

Αναισθησιολογική Αντιμετώπιση της Σκολίωσης

Π. ΘΕΟΔΟΣΙΑΔΟΥ-ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

Εισαγωγή

Σκολίωση είναι η περιστροφική και προς τα πλάγια παρεκτόπιση της θωρακικής και οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Σ.Σ.). Καθώς η καμπύλη της σπονδυλικής στήλης αυξάνει προς τα πλάγια, οι σπονδυλικές αποφύσεις περιστρέφονται προς την εσωτερική επιφάνεια της καμπύλης. Οι πλευρές, στην κυρτή (εξωτερική) επιφάνεια της καμπύλης, ωθούνται προς τα πίσω από τους περιστρεφόμενους σπονδύλους, σχηματίζοντας τον χαρακτηριστικό ήβο, που πρωτοαναγνωρίστηκε από τον Ιπποκράτη. Στην εσωτερική επιφάνεια της καμπύλης, οι πλευρές ωθούνται προς τα εμπρός και συμπλησιάζουν. Συχνά η σκολίωση συνδέεται με κύφωση. Η πρόγνωση της σκολίωσης καθώς και οι επιπτώσεις στα διάφορα συστήματα, έχουν σχέση με την γωνία της καμπύλης της σπονδυλικής στήλης. Γωνία μεγαλύτερη των 10° θεωρείται παθολογική, οι επιπτώσεις όμως στο αναπνευστικό παρατηρούνται σπάνια, όταν η γωνία είναι μικρότερη των 60° (Πίνακας 1.).

Επιδημιολογία και Αιτιολογία

Η συχνότητα των δυσμορφιών της Σ.Σ. στη Βόρεια Αμερική είναι μεταξύ 1-2%¹. Παλαιότερα η πολιομυελίτιδα και η φυματίωση ήταν οι κυριότερες αιτίες της

σκολίωσης. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό της νόσου (70%) περιγράφεται ως ιδιοπαθής ή γενετική. Η ιδιοπαθής διακρίνεται, ανάλογα με την ηλικία έναρξης της νόσου, σε βρεφική (0-4 έτη), παιδική (4-10 έτη) και εφηβική (άνω των 10 ετών). Η εφηβική ιδιοπαθής σκολίωση είναι η συχνότερη μορφή της νόσου με μεγαλύτερο ποσοστό εντόπισης στα κορίτσια⁴.

Υπάρχουν δύο τύποι βρεφικής σκολίωσης, η υποστρέφουσα και η εξελισσόμενη. Η υποστρέφουσα σπάνια αναπτύσσεται πέραν των 30° και απαιτείται θεραπεία. Η εξελισσόμενη, είναι συχνότερη στα αγόρια, συνήθως εντοπίζεται αριστερά, είναι μεγάλης σοβαρότητας και δυσμενούς πρόγνωσης.

Η παιδική σκολίωση είναι πολύ σπάνια και μπορεί να αντιμετωπισθεί συντηρητικά³.

Η εφηβική ιδιοπαθής σκολίωση εντοπίζεται δεξιά και περιλαμβάνει τον 7ο-10ο θωρακικό σπόνδυλο. Αν δεν θεραπευθεί, μόνο το 30% των ασθενών θα καταλήξει με καμπύλη μικρότερη των 70°, στο τέλος της ανάπτυξης.

Η συγγενής σκολίωση συχνά συνδέεται με άλλες συγγενείς ανωμαλίες, όπως κυανωτική καρδιακή ανεπάρκεια, τραχειοοισοφαγικό συρίγγιο και άλλες. Παιδιά με δισχιδή ράχη, που έχουν συγχρόνως και σκολίωση, συνήθως έχουν μεγάλη νευρολογική βλάβη. Σε σχέση με την ιδιοπαθή, η σκολίωση, που έχει σχέση με νευρομυϊκή νόσο, έχει δυσμενέστερη πρόγνωση και προοδευτική επιδείνωση (Πίνακας 2).

Παθοφυσιολογία

Αναπνευστικό Σύστημα

Οι μεταβολές στην πνευμονική λειτουργία συνδέονται με την υποκείμενη νόσο, με την ταχύτητα εξέλιξης της σκολίωσης και τη σοβαρότητα της κυρτότητας της

Πίνακας 1

Γωνία Καμπύλης (Κυρτότητα σε μοίρες)	Κλινική Σημασία
< 10	Φυσιολογική
> 25	Υπερηχοκαρδιογραφική ένδειξη αυξημένη πίεσης στην πνευμονική αρτηρία ¹
> 40	Χειρουργική επέμβαση
> 65	Περιοριστικού τύπου αναπνευστική ανεπάρκεια
> 100	Συμπτωματική αναπνευστική νόσος, δύσπνοια με την προσπάθεια
> 120	Κυψελιδικός υποαερισμός ²

Πίνακας 1
Είδη Σκολίωσης

1. Συγγενής σκολίωση.
 - A. Ανωμαλίες των σπονδύλων.
 - B. Ανωμαλίες των πλευρών.
 - Γ. Δισχιδής ράχη
2. Ιδιοπαθής σκολίωση.
 - A. Βρεφική (< 4 ετών)
 - B. Παιδική (4-10 ετών)
 - Γ. Εφηβική (> 10 ετών)
3. Σκολίωση που έχει σχέση με νευρομυϊκή νόσο.
 - A. Εγκεφαλική ατροφία
 - B. Πολιομυελίτιδα
 - Γ. Μυοπάθειες
 - Δ. Συριγγομυελία
 - E. Αταξία του Friedreich
4. Μετατραυματική σκολίωση
 - A. Κατάγματα
 - B. Ακτινοβολία
 - Γ. Εγκαύματα
 - Δ. Επεμβάσεις
5. Σύνδρομο που έχουν σχέση με τη σκολίωση
 - A. Νευροϊνωμάτωση (Νόσος von Recklinghausen)
 - B. Σύνδρομο Marfan
 - Γ. Ατελής οστεογένεση (Osteogenesis imperfecta)
 - Δ. Βλεννοπολυσακχαροείδωση (Mucopolysaccharidosis)
 - E. Ρευματοειδής αρθρίτις
6. Νεοπλασματική νόσος

σπονδυλικής στήλης⁶.

Οι πνευμονικές διαταραχές είναι περιοριστικού τύπου, διότι καθώς ο βαθμός της κυρτότητας αυξάνει και οι σπόνδυλοι περιστρέφονται, προκαλείται μία σταδιακή ελάττωση του εύρους του θωρακικού κλωβού, ενώ συγχρόνως, η ευενδοτότητα του θωρακικού τοιχώματος ελαττώνεται²⁷. Η ζωτική χωρητικότητα (VC) ελαττώνεται σημαντικά, η εισπνευστική χωρητικότητα (IC) επηρεάζεται σοβαρότερα, ενώ η λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (FRC) και ο υπολειπόμενος όγκος (RV) επηρεάζονται λιγότερο, προκαλώντας έτσι αύξηση των σχέσεων FRC:TLC και RV:TLC (TLC: ολική πνευμονική χωρητικότητα)⁸.

Η πρώτη ενόχληση των νεαρών ασθενών με ιδιοπαθή σκολίωση προέρχεται από την αισθητική επιβάρυνση, ειδικά όταν η κυρτότητα της Σ.Σ. αυξάνεται, στην ηλικία της ταχείας σωματικής ανάπτυξης. Σ' αυτό το στάδιο τα συμπτώματα από το αναπνευστικό δεν είναι συχνά και μόνο οι πνευμονικές δοκιμασίες αποκαλύπτουν κάποια διαταραχή⁹. Η αρχική ενόχληση από το αναπνευστικό είναι

δύσπνοια μετά κόπωση, που στη συνέχεια εξελίσσεται σε διαταραχή της ανταλλαγής των αερίων, με ελαφρά ελάττωση στην PaO_2 και φυσιολογική την $PaCO_2$ ¹⁰, ως αποτέλεσμα της διαταραχής στην σχέση αερισμού /αιμάτωσης (V/Q). Η $PaCO_2$ παραμένει φυσιολογική μέχρι αργά στην εξελικτική πορεία της νόσου και αποτελεί χαρακτηριστικό προγνωστικό σημείο. Οι περισσότεροι ασθενείς με κυρτότητα μεγαλύτερη των 35° έχουν PaO_2 λιγότερο από 85mmHg¹¹. Η κυψελιδοτριχοειδική διαφορά του O_2 (A-αΔO₂) και η σχέση του νεκρού χώρου προς τον αναπνεόμενο όγκο (VD/VT) αυξάνονται. Σοβαρός αποκορεσμός του αρτηριακού αιματος λαμβάνει χώρα μόνο επί υπερχαπνίας. Με την εξέλιξη της νόσου αυξάνει το έργο της αναπνοής και επιτείνεται ο κυψελιδικός υποαερισμός. Οι ασθενείς καθίστανται χρόνιοι υποξαιμικοί και υπερχαπνικοί και κινδυνεύουν να εμφανίσουν πνευμονική υπέρταση και αναπνευστική ανεπάρκεια⁸.

Οι αναπνευστικές επιπτώσεις της ιδιοπαθούς σκολίωσης καθίστανται εντονότερες, όταν η σκολίωση είναι συγγενής^{12,13} ή συνυπάρχει με νευρομυϊκή νόσο, οπότε επιβαρύνεται από διαταραχές στη νεύρωση του ανώτερου αναπνευστικού, με συνέπεια αδυναμία αποβολής των εκκρίσεων, συχνές εισροφήσεις και φλεγμονές.

Καρδιαγγειακό Σύστημα

Στο 25% των ασθενών με σκολίωση ανευρίσκεται πρόπτωση της μίτροειδούς βαλβίδας¹⁴, ενώ στον υγιή πληθυσμό η συχνότητα της πρόπτωσης είναι μικρότερη του 10%. Στο υπερχαπνοκαρδιογράφημα αποκαλύπτονται ενδείξεις αυξημένων πιέσεων της πνευμονικής κυκλοφορίας και μάλιστα στις ηπιότερες μορφές σκολίωσης, εμφανίζονται ενδείξεις πριν από την εκδήλωση κλινικών προβλημάτων¹. Ταν η γωνία της ήβωσης είναι μεγαλύτερη από 70°, αναπτύσσεται πνευμονική υπέρταση μετά από άσκηση, ενώ όταν είναι μεγαλύτερη από 110°, η πνευμονική υπέρταση παρατηρείται και σε ηρεμία². Ο Kafer υποστήριξε ότι η αύξηση των πιέσεων στην πνευμονική κυκλοφορία δεν οφείλεται στην πίεση από το θωρακικό κλωβό, ούτε σε υποξική αγγειοσύσπαση, αλλά θα πρέπει μάλλον να αποδοθεί σε ελάττωση της πνευμονικής αγγειακής κοίτης⁸.

Το ΗΚΓ αποτελεί ένα απλό βοήθημα στην προεγχειρητική εκτίμηση των ασθενών με σκολίωση. Ηλεκτροκαρδιογραφικές ανωμαλίες ενδεικτικές πνευμονικής υπέρτασης, όπως φαίνονται όταν υπάρχει διάταση της δεξιάς κοιλίας (P κύμα > 2,5mm) ή υπερχαπνία της δεξιάς κοιλίας (R>S στην V1 και V2), εμφανίζονται αργότερα¹⁵.

Χειρουργική αντιμετώπιση

Η σκολίωση αντιμετωπίζεται χειρουργικά με τη διόρθωση και το “δέσιμο” του παραμορφωμένου τμήματος της σπονδυλικής στήλης. Η επιτυχία των χειρουργικών μεθόδων είναι αρκετά μεγάλη, λόγω της σημαντικής προόδου που έχει συντελεστεί τόσο στην ανακάλυψη και εφαρμογή συστημάτων διόρθωσης της παραμόρφωσης, όσο και στη βελτίωση των τεχνικών της σπονδυλοδεσίας. Ραγδαίως επιδεινούμενα κυρτώματα στον αναπτυσσόμενο σκελετό ή αυτά που έχουν υπερβεί τις 40° αποτελούν τις κυριότερες χειρουργικές ενδείξεις.

Σκοπός της χειρουργικής θεραπείας είναι κυρίως η διόρθωση της ασυμμετρίας του κορμού, ώστε να αναχαιτισθεί: 1. Η παραμόρφωση του θωρακικού κλωβού, με τις ανάλογες επιπτώσεις στην καρδιοαναπνευστική λειτουργία και 2. Η παραμόρφωση της οσφυϊκής Σ.Σ. με τις ανάλογες επιπτώσεις στην εμφάνιση σπονδυλαρθροπάθειας και δευτεροπαθών νευρολογικών βλαβών.

Οι παρεμβάσεις αυτές επιτυγχάνονται με δύο τρόπους προσπέλασης, την πρόσθια, που αφορά τα σπονδυλικά σώματα και την οπίσθια, που αφορά τις ακανθώδεις αποφύσεις, τα πέταλα και τις εγκάρσιες αποφύσεις.

Η πρόσθια προσπέλαση εφαρμόζεται όταν υπάρχει έντονη ίβωση στην κατώτερη θωρακική και στην οσφυϊκή μοίρα της Σ.Σ. και πολλές φορές είναι το πρώτο στάδιο μιας επέμβασης δύο σταδίων, όπου το δεύτερο στάδιο γίνεται με οπίσθια προσπέλαση. Η πρόσθια προσπέλαση επιτυγχάνεται με θωρακοκοιλιακή τομή και αποκόλληση του διαφράγματος δημιουργώντας έτσι μεγάλο εγχειρητικό τραύμα με αυξημένο πόνο και προβλήματα στην αναπνευστική λειτουργία μετεγχειρητικά. Η διόρθωση της σκολίωσης με πρόσθια προσπέλαση (τεχνική Dwyer και Zielke) προσφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα και σπονδυλοδεσία μικρής έκτασης, αλλά ενέχει κινδύνους περισσότερων επιπλοκών από ζωτικής σημασίας όργανα, σε αντίθεση με τις τεχνικές της οπίσθιας προσπέλασης. Τέτοιες επιπλοκές είναι:

1. Το σύνδρομο της άνω μεσεντερίου αρτηρίας. Κατά τη διόρθωση της Σ.Σ. είναι δυνατό να αυξηθεί η γωνία της άνω μεσεντερίου αρτηρίας με την αορτή, με συνέπεια να συμπιέζεται η τρίτη μοίρα του δωδεκαδακτύλου και να εκδηλώνονται σημεία ατελούς εντερικής απόφραξης.
2. Η ατελεκτασία.
3. Η εν τω βάθει φλεγμονή.

4. Η αμφοτερόπλευρη ή ετερόπλευρη οσφυϊκή συμπαθηκτομή.

Από τις επικρατούσες οπίσθιες τεχνικές Harrington, Luque και Cotrel-Dubousset, καλύτερη διόρθωση επιτυγχάνεται με την τελευταία. Η σημαντικότερη επιπλοκή είναι αυτή της βλάβης του νωπιαίου μυελού, χωρίς να υποβαθμίζονται τα προβλήματα που δημιουργεί η πρηγής θέση στον αερισμό και στην αύξηση της αιμορραγίας¹⁶.

Αναισθησιολογική αντιμετώπιση

A. Προεγχειρητική εκτίμηση

Η προεγχειρητική εκτίμηση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της σοβαρότητας της σκολίωσης, την αιτιολογία της, τις συνυπάρχουσες νόσους και το ιστορικό του ασθενούς, ως προς την κατάσταση του αναπνευστικού (αντοχή στην κόπωση και συμπτώματα από το αναπνευστικό σε ηρεμία).

Η εργαστηριακή διερεύνηση πρέπει να είναι λεπτομερής και οι συνιστώμενες εξετάσεις αναφέρονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3
Ακτινογραφία θώρακα.
ΗΚΓ- Υπερηχοκαρδιογράφημα.
Δοκιμασίες της πνευμονικής λειτουργίας.
Προσδιορισμός των αερίων του αίματος
Σπιρομέτρηση (FVC, FEV1, FEV1 /FVC)
γκοι του πνεύμονα (TLC, FRC, RV, FRC/TLC, RV/TLC)
Έλεγχος της ηκτικότητας, των ηλεκτρολυτών, ηπατικές δοκιμασίες

Η σπιρομετρία παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τη μετεγχειρητική αντιμετώπιση των ασθενών με βαρείας μορφής ιδιοπαθή σκολίωση. Ετσι ασθενείς με VC < 30-40% συνήθως χρειάζονται μετεγχειρητική αναπνευστική υποστήριξη⁶. Αντίθετα σε μέτριας βαρύτητας ιδιοπαθή σκολίωση, οι δοκιμασίες της αναπνευστικής λειτουργίας δεν θεωρούνται απαραίτητες¹⁷.

Οι ασθενείς με μυελοπλαστικό σύνδρομο συχνά είναι αλλεργικοί στο latex και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να αποφεύγεται η χρήση προϊόντων από latex (ίσχαιμοι, γάντια κλπ).

B. Διεγχειρητική αντιμετώπιση

Monitoring

Στις διορθωτικές επεμβάσεις της σκολίωσης παρατηρείται μεγάλη αιμοδυναμική αστάθεια και σημαντική απώλεια αίματος και θερμότητας. Για το λόγο αυτό

απαιτείται σχολαστικό monitoring, που περιλαμβάνει ΗΚΓ, άμεση μέτρηση της αρτηριακής πίεσης, μέτρηση της κεντρικής φλεβικής πίεσης, των αερίων του αίματος, του κορεσμού της Hb, του τελοεκπνευστικού CO₂, της ωριαίας αποβολής των ούρων, της θερμοκρασίας και έλεγχος της μυοχάλασης. Ο καθετηριασμός της πνευμονικής αρτηρίας επιβάλλεται στις περιπτώσεις υπερτροφίας της δεξιάς κοιλίας ή πνευμονικής υπέρτασης ή προϋπάρχουσας καρδιαγγειακής νόσου¹⁸.

Θέση του ασθενούς

Η πρηνής θέση, που απαιτείται για τη χειρουργική αποκατάσταση της σκολίωσης με την οπίσθια προσπέλαση, εμπεριέχει πολλούς κινδύνους τραυματισμού του ασθενή. Ευαίσθητα σημεία είναι τα περιφερικά νεύρα, τα γεννητικά όργανα και οι θηλές των μαστών. Επίσης έχουν αναφερθεί οφθαλμικές κακώσεις, όπως τραυματισμός του κερατοειδούς, οίδημα του οπτικού νεύρου και ισχαιμία του αμφιβληστοειδούς¹⁹. Είναι γνωστό ότι στην πρηνή θέση παρατηρείται αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης, η οποία εκτός από τον περιορισμό της έκπτυξης του θώρακα, προκαλεί φλεβική στάση στις επισκληρίδιες φλέβες, αυξάνοντας έτσι τη διεγχειρητική αιμορραγία και τον κίνδυνο μετεγχειρητικού αιματώματος στον επισκληρίδιο χώρο. Λόγω της αυξημένης ενδοκοιλιακής πίεσης συμπιέζεται η κάτω κοίλη φλέβα και ελαττώνεται η φλεβική επιστροφή, με επιπτώσεις στην καρδιακή παροχή. Η σωστή τοποθέτηση του ασθενούς στο χειρουργικό τραπέζι, ενδεχομένως με ειδικές τεχνικές, όπως το στρώμα του Montreal και το πλαίσιο του Wilson, μειώνει τον κίνδυνο αυτών των επιπλοκών²⁰. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά τις μετακινήσεις του ασθενούς από την ύπτια στην πρηνή θέση και αντίστροφα (τραυματισμοί, μετακινήσεις του τραχειοσωλήνα κ.ά.).

Απώλειες αίματος

Η χειρουργική επέμβαση για την αποκατάσταση της σκολίωσης συνοδεύεται από απώλεια αίματος, που σε μεγάλο βαθμό δεν είναι δυνατό να ελεγχθεί. Στην πλέον ομαλή, χωρίς επιπλοκές, εγχείρηση οι απώλειες αίματος ανέρχονται στα 25ml/kg. Στις περιπτώσεις που συνυπάρχει νευρομυϊκή νόσος και επιχειρείται σταθεροποίηση της πυέλου, οι απώλειες μπορεί να ανέλθουν στον συνολικό όγκο του αίματος. Οι απώλειες του αίματος αυξάνονται και εξαιτίας της διαταραχής της πήξης, που οφείλεται στην ελάττωση του αριθμού των αι-

μοπεταλίων και την αύξηση του χρόνου προθρομβίνης²¹. Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελαττώσουν την απώλεια αίματος είναι: α) Η χορήγηση δεσμοπρεσίνης (DDAVP) που ελαττώνει την απώλεια του αίματος κατά 25%²² αυξάνοντας τους παράγοντες VIII και von Willebrand. Χορηγείται σε δόση 0,3 μg/kg, αργά ενδοφλεβίως σε 30' και επαναλαμβάνεται κάθε 4-6 ώρες²³. β) Η μετάγγιση αυτολόγου αίματος (από τον ίδιο τον ασθενή), έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως^{24,25,26}. Ωστόσο, ο περιορισμένος αριθμός των μονάδων αίματος που είναι δυνατό να δώσει ένα παιδί, παραμένει πρόβλημα²⁷ και προκειμένου να αυξηθεί αυτή η δυνατότητα, χορηγείται ερυθροποιητίνη, μερικές εβδομάδες πριν από την εγχείρηση^{28,29,30,31}. γ) Η πλύση των ερυθρών και η διεγχειρητική αυτόλογη μετάγγιση και δ) Η οξεία νορμοβολαμική αιμοαραίωση^{32,33}.

Ελεγχόμενη υπόταση

Η ελεγχόμενη υπόταση^{34,35,36} ελαττώνει τις απώλειες αίματος και εξασφαλίζει αναίμακτο χειρουργικό πεδίο³⁷, αλλά η χρήση της κατά την εγχείρηση για αποκατάσταση της σκολίωσης, είναι αμφιλεγόμενη, διότι με την υπόταση ενισχύεται η εμφάνιση του πρόσθιου νωτιαίου συνδρόμου (spinalis anterior syndrome)³⁸.

Υποθερμία

Η υποθερμία οφείλεται στο εκτεταμένο χειρουργικό πεδίο, επιτείνεται από τις μεγάλες απαιτήσεις για μετάγγιση αίματος και έχει σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Ισχαιμία του νωτιαίου μυελού (Πρόσθιο νωτιαίο σύνδρομο)

Η μετεγχειρητική παραπληγία ή μόνο η απώλεια της αισθητικότητας είναι τα μεγαλύτερα προβλήματα, που ανακύπτουν κατά τη χειρουργική αποκατάσταση της σκολίωσης. Οι επιπλοκές αυτές μπορεί να προκύψουν από άμεσο τραυματισμό του νωτιαίου μυελού ή των νεύρων και συχνότερα έμμεσα από ελαττωμένη αιμάτωση, που προκαλείται από την υπερβολική έλξη του νωτιαίου μυελού, κατά τη διόρθωση της σκολίωσης. Η συχνότητα μετεγχειρητικής παραπληγίας υπολογίζεται στο 0,72-1,6%^{39,40}. Στους ασθενείς με συγγενή σκολίωση, ή όταν αυτή συνοδεύεται με κύφωση, η συχνότητα της επιπλοκής είναι αυξημένη⁴¹.

Για να αποφευχθεί, κατά το δυνατόν ο κίνδυνος της σοβαρής αυτής επιπλοκής, έχουν χρησιμοποιηθεί διά-

φορες μέθοδοι διεγχειρητικού νευρολογικού monitoring. Σκοπός του monitoring είναι να αναγνωρισθούν το συντομότερο οι επικείμενες νευρολογικές βλάβες και να γίνουν οι απαραίτητοι εγχειρητικοί χειρισμοί (ελάττωση της έλξης του νωτιαίου μυελού) και συγχρόνως οι κατάλληλες παρεμβάσεις του αναισθησιολόγου, ώστε να αυξηθεί η αιμάτωση του νωτιαίου μυελού και τελικά να αποφευχθεί η μόνιμη βλάβη. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται η δοκιμασία αφύπνισης του ασθενούς διεγχειρητικά (Wake up test ή Stagnara test) και το νευροφυσιολογικό monitoring⁴².

Wake up test

Ο ασθενής ενημερώνεται προεγχειρητικά ότι κατά τη διάρκεια της επέμβασης θα πρέπει να συνεργασθεί και να απαντήσει σε κάποιες εντολές, που θα του δοθούν, όπως “ κούνησε τα πόδια σου” και “σφίξε μου τα χέρια”. Του παρέχεται επίσης η διαβεβαίωση ότι δεν θα πονέσει και δεν θα έχει ανάμνηση του γεγονότος μετεγχειρητικά. Διεγχειρητικά, μετά τη διόρθωση της σκολίωσης, ο αναισθησιολόγος πρέπει να είναι σε θέση να αποκαταστήσει την κινητικότητα και τη συνείδηση του ασθενούς. Αυτό το επιτυγχάνει με την αναστροφή των μυοχαλαρωτικών ή την διακοπή χορήγησης των μικρής διάρκειας δράσης μυοχαλαρωτικών, τη διακοπή ή ελάττωση της πυκνότητας των πτητικών στο ειπνεόμενο μίγμα και εάν είναι απαραίτητο τη χορήγηση ανταγωνιστών των οπιοειδών. Εάν, στις εντολές που θα δοθούν, ο ασθενής ανταποκρίνεται στις εντολές για τα άνω άκρα, αλλά αδυνατεί να κινήσει το ένα ή τα δύο κάτω άκρα, τότε ο χειρουργός ελαττώνει την έλξη που εφαρμόσε και ο αναισθησιολόγος μεριμνά για τη βελτίωση των τιμών της αρτηριακής πίεσης, του αιματοκρίτη, του κορεσμού (SaO₂) και της μερικής πίεσης των αερίων του αίματος. Προβλήματα, που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια του test, είναι η ατυχής αποδιασώλιση, η εμβολή δι'αέρος, η αφαίρεση των αρτηριακών ή φλεβικών γραμμών ή ακόμη η μετακίνηση των υλικών σπονδυλοδεσίας⁴³. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι ελέγχει μόνο την κινητική λειτουργία και όχι την αισθητική και ότι χρειάζεται άτομα με στοιχειώδη αντίληψη και συνεργασία⁴⁴.

Νευροφυσιολογικό monitoring

1. Σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά (S.S.E.Ps)

Το νευροφυσιολογικό monitoring παρέχει μία συνεχή εκτίμηση της λειτουργίας του νωτιαίου μυελού, χω-

ρίς να απαιτείται αφύπνιση του ασθενούς. Λαμβάνονται προκλητές νευρολογικές απαντήσεις μετά από ερεθισμό ενός περιφερικού νεύρου (κνημιαίο, περνιαίο, μέσο νεύρο) από το φλοιό, την αυχενική μοίρα του νωτιαίου μυελού ή τον εξωσκληρίδιο χώρο⁴⁵.

Τα περισσότερα από τα αναισθησιολογικά φάρμακα επηρεάζουν είτε τον λανθάνοντα χρόνο, που απαιτείται για τη μεταφορά του ερεθίσματος από την περιφέρεια, είτε την ένταση της νευρολογικής απάντησης⁴⁶. Εκτός από τα φάρμακα, η αρτηριακή πίεση⁴⁷, η θερμοκρασία⁴⁸, η ηλικία⁴⁹, οι προϋπάρχουσες νευρολογικές βλάβες⁵⁰, η υπερκαπνία⁵¹ και η υποξυγοναιμία⁵¹ επηρεάζουν τη νευρολογική απάντηση. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα αναισθησιολογικό σχήμα, που περιλαμβάνει συνδυασμούς φαρμάκων^{52,53}, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται ο επηρεασμός της νευρολογικής απάντησης. Για κάθε ασθενή τιλοποιείται αυτή η απάντηση μετά την εισαγωγή στην αναισθησία και καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε να διατηρούνται σταθεροί όλοι οι παράγοντες που προαναφέρθηκαν, για να αποφευχθούν ψευδείς απαντήσεις⁵⁴. Τα κρανιακά φλοιικά δυναμικά επηρεάζονται από τους αναισθητικούς παράγοντες, κυρίως τα πτητικά αναισθητικά, ενώ αντίθετα τα εξωσκληρίδια δεν φαίνεται να επηρεάζονται⁵⁵. Τα φλοιικά σωματοαισθητικά δυναμικά δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τον έλεγχο της ακεραιότητας του νωτιαίου μυελού. Γι' αυτόν χρειάζονται τα νωτιαία σωματοαισθητικά δυναμικά. μως, τα φλοιικά προκλητά δυναμικά πρέπει να είναι η μέθοδος εκλογής σε περίπτωση που η τοποθέτηση του ηλεκτροδίου στον εξωσκληρίδιο ή υποσκληρίδιο χώρο δεν είναι δυνατή. Σήμερα, στα προηγμένα ιατρικά κέντρα επικρατεί η καταγραφή και μέτρηση των δυναμικών στον εξωσκληρίδιο χώρο. Η ακριβής όμως μέτρηση και εκτίμηση των προκλητών δυναμικών χρειάζεται ειδική εκπαίδευση⁴⁵.

Η χρήση των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών παρέχει πληροφορίες για την ακεραιότητα μόνο των νωτιαίων κεράτων, ενώ η ακεραιότητα της πρόσθιας μοίρας ελέγχεται με τη χρήση των κινητικών προκλητών δυναμικών. Έτσι μπορούν να συμβούν βλάβες που αφορούν την κινητική λειτουργία και να δώσουν ψευδώς αρνητικές απαντήσεις κατά τον έλεγχο των σωματοαισθητικών δυναμικών^{56,57,58,59,60}.

2. Κινητικά προκλητά δυναμικά (M.E.Ps)

Πολύ πρόσφατα άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα κινητικά προκλητά δυναμικά για να υπερκεράσουν τις

ατέλειες που περιλαμβάνουν οι προηγούμενες μέθοδοι. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται άμεση εκτίμηση της κινητικής λειτουργίας χρησιμοποιώντας είτε μυογενείς (MMEP), είτε νευρογενείς (NMEP) απαντήσεις. Οι μυογενείς απαντήσεις προκύπτουν από άμεση διέγερση του νωτιαίου μυελού, οπότε λαμβάνεται μία ηλεκτρομυογραφική απάντηση (twitch). Η τεχνική αυτή προϋποθέτει ατελή νευρομυϊκό αποκλεισμό κατά τη διάρκεια της αναισθησίας, γεγονός που είναι επικίνδυνο για τη φάση των λεπτών χειρισμών και με τον ασθενή σε πρινή θέση. Οι νευρογενείς απαντήσεις λαμβάνονται, είτε μετά από διέγερση με ηλεκτρόδια που τοποθετούνται υποδορϊώς στην περιοχή της επέμβασης, είτε με μαγνητική πλάκα που τοποθετείται στο τριχωτό της κεφαλής. Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατή η πλήρης μυοχάλαση του ασθενούς. Όλα τα κινητικά προκλητά δυναμικά επηρεάζονται από τα γενικά αναισθητικά^{61,62}. Το αλοθάνιο και το ισοφλουράνιο σε πυκνότητες μέχρι 1,0 MAC δεν επηρεάζουν τις απαντήσεις. Η ετομιδάτη σε στάγδην έγχυση διατηρεί την απάντηση ανεπηρέαστη περισσότερο από την πεντοθάλη και την προποφόλη⁶³.

Η ελάττωση της έντασης των απαντήσεων πέραν του 50%, είναι σαφής ένδειξη νευρολογικής βλάβης. Από πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι τα κινητικά προκλητά δυναμικά αποκαλύπτουν τη βλάβη 4-5 min. ενωρίτερα από τα σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά και το wake up test. Ακόμη ο συνδυασμός των σωματοαισθητικών με τα κινητικά προκλητά δυναμικά περιορίζει σημαντικότερα τη χρήση του wake up test⁶⁴.

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο διερεύνησης, εφόσον προκύψει ένδειξη νευρολογικής βλάβης απαιτείται η άμεση χορήγηση κορτικοστεροειδών. Η θεραπεία προτείνεται να γίνεται με methylprednisolone σε δόση 30mg/kg εφ'άπαξ και στη συνέχεια σε δόση 5,4mg/kg/24ωρο⁶⁵.

Περιοχική αναισθησία

Η επιλογή περιοχικής ή γενικής αναισθησίας εξαρτάται από το είδος της επέμβασης, την αναπνευστική και καρδιαγγειακή κατάσταση του ασθενούς, την παρούσα ανατομική ανωμαλία και τις συνοδές νευρομυϊκές παθήσεις. Εξ αιτίας των πρώιμων εκφυλιστικών αλλοιώσεων και ανατομικών ανωμαλιών, η περιοχική αναισθησία μπορεί να έχει τεχνικές δυσκολίες με αποτέλεσμα ατελή αναισθησία. Εναλλακτική τεχνική αποτελεί ο συνδυασμός περιοχικής με γενική αναισθησία.

Συνοδές νευρομυϊκές παθήσεις

Είναι γνωστό ότι τα περισσότερα άτομα από τα επιρρεπή στην κακοήθη υπερπυρεξία παρουσιάζουν υψηλή συχνότητα συγγενών μυοσκελετικών ανωμαλιών, όπως ιδιοπαθή κυφωσκολίωση. Ωστόσο είναι δύσκολο να γίνει πρόβλεψη της ευαισθησίας του ατόμου στην κακοήθη υπερπυρεξία. Η ανεύρεση όμως αυξημένης πυκνότητας κρεατινικής φωσφοκινάσης στον ορό μπορεί να αποκαλύψει μία υποκλινική μυοπάθεια^{66,67}.

Σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία η χορήγηση σουκινυλοχολίνης μπορεί να προκαλέσει παρατεταμένη σύσπαση των σκελετικών μυών. Η κατάσταση αυτή μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στη διασωλήνωση, αλλά και στον αερισμό του ασθενούς. Ακόμη η χορήγηση της σουκινυλοχολίνης μπορεί να προκαλέσει υπερβολική αύξηση του καλίου του ορού με συνέπεια αρρυθμίες ή μυσσφαιρινουρία, που μπορεί να οδηγήσει σε νεφρική ανεπάρκεια.

Όταν η σκολίωση συνυπάρχει με συριγγομυελία παρατηρείται αυξημένη ευαισθησία στα μη αποπολωτικά μυοχαλαρωτικά. Στους ασθενείς αυτούς η σουκινυλοχολίνη δεν αντενδείκνυται, αλλά θα πρέπει να χορηγείται με προσοχή στους ασθενείς με γρήγορη εξέλιξη της παράλυσης για τον κίνδυνο της υπερκαλιαμίας.

Γ. Μετεγχειρητική αντιμετώπιση

Το μεγαλύτερο μετεγχειρητικό πρόβλημα είναι ο κίνδυνος της αναπνευστικής ανεπάρκειας. Για το λόγο αυτό η απόφαση για αποδιασωλήνωση στο τέλος της επέμβασης είναι πολύ σημαντική και πρέπει να ληφθούν υπ' όψη η προεγχειρητική κατάσταση της αναπνευστικής λειτουργίας, η διεγχειρητική πορεία και το γεγονός ότι από μόνη της η διορθωτική επέμβαση προκαλεί άμεση ελάττωση της ζωτικής χωρητικότητας (VC) κατά 40%, σε όλους τους ασθενείς⁶⁸. Η ελάττωση αυτή της VC παραμένει για ένα διάστημα 24 μηνών μετά την επέμβαση⁶⁹. Έτσι ασθενείς με σκολίωση άλλης αιτιολογίας πλην της ιδιοπαθούς και με προεγχειρητική τιμή FVC < 50%, θα πρέπει να αποδιασωληνώνονται στη μονάδα εντατικής θεραπείας, μετά την πλήρη αποκατάσταση της νευρομυϊκής λειτουργίας.

Αλλα μετεγχειρητικά προβλήματα είναι η συνεχιζόμενη αιμορραγία, η διάχυτη ενδαγγειακή πήξη, η ανάπτυξη του συνδρόμου της απρόσφορης έκκρισης αντιδιουρητικής ορμόνης, ο παραλυτικός ειλεός και ο μετεγχειρητικός πόνος.

Η αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή σε ασθενείς με μειωμένες αναπνευστικές εφεδρείες. Ορισμένοι ερευνητές⁷⁰ επέτυχαν συνεχή μετεγχειρητική αναλγησία με καθετήρα που τοποθετήθηκε επισκληριδίως κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Οι ανατομικές ανωμαλίες της ΣΣ στη σκολίωση αποτελούν σχετική αντένδειξη στην εφαρμογή επισκληριδίου καθετήρα, χωρίς άμεση όραση, για τον κίνδυνο του τραυματισμού του νωτιαίου μυελού κατά την παρακέ-

ντηση και την προώθηση του καθετήρα^{71,72,73}. Συχνότερα χρησιμοποιείται η ενδοφλέβια στάγδην χορήγηση της μορφίνης για 4-6 ημέρες μετεγχειρητικά. Τα μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη πρέπει να αποφεύγονται τις πρώτες 24 ώρες, έως ότου η αιμορραγία ελεγχθεί πλήρως.

Για την αντιμετώπιση του συνδρόμου της απρόσφορης έκκρισης της αντιδιουρητικής ορμόνης προτείνεται η διεγχειρητική χορήγηση στάγδην ντοπαμίνης σε "νεφρική δόση"^{74,75}.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Primiano FP Jr, Nussbaum E, Hirschfeld SS et al: Early echocardiographic and pulmonary function findings in idiopathic scoliosis. *J. Pediatr. Orthop.* 3:475,1983.
- Bergofsky EH: Respiratory failure in disorders of the thoracic age. *Am. Rev. Respir. Dis.* 119: 643,1979.
- Bunnell WP: Spinal deformity. *Pediatr. Clin. North. Am.* 33: 1475,1986.
- Mackersie A: Anaesthesia for neurosurgery in paediatrics, in *Textbook of Paediatric Anaesthetic Practice*. Ed: Edward Sumner and David J. Hatch. Bailliere Tindall, 396-406, 1989.
- Tolo VT, Gillepsie R: The characteristics of juvenile idiopathic scoliosis and results of its treatment. *J. Bone Joint Surg. (Br)* 60-B: 181,1978.
- Steward DJ: Orthopedic Surgery, in *Manual of Pediatric Anesthesia*. 2nd ed. Churchill Livingstone, pp 262-270, 1985.
- Barois A. Respiratory problems in severe scoliosis. *Bull. Acad. Natl. Med.* 183(4):721-30,1999.
- Kafer ER: Respiratory and cardiovascular functions in scoliosis and principles of anesthetic management. *Anesthesiology*, 52:339,1980.
- Gagnon S, Jodoin A, Martin R. Pulmonary function test study and after spinal fusion in young idiopathic scoliosis. *Spine*, May; 14(5):486-90,1989
- Kafer ER: Respiratory and cardiovascular functions in scoliosis. *Bul, Physiopathol. Respir.* 13:299,1977.
- Weber B, Smith JP, Briscoe WA et al: Pulmonary function in asymptomatic adolescents with idiopathic scoliosis. *Am. Rev. Respir. Dis.* 111:389,1975.
- Shannon DC, Riseborough EJ, Valenca LM et al: The distribution of abnormal lung function in kyphoscoliosis. *J. Bone Joint Surg. (Am)* 52:131,1970.
- Shannon DC, Riseborough EJ, Kazemi H: Ventilation perfusion relationships following correction of kyphoscoliosis. *JAMA* 217:579,1971.
- Dhuper S, Ehlers KH, Fatica NS, et al: Incidence and risk factors for mitral valve prolapse in severe adolescent idiopathic scoliosis. *Pediatr. Cardiol.* Nov-Dec; 18(6):425-8, 1997.
- Shneerson JM, Venco A, Prime FJ: A study of pulmonary artery pressure, electrocardiography and mechanocardiography in thoracic scoliosis. *Thorax*, 32:700-5, 1977.
- Γρίβας Θ: Σύγχρονες εξελίξεις στην έρευνα και θεραπεία της σκολίωσης. *Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη*, 1994.
- Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH et al: A prospective evaluation of pulmonary function in patients with adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical approach used for spinal arthrodesis. *Spine*, Jan. 1; 25(1):82-90, 2000.
- Καραμιχάλη Ε: Αναισθησιολογική αντιμετώπιση της σκολίωσης. Στο βιβλίο: Σύγχρονες εξελίξεις στην έρευνα και θεραπεία της σκολίωσης. *Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη*, σελ. 361-371, 1994.
- Grossman W, Ward WT: Central retinal artery occlusion after scoliosis surgery. *Spine*, 18:1226, 1993.
- Relton JE, Hall JE: An operation frame for spinal fusion. A new apparatus designed to reduce haemorrhage during operation. *J. Bone Joint Surg. (Br)* 49:327, 1967.
- Stanitski CL, Wittlesey G, Thompson I, et al: Clotting parameters in patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing posterior spinal fusion and instrumentation. *J. Pediatr. Orthop. B.* Apr. 7(2):132-4, 1998.
- Kobrinsky NL, Letts RM, Patel LR et al: 1-Desamino-

- 8-D-arginine vasopressin (desmopressin) decreases operative blood loss in patients having Harrington rod spinal fusion surgery. A randomised, double blinded, controlled trial. *Ann. Intern. Med.* 107:446, 1987.
23. Mannucci PM: Desmopressin: A nontransfusional form of treatment for congenital and acquired bleeding disorders. *Blood*, 72:1449, 1988.
24. Kruger LM, Colbert JM: Intraoperative autologous transfusion in children undergoing spinal surgery. *J. Pediatr. Orthop.* 5:330, 1985.
25. Ray JM, Flynn JC, Bierman AH: Erythrocyte survival following intraoperative autotransfusion in spinal surgery: An in vivo comparative study and 5-year update. *Spine*, 11:879, 1986.
26. Murray DJ, Forbes RB, Titone MB, et al: Transfusion management in pediatric and adolescent scoliosis surgery. Efficacy of autologous blood. *Spine*, Dec 1; 22(23):2735-40, 1997.
27. Goodnough LT, Wasman J, Corlucci K et al: Limitations to donating adequate autologous blood prior to elective orthopedic surgery. *Surg.* 124:494, 1989b.
28. Levine EA, Gould SA, Rosey AL et al: Perioperative recombinant human erythropoietin. *Surgery*, 106:432, 1989a.
29. Levine EA, Rosen AL, Sehgal LR et al: Treatment of acute postoperative anemia with recombinant human erythropoietin. *J. Trauma* 29:1134, 1989b.
30. Goodnough LT, Rudnick S, Price TH et al: Increased preoperative collection of autologous blood with recombinant human erythropoietin therapy. *N. Engl. J. Med.* 321:1163, 1989a.
31. Vitale MG, Stazzone EJ, Gelijns AC, Moskowitz AJ, Roye DP Jr: The effectiveness of preoperative erythropoietin in averting allogenic blood transfusion among children undergoing scoliosis surgery. *J. Pediatr. Orthop. B*, Jul; 7(3):203-9, 1998.
32. Copley LA, Richards BS, Safari FZ, Newton PO: Hemodilution as a method to reduce transfusion requirements in adolescent spine fusion surgery. *Spine*, Feb. 1; 24(3):219-22, disc. 223-4, 1999.
33. Anand N, Idio FG Jr, Remer S, Hoppenfeld S: The effects of perioperative blood salvage and autologous blood donation on transfusion requirements in scoliosis surgery. *J. Spinal Disord.* Dec; 11(6):532-4, 1998.
34. Fievez E, Schultze-Balin C, Herbaux B, Dalmas S, Scherpereel P: A study of blood loss during surgery for scoliosis. Posterior approach in 319 adolescents. *Cah. Anesthesiol*, 43(5):425-33, 1995.
35. Sum DC, Chung PC, Chen WC: Deliberate hypotensive anesthesia with labetalol in reconstructive surgery for scoliosis. *Acta Anaesthesiol. Sin.*, Dec; 34(4):203-7, 1996.
36. Hersey SL, O'Dell NE, Lowe S, Rasmussen G, Tobias JD, Deshpande JK, Mencia G, Green N: Nicardipine versus nitroprusside for controlled hypotension during spinal surgery in adolescents. *Anesth. Analg.* Jun; 84(6):1239-44, 1997.
37. Fox HJ, Thomas CH, Thompson AG: Spinal instrumentation for Duchenne's muscular dystrophy: experience of hypotensive anaesthesia to minimise blood loss. *J. Pediatr. Orthop.*, Nov-Dec; 17(6):750-3, 1997.
38. Dastysh M, Cundrle J, Vlach O: Der einfluss der kontrollierten hypotension bei Wirbelsäulenoperationen auf die Nierenfunktion. *Anaesthesist*, 39:231-235, 1990.
39. MacEwen GD, Bunnell WP, Srirank: Acute neurologic complications in the treatment of scoliosis. A report of the Scoliosis Research Society. *J. Bone Joint Surg (Am)* 57:404, 1975.
40. Dawson EG, Sherman JE, Kanim LE et al: Spinal cord monitoring. Results of the Scoliosis Research Society and the European Spinal Deformity Survey. *Spine* 16:S361, 1991.
41. Hall JE, Levine CR, Sudhir KG: Intraoperative awakening to monitor spinal cord function during Harrington instrumentation and spinal fusion. *J. Bone Joint Surg.* 60:533-6, 1977.
42. Wilson-Holden TJ, Padberg AM, Lenke LG, Larson LG, Larson BJ, Bridwell KH, Bassett GS: Efficacy of intraoperative monitoring for pediatric patients with spinal cord pathology undergoing spinal deformity surgery. *Spine*, Aug. 15; 24(16):1685-92, 1999.
43. Ben-David B: Spinal cord monitoring. *Orthop. Clin. North. Am.*, 19:427, 1988.
44. Johnston CE, Happel LT Jr, Norris R et al: Delayed paraplegia complicating sublaminar segmental spinal instrumentation. *J. Bone Joint Surg (Am)* 68:556, 1986.
45. Loughnan BA and Hall GM: Spinal cord monitoring. *Br. J. Anesth.* 63:587-94, 1989.
46. Laureau E, Marciniak B, Hebrard A, Herbaux B, Guieu JD: Comparative study of propofol and midazolam effects on somatosensory evoked potentials during surgical treatment of scoliosis. *Neurosurgery*,

- Jul;45(1):69-74,1999.
47. Brodkey JS, Richards DE, Blasingame JP, et al: Reversible spinal cord trauma in cats. Additive effects of direct pressure and ischemia. *J. Neurosurg.* 37:591,1972.
 48. Grundy BL, Nelson PB, Lina A et al: Monitoring of cortical somatosensory evoked potentials to determine the safety of sacrificing the anterior cerebral artery. *Neurosurgery*, 11:64,1982.
 49. Grundy BL: Intraoperative monitoring of sensory-evoked potentials. *Anesthesiology*, 58:72,1983.
 50. Lubicky JP, Spadaro JA, Yuan HA et al: Variability of somatosensory cortical evoked potential monitoring during spinal surgery. *Spine*, 14:790,1989.
 51. Grundy BL, Nash CL Jr, Brown RH: Arterial pressure manipulation alters spinal cord function during correction of scoliosis. *Anesthesiology*, 54:249,1981.
 52. Goodarzi M, Shier NH, Grogan DP. Effect of intrathecal opioids on somatosensory-evoked potentials during spinal fusion in children. *Spine*. Jul.1;21(13)1565-8,1996.
 53. Goodarzi M: The advantages of intrathecal opioids for spinal fusion in children. *Paediatr. Anaesth*, 8(2):131-4,1998.
 54. Luk KD, Hu Y, Wong YW, Leong JC: Variability of somatosensory-evoked potentials in different stages of scoliosis surgery. *Spine*, Sept 1;24(17):1799-804,1999.
 55. Kalkman CJ, Traast H, Zuurmond WWA, Bovill JG: Differential effects of propranolol and nitrous oxide on posterior tibial nerve somatosensory cortical evoked potentials during alfentanil anaesthesia. *Br. J. Anaesth.* 66:483-89,1991.
 56. Bunch WH, Scarff TB, Trimble J; Spinal cord monitoring. *B. Bone Joint Surg (Am)* 65:707,1983.
 57. Levy WJ Jr, York DH. Evoked potentials from the motor tracts in humans. *Neurosurgery*, 12:422,1983.
 58. Brown RH, Nash CL Jr, Berilla JA et al: Cortical evoked potential monitoring. A system for intraoperative monitoring of spinal cord function. *Spine*, 9:256,1984.
 59. Lesser RP, Raudzens P, Luders H et al: Postoperative neurologic deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials. *Ann. Neurol.* 19:22,1986.
 60. Lubicky JP, Spadaro JA, Yuan HA et al: Variability of somatosensory cortical evoked potential monitoring during spinal surgery. *Spine*, 14:790,1989.
 61. Haghghi SS, Green KD, Oro JJ et al. Depressive effect of isoflurane anesthesia on motor evoked potentials. *Neurosurgery*, 26:993,1990.
 62. Bernard JM, Pereon Y, Fayet G, Guiheneuc P. Effects of isoflurane and desflurane on neurogenic motor and somatosensory evoked potential monitoring for scoliosis surgery. *Anesthesiology*, Nov;85(5):1013-9,1996.
 63. Taniguchi M, Nadstawek J, Langenbach V et al: Effects of four intravenous anesthetic agents on motor evoked potentials elicited by magnetic transcranial stimulation. *Neurosurgery*, 33:407,1993.
 64. Padberg AM, Wilson-Holden TJ, Lenke LG, Bridwell KH: Somatosensory and motor evoked potential monitoring without a wake up test during idiopathic scoliosis surgery. An accepted standard of care. *Spine*, Jun. 15;23(12):1392-400,1998.
 65. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF et al: A randomized controlled trial of methylprednisolone or naloxone in the treatment of acute spinal-cord injury. Results of the Second National Acute Spinal Cord Injury Study. *N. Engl. J. Med.* 322:1405,1990.
 66. Britt BA: Etiology and pathophysiology of malignant hyperthermia. *Fed. Proc.* 38,44-48,1979.
 67. Gronert GA: Malignant hyperthermia. *Anesthesiology*, 53,395-423,1980.
 68. Schur MS, Brown JT, Kafer ER et al: Postoperative pulmonary function in children. Comparison of scoliosis with peripheral surgery. *Am. Rev. Respir. Dis.* 130:46,1984.
 69. Upadhyay SS, Ho EK, Gunawardene WM et al: Changes in residual volume relative to vital capacity and total lung capacity after arthrodesis of the spine in patients who have adolescent idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg. (Am)* 75:46,1993.
 70. Ohos, Dietz C, Kuleszynski P, Hopf Ch, Stanton-Hicks M, Dick W. Postoperative analgesie bei spondylodesen mittels intraoperativ gelegtem periduralkatheter. *Anaesthesist*, 40,235-37, 1991.
 71. Scott PB: Acute pain management. In: Cousins MJ, Bridenbaugh PO (Hrsg). *Neural blockade in clinical anesthesia and management of pain.* JB Lippincott Company, 1988.
 72. Boyd JM: In: *Surgery of the spine, Section 5, Spinal Deformity: Anaesthetic Management and Monitoring*. eds. G. Findlay and R. Owen. Oxford: Blackwell Scientific Publication, Oxford. 1992.
 73. Covino BG and Scot DB. Epidurale anesthesie und

- analgesis. Lehrbuch und Atlas edition medizin VCH. Weinheim, 1988.
74. Cregg N, Mannion D, Casey W: Oliguria during corrective spinal surgery for idiopathic scoliosis: The role of antidiuretic hormone. Paediatr. Anaesth. 9(6): 505-14, 1999.
75. Lieh-Lai MW, Stanitski DF, Sarnaik AP et al: Syndrome of inappropriate antidiuretic hormone secretion in children following spinal fusion: Crit. Care Med. Mar; 27(3): 622-7, 1999.
-