

Φυσιολογική Θερμορρύθμιση στα Βρέφη και Παιδιά Επίδραση της Αναισθησίας Περιεγχειρητική Αντιμετώπιση της Υποθερμίας

ΑΘΗΝΑ ΖΑΜΠΟΥΡΗ - ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

Θερμορρύθμιση είναι η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας σώματος με ρύθμιση της παραγόμενης και της αποβαλλόμενης θερμότητας. Τους διαφόρους οργανισμούς τους διακρίνουμε σε ομοιόθερμους και ποικιλόθερμους. Οι ομοιόθερμοι, διατηρούν με διαφόρους μηχανισμούς τη θερμοκρασία σώματος σταθερή. Στους ποικιλόθερμους η θερμοκρασία σώματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ο άνθρωπος σε όλες του τις ηλικίες ανήκει στους ομοιόθερμους οργανισμούς. Η σημασία της θερμορρύθμισης για τα νεογνά εκτιμήθηκε ήδη από τις αρχές του αιώνα μας, όταν ο Budin (1907) παρατήρησε σημαντική διαφορά στη νεογνική θνησιμότητα ανάμεσα σε βρέφη με διαφορετική θερμοκρασία σώματος.¹

Το ανθρώπινο θερμορρυθμιστικό σύστημα διατηρεί την **κεντρική θερμοκρασία** σώματος περίπου στους 37°C με απόκλιση $\pm 0.4^\circ\text{C}$. Σαν κεντρική θερμοκρασία ορίζεται η θερμοκρασία του αίματος που αιματώνει τα ζωτικά όργανα.

Η **υποθερμία** είναι ένα συχνό επακόλουθο μετά από αναισθησία και επέμβαση στα βρέφη, στα παιδιά και στους ενήλικες. Ποικίλοι είναι οι παράγοντες που στην περιεγχειρητική περίοδο παραβιάζουν τη δυνατότητα των ασθενών να διατηρήσουν φυσιολογική θερμοκρασία σώματος. Κατά τη διάρκεια της αναισθησίας και της εγχείρησης, η έκθεση στο κρύο περιβάλλον του χειρουργείου σε συνδυασμό με την αναστολή υπό των αναισθητικών της θερμορρύθμισης οδηγεί σε υποθερμία. Η πρόληψη και αντιμετώπιση των επιπλοκών που έχουν σχέση με τις μεταβολές της θερμοκρασίας διευκολύνεται με την κατανόηση και

της φυσιολογικής και της επηρεασμένης από φάρμακα θερμορρύθμισης.

ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΗΣ

Απώλεια θερμότητας

Ένας οργανισμός για να είναι ομοιόθερμος θα πρέπει να είναι ικανός και να αποβάλλει και να παράγει θερμότητα. Η αποβολή θερμότητας ρυθμίζεται από τους φυσικούς νόμους της αγωγιμότητας, της ακτινοβολίας, της μεταφοράς και της εξάτμισης. Μελέτες που έγιναν σε νεογέννητα κατά τη διάρκεια της παραμονής τους σε θερμοκοιτίδα σ' ένα θερμοκά ουδέτερο περιβάλλον έδειξαν ότι η ακτινοβολία, η μεταφορά, η εξάτμιση και η αγωγιμότητα είναι υπεύθυνες για το 39%, 34%, 24% και 3% της απώλειας θερμότητας αντίστοιχα.¹

Οι απώλειες θερμότητας με **αγωγή** (conduction) εξαρτώνται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του δέρματος και των αντικειμένων που είναι σε επαφή με τον ασθενή. Σχετικά λίγη θερμότητα (<3%) χάνεται κατά τη διάρκεια της εγχείρησης μέσω αγωγής, επειδή οι ασθενείς είναι καλά απομονωμένοι από τα γύρω αντικείμενα. Ωστόσο, η ενέργεια που χρειάζεται για να θερμανθούν τα υγρά πλύσης και τα ενδοφλέβια υγρά μπορεί σημαντικά να ελαττώσει τη θερμοκρασία σώματος. Οι φυσιολογικοί παράγοντες που ελέγχουν την απώλεια θερμότητας με αγωγή στα νεογνά είναι η αιματική ροή του δέρματος και το πάχος του υποδόριου ιστού.

Οι απώλειες θερμότητας με **μεταφορά** (convection)

αυξάνουν ανάλογα με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του σώματος και του περιβάλλοντος ρευστού (υγρού ή αερίου) και ανάλογα με την τετραγωνική ρίζα της ταχύτητας του ρευστού που περιβάλλει τον άρρωστο. Συνήθως αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό απώλειας θερμότητας, το οποίο αυξάνει όταν το χειρουργείο είναι κλιματιζόμενο.

Η **ακτινοβολία** (radiation), δηλ. η αποβολή θερμότητας από το σώμα με τη βοήθεια υπέρυθρων ακτίνων, αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό απώλειας θερμότητας από τους ασθενείς στο χειρουργείο (70%). Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία αυξάνει κατά την 4η δύναμη της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δύο αντικειμένων (σ' αυτήν την περίπτωση, δέρματος και τοίχων του χειρουργείου), δεν επηρεάζεται από την κίνηση του αέρα, ούτε από την απόσταση μεταξύ των αντικειμένων (μπορεί να λάβει χώρα και μέσα από ένα κενό). Ένα βρέφος σε μια χειρουργική αίθουσα θα θερμάνει τους τοίχους και τα στερεά αντικείμενα ανταλλάσσοντας ενέργεια με ακτινοβολία. Οι απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία και μεταφορά (που μαζί συμβάλλουν στο 85% της απώλειας θερμότητας) ελαττώνονται εντυπωσιακά μ' ένα απλό επικάλυμμα (π.χ. ένα λεπτό σεντόνι).

Οι απώλειες θερμότητας με **εξάτμιση** (evaporation) συμβαίνουν μέσω του δέρματος και του αναπνευστικού συστήματος και περιλαμβάνουν αρκετά συστατικά: 1) εφίδρωση, 2) άδηλη απώλεια ύδατος από το δέρμα, την αναπνευστική οδό και τις ανοικτές χειρουργικές τομές και 3) εξάτμιση των υγρών που εφαρμόζονται στο δέρμα, όπως τα αντισηπτικά διαλύματα.

Σε περιβάλλον όπου η θερμοκρασία του αέρα είναι παρόμοια ή μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του δέρματος, η εφίδρωση είναι το μόνο διαθέσιμο μέσο για ν' αποβληθεί η παραγόμενη θερμότητα από τον μεταβολισμό. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, οτιδήποτε περιορίζει την εξάτμιση, όπως η υψηλή υγρασία περιβάλλοντος ή τα στεγανά ενδύματα, θα οδηγήσουν σε αποθήκευση θερμότητας και αύξηση της θερμοκρασίας σώματος. Τα νεογνά μπορούν να παράγουν ιδρώτα σε θερμό περιβάλλον. Τα τελειόμηνα βρέφη θα ιδρώσουν μόνον όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος ξεπεράσει τους 35°C και η θερμοκρασία ορθού τους 37°C. Βρέφη < 30 εβδομάδων κύησης έχουν ανώριμους ιδρωτοποιούς αδένες, με αποτέλεσμα ελαττωματικούς μηχανισμούς εφίδρωσης.^{2,3}

Ένα μικρό ποσοστό θερμότητας χάνεται όταν τα

ξηρά εισπνεόμενα αέρια υγραίνονται με το νερό που εξατμίζεται από το τραχειοβρογχικό επιθήλιο. Στους ενήλικες, οι αναπνευστικές απώλειες είναι υπεύθυνες για το 5-10% της ολικής απώλειας κατά τη διάρκεια της αναισθησίας και της εγχείρησης.⁴ Επειδή ο κατά λεπτό αερισμός είναι υψηλότερος στα παιδιά και στα βρέφη (100-150 ml/kg/min) απ' ό,τι στους ενήλικες (60 ml/kg/min), οι αναπνευστικές απώλειες αντιπροσωπεύουν περίπου το 1/3 της ολικής απώλειας θερμότητας. Η απώλεια θερμότητας από το αναπνευστικό αυξάνει αν το βρέφος αναπνέει κρύα ξηρά αέρια.⁵

Υποθερμία είναι πιο πιθανό να συμβεί αν το βρέφος είναι υγρό ή σε επαφή με υγρά σεντόνια λόγω της αυξημένης απώλειας θερμότητας με εξάτμιση. Τελικά, η απώλεια θερμότητας με εξάτμιση μέσα από μεγάλες χειρουργικές τομές μπορεί να είναι ίση με όλες τις άλλες πηγές διεγχειρητικής απώλειας.⁶

Παραγωγή θερμότητας

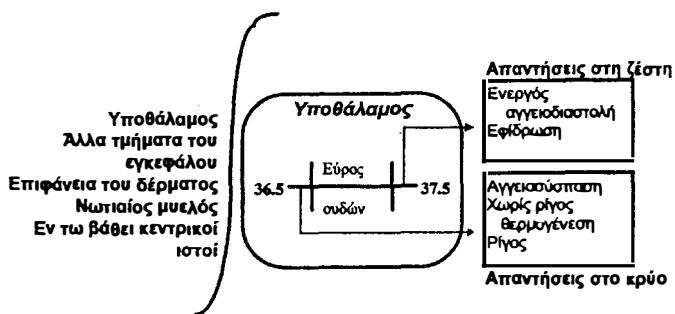
Η ικανότητα παραγωγής θερμότητας αυξάνοντας το μεταβολικό ρυθμό και την κατανάλωση οξυγόνου είναι το άλλο στοιχείο της θερμορρύθμισης στους ομοιοθερμούς οργανισμούς. Παραγωγή θερμότητας επιτυγχάνεται με τρεις μηχανισμούς: εκούσια μυϊκή δραστηριότητα, ακούσια μυϊκή δραστηριότητα (ρίγος) και χωρίς ρίγος θερμογένεση. *Η χωρίς ρίγος θερμογένεση είναι ο κύριος μηχανισμός παραγωγής θερμότητας στο νεογνό, ενώ το ρίγος είναι ο κύριος μηχανισμός στον ενήλικα.*

Η **χωρίς ρίγος θερμογένεση** αυξάνει τη μεταβολική παραγωγή θερμότητας (μετρούμενη σαν συνολική κατανάλωση O₂) χωρίς να παράγει μηχανικό έργο. Αυξάνει την παραγωγή θερμότητας (100% στα βρέφη, αλλά μόνον (25-40% στους ενήλικες. Οι σκελετικοί μύες και το φαιό λίπος είναι οι κύριες πηγές της χωρίς ρίγος θερμογένεσης στους ενήλικες. Ο μεταβολικός ρυθμός και στους δύο ιστούς ελέγχεται από το ΣΝΣ.⁷ Το φαιό λίπος στο ανθρώπινο έμβρυο διαφοροποιείται μεταξύ 26ης και 30ης εβδομάδας της κύησης, αποτελεί το 2-6% του ολικού σωματικού βάρους και συγκεντρώνεται στην ωμοπλάτη, στη μασχάλη, γύρω από τα αγγεία του λαιμού και του μεσοθωρακίου και γύρω από τα επινεφρίδια. Η αύξηση του μεταβολισμού του φαιού λίπους προκαλεί αύξηση στην κατανάλωση O₂, η οποία μπορεί να επιβαρύνει το ανώριμο αναπνευστικό σύστημα του νεογνού και να προκαλέσει αναπνευστική ανεπάρκεια.

Το ρίγος αυξάνει τη μεταβολική παραγωγή θερμότητας (200% στους ενήλικες. Βρέφη < 3 μηνών δεν εμφανίζουν ρίγος, το οποίο αναπτύσσεται πλήρως μετά από αρκετά χρόνια.

Φυσιολογική θερμορρύθμιση

Η φυσιολογική θερμορρύθμιση, βασίζεται σε μηχανισμούς αρνητικής και θετικής παλίνδρομης τροφοδότησης (feedback) που σκοπό έχουν να εξουδετερώσουν τις αποκλίσεις από το φυσιολογικό.⁸ Η θερμοκρασία ρυθμίζεται κεντρικά, κυρίως από τον υποθάλαμο, αλλά βασίζεται σε σήματα (signals) που ξεκινούν σχεδόν από κάθε είδους ιστό, συμπεριλαμβανομένων και άλλων τμημάτων του εγκεφάλου, του νωτιαίου μυελού, των εν τω βάθει κεντρικών ιστών και της επιφάνειας του δέρματος (σχ. 1).



Σχ. 1: Το θερμορρυθμιστικό μοντέλο. Η μέση θερμοκρασία σώματος είναι η ολοκληρωμένη θερμική είσοδος από μια ποικιλία ιστών (αριστερό περιθώριο). Μέση θερμοκρασία σώματος κατώτερη από τον ουδό απάντησης στο κερυο διεγείρει την αγγειοσύσπαση, τη χωρίς ρίγος θερμογένεση και το ρίγος. Μέση θερμοκρασία σώματος που ξεπερνά τον υπερθερμικό ουδό προκαλεί ενεργό αγγειοδιαστολή και εφίδρωση. καμιά θερμορρυθμιστική απάντηση δεν έχουμε όταν η μέση θερμοκρασία σώματος είναι μεταξύ του ανώτερου και κατώτερου ουδού (interthreshold range) (Sessler DI: Temperature monitoring. In: Miller RD (ed): Anesthesia, ed 3. New York, Churchill Livingstone, 1990, p. 1228).

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ανιχνεύεται περιφερικά από ανατομικά ξεχωριστούς υποδοχείς για το θερμό και το ψυχρό. Οι πληροφορίες ταξιδεύουν μέσω της κεντρομόλου νευρικής οδού (πρόσθια νωτιοθαλαμικά δεμάτια) προς τον υποθάλαμο. Το κέντρο ερμηνεύει την πληροφορία, την επεξεργάζεται και δραστηριοποιεί τους μηχανισμούς παραγωγής ή αποβολής θερμότητας.

Το θερμορρυθμιστικό κέντρο ρυθμίζει τη θερμοκρασία μέσα σε στενά όρια, που ονομάζονται **ουδοί** (thresholds). Ο υποθάλαμος ρυθμίζει τη θερμοκρασία συγκρίνοντας τις θερμικές πληροφορίες από μια ποικιλία ιστών με τους ουδούς θερμοκρασίας για το θερμό και το ψυχρό, και όταν αυτές ξεπερνούν έναν

ουδό, κινητοποιείται η κατάλληλη φυγόκεντρη απάντηση για να επαναφέρει στο φυσιολογικό τη θερμοκρασία σώματος (σχ. 1). Συγκεκριμένα:

- Μέση θερμοκρασία σώματος κατώτερη από τον ουδό απάντησης στο κρύο διεγείρει την αγγειοσύσπαση, τη χωρίς ρίγος θερμογένεση και το ρίγος.
- Μέση θερμοκρασία σώματος που ξεπερνά τον υπερθερμικό ουδό προκαλεί αγγειοδιαστολή και εφίδρωση.
- Καμιά θερμορρυθμιστική απάντηση δεν έχουμε όταν η μέση θερμοκρασία σώματος είναι μεταξύ του ανώτερου και κατώτερου ουδού (interthreshold range).

Ο ουδός για μια συγκεκριμένη απάντηση είναι η θερμοκρασία στην οποία αυτή η απάντηση κινητοποιείται (σχ. 2). Η άσκηση, η λήψη τροφής, η λοίμωξη, ο υπο- και υπερθυρεοειδισμός, τα αναισθητικά και άλλα φάρμακα, η προσαρμογή στο κρύο και στη ζέση τροποποιούν τους ουδούς θερμοκρασίας. Η κεντρική ρύθμιση είναι **ακέραιη** από τη βρεφική ηλικία αλλά διαταράσσεται στους ηλικιωμένους και στους σοβαρά ασθενείς.

Ο υποθάλαμος απαντά σε θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους κατάλληλους ουδούς μέσω μηχανισμών που αυξάνουν τη μεταβολική παραγωγή θερμότητας ή τροποποιούν την απώλεια θερμότητας στο περιβάλλον. Αυτές οι απαντήσεις επιτρέπουν στα φυσιολογικά άτομα να διατηρούν κεντρική θερμοκρασία γύρω στους 37°C παρά τις ευρείες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. ταν αναστέλλονται όλες οι θερμορρυθμιστικές απαντήσεις, η κεντρική θερμοκρασία θα παραμείνει φυσιολογική μόνο σ' ένα θερμικά ουδέτερο περιβάλλον. Η θερμοκρασία ενός τέτοιου περιβάλλοντος είναι 34°C για το πρόωρο, 32°C για το τελειόμηνο νεογνό και 28°C για τον ενήλικα.

Οι φυγόκεντρες θερμορρυθμιστικές απαντήσεις στα βρέφη είναι λιγότερο αποτελεσματικές από ό,τι στους ενήλικες. Η χωρίς ρίγος θερμογένεση είναι η κύρια απάντησή τους στην υποθερμία, αλλά, επειδή απουσιάζει το ρίγος και η δερματική αγγειοσύσπαση είναι περιορισμένη, η αντιρρόπηση είναι πολύ φτωχή. Τα πρόωρα βρέφη έχουν αναλογικά μεγάλη επιφάνεια σώματος σε σύγκριση με τη σωματική τους μάζα. Έχουν επίσης μεγάλη θερμική αγωγιμότητα λόγω του ελάχιστου υποδόριου λίπους που δρα σαν μονωτικό υλικό. Γι' αυτό χάνουν αναλογικά μεγαλύτερη μετα-

βολική θερμότητα μέσω του δέρματος από ό,τι οι ενήλικες σε παρόμοιο περιβάλλον.⁹ Ο συνδυασμός της αυξημένης απώλειας θερμότητας, της ελαττωμένης δυνατότητας παραγωγής ενδογενούς θερμότητας και τελικά η περιορισμένη αποτελεσματικότητα των θερμορρυθμιστικών απαντήσεων κάνει τα βρέφη επιρρεπή σε υποθερμία.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΗ

Η γενική αναισθησία ελαττώνει τους ουδούς ενεργοποίησης για τις απαντήσεις στην υποθερμία περίπου κατά 2.5°C και αυξάνει εκείνους που προστατεύουν από την υπερθερμία περίπου κατά 1°C. Δηλ. οι ουδοί για τις απαντήσεις στο κρύο μετατοπίζονται προς τα κάτω περίπου στους 34.5°C (ανάλογα με το είδος του αναισθητικού και τη δόση) και οι ουδοί απάντησης στη ζέστη αυξάνουν περίπου στους 38°C (σχ. 2).¹⁰ Με τη διεύρυνση των ορίων (δηλ. με την ελάττωση της ευαισθησίας του θερμορρυθμιστικού συστήματος) δημιουργείται ένα ευρύ εύρος θερμοκρασίας μέσα στο οποίο δεν υπάρχουν ενεργείς θερμορρυθμιστικές

απαντήσεις. Μέσα σ' αυτό το εύρος, οι ασθενείς είναι ποικιλόθερμοι και η θερμοκρασία σώματος μεταβάλλεται ανάλογα με τη διαφορά ανάμεσα στην παραγόμενη θερμότητα και την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον.

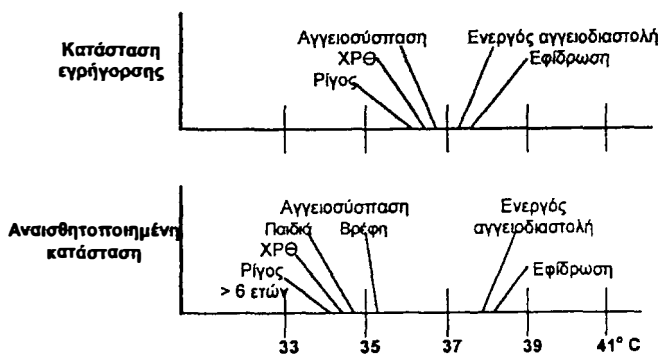
Η αγγειοσύσπαση και η χωρίς ρίγος θερμογένεση είναι οι κύριες θερμορρυθμιστικές απαντήσεις που διαθέτουν οι αναισθητοποιημένοι, μυοχαλαρωμένοι, υποθερμικοί άρρωστοι. Όταν εμφανιστεί υποθερμία κατά τη διάρκεια της επέμβασης (π.χ. κεντρική θερμοκρασία ≈34.5°C), αρχικά αναπτύσσεται μια έντονη περιφερική αγγειοσύσπαση.¹¹⁻¹³

Ο θερμορρυθμιστικός ουδός της αγγειοσύσπασης σε υγιείς ενήλικες ασθενείς στους οποίους χορηγείται αλοθάνιο 1% σε O₂ για εκλεκτική επέμβαση είναι ≈34.4±0.20 C.¹² Ο ουδός αγγειοσύσπασης σε βρέφη που αναισθητοποιούνται με αλοθάνιο διαφέρει ελάχιστα από αυτόν των ενηλίκων και συνοδεύεται με αύξηση στην κατανάλωση O₂.¹⁴ Κατά την αναισθησία με ισοφλουράνιο, ο ουδός αγγειοσύσπασης ελαττώνεται (3°C ανά 1% τελοεκπνευστική συγκέντρωση ισοφλουρανίου).¹³ Ο ουδός αγγειοσύσπασης στα βρέφη και στα παιδιά που αναισθητοποιούνται με ισοφλουράνιο διαφέρει ελάχιστα από αυτόν των ενηλίκων.¹⁵

Η κεταμίνη στους ενήλικες αλλά και στα παιδιά προκαλεί μικρότερη θερμορρυθμιστική καταστολή από τα εισπνεόμενα αναισθητικά.¹⁶

Ένα σημαντικό στοιχείο από τις διεγχειρητικές θερμορρυθμιστικές μελέτες είναι ότι οι κεντρικές θερμοκρασίες σπάνια εξακολουθούν να ελαττώνονται αφού κινητοποιηθεί η θερμορρυθμιστική αγγειοσύσπαση.¹¹⁻¹² Αυτά τα δεδομένα συμφωνούν με την κλινική παρατήρηση ότι κεντρικές θερμοκρασίες < (34.5°C είναι ασυνήθεις σε ασθενείς που δεν ψύχονται εσκεμμένα.

Η θερμορρυθμιστική αγγειοσύσπαση ελαττώνει ενεργά την απώλεια θερμότητας, αλλά μόνον κατά 10-15%. Η χωρίς ρίγος θερμογένεση δε φαίνεται να είναι λειτουργική σε αναισθητοποιημένους ενήλικες. Αυτό μπορεί να υποστηριχθεί από το γεγονός ότι η κατανάλωση O₂ δεν αυξάνει σημαντικά όταν οι ασθενείς αγγειοσυσπώνται.¹³ Σε αντίθεση, η θερμορρυθμιστική αγγειοσύσπαση στα βρέφη που αναισθητοποιούνται με αλοθάνιο συνοδεύεται με μια μεγάλη αύξηση του μεταβολικού ρυθμού.¹⁶ Μια ταυτόχρονη αύξηση στην κατανάλωση O₂, στην παραγωγή CO₂ και



Σχ. 2 Σχηματική απεικόνιση των ουδών και των gains για τις θερμορρυθμιστικές απαντήσεις σε ξυπνητούς και αναισθητοποιημένους ανθρώπους (οι 37°C παριστούν τη «φυσιολογική» κεντρική θερμοκρασία). ● Οι λοξές γραμμές αντιπροσωπεύουν διαφορετικές εκτελεστικές απαντήσεις και η οριζόντια γραμμή δείχνει την κεντρική θερμοκρασία σώματος. Η τομή κάθε λοξής γραμμής με την κλίμακα θερμοκρασίας είναι ο ουδός. Και η κλίση της γραμμής δείχνει το gain αυτής της απάντησης. Η θερμορρυθμιστική ευαισθησία φαίνεται από τη διαφορά μεταξύ της 1ης απάντησης στο κρύο (αγγειοσύσπαση) και της 1ης απάντησης στη ζέστη (ενεργός αγγειοδιαστολή). Θερμοκρασίες μέσα σ' αυτό το εύρος δε θα προκαλέσουν θερμορρυθμιστική αντιρόπηση. Κατά της διάρκεια της αναισθησίας, οι ουδοί για τις απαντήσεις στο κρύο μετατοπίζονται προς τα κάτω ≈ στους 34,5°C (ανάλογα με το είδος του αναισθητικού και τη δόση) και οι ουδοί της απάντησης στο θερμό αυξάνουν ≈ στους 38°C (Bissonnette B: Thermoregulation and paediatric anaesthesia. Current Opinion in Anaesthesiology 1993; 6: 537-42)

ΧΡΘ=χωρίς ρίγος θερμογένεση.

στα επίπεδα νοραδρεναλίνης έχει παρατηρηθεί σε βρέφη που αναισθητοποιήθηκαν με αλοθάνιο ή ισοφλουράνιο και παρέλυσαν με βεκουρόνιο και είναι σύμφωνη με τον αυξημένο ρόλο της χωρίς ρίγος θερμογένεσης στα μη αναισθητοποιημένα βρέφη.⁸ Τα βρέφη διαφέρουν από τους ενήλικες στο ότι οι θερμορρυθμιστικές απαντήσεις κατά τη διάρκεια της αναισθησίας μπορούν ν' αυξήσουν αποτελεσματικά την κεντρική θερμοκρασία παρά τις σταθερές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ακριβώς επειδή η μεγάλη απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον αντιρροπείται σε μεγάλο βαθμό από έναν ενδογενώς υψηλό μεταβολικό ρυθμό.

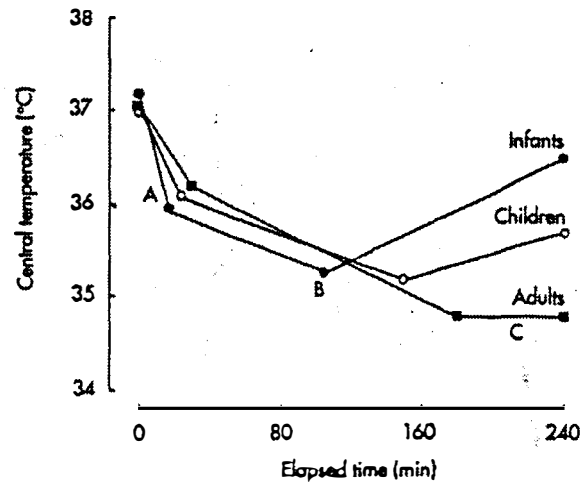
ΠΕΡΙΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΥΠΟΘΕΡΜΙΑ

Η γενική αναισθησία, όπως αναφέραμε, ελαττώνει τους ουδούς θερμοκρασίας στους οποίους κινητοποιούνται οι θερμορρυθμιστικές απαντήσεις στο ψύχος (σχ. 2). Η ήπια διεγχειρητική υποθερμία (1-3°C κάτω του φυσιολογικού) είναι κάτι το σύνηθες και προκύπτει από:⁸

1. μια ≈30% ελάττωση της μεταβολικής παραγωγής θερμότητας κατά τη διάρκεια της αναισθησίας
2. αυξημένη έκθεση στο κρύο περιβάλλον του χειρουργείου,
3. αναστολή υπό των αναισθητικών της κεντρικής θερμορύθμισης και
4. ανακατανομή της θερμότητας μέσα στο σώμα.

Η υποθερμία έχει τυπική εμφάνιση κατά τη διάρκεια της γενικής αναισθησίας και συνήθως αναπτύσσεται σε 3 φάσεις (σχ. 3). Αρχικά, η κεντρική θερμοκρασία ελαττώνεται γρήγορα κατά τη διάρκεια της 1ης ώρας μετά την εισαγωγή (αρχική υποθερμία). Μετά ελαττώνεται αργά για 2-3 ώρες (γραμμική ελάττωση). Τελικά γίνεται σταθερή (φάση plateau).¹⁷

Η αρχική υποθερμία που αναπτύσσεται μετά την εισαγωγή στην αναισθησία προκύπτει όταν η αγγειοδιαστολή που προκαλούν τα αναισθητικά επιτρέπει στη θερμότητα των θερμών κεντρικών ιστών να αναμιχθεί με τους πιο ψυχρούς περιφερικούς ιστούς. Αυτό θερμαίνει την περιφέρεια σε βάρος του κέντρου. Παρόλο που η κεντρική θερμοκρασία ελαττώνεται απότομα, η περιεχόμενη στο σώμα θερμότητα (και η μέση θερμοκρασία σώματος) παραμένει σχεδόν σταθερή. Η κεντρική επομένως υποθερμία κατά τη διάρκεια της 1ης ώρας της αναισθησίας



Σχ. 3: Η υποθερμία κατά τη διάρκεια της αναισθησίας εμφανίζεται σε τρεις ξεχωριστές φάσεις για τα βρέφη (●), τα παιδιά (○) και τους ενήλικες (■):

A, Εσωτερική ανακατανομή της θερμότητας. B, απώλεια θερμότητας στο περιβάλλον. C, θερμικά σταθερή κατάσταση ή επαναθέρμανση. (Από: Bissonnette B: *Thermoregulation and paediatric anaesthesia. Current Opinion in Anaesthesiology* 1993; 6:537-42)

οφείλεται σε ανακατανομή της θερμότητας μέσα στο σώμα.

Η βραδεία γραμμική ελάττωση στην κεντρική θερμοκρασία που τυπικά παρατηρείται κατά τη 2η-3η ώρα της αναισθησίας μάλλον οφείλεται στην απώλεια θερμότητας (μέσω αγωγής, μεταφοράς, ακτινοβολίας και εξάτμισης), η οποία υπερβαίνει τη μεταβολική παραγωγή θερμότητας.

Στην τελική φάση, επιτυγχάνεται μια θερμικά σταθερή κατάσταση (η μεταβολική παραγωγή θερμότητας εξισώνεται με την απώλεια θερμότητας στο περιβάλλον) κατά τη διάρκεια της οποίας η κεντρική θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Αυτή η σταθερή κατάσταση δείχνει ότι οι θερμορρυθμιστικές απαντήσεις έχουν κινητοποιηθεί για να ελαττώσουν την απώλεια θερμότητας, επειδή η παραγωγή θερμότητας δεν μεταβάλλεται. Στα βρέφη και στα παιδιά η τρίτη (ή plateau) φάση που βλέπουμε στους ενήλικες δεν παρατηρείται, αλλά λαμβάνει χώρα μια φάση επαναθέρμανσης.¹⁷ Η χωρίς ρίγος θερμογένεση αυξάνει την παραγωγή θερμότητας και οδηγεί σε αύξηση της κεντρικής θερμοκρασίας.

Συνέπειες της περιεγχειρητικής υποθερμίας

Θερμοκρασίες μόλις 2-3°C κάτω του φυσιολογικού προσφέρουν σημαντική προστασία έναντι της εγκεφαλικής ισχαιμίας και υποξίας.¹⁸⁻¹⁹

Η ήπια υποθερμία παρέχει σημαντική προστασία έναντι της κακοήθους υπερθερμίας, αφού το σύνδρομο εκλύεται πιο δύσκολα σε ζώα που έχουν καταστεί ελαφρώς υποθερμικά ή αν εκλυθεί είναι λιγότερο σοβαρό.²⁰

Η υποθερμία είναι δυνατόν να επηρεάσει τα φυσικά χαρακτηριστικά των εισπνεόμενων αναισθητικών και ακόμα τη φαρμακοκινητική και φαρμακοδυναμική των ενδοφλέβιων αναισθητικών. Η υποθερμία ελαττώνει τη MAC των εισπνεόμενων αναισθητικών και αυξάνει τη διαλυτότητά τους. Η υποθερμία ελαττώνει τις ανάγκες για μη αποπολωτικά μυοχαλαρωτικά και παρατείνει τις δράσεις τους, επειδή ελαττώνει το μεταβολισμό τους.²¹⁻²² Η φαρμακοκινητική των βαρβιτουρικών, της προποφόλης και των ναρκωτικών επηρεάζεται επίσης από την υποθερμία.²³

Πολλές από τις πιο σοβαρές ανεπιθύμητες επιδράσεις της διεγχειρητικής υποθερμίας εκδηλώνονται στη μετεγχειρητική περίοδο. Αυτές περιλαμβάνουν καθυστέρηση επανόδου της νορμοθερμίας, ισχαιμία του μυοκαρδίου, ρίγος, καθυστέρηση της ανάνηψης, διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας και καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος.

Η *ανάνηψη* από τη γενική αναισθησία πιστεύεται ότι παρατείνεται με την υποθερμία. Ωστόσο, ένας αριθμός μελετών δείχνει ότι η ανάνηψη είναι γρήγορη και στους ενήλικες και στα βρέφη.²⁴⁻²⁵

Η υποθερμία θεωρείται ευρέως ότι διαταράσσει την αναπνευστική ώση (respiratory drive). Το νεογνό είναι σε ιδιαίτερο κίνδυνο γιατί η χωρίς ρίγος παραγωγή θερμότητας απαιτεί πολύ αυξημένο μεταβολικό ρυθμό και μεγάλη κατανάλωση O_2 . Όταν λοιπόν το νεογνό κρυνώνει αυξάνονται οι απαιτήσεις του σε O_2 , επειδή οι απελευθερούμενες μεγάλες ποσότητες νοραδρεναλίνης κινητοποιούν το μεταβολισμό του φαιού λίπους. Οι αυξημένες απαιτήσεις σε O_2 , σε συνδυασμό με τη διαταραχή της αναπνευστικής ώσης (από την υποθερμία) και την κακή ιστική οξυγόνωση του νεογνού, θα προκαλέσουν αναπνευστική και μεταβολική οξέωση. Αυτό μπορεί να επιτρέψει διαφυγή από τα δεξιά προς τα αριστερά μέσω του ανοικτού βοτάλειου ή μέσω του ωοειδούς τρήματος. Αν συμβεί μετατροπή της κυκλοφορίας στην εμβυϊκού τύπου, προκαλείται υποξαιμία και μεταβολική οξέωση, η οποία περαιτέρω αυξάνει τις πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις και οδηγεί σε προοδευτική επιδείνωση.²⁶ Αν, επομένως, παρά την επιθετική διεγχειρητική φρο-

ντίδα, η θερμοκρασία του νεογνού πέσει κάτω από $34^\circ C$, θα πρέπει να θερμανθεί ενεργά μέχρι $> 35^\circ C$ πριν μεταφερθεί από τη χειρουργική αίθουσα στην αίθουσα μεταναισθητικής φροντίδας.

Θέσεις ελέγχου της θερμοκρασίας

Οι καλύτερες θέσεις ελέγχου της “κεντρικής” θερμοκρασίας (central or core temperature) είναι το αίμα της πνευμονικής αρτηρίας, η τυμπανική μεμβράνη και ο κατώτερος οισοφάγος. Ενδιάμεσες θέσεις που θεωρείται ότι αντιπροσωπεύουν λογικές εκτιμήσεις της κεντρικής θερμοκρασίας είναι η ρινοφαρυγγική, η στοματική/υπογλώσσια, της ουροδόχου κύστης, η πρωκτική και η μασχαλαία.

Πολλοί πιστεύουν ότι η καλύτερη ένδειξη της κεντρικής θερμοκρασίας είναι η θερμοκρασία της τυμπανικής μεμβράνης²⁷ γιατί αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία του υποθαλάμου και με αυτήν συγκρίνονται οι υπόλοιπες θέσεις ελέγχου της κεντρικής θερμοκρασίας για να καθοριστεί η αξιοπιστία τους. Το κατώτερο τριτημόριο του οισοφάγου είναι μια ιδανική θέση για έλεγχο της κεντρικής θερμοκρασίας. Ακόμα όμως και οι σωστά τοποθετημένοι οισοφάγειοι αισθητήρες θερμοκρασίας επηρεάζονται ελαφρά στα παιδιά και βρέφη από τη θερμοκρασία των αναπνευστικών αερίων στην παρακείμενη τραχεία. Η ενεργός θέρμανση των εισπνεόμενων αερίων μπορεί ν' αυξήσει την οισοφαγική πάνω από την τυμπανική, ενώ τα κρύα εισπνεόμενα αέρια μπορεί να ελαττώσουν την οισοφαγική σε σχέση με την τυμπανική θερμοκρασία.²⁸ Οι οισοφάγειες θερμοκρασίες δεν αντανακλούν επίσης με ακρίβεια την κεντρική θερμοκρασία όταν ο θώρακας του βρέφους ή του παιδιού είναι ανοικτός ή κατά τη γρήγορη μετάγγιση κρύου αίματος.

Η ρινοφαρυγγική θερμοκρασία αποτελεί μια καλή προσέγγιση της κεντρικής θερμοκρασίας. Ο ρινοφάρυγγας είναι εύκολα προσίτος κατά τη διάρκεια της εγχείρησης και χρησιμοποιείται συνήθως σε παιδιά που λαμβάνουν γενική αναισθησία.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας στο ορθό αποτελεί τον πρακτικότερο τρόπο θερμομέτρησης στα παιδιά ακόμη και όταν χορηγούμε αναισθησία με μάσκα. Η πρωκτική θερμοκρασία θεωρείται ένας καλός δείκτης της κεντρικής θερμοκρασίας μόνον όταν η θερμοκρασία σώματος δεν μεταβάλλεται γρήγορα.

Η σωστά μετρούμενη στοματική θερμοκρασία θεω-

ρείται ότι αποτελεί καλή εκτίμηση της κεντρικής θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας θα πρέπει να τοποθετείται σωστά στον υπογλώσσιο θύλακα και το στόμα του παιδιού να παραμένει κλειστό για μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η *μασχάλη* αποτελεί καλή εναλλακτική θέση θερμομέτρησης στα παιδιά. Σε μια μελέτη σε βρέφη και παιδιά, στα οποία χορηγήθηκε αναισθησία με αλοθάνιο/ N_2O για μη K/X επεμβάσεις, συγκρίθηκαν οι οισοφαγικές, πρωκτικές και μασχάλιες θερμοκρασίες με τη θερμοκρασία της τυμπανικής μεμβράνης και διαπιστώθηκε ότι δεν διέφεραν από την τυμπανική θερμοκρασία περισσότερο από $0.2^\circ C$. Οι μασχάλιες θερμοκρασίες είχαν καλή συσχέτιση με τις κεντρικές θερμοκρασίες σ' αυτά τα παιδιά.²⁸

Πρόληψη της υποθερμίας

Η αποφυγή της υποθερμίας στους παιδιατρικούς ασθενείς απαιτεί όχι μόνον κατανόηση της φυσιολογίας της θερμορρύθμισης, αλλά και σχολαστική προσοχή στις λεπτομέρειες της αναισθησιολογικής φροντίδας.

Οι ασθενείς καθίστανται υποθερμικοί όταν η απώλεια θερμότητας υπερβαίνει την παραγόμενη θερμότητα. Η απώλεια θερμότητας από τους αναισθητοποιημένους ασθενείς προς το περιβάλλον εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του δέρματος και του περιβάλλοντος. Κατά συνέπεια η **θερμοκρασία περιβάλλοντος (θερμοκρασία χειρουργικής αίθουσας) είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την απώλεια θερμότητας κατά τη διάρκεια της επέμβασης**, επειδή καθορίζει το ρυθμό με τον οποίο η μεταβολική θερμότητα χάνεται μέσω ακτινοβολίας και μεταφοράς από το δέρμα και μέσω εξάτμισης από το χειρουργικό τραύμα. Σε θερμοκρασία δωματίου ($21^\circ C$ οι περισσότεροι ενήλικες άρρωστοι παραμένουν νορμοθερμικοί).²⁹ *Για τα πρόωρα και τελειόμηνα βρέφη απαιτούνται θερμοκρασίες περιβάλλοντος $27^\circ-29^\circ C$.*³⁰

Οι *πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας* (θερμαινόμενες λυχνίες) ελαχιστοποιούν επίσης την απώλεια θερμότητας.³¹ Χρησιμοποιούνται συνήθως κατά τη διάρκεια της εισαγωγής στην αναισθησία και κατά την εισαγωγή των καθετήρων μέχρι το παιδί να ετοιμαστεί και να καλυφθεί.

Ο ευκολότερος τρόπος για να ελαττώσουμε την απώλεια θερμότητας από το δέρμα είναι να εφαρμό-

σουμε *παθητική μόνωση στην επιφάνεια του δέρματος*.³² Αυτό μπορεί να γίνει καλύπτοντας το δέρμα με υφασμάτινα ή χάρτινα χειρουργικά σεντόνια, κουβέρτες, πλαστικούς σάκκους κ.λ.π. Ένα μεμονωμένο επίπεδο κάθε μονωτικού υλικού ελαττώνει την απώλεια θερμότητας (30%, και δεν υπάρχουν κλινικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μονωτικών υλικών. Επειδή η δερματική απώλεια θερμότητας είναι ανάλογη προς την επιφάνεια σώματος, η επιλογή του υλικού κάλυψης είναι πολύ λιγότερο σημαντική από τη συνολική επιφάνεια που καλύπτεται. Γι αυτό συνιστάται και η κάλυψη της κεφαλής του βρέφους (οι απώλειες από το κεφάλι είναι σημαντικές επειδή το κεφάλι αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο κομμάτι της συνολικής επιφάνειας στα βρέφη).

Η παθητική μόνωση από μόνη της, σπάνια αρκεί για να διατηρήσει νορμοθερμία στα παιδιά που υποβάλλονται σε μεγάλες επεμβάσεις. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η ενεργός θέρμανση του δέρματος θα μεταφέρει επαρκή θερμότητα ώστε να προληφθεί η υποθερμία. Οι κουβέρτες στις οποίες κυκλοφορεί ζεστό νερό είναι αποτελεσματικές όταν τοποθετούνται πάνω από τους ασθενείς για να εμποδίσουν τις απώλειες θερμότητας με μεταφορά και ακτινοβολία. Είναι λιγότερο αποτελεσματικές όταν τοποθετούνται κάτω από τους αρρώστους επειδή τα χειρουργικά στρώματα εξασφαλίζουν ήδη καλή θερμική μόνωση.³¹ *Το πιο αποτελεσματικό σύστημα θέρμανσης της επιφάνειας του δέρματος είναι ο πεπιεσμένος αέρας (convective forced-air warmers).*^{33,35}

Τα *ενδοφλέβια υγρά και τα παράγωγα αίματος* θα πρέπει να *θερμαίνονται πριν* τη χορήγηση, ιδιαίτερα όταν χορηγούνται γρήγορα μεγάλες ποσότητες κρυσταλλοειδών ή αίματος.

Η απώλεια θερμότητας που οφείλεται στη θέρμανση και ύγρανση των εισπνεομένων αερίων από το τραχειοβρογχικό δένδρο μπορεί να ελαχιστοποιηθεί προσθέτοντας έναν ενεργό θερμαντήρα/υγραντήρα ή ένα παθητικό φίλτρο ανταλλαγής θερμότητας και υγρασίας ("τεχνητή μύτη") στο κύκλωμα αναισθησίας.³⁶ Υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι μια σχετική υγρασία τουλάχιστο 50% διατηρεί φυσιολογική τη λειτουργία του κροσσώτου επιθηλίου και προστατεύει από τον βρογχόσπασμο. Ύγρανση σ' αυτό το επίπεδο (που εύκολα εξασφαλίζεται με τα φίλτρα) είναι απαραίτητη σε παρατεταμένες επεμβάσεις για διατήρηση της λειτουργίας των κροσσών. Στα βρέφη και

στα παιδιά οι τεχνητές μύτες είναι σχεδόν τόσο αποτελεσματικές όσο και τα συστήματα ενεργού ύγρανσης, πολύ ευκολότερες στη χρήση και λιγότερο πιθανό να προκαλέσουν επιπλοκές, όπως αναπνευστικά εγκαύματα, αποσύνδεση του αναπνευστικού κυκλώματος και υπερύγρανση. **Γενικά, η θέρμανση και ύγρανση των χορηγούμενων αερίων είναι πιο αποτελεσματική στα βρέφη παρά στους ενήλικες επειδή ένα μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολικής θερμότητας μπορεί να χαθεί μέσω της αναπνοής.**

Η φροντίδα κατά τη μεταφορά ενός βρέφους δεν μπορεί να υποτιμηθεί. Όλες οι διεγχειρητικές προσπάθειες για να διατηρηθεί η θερμοκή σταθερότητα μπορούν να καταστραφούν κατά τη διάρκεια της σύντομης μεταφοράς του βρέφους στην αίθουσα ανάνηψης ή στη μονάδα εντατικής. Είναι σημαντικό, επομένως, η θερμοκοιτίδα να θερμαίνεται πριν τη μεταφορά. Τα μεγαλύτερα βρέφη και παιδιά θα πρέπει να καλύπτονται με μια ζεστή κουβέρτα κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bissonnette B, Davis PJ: Thermal regulation-physiology and perioperative management in infants and children. In: Motoyama EK and Davis PJ (eds). *Smith's Anesthesia for Infants and Children*. 6th Edition, Mosby-Year Book Inc. 1996: 139-158.
2. Heiser MS, Downess JJ: Temperature regulation in the pediatric patient. *Semin Anesth* 1984; 3: 37.
3. Hey EN, Katz G: Evaporative water loss in the newborn baby. *J Physiol* 1969; 200: 605.
4. Bickler P, Sessler DI: Efficiency of airway heat and moisture exchangers in anesthetized humans. *Anesth Analg* 1990; 71: 415.
5. Bissonnette B, Sessler DI, LaFlamme P: Passive and active inspired gas humidification in infants and children. *Anesthesiology* 1989; 71: 381.
6. Roe CF: Effect of bowel exposure on body temperature during surgical operations. *Am J Surg* 1971; 122: 13.
7. Jessen K. An assessment of human regulatory nonshivering thermogenesis. *Acta Anesthesiol Scand* 1980; 24: 138.
8. Bissonnette B, Nebbia SP. Hypothermia during anesthesia. *Physiology and effects of anesthetics on thermoregulation*. *Anesthesiology Clinics of North America* 1994; 12: 409-24.
9. Calvert DG. Inadvertent hypothermia in paediatric surgery. *Anaesthesia* 1962; 17: 21.
10. Sessler DI: Temperature monitoring. In: Miller RD (ed): *Anesthesia*, ed 3. New York, Churchill-Livingstone, 1990, p 1228.
11. Sessler DI, Olofsson CI, Rubinstein EH. The thermoregulatory threshold in humans during nitrous oxide-fentanyl anesthesia. *Anesthesiology* 1988; 69: 357.
12. Sessler DI, Olofsson CI, Rubinstein EH, et al. The thermoregulatory threshold in humans during halothane anesthesia. *Anesthesiology* 1988; 68: 836.
13. Stoen R, Sessler DI. The thermoregulatory threshold is inversely proportional to isoflurane concentration. *Anesthesiology* 1990; 72:822-7.
14. Nebbia SP, Bissonnette B, Sessler DI. Thermoregulatory thresholds for vasoconstriction in pediatric patients anesthetized with halothane, isoflurane or enflurane [abstract]. *Can J Anaesth* 1993; 40: A66.
15. Bissonnette B, Sessler DI. The thermoregulatory threshold in infants and children anesthetized with isoflurane and caudal bupivacaine. *Anesthesiology* 1990; 73: 1114.
16. Bissonnette B. Body temperature and anesthesia. *Anesthesiology Clinics of North America* 1991; 9: 849-64.
17. Bissonnette B. Thermoregulation and paediatric anaesthesia. *Current Opinion in Anaesthesiology* 1993; 6: 537-42.
18. Minamisawa H, Smith M, Siesjo BK. The effect of mild hypothermia and hypothermia on brain damage following 5, 10, and 15 minutes of forebrain ischemia. *Ann Neurol* 1990; 28: 26-33.
19. Keykhah MM, Hagerdal M, Welsh FA, et al. Effect of high vs. low arterial blood oxygen content on cerebral energy metabolite levels during hypoxia with normothermia and hypothermia in the rat. *Anesthesiology* 1980; 52: 492-95.

20. Iaizzo PA, Zink RS, Kehler CH, et al. Mild hypothermia alters the triggering of malignant hyperthermia (MH) in swine [abstract]. *Anesthesiology* 1992; 77: A459.
 21. Heier T, Caldwell JE, Sessler DI, Miller RD. Mild intraoperative hypothermia increases duration of action and spontaneous recovery of vecuronium blockade during nitrous oxide-isoflurane anesthesia in humans. *Anesthesiology* 1991; 74: 815-9.
 22. Leslie K, Sessler DI, Bjorksten AR. Mild hypothermia prolongs the duration of action of atracurium [abstract]. *Anesthesiology* 1993; 79: A930.
 23. Sessler DI. Consequences and treatment of perioperative hypothermia. *Anesthesiology Clinics of North America* 1994; 12: 425-56.
 24. Sessler DI, Rubinstein EH, Moayeri A. Physiological responses to mild perianesthetic hypothermia in humans. *Anesthesiology* 1991; 75: 594-610.
 25. Bissonnette B, Sessler DI. Mild hypothermia does not impair postanesthetic recovery in infants and children. *Anesth Analg* 1993; 76: 168-72.
 26. Klaus M, Fanaroff A. Care of the high-risk neonate, ed 3. Philadelphia, 1986, WB Saunder Co
 27. Benzinger M. Tympanic thermometry in surgery and anesthesia. *JAMA* 1969; 209: 1207-11.
 28. Bissonnette B, Sessler DI, LaFlamme P. Intraoperative temperature monitoring sites in infants and children and the effect of inspired gas warming on esophageal temperature. *Anesth Analg* 1989; 69: 192-6.
 29. Morris RH. Operating room temperature and the anesthetized, paralyzed patient. *Surgery* 1971; 102: 95.
 30. Bennett EJ, Patel KP, Grundy EM. Neonatal temperature and surgery. *Anesthesiology* 1977; 46: 303.
 31. Sessler DI, Moayari A. Skin-surface warming: Heat flux and central temperature. *Anesthesiology* 1990; 73: 218-24.
 32. Sessler DI, McGuire JP, Sessler AM. Perioperative thermal insulation. *Anesthesiology* 1991; 74: 875-9.
 33. Hynson J, Sessler DI. Intraoperative warming therapies. A comparison of three devices. *J Clin Anesth* 1992; 4: 20-6.
 34. Kurz A, Kurz M, Poeschl B, et al. Forced-air warming maintains intraoperative normothermia better than circulating-water mattresses. *Anesth Analg* 1993; 77: 89-95.
 35. Giesbrecht GG, Duchrme MB, McGuire JP. Comparison of forced-air patient warming systems for perioperative use. *Anesthesiology* 1994; 80:671-9.
 36. Bissonnette B, Sessler DI. Passive or active inspired gas humidification increases thermal steady-state temperatures in anesthetized infants. *Anesth Analg* 1989; 69: 783-7.
-