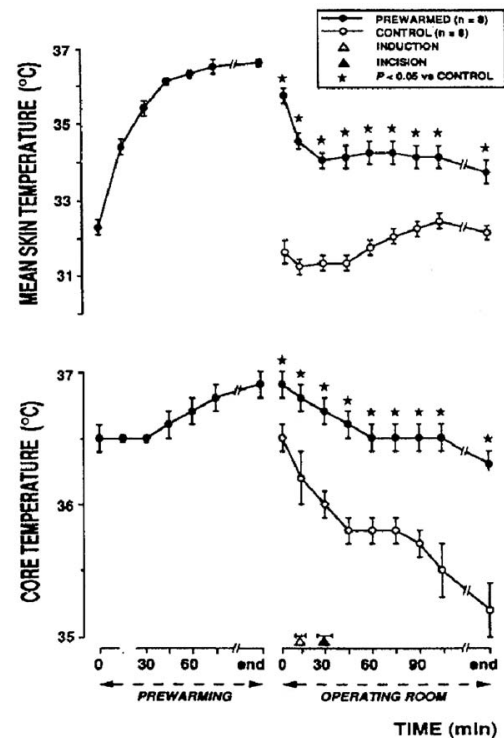
Πολύ μεγάλο ποσοστό της θερμότητας διεγχειρητικά χάνεται μέσω του δέρματος (80-90%).

Για να μειωθούν οι απώλειες πρέπει η θερμοκρασία περιβάλλοντος να διατηρείται οπωσδήποτε πάνω από τους 21°C (κατ'άλλους συγγραφείς 230°C), τουλάχιστον μέχρι να γίνει η προετοιμασία του αρρώστου και να ληφθούν τα υπόλοιπα μέτρα. Οι απώλειες μέσω του δέρματος μπορεί να μειωθούν μέχρι και 30%, απομονώνοντας τον ασθενή από τον περιβάλλοντα αέρα με τη χρήση καλυμμάτων (κουβέρτες, σεντόνια...) τα οποία δημιουργούν ένα ακίνητο και μονωμένο στρώμα αέρος γύρω από τον άρρωστο. Η χρήση περισσότερων καλυμμάτων δεν αυξάνει αναλογικά την αποτελεσματικότητά τους, σημασία έχει η κάλυψη μεγαλύτερης επιφάνειας δέρματος.

Παρά το γεγονός ότι οι απώλειες θερμότητας μέσω του αναπνευστικού συστήματος είναι μικρές (10-15%), η χρήση ανταλλακτών θερμότητας και υγρασίας που προστίθενται στο αναπνευστικό κύκλωμα είναι ευρεία διαδεδομένη. Αν και η συμβολή τους στην πρόληψη της υποθερμίας είναι μάλλον μηδαμινή, η χρήση τους συμβάλει στη διατήρηση της απαιτούμενης υγρασίας των εισπνεόμενων αερίων και στην πρόληψη της βλάβης στην τραχεία, που προκαλείται από την εμφύσηση ψυχρών αερίων.

Στα επιπρόσθετα μέτρα συμπεριλαμβάνεται η θέρμανση όλων των χορηγούμενων υγρών (ενδοφλέβιων, έκπλυσης κοιλοτήτων, αντισηψίας του δέρματος). Κάθε 1 λίτρο κρυσταλλοειδούς διαλύματος που χορηγείται ενδοφλεβίως σε θερμοκρασία δωματίου και κάθε 1 μονάδα RBC μειώνει τη

θερμοκρασία σώματος κατά 0,25°C. Ένας μεγάλος αριθμός συσκευών έχουν αναπτυχθεί για την θέρμανση των χορηγούμενων διαλυμάτων. Κάθε μία από αυτές μπορεί να θερμάνει αποτελεσματικά τα χορηγούμενα υγρά σε διαφορετικές ροές χορήγησης (πίνακας 2). Η ενδοφλέβια χορήγηση



Εικόνα 6. Τα αποτελέσματα της προθέρμανσης στην θερμοκρασία του πυρήνα. Η θερμοκρασία του πυρήνα διατηρείται ικανοποιητικά κατά την αναισθησία μετά από προθέρμανση (συμπαγείς κύκλοι) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (κενοί κύκλοι). (Τροποποιημένο από Just et al)

Πίνακας 2	
Device	Flow rates that produce effective fluid warming
Conventional fluid warmer	12.5-16.7 ml/min
Hotline fluid warmer (Sims Level 1, Rockland, MA)	0.83-100 ml/min (saline) 0.83-50 ml/min (blood)
System 250 fluid warmer (Sims Level 1, Rockland, MA)	160-740 ml/min, up to 2200ml/min

θερμών διαλυμάτων προλαμβάνει την ανάπτυξη υποθερμίας, δεν μπορεί όμως να θερμάνει έναν ήδη υποθερμικό ασθενή.

Η χρήση θερμαινόμενων στρωμάτων νερού, που τοποθετούνται πάνω στο χειρουργικό κρεβάτι, δεν έχει αποδώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η επιφάνεια του σώματος που έρχεται σε επαφή με το στρώμα είναι μικρή και η ροή του αίματος στην περιοχή περιορίζεται, λόγω της συμπίεσης των τριχοειδών. Ο συνδυασμός των παραγόντων αυτών μπορεί μάλιστα να οδηγήσει στην ανάπτυξη θερμοκλών βλαβών του δέρματος.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να διατηρηθεί

η θερμοκρασία μέσα στα φυσιολογικά όρια διεγχειρητικά, είναι η χρήση συσκευών ενεργητικής θέρμανσης. Οι συσκευές εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται μόνο στα νεογνά και στα πολύ μικρά παιδιά και η χρήση τους έχει συγκεκριμένους περιορισμούς. Οι συσκευές εμφύσησης θερμού αέρα έχουν αποδειχθεί πιο αποτελεσματικές από όλες τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους. Η χρήση τους από την προεγχειρητική περίοδο μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στον περιορισμό των απωλειών, μειώνοντας τη διαφορά της θερμοκρασίας του πυρήνα από την θερμοκρασία της περιφέρειας (εικόνα 6).

ABSTRACT

Temperature

Maria Asimaki

Perioperative hypothermia remains the most frequent complication of anesthesia and the main complaint in the vast majority of the patients. Although perioperative heat loss is unavoidable it can be anticipated and largely restricted.

Perioperative monitoring of patients temperature is strongly recommended and the prevention of heat loss is mandatory.

Key words: normal thermoregulation, core temperature, hypothermia, interthreshold range

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ

1. Sessler D. Current concept : Mild intraoperative hypothermia. N Eng J
2. Med 1997 ; 336 : 1730-1737.
3. Young C, Sladen N. Temperature monitoring. Int Anesthesiol Clin 1996 ; 34 :149-174.
4. Sessler D : Temperature regulation and anesthesia. ASA review course 1993.
5. Franc S et al: Perioperative maintenance of normothermia reduce the incidence of morbid cardiac events. JAMA 1997 ; 277 : 1127-1-34
6. Cataneo C, Frank S, Hesel T et al The accuracy and precision of body temperature monitoring methods during regional and general anesthesia. Anesth Analg 2000 ; 90: 938-45
7. ASA Standards for basic anesthetic monitoring <http://www.asahq.org>
8. Temperature monitoring and thermal management guidelines, Department of anesthesiology, University Hospitals of Cleveland
9. ASPAN Clinical guidelines for the prevention of unplanned perioperative hypothermia, 1998 <http://www.aspan.org>
10. Erickson RS, Kirklin SK, Comparison of ear-based, bladder, oral and axillary methods for core temperature measurement, Critical Care Medicine 1993 ; 21: 1528-34.
11. Arlilic C, Akca O, Tguchi A, Sessler D, Kurz A. Temperature monitoring and management during neuraxial anesthesia: an observational study. Anesth Analg 2000; 91: 662-6