

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

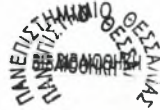
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ - ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

Καθ. Κ. Ν. Μαλίζος

Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΟΥ ΠΡΟΒΟΛΟΥ
ΣΤΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΩΝ
ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΥΡΤΩΜΑΤΩΝ
ΤΗΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ

Παναγιώτης Ν. Κράλλης





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

Αριθ. Εισ.: 7552/1
Ημερ. Εισ.: 20-06-2007
Δωρεά: Π.Θ.
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
617.471
ΚΡΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000083716

**Διδακτορική Διατριβή
Λάρισα 2007**

Στο τέλος αυτής της διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κο Κωνσταντίνο Μαλίζο ο οποίος δέχτηκε να επιβλέψει, και στη συνέχεια να συμβουλέψει και να καθοδηγήσει την πορεία αυτής της εργασίας. Ο Αναπληρωτής Καθηγητής κος Θεόφιλος Καραχάλιος μου έδωσε πολύτιμες οδηγίες και για αυτό τον ευχαριστώ θερμά, όπως και το υπόλοιπο ιατρικό προσωπικό της Ορθοπαιδικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Θεσσαλίας, με το οποίο είχα την ευκαιρία να αναπτύξω και σχέσεις φιλίας.

Η επινόηση, η σταδιακή τελειοποίηση, και κυρίως η εφαρμογή της μεθόδου της Πεντέλης στην χειρουργική διόρθωση των σκολιωτικών κυρτωμάτων, οφείλεται στον Διευθυντή μου κο Δημήτρη Δημητριάδη ο οποίος εργάστηκε και εργάζεται ακούραστα επί σχεδόν μια εικοσαετία για την λύση των διεγχειρητικών και όχι μόνο προβλημάτων, που προκύπτουν στην αντιμετώπιση της Σκολίωσης.

Το υλικό από το οποίο προέκυψε η παρούσα εργασία, αποτελεί τμήμα του Αρχείου της Σπονδυλικής Στήλης του Γενικού Νοσοκομείου Παίδων Πεντέλης, το οποίο Αρχείο, δημιουργήθηκε και ενημερωνόταν τακτικά μετά από υπεράνθρωπες, μερικές φορές, προσπάθειες του Αναπληρωτή Διευθυντή κου Ιωάννη Χάγερ. Και τους δύο αναφερόμενους συναδέλφους, τους ευχαριστώ πολύ, γιατί χωρίς αυτούς θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας Διατριβής.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στη Δεσποινίδα Αδαμαντία Παναγοπούλου, για την γραφιστική επιμέλεια των σχεδίων της εργασίας και τη Δεσποινίδα Ασανούλα Χατζήμακρη, που βοήθησε και επιμελήθηκε τη στατιστική επεξεργασία του υλικού.

Τέλος από βάθους καρδιάς ευχαριστώ τον αδελφικό μου φίλο κο Χρήστο Κουρούση, βαθύ γνώστη της ελληνικής γλώσσας, που επιμελήθηκε το κείμενο.

Θα ήταν δε αχαριστία εκ μέρους μου, αν δεν ευχαριστούσα την οικογένεια μου που ανέχτηκε τις ιδιοτροπίες και τις απουσίες μου, καθόλη αυτή τη χρονική διάρκεια.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	1
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1. Σύντομη ιστορική αναδρομή της σκολίωσης	4
1.2. Ορισμός σκολίωσης	6
1.3. Ταξινόμηση Σκολίωσης	7
2. ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΚΟΛΙΩΣΗΣ	12
2.1 Ιδιοπαθής Σκολίωση	12
2.1.1 Εφηβική	12
2.1.2 Βρεφική και Παιδική Σκολίωση	16
2.2 Συγγενής Σκολίωση	21
2.2.1 Αποτυχία σχηματισμού	22
2.2.2 Αποτυχία διαχωρισμού	23
2.2.3 Συντηρητική θεραπεία	24
2.2.4 Χειρουργική θεραπεία	25
2.3 Νευρομυϊκή Σκολίωση	26
2.3.1 Θεραπεία Νευρομυϊκής σκολίωσης	27
3. ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ	31
3.1 Εμβιομηχανικός ορισμός της σκολίωσης	31
3.2 Εμβιομηχανική θεώρηση της θεραπείας της σκολίωσης	31
3.3 Γλοιοελαστικότητα	37
3.4 Ερπυσμός και Χαλάρωση	39
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΠΟΝΔΥΛΟΔΕΣΙΑΣ	42
4.1 Σύστημα Harrington	42
4.1.1 Προσδιορισμός των επιπέδων σπονδυλοδεσίας	43
4.2 Σύστημα Harrington με υποπετάλια σύρματα (Moe's modification)	44
4.3 Σύστημα Luque	44
4.4 Σύστημα Wisconsin	45
4.5 Cotrel– Dubousset Instrumentation	47
4.5.1 Προσδιορισμός στρατηγικών σπονδύλων	48
4.5.2 Μέθοδος εφαρμογής υλικών	50
4.5.3 Το Claw	54
4.5.4 Έλεγχος του κορυφαίου	54
4.5.5 Επιπλοκές από τη χρήση υλικών 3 ^{ης} γενιάς	55
5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	59
5.1 Πλεονεκτήματα και προβλήματα της Harrington	59
5.2 Πλεονεκτήματα και προβλήματα των υποπεταλίων συρμάτων	60
5.3 Πλεονεκτήματα και προβλήματα των υλικών 3 ^{ης} γενιάς	61

6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	64
6.1 Περιγραφή της Διάταξης	66
6.2 Τεχνική εφαρμογής	70
6.2.1 Προεγχειρητικός σχεδιασμός	70
6.2.2 Χειρουργική τεχνική	71
6.2.3 Πρόβολος (Cantelever)	77
7. ΥΛΙΚΟ	80
7.1 Μέθοδος	80
7.2 Στατιστική μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων	84
7.3 Αποτελέσματα	86
7.3.1 Μετρήσεις μετωπιαίου επιπέδου	88
7.3.2 Μετρήσεις οβελιαίου επιπέδου	96
7.4 Επιπλοκές	98
7.5 Συζήτηση	99
7.6 Συμπεράσματα	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η θεραπεία της σκολίωσης έχει ιστορία αιώνων αλλά η χειρουργική προσπάθεια διόρθωσής της ξεκινά το 1842 με τον Guerin που πρότεινε διατομές μυών και τον Volkman το 1889 που αφαίρεσε προεξέχουσες πλευρές. Η ιστορία της χειρουργικής αντιμετώπισης της σκολίωσης όμως ξεκινά ουσιαστικά με τον Hibbs το 1911, ο οποίος δημοσιεύει μέθοδο οπίσθιας σπονδυλοδεσίας για τη θεραπεία της φυματίωσης της Σπονδυλικής Στήλης.

Η εφαρμογή των υλικών οστεοσύνθεσης του Harrington στις αρχές της δεκαετίας του '60 αποτέλεσε το κομβικό σημείο. Έτσι, η σωστή χειρουργική τεχνική, η εφαρμογή των κανόνων της αρθρόδεσης, η χρήση αυτολόγων μοσχευμάτων σε συνδυασμό με την εφαρμογή υλικού οστεοσύνθεσης και ο κατάλληλος μετεγχειρητικός κηδεμόνας, έδωσαν τελικά τη λύση στη χειρουργική θεραπεία της σκολίωσης.

Έκτοτε υπήρξε μια πολύ μεγάλη εξέλιξη τόσο στη μελέτη της σκολίωσης όσο και στην ανάπτυξη νέων μεθόδων και υλικών οστεοσύνθεσης. Κάθε μέθοδος όμως παρουσιάζει σειρά τεχνικών προβλημάτων και επιπλοκών.

Η μέθοδος Harrington, εκτός από τα τεχνικά προβλήματα που παρουσίαζε (π.χ. εξάρθρωμα των αγκίστρων), παρουσίαζε και επιπλοκές με κυριότερη την επιπέδωση της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης - "flat back syndrome" - λόγω της αδυναμίας της να διορθώσει την παραμόρφωση της Σπονδυλικής Στήλης στο οβελιαίο επίπεδο.

Στη συνέχεια, η χρήση υποπεταλίων συρμάτων ή συρμάτων δια της βάσης των ακανθωδών αποφύσεων στις μεθόδους Luque και Wisconsin αντίστοιχα, παρότι διόρθωνε σε δυο επίπεδα, παρουσίαζε αδυναμία στη διόρθωση της στροφής των σκολιωτικών κυρτωμάτων. Εκτός αυτού, παρουσίαζε και τεχνικά προβλήματα όπως μετατόπιση των ράβδων κεφαλικά ή ουραία, μετεγχειρητική κύφωση κεφαλικά στους μη σπονδυλοδεμένους σπονδύλους (ad on kyphosis) κα.

Τέλος πολλά από τα συστήματα τρίτης γενιάς χρησιμοποιούν το χειρισμό του derotation με στροφή της εφαρμοσμένης στη Σπονδυλική Στήλη ράβδου κατά 90°. Όμως οι ακτίνες καμπυλότητας στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο σπάνια είναι ταυτόσημες, άρα είναι πολύ δύσκολο να υποθέσει κανείς ότι το επιτυγχανόμενο αποτέλεσμα με τη στροφή της ράβδου είναι το βέλτιστο.

Εξάλλου πρόκειται για βίαιο στροφικό χειρισμό που μπορεί να έχει επιπλοκές, όπως κάταγμα πετάλων, απεξάρθρωση αγκίστρων ή ακόμα και αιφνίδια διάταση των νευρικών στοιχείων της Σπονδυλικής Στήλης.

Όλες οι μέθοδοι αποσκοπούν στη διόρθωση των κυρτωμάτων με τη βοήθεια προκυρτωμένων ράβδων. Η προκύρτωση της ράβδου είναι χειρισμός εξαρτώμενος κατά πολύ από την επιδεξιότητα του χειρουργού και την ικανότητά του να απεικονίσει τρισδιάστατα τη διορθωμένη Σπονδυλική Στήλη, με βάση και σημείο αναφοράς μια ευθεία ράβδο.

Στο Ορθοπαιδικό τμήμα του Νοσοκομείου Παίδων Πεντέλης αναπτύχθηκε τεχνική με στόχο την ελαχιστοποίηση των τεχνικών δυσκολιών και των επιπλοκών κατά την διάρκεια των οπισθίων διορθώσεων της σκολίωσης.

Επινοήθηκε μια συσκευή με την ονομασία «**Διάταξη Πεντέλης**», παραπλήσια με το outrigger του Harrington, που λειτουργεί επικουρικά με τα υλικά τρίτης γενιάς, χρησιμοποιώντας υποπετάλια σύρματα που προκαλούν εγκάρσιες φορτίσεις στη Σπονδυλική Στήλη.

Η μελέτη της διεγχειρητικής εφαρμογής της Διάταξης Πεντέλης στη διόρθωση των σκολιωτικών παραμορφώσεων της Σπονδυλικής Στήλης, με την χρησιμοποίηση ελκτικών υποπεταλίων συρμάτων στην κοίλη πλευρά, σε συνδυασμό με την μέθοδο του προβόλου (cantilever) στην κυρτή πλευρά του κυρτώματος, είναι το αντικείμενο της παρούσας διατριβής.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή της σκολίωσης

Η λέξη σκολίωση χρησιμοποιήθηκε πρώτα από τον Γαληνό (131-201 μΧ) και σημαίνει κυρτωμένος, στραβός.

Η σκολίωση είναι μια παραμόρφωση που είχε αναγνωρισθεί από τους αρχαίους χρόνους. Ο Ιπποκράτης στο «περί Αρθρώσεων» περιγράφει τα φυσιολογικά και παθολογικά κυρτώματα της Σπονδυλικής Στήλης. Συγκεκριμένα αναφέρει: *Σκολιαίνεται μεν ονν ράχης, και υγιαίνουσι, κατά πολλούς τρόπους και γαρ εν τη φύσει και εν τη χρήσει ούτως έχει. Αταρ και υπό γήραος και υπό οδυνημάτων ζυνδοτική εστίν.* Η πιθανή σχέση μεταξύ παραμορφώσεων της Σπονδυλικής Στήλης και πνευμονοπάθειας είχε, επίσης αναφερθεί, όπως και η δύσκολη θεραπεία αυτών των καταστάσεων. Η φτωχή πρόγνωση σε ασθενείς με πρώιμη έναρξη είχε περιγραφεί. Εδώ δεν μπορούσε να γίνει διαχωρισμός μεταξύ φλεγμονωδών καταστάσεων και αληθινής σκολίωσης. Η θεραπεία περιελάμβανε τη βίαιη έλξη τόσο σε εγκάρσιο επίπεδο όσο και κατά μήκος του σώματος με τον ασθενή αιωρούμενο.

Ο Γαληνός επινόησε τις λέξεις σκολίωση, λόρδωση και κύφωση. Η θεραπεία που ακολουθούσε για τις παραμορφώσεις της Σπονδυλικής Στήλης ήταν αυτή του Ιπποκράτη.

Από τον πέμπτο μέχρι το δέκατο-πέμπτο αιώνα πολύ μικρή πρόοδος σημειώθηκε σε σχέση με τις παραμορφώσεις της Σπονδυλικής Στήλης. Κατά το μεσαίωνα, τα παραμορφωμένα άτομα ήταν αντικείμενα χλευασμού και η πάθηση τους εθεωρείτο θεία τιμωρία.

Ο Ambroise Paré (1410-1490)[1] σκέφτηκε ότι η κακή στάση ήταν ίσως η αιτιολογία της σκολίωσης. Περιέγραψε την συγγενή σκολίωση και αναγνώρισε τη συμπίεση του Νωτιαίου Μυελού ως την αιτία της παραπληγίας. Η θεραπεία του στις σπονδυλικές παραμορφώσεις έμοιαζε με αυτήν του Ιπποκράτη, με τη διαφορά ότι πρόσθεσε ένα μεταλλικό κηδεμόνα.

Ο André, που ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε τη λέξη “ORTHOPAEDIA” το 1741[2], έγραψε σχετικά με τα σπονδυλικά κυρτώματα, δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στις συνήθειες της όρθιας και καθιστής στάσης ως προληπτικές μεθόδους, όπως και στους κηδεμόνες και στις ασκήσεις ως μεθόδους θεραπείας.

Η υποστηριζόμενη έλξη της κεφαλής κατά τη βάδιση αναπτύχθηκε από τον Levacher το 1764 [3], οι μυοτομίες προτάθηκαν από τον Guérin το 1842 [4], ο Volkman αφαίρεσε προεξέχουσες πλευρές το 1889 [5] και ο Royle ανέφερε αφαίρεση ημισπονδύλου το 1928 [6] μετά από πρόταση του Codivilla που έγινε το 1901.

Η χρήση κάθετων πλαισίων έλξης του σώματος εμφανίστηκαν με τον Hoffa στη Γερμανία στο τέλος του 19ου αιώνα, ενώ οι Bracket και Bradford το 1895 κατασκεύασαν ένα οριζόντιο πλαίσιο διόρθωσης της σκολίωσης, που πλησίαζε την κατασκευή του Risser το 1952.

Η ανακάλυψη των ακτινών X το 1895 από τον Röntgen έδωσε μεγάλη ώθηση στη μελέτη της σκολίωσης. Αν και ο Callot ήταν πριν από τον Hibbs ο πρώτος που εκτέλεσε αρθρόδεση της ΣΣ σε φυματίωση, εγκατέλειψε τη μέθοδο ως ανεπιτυχή.

Ο DeQuervain [7] δημοσιεύει μέθοδο σπονδυλοδεσίας το 1917 αλλά, ουσιαστικά, η ιστορία της χειρουργικής αντιμετώπισης της σκολίωσης ξεκινά με τον Hibbs, ο οποίος δημοσιεύει μέθοδο οπίσθιας σπονδυλοδεσίας για θεραπεία φυματίωσης της Σπονδυλικής Στήλης το 1911 [8]. Στο άρθρο του προτείνει τη χρήση αυτής της μεθόδου στη θεραπεία της σκολίωσης. Αργότερα, το 1914 πραγματοποιεί την πρώτη σπονδυλοδεσία για σκολίωση. Το 1924 [9] δημοσιεύει 59 περιστατικά και, αργότερα, με τους Risser και Ferguson [10] δημοσιεύουν τελικά αποτελέσματα 360 περιστατικών σκολίωσης. Τις επεμβάσεις συνόδευε η ακινητοποίηση της Σπονδυλικής Στήλης με τη χρήση κηδεμόνων. Το μεγάλο μάλλον ποσοστό ψευδαρθρώσεων οφειλόταν αφενός στην αδυναμία των χειρουργών να αντιληφθούν τα τεχνικά λάθη και αφετέρου στον ανεπαρκή χρόνο μετεγχειρητικής ακινητοποίησης.

Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του '30 και '40 η σπονδυλοδεσία για τη θεραπεία της σκολίωσης έπεσε σε ανυποληψία, λόγω των φτωχών αποτελεσμάτων. Όμως, μερικοί χειρουργοί, μεταξύ των οποίων οι Cobb και Risser, αποφάσισαν να ασχοληθούν σοβαρά και μεθοδικά τόσο όσο αφορά στις τεχνικές της σπονδυλοδεσίας, όσο και με τη λεπτομερή μελέτη των κηδεμόνων. Το 1946, οι Blount και Schmidt σχεδίασαν έναν διατατικό κηδεμόνα με σύγχρονες πλάγιες πιέσεις. Αυτός ήταν ο πρώτος Milwaukee brace και ακολούθησαν αρκετές τροποποιήσεις του, που σημείωσαν πολύ καλά αποτελέσματα σε επιλεγμένους ασθενείς.

Η χειρουργική θεραπεία της σκολίωσης παρουσίασε μεγάλη πρόοδο κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Η χρησιμοποίηση των υλικών του Harrington [11] έθεσε τη θεμέλιο λίθο της σύγχρονης χειρουργικής θεραπείας στις αρχές του '60. Έτσι, η σωστή χειρουργική τεχνική, η εφαρμογή των κανόνων της αρθρόδεσης, η χρήση αυτόλογων μοσχευμάτων σε συνδυασμό με την εφαρμογή υλικού εσωτερικής οστεοσύνθεσης και σωστού μετεγχειρητικού κηδεμόνα, έδωσε τελικά τη λύση στη χειρουργική θεραπεία της σκολίωσης.

Το 1956 ο A.R. Hodgson [12] στο Hong Kong περιέγραψε την πρόσθια προσπέλαση της ΣΣ για τη θεραπεία της φυματιώδους σπονδυλίτιδος. Αν και τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά, η μέθοδος δεν κέρδισε το ενδιαφέρον των χειρουργών της εποχής εκείνης. Το 1965, ο ίδιος χειρουργός ανακοίνωσε την πρώτη ανοιχτή σφηνοειδή οστεοτομία για τη θεραπεία της συγγενούς κύφωσης. Από τότε, η πρόσθια προσπέλαση έγινε γενικά αποδεκτή ως απαραίτητη μέθοδος για ασθενείς με μεγάλη κύφωση ή κυφοσκολίωση καθώς και για την απελευθέρωση του Νωτιαίου Μυελού σε παραπληγίες. Στη συνέχεια, η πρόσθια προσπέλαση εφαρμόστηκε και για τη διόρθωση της ιδιοπαθούς σκολίωσης με πρώτο τον F. Dwyer να εφαρμόζει υλικό σπονδυλοδεσίας μπροστά, μετά από δισκεκτομές.

Τέλος, η ίδρυση της Scoliosis Research Society στο Πανεπιστήμιο της Minnesota το 1966, θεωρείται ορόσημο στην πρόοδο της θεραπείας της σκολίωσης. Εκτοτε ένας αυξανόμενος συνεχώς αριθμός επιστημόνων, όχι μόνο ιατρών, άρχισε να ασχολείται, να ερευνά και να ανταλλάσσει απόψεις και γνώμες πάνω στο θέμα της σκολίωσης με σκοπό την κατανόηση της πάθησης και τη σωστότερη θεραπεία.

1.2 Ορισμός της σκολίωσης

Σήμερα, σκολίωση θεωρείται η πλάγια, στο μετωπιαίο επίπεδο, παρέκκλιση του φυσιολογικού κάθετου άξονα της σπονδυλικής στήλης, η οποία όταν μετρείται στην ακτινογραφία είναι μεγαλύτερη των 10 μοιρών (Εικόνα. 1-1). Επειδή η πλάγια κλίση της ΣΣ συνοδεύεται από στροφή των σπονδύλων που βρίσκονται μέσα στην ακτίνα καμπυλότητας του κυρτώματος, προκύπτει μια τρισδιάστατη παραμόρφωση. Αυτή η σύνθετη παραμόρφωση αντιπροσωπεύει ανώμαλη κίνηση σε τρία επίπεδα: α) μεσοσπονδύλια έκταση στο οβελιαίο επίπεδο, που οδηγεί σε λόρδωση του σκολιωτικού τμήματος, β) πλάγια κλίση στο μετωπιαίο επίπεδο και γ) στροφικό στοιχείο στο εγκάρσιο επίπεδο [13]. Οι παραπάνω παραμορφώσεις οδηγούν σε στροφή του συνόλου του σκολιωτικού τμήματος της Σπονδυλικής Στήλης με την πλέον σημαντική παραμόρφωση να βρίσκεται στο επίπεδο του κορυφαίου σπονδύλου. Καθώς η σκολίωση επιδεινώνεται, δομικές (structural) αλλαγές μπορεί να συμβούν στους σπονδύλους και τις πλευρές. Οι σχέσεις μεταξύ των ενδοθωρακικών και ενδοκοιλιακών οργάνων μπορεί να διαταραχθούν όσο η παραμόρφωση χειροτερεύει, όμως σπάνια παρατηρούνται λειτουργικές διαταραχές.



Εικόνα 1-1 Ιδιοπαθής Σκολίωση

1.3 Ταξινόμηση της Σκολίωσης

Σε κάθε γνωστικό χώρο είναι σημαντικό να υπάρχει κοινή ορολογία, ώστε να υπάρχει ακριβής επικοινωνία και συναντήληψη.

Έτσι και για τις παραμορφώσεις της Σπονδυλικής Στήλης, μια διεθνώς αναγνωρισμένη ορολογία και ταξινόμηση συμφωνήθηκε, χάρις στις προσπάθειες της Scoliosis Research Society[14]. Έτσι η σκολίωση διακρίνεται ανάλογα με το αίτιο που την προκαλεί σε:

ΔΟΜΙΚΗ ΣΚΟΛΙΩΣΗ

I. Ιδιοπαθής

A. Βρεφική (0-3 χρόνια)

1. Αυτοθεραπευόμενη
2. Προϊούσα

B. Παιδική (3-10 χρόνια)

Γ. Εφηβική (> 10 χρόνια)

II. Νευρομυϊκή

A. Νευροπαθητική

1. Άνω κινητικός νευρώνας
 - α) Εγκεφαλική παράλυση
 - β) Νωτιοπαρεγκεφαλιδική εκφύλιση
 - νόσος Freidreich
 - νόσος Charcot – Marie – Tooth
 - νόσος Roussy – Lévy
 - γ) Συριγγομυελία
 - δ) Όγκος Νωτιαίου Μυελού
 - ε) Τραύμα
 - στ) Άλλο
2. Κατώτερος κινητικός νευρώνας
 - α) Πολυομυελίτις
 - β) Άλλες ιογενείς μυελίτιδες
 - γ) Τραύμα
 - δ) Νωτιαία μυϊκή ατροφία
 - Werdnig-Hoffmann
 - Kugelberg-Welander
 - ε) Μυελομηνιγγοκήλη
3. Δυσσαυτονομία (Rilay-Day)
4. Άλλο

B. Μυοπαθητική

1. Αρθρογρύπωση
2. Μυϊκή δυστροφία
 - Duchenne
 - Limb-girdle
 - Προσωπο-ωμοβραχιόνιο σύνδρομο
3. Δυσαναλογία ινώδους τύπου
4. Συγγενής υποτονία
5. Δυστροφική μυοτονία
6. Άλλο

III. Συγγενής

- A. Αποτυχία σχηματισμού
 1. Σφηνοειδής σπόνδυλος
 2. Ημισπόνδυλος
- B. Αποτυχία διαχωρισμού
 1. Μονόπλευρη (μπάρα)
 2. Αμφίπλευρη
- Γ. Μικτός τύπος

IV. Νευροϊνωμάτωση

V. Μεσεγχοματικοί νόσοι

- A. Marfan
- B. Ehlers – Danlos
- Γ. Άλλο

VI. Ρευματοειδείς παθήσεις

VII. Τραύμα

VIII. Εξωσπονδυλικές συγκάμψεις

IX. Οστεοχονδροδυστροφίες

- A. Νανισμός
- B. Μουκοπολυσακχαριδώσεις
- Γ. Σπονδυλοεπιφυσιακή δυσπλασία
- Δ. Πολλαπλή επιφυσιακή δυσπλασία
- E. Άλλο

X. Φλεγμονές

XI. Μεταβολικές διαταραχές

- A. Ραχίτις
- B. Ατελής οστεογένεση
- Γ. Ομοκυστουρία
- Δ. Άλλο

XII. Σχετιζόμενο με την οσφυοϊερά άρθρωση

- A. Σπονδυλόλυση και σπονδυλολίσθηση.
- B. Συγγενείς ανωμαλίες της οσφυοϊεράς περιοχής

XIII. Όγκοι

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ – ΜΗ ΔΟΜΙΚΗ ΣΚΟΛΙΩΣΗ

I. Εκ στάσεως

II. Υστερική

III. Ερεθισμός ριζών

IV. Φλεγμονές κοιλιάς

V. Ανισοσκελία

VI. Συγκάμψεις ισχίου.

Ανάλογα με την περιοχή της σπονδυλικής στήλης στην οποία βρίσκεται ο κορυφαίος σπόνδυλος, η Scoliosis Research Society [14] διακρίνει:

- Την αυχενική καμπύλη όταν ο κορυφαίος βρίσκεται μεταξύ A1 και A6
- Την αυχενοθωρακική καμπύλη όταν ο κορυφαίος βρίσκεται μεταξύ A7 και Θ1
- Την θωρακική καμπύλη όταν ο κορυφαίος βρίσκεται μεταξύ Θ2 και Θ11
- Την θωρακο-οσφυϊκή όταν ο κορυφαίος είναι ο Θ12 ή ο Ο1
- Την οσφυϊκή καμπύλη όταν ο κορυφαίος βρίσκεται μεταξύ Ο2 και Ο4, και
- Την οσφυο-ιερά καμπύλη όταν ο κορυφαίος είναι ο Ο5 ή ο Ι1.

Η ταξινόμηση της ιδιοπαθούς σκολίωσης είναι ένα πεδίο αμφιβολιών και έριδων στη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς σχετίζεται άμεσα με τα χειρουργικά αποτελέσματα. Η βοήθεια που προσφέρει η ταξινόμηση είναι η επιλογή της κατάλληλης προσπέλασης και των επιπέδων σπονδυλοδεσίας. Η ιδεατή ταξινόμηση πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. Να είναι κατανοητή και να περιλαμβάνει όλους τους τύπους
2. Να απομνημονεύεται εύκολα και να έχει ψηλό ποσοστό αξιοπιστίας και επαναληψιμότητας, και
3. Να βοηθά στο σαφή καθορισμό της θεραπείας.

Η πρώτη ταξινόμηση της ιδιοπαθούς σκολίωσης έγινε από τον Schulthess W το 1905 [15], ο οποίος κατέταξε την σκολίωση σε πέντε κλινικούς τύπους: 1) Την αυχENO-θωρακική, 2) την θωρακική, 3) την θωρακο-οσφυϊκή, 4) την οσφυϊκή, και 5) την συνδυασμένη διπλή πρωτοπαθή. Η ταξινόμηση αυτή χρησιμοποιήθηκε από πολλούς συγγραφείς όπως ο Ponseti και Friedman, Stagnara και Queneau, Lange, Goldstein και Waugh, και άλλοι. Η ταξινόμηση αυτή διευρύνθηκε αργότερα σε εννέα τύπους από τον James [16], Harrington και Moe [17].

Το 1983, ο King et al [18] μελετώντας ακτινογραφίες 405 ασθενών που υποβλήθηκαν σε χειρουργική θεραπεία ιδιοπαθούς σκολίωσης με τη μέθοδο Harrington, περιέγραψαν πέντε τύπους ιδιοπαθούς σκολίωσης. Η ταξινόμηση αυτή είχε περισσότερο ως σκοπό τον προσδιορισμό των επιπέδων σπονδυλοδεσίας, παρά την πλήρη ταξινόμηση. Ένα από τα μειονεκτήματα αυτής της ταξινόμησης είναι ότι δεν περιλαμβάνει το μονό οσφυϊκό κύρτωμα, το θωρακο-οσφυϊκό και τα διπλά ή τριπλά κυρτώματα, ενώ επίσης, δεν λαμβάνει υπόψη την οβελιαία διαμόρφωση της σκολιωτικής σπονδυλικής στήλης.

Αργότερα, οι Winter και Lonstein [19, 20] το 1992 περιέγραψαν επτά κλινικούς τύπους της ιδιοπαθούς σκολίωσης: 1) μονή θωρακική, 2) μονή θωρακο-οσφυϊκή, 3) μονή οσφυϊκή, 4) διπλή θωρακική, 5) θωρακική και οσφυϊκή, 6) θωρακική και θωρακο-οσφυϊκή, και 7) πολλαπλή με τρία ή περισσότερα κυρτώματα.

Το 1998, οι Coonrad RW et al [21], εξετάζοντας 2000 φακέλους ασθενών, επιχείρησαν μια νέα ταξινόμηση στηριζόμενοι στην ονοματολογία της Scoliosis Research Society, που ταξινομεί περιγραφικά τη σκολίωση ανάλογα με τη θέση που βρίσκεται ο κορυφαίος σπόνδυλος, περιλαμβάνοντας και τους τύπους του King. Κατέληξαν σε 21 τύπους σκολίωσης τους οποίους μείωσαν σε 11, συνδυάζοντας τις δεξιές και αριστερές όμοιες σκολιώσεις σε έναν τύπο. Οι συγγραφείς αναγνωρίζουν ότι δεν έλαβαν υπόψη το οβελιαίο στοιχείο της σκολίωσης όπως επίσης και την τρισδιάστατη παραμόρφωσή της, στοιχεία που είναι βασικά για την επιλογή της θεραπείας, των επιπέδων σπονδυλοδεσίας, και της χειρουργικής προσπέλασης.

Η απουσία μιας αξιόπιστης και γενικά αποδεκτής ταξινόμησης οδήγησε τον Lawrence Lenke το 2001 [22] να αναπτύξει ένα νέο σύστημα ταξινόμησης της ιδιοπαθούς σκολίωσης, που βασίστηκε σε τρία στοιχεία: τον τύπο της καμπύλης (6 τύποι), έναν οσφυϊκό συντελεστή (lumbar spine modifier: A, B, C) και έναν θωρακικό οβελιαίο συντελεστή (sagittal thoracic modifier: -, N, +).

Ο Lenke βρήκε ότι η ταξινόμηση που ανέπτυξε ήταν πολύ πιο αξιόπιστη από αυτή του King, με interobserver reliability 93% για το δικό του σύστημα και 64% για αυτό του King, και intraobserver reliability 85% και 69% αντίστοιχα. Η ταξινόμηση αυτή είναι η μόνη που λαμβάνει υπόψη την οβελιαία διαμόρφωση της Σπονδυλικής Στήλης. Αρχικά έγιναν προσπάθειες να ενσωματωθεί και παράγοντας που αφορά στο εγκάρσιο επίπεδο, αλλά εγκαταλήφθηκαν λόγω αδυναμίας ακριβών μετρήσεων. Παρότι το βασικό σημείο κριτικής αυτής της ταξινόμησης είναι οι 42 κλινικοί τύποι σκολίωσης που προκύπτουν, ο Lenke πιστεύει ότι η ταξινόμηση αυτή θα αποδειχθεί χρήσιμη για την εις βάθος δισδιάστατη εκτίμηση της ιδιοπαθούς σκολίωσης, καθορίζοντας με σαφήνεια τα προς σπονδυλοδεσία επίπεδα, και την θεωρεί ως τον πρόδρομο μιας τρισδιάστατης ταξινόμησης.

Στη βιβλιογραφία του 2005 βρίσκουμε μια τελευταία ταξινόμηση προερχόμενη από το Πεκίνο με την ονομασία Peking Union Medical College Methode [23]. Η ταξινόμηση αυτή περιλαμβάνει τρεις βασικούς τύπους ιδιοπαθούς σκολίωσης, ανάλογα με τον απόλυτο αριθμό των κυρτωμάτων και λαμβάνει υπόψη την ονοματολογία της SRS, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Κάθε τύπος χωρίζεται σε υποκατηγορίες, ανάλογα με τα τρισδιάστατα χαρακτηριστικά της παραμόρφωσης και την ευκαμψία των κυρτωμάτων. Έτσι, η ταξινόμηση αυτή καταλήγει σε 13 τύπους σκολίωσης. Οι συγγραφείς αναφέρουν 85% αξιοπιστία και 91% επαναληψιμότητα, και τονίζουν ότι περαιτέρω προοπτικές μελέτες είναι αναγκαίες για να βελτιωθεί ή τροποποιηθεί το αναφερόμενο σχήμα ταξινόμησης.

2. ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΚΟΛΙΩΣΗΣ

Η θεραπεία της σκολίωσης εξαρτάται από πάρα πολλούς παράγοντες και πρώτα από όλα από το είδος της και την ηλικία. Έτσι, άλλα κριτήρια θα ληφθούν υπόψη για την εφηβική ιδιοπαθή σκολίωση, άλλα για τη συγγενή και άλλα για τη νευρομυϊκή σκολίωση. Αλλιώς θα αντιμετωπισθεί ένα παιδί με συγγενή σκολίωση, αλλιώς ένα παιδί με ιδιοπαθή.

2.1 Ιδιοπαθής Σκολίωση

2.1.1 Εφηβική

Γενικές αρχές

Οι περισσότερες εφηβικές ιδιοπαθείς σκολιώσεις δεν απαιτούν θεραπεία, λόγω της μικρής πιθανότητας επιδείνωσης του κυρτώματος [24], [25]. Η θεραπεία, όμως, θα πρέπει να προβλέπεται στα άτομα εκείνα που βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο επιδείνωσης ή στα άτομα που εμφανίζονται στο ιατρείο με ήδη μεγάλα κυρτώματα. Η πολύ καλή κατανόηση των παραγόντων επικινδυνότητας (risk factors) είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό των ατόμων που χρειάζονται θεραπεία, ανεξάρτητα από το εάν είναι ή δεν είναι σκελετικά ώριμα.

Στην απόφαση για θεραπεία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το δυναμικό ανάπτυξης, το μέγεθος του κυρτώματος κατά την πρώτη επίσκεψη, καθώς και το είδος και η θέση του κυρτώματος. Η κοσμητική εμφάνιση και κοινωνικοί παράγοντες, που μπορεί να επηρεάσουν τη θεραπεία, πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη. Οι θεραπευτικές επιλογές περιλαμβάνουν την παρακολούθηση, τη συντηρητική και τη χειρουργική θεραπεία.

Παρακολούθηση

Γενικά δεν απαιτείται θεραπεία σε καμπύλες που είναι μικρότερες των 25 μοιρών, ανεξάρτητα από την οστική ηλικία. Η παρακολούθηση είναι αναγκαία και τα μεσοδιαστήματά της εξαρτώνται από την σκελετική ωρίμανση και το μέγεθος της καμπύλης. Για παράδειγμα, ένα κορίτσι που βρίσκεται σε προεμμηνορροϊκή περίοδο με Risser 0 και αρχική καμπύλη 24 μοιρών θα πρέπει να εξετάζεται κάθε 3-4 μήνες. Αν η καμπύλη επιδεινωθεί θα χρειαστεί η εφαρμογή κηδεμόνα. Για σκελετικά πιο ώριμους έφηβους με Risser 3 ή περισσότερο, μακρότερα μεσοδιαστήματα είναι ικανοποιητικά καθώς η επιδείνωση της καμπύλης έχει βραδύτερο ρυθμό και μπορεί

να μη συμβεί. Βέβαια πρέπει να έχουμε υπόψη ότι οι παρατηρήσεις αυτές έχουν μια γενική ισχύ, αλλά κάθε ασθενής θα πρέπει να αντιμετωπίζεται εξατομικευμένα.

Είναι συζητήσιμο το τι αποτελεί επιδείνωση της καμπύλης. Παραδοσιακά, μια αύξηση της τάξεως των 5-6 μοιρών σε διάστημα 3-4 μηνών θεωρείται επιδείνωση. Όμως μια αλλαγή της τάξης των 7-10 μοιρών είναι πιο ακριβής στον ορισμό της επιδείνωσης, αν χρησιμοποιούμε το στατιστικό διάστημα εμπιστοσύνης 95% [26], [27]. Αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ειδικά όταν πρέπει να αποφασίσουμε μεταξύ συντηρητικής και χειρουργικής θεραπείας.

Θα πρέπει επίσης να ξέρουμε ότι δεν απαιτείται θεραπεία σε όλες οι σκολιώσεις που υπερβαίνουν τις 30 μοίρες, καθώς σχετίζεται με τη σκελετική ωρίμανση και τον τύπο της καμπύλης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι σκολιώσεις που οφείλονται σε διπλό ισορροπούμενο κύρτωμα μικρότερο των 60 μοιρών με κλινική εμφάνιση αποδεκτή από τον ασθενή. Επιβάλλεται όμως συνεχής παρακολούθηση διότι η επιδείνωση αυτών των κυρτωμάτων απαιτεί χειρουργική αντιμετώπιση.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει μια γενική ιδέα της αντιμετώπισης της ιδιοπαθούς σκολίωσης

Εύρος κυρτώματος	Risser 0 / προεμμηνορροϊκή	Risser 1 ή 2	Risser 3,4 ή 5
<25°	Παρακολούθηση	Παρακολούθηση	Παρακολούθηση
30°-45°	Κηδεμόνας	Κηδεμόνας	Παρακολούθηση
>45°	Χειρουργείο	Χειρουργείο	Χειρουργείο

Συντηρητική θεραπεία

Η συντηρητική θεραπεία για να θεωρηθεί αποτελεσματική θα πρέπει:

- A) να προλαμβάνει την επιδείνωση του κυρτώματος σε ασθενείς αυξημένου κινδύνου (καμπύλες 25 έως 45 μοιρών με Risser 0 ή 1),
- B) να μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε καμπύλη,
- Γ) να οδηγεί σε ικανοποιητικό αποτέλεσμα στο τέλος της θεραπείας και
- Δ) να μειώνει την ανάγκη του χειρουργείου.

Σήμερα υπάρχει διεθνώς πολύ μεγάλη εμπειρία στη συντηρητική αντιμετώπιση της σκολίωσης και έχει αποδειχθεί ότι ορισμένοι μέθοδοι (όπως ο κηδεμόνας) έχουν πολύ καλά αποτελέσματα, ενώ άλλοι έχουν οδηγήσει σε αποτυχία (ηλεκτρικοί ερεθισμοί, ασκήσεις, bio-feedback).

Ενδείξεις χειρουργικής θεραπείας

Έφηβοι

Ο σκοπός της χειρουργικής αντιμετώπισης της εφηβικής ιδιοπαθούς σκολίωσης είναι η μερική διόρθωση και σταθεροποίηση της καμπύλης, η ελάττωση της κλινικής παραμόρφωσης και η αποκατάσταση ή η διατήρηση μιας ισορροπημένης Σπονδυλικής Στήλης. Υπάρχουν απόλυτες ενδείξεις χειρουργικής θεραπείας, όπως και σχετικές. Εκτός από τη μέτρηση της γωνίας Cobb, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως η σκελετική ωριμότητα, η διαμόρφωση της Σπονδυλικής Στήλης στο οβελιαίο επίπεδο, η στροφή των σπονδύλων και η καλή γνώση της εξέλιξης της σκολίωσης.

Στον έφηβο, καμπύλες μεγαλύτερες των 50° θα πρέπει να θεραπεύονται χειρουργικά. Καμπύλες μεγαλύτερες των 40° με αποδεδειγμένη επιδείνωση, παρά τη συντηρητική θεραπεία, θα πρέπει να θεωρούνται ως υποψήφιες για χειρουργείο. Καμπύλες μεταξύ 40° και 50° χωρίς αποδεδειγμένη επιδείνωση στον έφηβο θα πρέπει να εξετάζονται εξατομικευμένα. Γενικά θα πρέπει να ελέγχονται για επιδείνωση. Αν η καμπύλη επιδεινώνεται, το χειρουργείο γίνεται επιβεβλημένο. Επίσης πέραν του εύρους της γωνίας Cobb, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες. Ο σημαντικότερος από αυτούς είναι η σκελετική ωριμότητα. Για παράδειγμα, μια γωνία Cobb 45° σε ένα κορίτσι 14 ετών με ήδη εγκατεστημένο κύκλο περιόδου και Risser 3 ή 4 θα πρέπει να παρακολουθείται, ενώ η ίδια καμπύλη σε κορίτσι 11 ετών σε προεμμηνορροϊκό στάδιο με Risser 0 ή 1 θα πρέπει να χειρουργηθεί. Στην τελευταία περίπτωση γνωρίζουμε από την εξέλιξη της σκολίωσης ότι η καμπύλη θα επιδεινωθεί και ότι ο κηδεμόνας δεν είναι αποτελεσματικός για τέτοιες καμπύλες.

Η εμφάνιση της Σπνδυλικής Στήλης στο οβελιαίο επίπεδο θα πρέπει επίσης να αναλύεται προσεκτικά και να μελετάται όταν αποφασίζεται χειρουργική θεραπεία [28]. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ασθενών με μεγάλη υποκύφωση ή λόρδωση της θωρακικής μοίρας. Σε αυτούς τους ασθενείς με προοδευτική επιδείνωση της θωρακικής λόρδωσης ή λόρδωσης μεγαλύτερης των 10° , η χειρουργική θεραπεία θα πρέπει να αποφασίζεται έστω κι αν η καμπύλη στο μετωπιαίο επίπεδο είναι μικρότερη των 45° .

Ενήλικες

Και εδώ υπάρχουν απόλυτες και σχετικές ενδείξεις για τη χειρουργική αντιμετώπιση της σκολίωσης. Ο πόνος, η προοδευτική επιδείνωση του κυρτώματος, καρδιοπνευμονολογικά συμπτώματα, νευρολογική δυσλειτουργία και η φυσική εμφάνιση είναι οι ενδείξεις της χειρουργικής θεραπείας. Ο πόνος είναι το πιο συχνό σύμπτωμα. Όμως, η προοδευτική παραμόρφωση είναι η πιο κοινά αποδεκτή ένδειξη χειρουργικής αντιμετώπισης της σκολίωσης στον ενήλικα. Οι Bjure και Nachemson [29], [30] υποστηρίζουν ότι ο πόνος δεν θα πρέπει να αποτελεί απόλυτη ένδειξη της χειρουργικής θεραπείας στον ενήλικα.

Τα καρδιοπνευμονικά συμπτώματα είναι σπάνια αλλά μπορούν να εμφανισθούν σε καμπύλες που υπερβαίνουν τις 60°. Οι Bjure και Nachemson προτείνουν σπονδυλοδεσία σε τέτοιες καμπύλες.

Η φυσική εμφάνιση δεν μπορεί να θεωρηθεί απόλυτη ένδειξη χειρουργείου στον ενήλικα, όμως θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μαζί με άλλους παράγοντες πριν αποφασισθεί το χειρουργείο.

Οι ακόλουθες αρχές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην απόφαση για χειρουργική θεραπεία. Σε ασυμπτωματικούς ασθενείς μικρότερους των 25 ετών, η εκτίμηση και η θεραπεία είναι αυτή της σκολίωσης των εφήβων. Το χειρουργείο συνιστάται για καμπύλες μεγαλύτερες των 60° ή επιδεινούμενες καμπύλες μεγαλύτερες των 50°. Για ενήλικες μεγαλύτερους των 25 ετών με ασυμπτωματικές καμπύλες μικρότερες των 50° χωρίς σημεία επιδείνωσης, μια ετήσια κλινική και ακτινολογική εξέταση επιβάλλεται. Αν δεν υπάρχει επιδείνωση για 4 – 5 χρόνια, ο ασθενής παύει να παρακολουθείται. Σε ασυμπτωματικούς ενήλικες με καμπύλες μεταξύ 60° και 70°, χωρίς αποδεδειγμένη επιδείνωση, χωρίς αναπνευστικά και χωρίς νευρολογικά προβλήματα συνιστάται ετήσιος έλεγχος. Σε σκολιώσεις μεγαλύτερες των 70°, η ένδειξη χειρουργικής θεραπείας τίθεται από αυτό και μόνο το μέγεθος της καμπύλης.

Στους ενήλικες που μετά από ακτινολογικό έλεγχο αποδεικνύεται επιδείνωση της καμπύλης συνιστάται χειρουργική θεραπεία.

Δύσκολη απόφαση προκύπτει σε ασθενείς με πόνο χωρίς επιδείνωση της καμπύλης. Γενικά εδώ θα πρέπει να συνιστάται συντηρητική θεραπεία, που θα περιλαμβάνει μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη, εγχύσεις και φυσιοθεραπεία. Για τους ηλικιωμένους, ο κηδεμόνας μπορεί να φανεί χρήσιμος. Στους συμπτωματικούς

ενήλικες με σοβαρό πόνο που δεν ανταποκρίνεται στη συντηρητική αγωγή, το χειρουργείο είναι μια λύση. Όμως, θα πρέπει να εξηγηθούν στον ασθενή όλες οι πιθανές επιπλοκές και θα πρέπει να διερευνηθεί ενδελεχώς, ώστε να αποκαλυφθεί, το αίτιο του πόνου.

Η αναπνευστική ανεπάρκεια είναι σπάνια αλλά σοβαρή εκδήλωση της σκολίωσης στον ενήλικα. Προσεκτική προεγχειρητική εκτίμηση είναι απαραίτητη για να καθορισθεί αν η χειρουργική αντιμετώπιση θα είναι ευεργετική. Αυτοί οι ασθενείς θεραπεύονται αρχικά με halo traction και έντονη αναπνευστική γυμναστική. Αν η αναπνευστική λειτουργία βελτιώνεται και η κατάσταση το επιτρέπει, μερική διόρθωση και σταθεροποίηση, μπορεί να προλάβει την επιδείνωση της αναπνευστικής λειτουργίας.

Τέλος οι νευρολογικές διαταραχές μπορεί να είναι ένδειξη χειρουργικής αντιμετώπισης. Είναι σπάνιο να δούμε ασθενή με σημεία πίεσης του νωτιαίου μυελού. Αν συμβεί, τότε η ενδεδειγμένη θεραπεία είναι η αποσυμπίεση ακολουθούμενη από σταθεροποίηση. Ελάσσονες διαταραχές του νωτιαίου μυελού, όπως αύξηση τενοντίων αντανάκλαστικών ή κλώνος, θεραπεύονται με έμμεση αποσυμπίεση διορθώνοντας την παραμόρφωση. Σε ηλικιωμένους, η παρουσία ριζίτιδας με συνοδό οσφυϊκή σκολίωση δεν είναι σπάνια. Εδώ οι γνώμες δίστανται. Μερικοί πιστεύουν ότι η θεραπεία είναι ίδια μ' αυτούς που δεν έχουν σκολίωση, δηλαδή πεταλεκτομή και αποσυμπίεση ρίζας, ενώ άλλοι πιστεύουν ότι η διόρθωση της παραμόρφωσης βελτιώνει την κλινική εικόνα. Γεγονός είναι πάντως ότι η θεραπεία θα πρέπει να εξατομικεύεται και να ακολουθεί τον ενδελεχή έλεγχο του ασθενή.

2.1.2 Βρεφική και Παιδική Σκολίωση

Ιδιοπαθής σκολίωση μπορεί να εμφανισθεί και σε άτομα μικρότερα των 10 ετών και διαφέρει από αυτή των εφήβων σε πολλά χαρακτηριστικά εκτός από τον χρόνο εμφάνισης.

Η Scoliosis Research Society [31] ταξινομεί την ιδιοπαθή σκολίωση ανάλογα με τον χρόνο που γίνεται η διάγνωση σε:

Βρεφική, όταν η διάγνωση γίνεται από τη γέννηση μέχρι τα 3 χρόνια, σε

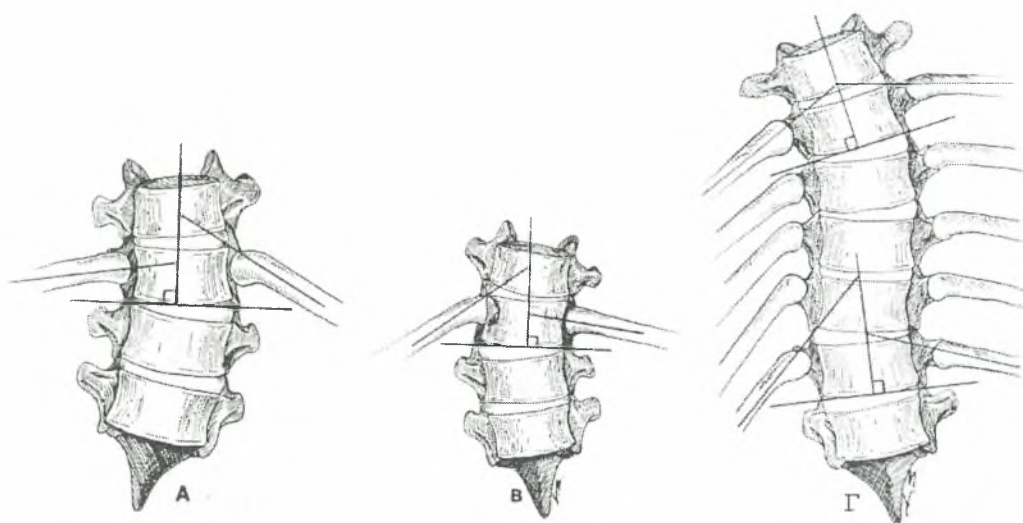
Παιδική, όταν γίνεται μεταξύ 4 και 10 ετών,

Εφηβική, όταν γίνεται μεταξύ 10 και 20ετών.

Πολλοί συγγραφείς πιστεύουν ότι η σκολίωση που μπορεί να σχετίζεται με σοβαρά προβλήματα υγείας και, πιο συγκεκριμένα, καρδιο-αναπνευστικά, είναι η σκολίωση που εμφανίζεται σε παιδιά μικρότερα των 5 ετών και αναπτύσσει μεγάλες καμπύλες. Έτσι, από καρδιοαναπνευστική άποψη, ίσως θα ήταν προτιμότερο να διακρίναμε τη βρεφική και παιδική σκολίωση σε πρώιμη (πριν τα 5 έτη) [32], [33] και όψιμη πριν την έναρξη της εφηβείας (before the pubertal growth spurt) [34].

Η θεραπεία της βρεφικής και παιδικής σκολίωσης αποτελεί πρόκληση για τον χειρουργό της Σπονδυλικής Στήλης και απαιτεί βαθιά γνώση και εμπειρία. Εκτός από το εύρος της καμπύλης, ο άλλος μεγάλος παράγοντας που παρεμβαίνει εδώ είναι η επίδραση της θεραπείας στην ανάπτυξη του παιδικού σκελετού.

Η θεραπεία περιλαμβάνει την παρακολούθηση, την εφαρμογή κηδεμόνων και την χειρουργική αντιμετώπιση.



Εικόνα 2-1 Α: φάση I κατά Mehta, Β: φάση II, Γ: Διαφορά πλευροσπονδυλικής γωνίας

Στη βρεφική σκολίωση η θεραπεία και η πρόγνωση εξαρτάται από τον προσδιορισμό της Φάσης I ή II κατά Mehta και η μέτρηση της διαφοράς της πλευροσπονδυλικής γωνίας του κορυφαίου σπονδύλου (RVAD Rib Vertebrae Angle Difference) [35] (Εικόνα 2-1).

Αν ένα παιδί μικρότερο του ενός έτους παρουσιάζει τυπική αριστερή θωρακική σκολίωση με σχέση πλευράς- σπονδύλου στη φάση I (μη επικάλυψη) και RVAD < 20°, η επιδείνωση θεωρείται απίθανη και συνιστάται παρακολούθηση. Ακολουθεί περιοδικός ακτινολογικός έλεγχος ανά τετράμηνο ή εξάμηνο. Σε αυτή την κατηγορία, η σταθεροποίηση ή η βελτίωση του κυρτώματος είναι το τελικό αποτέλεσμα.

Αν παρ' όλα αυτά υπάρξει επιδείνωση του κυρτώματος, ακολουθεί ενδεδειγμένη κλινικός νευρολογικός έλεγχος για να αποκλειστούν άλλες αιτιολογίες. Στο βρέφος που παρουσιάζει καμπύλη σε φάση I και γωνία Cobb μεταξύ 20° και 35°, η μέτρηση της RVAD είναι χρήσιμη στη πρόγνωση της εξέλιξης. Μια RVAD > 20° πιθανολογεί την επιδείνωση και απαιτείται προσεκτικός έλεγχος ανά 4μηνο.

Ως κριτήρια επιδείνωσης ορίζονται 1) σημαντική επιδείνωση της γωνίας Cobb (αλλαγή 5°-10°), 2) η αλλαγή της Φάσης από I σε II, 3) η αύξηση της RVAD (5°-10°) σε επανειλημμένες και συγκρίσιμες ακτινογραφίες.

Θεραπεία με κηδεμόνες θα πρέπει να αρχίσει αμέσως α) για κάθε γωνία Cobb μεγαλύτερη των 35°, β) για κάθε καμπύλη που βρίσκεται στη Φάση II και παρουσιάζει γωνία Cobb μεγαλύτερη των 25°, και γ) για κάθε άλλη καμπύλη που παρουσιάζει τα κριτήρια επιδείνωσης που προαναφέρθηκαν.

Για δύσκαμπτες καμπύλες, η αρχική θεραπεία μπορεί να περιλαμβάνει εφαρμογή γύψων με γενική αναισθησία [36], [37], [38]. Ο χρόνος αλλαγής του γύψου εξαρτάται από την σωματική ανάπτυξη του παιδιού και είναι περίπου κάθε 2-3 μήνες για τους πρώτους 18 μήνες. Αν η καμπύλη είναι σχετικά εύκαμπτη μπορούμε να εφαρμόσουμε έναν αυχENO-θωρακο-οσφυϊκο-ιερό κηδεμόνα τύπου Milwaukee στην ηλικία των 12-18 μηνών [37], [39], [40], [41]. Οι κηδεμόνες είναι καλά ανεκτοί σ' αυτές τις ηλικίες και έχουν καλά αποτελέσματα. Η Mehta [42] έδειξε ότι η πρώιμη εφαρμογή κηδεμόνα έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην θεραπεία της βρεφικής σκολίωσης.

Η εφαρμογή του κηδεμόνα συνεχίζεται πλήρως (full time) για τουλάχιστον 2 χρόνια, μέχρι να σταθεροποιηθεί η καμπύλη. Σε σταθερές καμπύλες μπορούμε να εφαρμόσουμε τον κηδεμόνα μόνο τη νύχτα. Θα πρέπει επίσης να γίνονται συχνές ανά 6μηνο τροποποιήσεις του κηδεμόνα λόγω της ταχείας αύξησης του σώματος.

Η θεραπεία της παιδικής σκολίωσης ακολουθεί τους ίδιους περίπου κανόνες με αυτήν της εφηβικής, με τη διαφορά ότι ο θεράπων γιατρός θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την επίδραση και τις επιπλοκές που μπορεί να έχει η εφαρμογή του κηδεμόνα σε ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο μυοσκελετικό σύστημα. Και εδώ ο κηδεμόνας Milwaukee ήταν και παραμένει η καλύτερη λύση για τη συντηρητική θεραπεία. Όμως, για καμπύλες με κορυφαίο τον Θ8 ή χαμηλότερα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι θωρακο-οσφυο-ιεροί κηδεμόνες όπως ο Boston [43],[44], ο Wilmington [45], ο Cheneau κ.α. Οι βασικές αρχές εφαρμογής του κηδεμόνα είναι: η εξάλειψη της λόρδωσης η οποία επιφέρει και διόρθωση του λορδωτικού τμήματος της καμπύλης και δευτεροπαθώς ελάττωση της θωρακικής παραμόρφωσης, καθώς και η εφαρμογή παθητικών δυνάμεων μέσω πιέστρων στη θωρακική και οσφυϊκή περιοχή.

Χειρουργική θεραπεία

Επειδή ένα σημαντικό ποσοστό βρεφικών και παιδικών σκολιώσεων [46], [47], [48] συνεχίζει να επιδεινώνεται, παρά τη θεραπεία με κηδεμόνα, ο χειρουργός πολλές φορές βρίσκεται μπροστά στο δίλημμα να αποφασίσει την καταλληλότερη θεραπεία μεγάλων και επιδεινούμενων κυρτωμάτων σε ανώριμους σκελετούς [32], [35],[40], [42], [49], [50].

Η απόφαση της χρησιμοποίησης υλικών χωρίς να γίνει σπονδυλοδεσία είναι από τις πιο δύσκολες στη θεραπεία της σκολίωσης. Αυτή η τεχνική είναι εφαρμόσιμη σε καμπύλες μεγαλύτερες των 60° και σε παιδιά μικρότερα των 8 ετών στα οποία η αρθρόδεση θα περιλαμβάνει πολλά επίπεδα [51].

Η δυνητική αναστολή ανάπτυξης του κορμού μετά από μια σπονδυλοδεσία, μπορεί να εκτιμηθεί με διάφορες μεθόδους. Ο Anderson [52] δημοσίευσε στοιχεία κορμικής ανάπτυξης και παρουσίασε πίνακες υπολειπόμενης ανάπτυξης παρόμοιους με αυτούς που χρησιμοποιούνται για τα κάτω άκρα. Ο DiMeglio [53] στη μελέτη που έκανε σχετικά με την ανάπτυξη της Σπονδυλικής Στήλης, κατέγραψε τις μεταβολές του ρυθμού ανάπτυξης της σε κάθε ηλικία, και τη συμμετοχή κάθε σπονδυλικής μονάδας στην επιμήκη ανάπτυξη. Κατασκεύασε ευθείες γραμμές σε γραφικούς πίνακες (ανάλογους με τους πίνακες που χρησιμοποιούνται για τις ανισοσκελίες), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του μεγέθους της κορμικής βράχυνσης που θα προκύψει μετά από πρόσθια ή οπίσθια σπονδυλοδεσία. Ο Winter [54] επινόησε έναν απλό μαθηματικό τύπο (Shortening Formula), που μας επιτρέπει να υπολογίζουμε γρήγορα την συνολική βράχυνση με βάση την ηλικία, το φύλο και τον αριθμό των σπονδυλοδεμένων σπονδυλικών μονάδων. Ο μαθηματικός αυτός τύπος είναι:

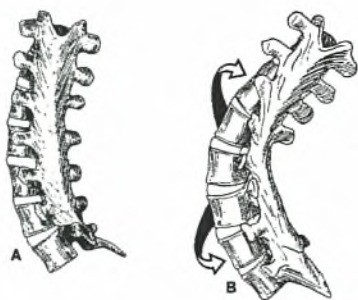
$$\frac{0,7cm \times \text{Αριθμό σπονδυλικών αρθροδεμένων μονάδων} \times \text{Αριθμό ετών μέχρι την σκελετική ωρίμανση}}$$

Μετά από προσεκτική ανάλυση του μεγέθους της καμπύλης, της θέσης της καμπύλης, της ηλικίας, της σκελετικής ηλικίας, του ύψους του παιδιού και του ύψους των γονέων μπορεί να γίνει ένας, κατά προσέγγιση, υπολογισμός της βράχυνσης.

Ο φόβος πρόκλησης κορμικής βράχυνσης μετά από σπονδυλοδεσία δημιούργησε δύο φιλοσοφίες στη χειρουργική αντιμετώπιση της παιδικής σκολίωσης. Ο James πιστεύει ότι θα πρέπει να αναβάλλεται όσο γίνεται περισσότερο [40], [46], [49]. Συστήνει την αναμονή μέχρι το παιδί να γίνει τουλάχιστον 10 ετών. Άλλοι συνιστούν πρώιμη σπονδυλοδεσία σε επιδεινούμενα κυρτώματα, όταν η συντηρητική θεραπεία δεν αποδίδει ή όταν τα κυρτώματα αυτά είναι μεγάλα [55]. Ο Moe και συνεργάτες, πρότειναν μια εναλλακτική μέθοδο που θα επέτρεπε τη διόρθωση και σταθεροποίηση της παραμόρφωσης με εσωτερική οστεοσύνθεση, χωρίς να γίνει σπονδυλοδεσία, η οποία αναβάλλεται μέχρι τη σκελετική ωρίμανση [56]. Αυτή η μέθοδος απαιτεί περιοδική επιμήκυνση των υλικών για τον έλεγχο της παραμόρφωσης και επιτρέπει διαφορετικού, κάθε φορά, βαθμού επιμήκυνση της Σπονδυλικής Στήλης [51], [56], [57], [58], [59], [60], [61].

Αρκετές τεχνικές οστεοσύνθεσης χωρίς σπονδυλοδεσία έχουν περιγραφεί: Η εφαρμογή των υλικών Harrington, η τεχνική του Moe (υποδόριες ράβδοι) [56], [58], η τεχνική Luque-Trolley (υποπετάλια σύρματα με λείες ράβδους) [62], η τεχνική Leeds (υποπετάλια σύρματα με ράβδους Moe) [33], και η τεχνική του McCarthy (διπλές ράβδοι που ενώνονται παράλληλα με ειδικά συνδετικά) [51].

Προαπαιτούμενα για αυτές τις τεχνικές είναι η καλή συνεργασία των γονέων και φυσικά του ασθενούς, που θα κατανοήσουν την ανάγκη συχνών χειρουργικών επεμβάσεων (ανά 6μηνο περίπου), τη συνεχή εφαρμογή κηδεμόνα και την αποδοχή της τελικής σπονδυλοδεσίας όταν η ηλικία του μικρού ασθενούς το επιτρέπει.



Εικόνα 2-2 Α: Η οπίσθια σπονδυλοδεσία εμποδίζει την κατά μήκος ανάπτυξη της Σπονδυλικής Στήλης. Β: Στον ανώριμο όμως σκελετό η συνεχιζόμενη ανάπτυξη των πρόσθιων στοιχείων, δημιουργεί δυνάμεις στροφής με άξονα στροφής την σπονδυλοδεσία.

Crankshaft φαινόμενο (Εικόνα 2-2)

Όπως προαναφέρθηκε, η θεραπεία των μεγάλων και επιδεινούμενων κυρτωμάτων στον ανώριμο αναπτυσσόμενο παιδικό σκελετό είναι από τις πλέον δύσκολες, δεδομένου ότι ο χειρουργός έχει να αντιμετωπίσει πολλά προβλήματα με κυριότερο το φαινόμενο του στροφαλοφόρου (crankshaft).

Οι Hefti και McMaster το 1983 [63] περιέγραψαν με σαφήνεια το crankshaft

φαινόμενο σε ασθενείς ηλικίας 8-11 ετών, που υπέστησαν οπίσθια σπονδυλοδεσία για διόρθωση σκολίωσης.

Παρατήρησαν τη διαδικασία κατά την οποία, παρά τη σταθερή οπίσθια σπονδυλοδεσία, τα σώματα των σπονδύλων συνέχισαν να αναπτύσσονται, προκαλώντας πλάγια μετατόπιση των κορυφαίων και αύξηση της στροφής τους, ενώ τα οπίσθια σπονδυλοδεμένα στοιχεία δρούσαν ως άξονας περιστροφής. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ουσιαστική επιδείνωση του κυρτώματος. Στην ίδια παρατήρηση κατέληξαν οι Dubousset, Herring και Shufflebarger το 1989 [64]. Σχεδόν όλα τα παιδιά (39/40), που αντιμετωπίστηκαν με οπίσθια σπονδυλοδεσία για θεραπεία σκολίωσης, παρουσίασαν επιδείνωση του κυρτώματος λόγω της ανάπτυξης των προσθίων στοιχείων της Σπονδυλικής Στήλης. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η πρόσθια σπονδυλοδεσία θα σταματούσε την εμφάνιση αυτού του φαινομένου. Ο Sanders [65] αναφέρει ότι παιδιά με Risser 0 και ανοιχτό τριακτινωτό χόνδρο έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανίσουν το φαινόμενο crankshaft, από τα παιδιά με Risser 0 και κλειστό τριακτινωτό χόνδρο. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η πρόσθια σπονδυλοδεσία θα απέτρεπε την εμφάνιση του crankshaft στα παιδιά με ανοιχτό τριακτινωτό χόνδρο. Παρόλα αυτά, η ιδέα της πρόσθιας σπονδυλοδεσίας για έλεγχο της παραμόρφωσης δεν είναι καινούργια και έχει συζητηθεί από παλαιότερα [34],[66],[67]. Η δύσκολη ερώτηση να απαντηθεί είναι αν ένα παιδί χρειάζεται οπωσδήποτε να υποστεί πρόσθια σπονδυλοδεσία την ίδια περίοδο που αποφασίζεται οπίσθια σπονδυλοδεσία. Ενώ το σημείο Risser πράγματι σχετίζεται με την ανάπτυξη της ΣΣ, υπάρχει διχογνωμία για τη σημασία του στην πρόβλεψη της εξέλιξης της σκολιωτικής παραμόρφωσης στους έφηβους [68],[69],[70]. Όλοι οι ασθενείς με βρεφική και οι περισσότεροι με παιδική σκολίωση έχουν Risser 0. Έτσι, το σημείο αυτό δεν βοηθά στην πρόβλεψη του φαινομένου crankshaft στους ασθενείς αυτούς. Άλλα σημεία όπως ο τριακτινωτός χόνδρος, μπορούν να μας βοηθήσουν στην εκτίμηση της ανάπτυξης της Σπονδυλικής Στήλης.

2.2 Συγγενής Σκολίωση

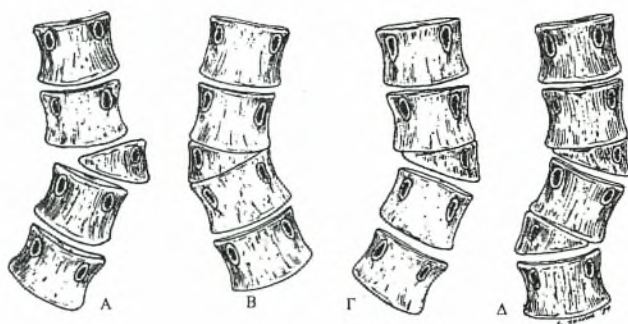
Αν και η βιβλιογραφία είναι πολύ πλούσια στη μελέτη της συγγενούς σκολίωσης [71], [72], [73], αυτή η παραμόρφωση της Σπονδυλικής Στήλης παραμένει ακόμα πρόκληση για τον χειρουργό. Παρότι η βιβλιογραφία παρέχει γενικές οδηγίες για τη συμπεριφορά αυτών των κυρτωμάτων, είναι γεγονός ότι κάθε ασθενής με συγγενή σκολίωση θα πρέπει να αντιμετωπίζεται εξατομικευμένα, διότι παράγοντες όπως η ηλικία, οι συνοδές καταστάσεις, και η γενική κατάσταση του ασθενούς

καθορίζουν την παραπάνω συμπεριφορά. Ο χειρουργός θα πρέπει να κατέχει τις διάφορες τεχνικές για να ελέγξει αυτά τα κυρτώματα, όπως επίσης θα πρέπει να διαθέτει την απαραίτητη γνώση και επαρκή εμπειρία.

Ένα καλό αξίωμα που ισχύει στη συγγενή σκολίωση είναι το: «αν υπάρχει μια συγγενής ανωμαλία ψάξε και για άλλες». Πράγματι 25% αυτών των παιδιών παρουσιάζουν σύνδρομο Klippel-Feil [74]. Ενδοκαναλικές εξεργασίες βρίσκονται στο 15% αυτών των ασθενών, ποσοστό που είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό του γενικού πληθυσμού [75]. Μην ξεχνάμε ότι το ένα τρίτο των παιδιών με συγγενή σκολίωση παρουσιάζουν ανωμαλίες του ουρο-γεννητοποιητικού συστήματος [76], όπως επίσης ότι συγγενείς καρδιακές ανωμαλίες παρουσιάζονται στο 10% των παιδιών αυτών [77].

Ένα σύστημα ταξινόμησης είναι απαραίτητο, καθώς όλες οι συγγενείς σκολιώσεις δεν είναι ίδιες μεταξύ τους. Έτσι οι συγγενείς ανωμαλίες της σπονδυλικής στήλης χωρίζονται σε αποτυχία σχηματισμού (Τύπος I), αποτυχία διαχωρισμού (Τύπος II), ενώ υπάρχει και ο μικτός τύπος. Αυτή η ταξινόμηση είναι ακτινολογική και σχεδόν πάντα χρειάζεται περαιτέρω έλεγχος με τομογραφίες ή αξονική τομογραφία ή και μαγνητική τομογραφία, για να διευκρινισθεί πλήρως η ανατομική βλάβη. Η θέση επίσης της βλάβης είναι σημαντική. Για παράδειγμα ένας ημισπόνδυλος στη θωρακική περιοχή μπορεί να δημιουργήσει δύο αντισταθμιστικά κυρτώματα εκατέρωθεν του ημισπονδύλου με σχετικά καλή ισορροπία της ΣΣ, ενώ ένας ημισπόνδυλος στην οσφυϊκή περιοχή μπορεί να προκαλέσει σοβαρή παρέκκλιση του κορμού και τη δημιουργία μεγάλου οργανικού αντισταθμιστικού θωρακο-οσφυϊκού κυρτώματος.

2.2.1 Αποτυχία σχηματισμού



Εικόνα. 2-3 Αποτυχία σχηματισμού, τύπος I συγγενούς σκολίωσης. Α: μη εμπεριεχόμενος, πλήρως διαχωρισμένος ημισπόνδυλος Β: εμπεριεχόμενος, μη διαχωρισμένος Γ: εμπεριεχόμενος, μερικώς διαχωρισμένος Δ: hemimetameric shift

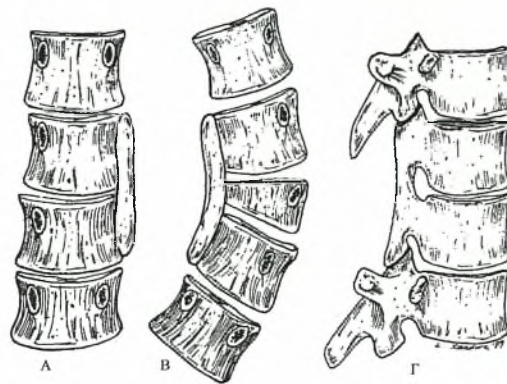
Οι ανωμαλίες σχηματισμού (Τύπος Ι) διακρίνονται από έναν τυπικό ημισπόνδυλο με μονό αυχένα που είναι πλήρως διαχωρισμένος (segmented), μέχρι έναν σφηνοειδή ημισπόνδυλο που είναι συνοστεωμένος με τους γειτονικούς του. Η συμπεριφορά αυτών των δύο ειδών είναι διαφορετική. Ένας ημισπόνδυλος μπορεί να είναι εμπεριεχόμενος (incarcerated) μέσα στα όρια της καμπύλης και της σπονδυλικής στήλης, ή μη εμπεριεχόμενος (unincarcerated) και δεν συνέχεται σ' αυτά τα όρια. Η πρόγνωση του δεύτερου είναι χειρότερη (Εικόνα. 2-3).

Η αύξηση της καμπύλης στις συγγενείς σκολιώσεις οφείλεται στην ασύμμετρη ανάπτυξη. Το δυναμικό ανάπτυξης ενός ημισπονδύλου είναι σημαντικό για την πρόβλεψη της εξέλιξης. Γνωρίζουμε ότι κάθε σπόνδυλος έχει συζευκτικό χόνδρο στην άνω και κάτω επιφάνεια του. Εάν ο ημισπόνδυλος είναι πλήρως διαχωρισμένος (segmented) από τους γειτονικούς του, η αύξηση του θα είναι φυσιολογική. Σ' αυτή τη περίπτωση περιμένουμε ότι η αύξηση του σπονδύλου θα επιδεινώσει την παραμόρφωση. Το αντίθετο συμβαίνει στον ημισπόνδυλο ο οποίος είναι πλήρως ενσωματωμένος (unsegmented) με τους γειτονικούς του, δεδομένου ότι δεν έχει συζευκτικό χόνδρο, άρα δυναμικό ανάπτυξης. Μια γνωστή κατάσταση που ονομάζεται hemimetameric shift χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη δυο ημισπονδύλων που βρίσκονται σε αντίθετες πλευρές και χωρίζονται από τουλάχιστον ένα φυσιολογικό σπόνδυλο. Αυτή η κατάσταση είναι καλή όσον αφορά την πρόγνωση.

Γενικά σ' αυτή την κατηγορία της συγγενούς σκολίωσης μπορούμε να πούμε τα εξής: Ο πλήρως διαχωρισμένος και μη εμπεριεχόμενος (unincarcerated) σπόνδυλος έχει την μεγαλύτερη πιθανότητα να προκαλέσει επιδείνωση. Ο μη εμπεριεχόμενος που είναι μερικώς διαχωρισμένος από τους γειτονικούς του έχει πιο καλοήγη πορεία. Ο ημισπόνδυλος που βρίσκεται στην οσφυο-ιερά περιοχή μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα, εκτός εάν υπάρχει ανωμαλία του ιερού που αντισταθμίζει την παραμόρφωση. Αν και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα επιδείνωσης μιας σκολίωσης επί ημισπονδύλου, αυτή μπορεί να είναι αργή μέχρι την έναρξη της εφηβείας.

2.2.2 Αποτυχία διαχωρισμού

Οι ανωμαλίες που οφείλονται σε αποτυχία διαχωρισμού (Τύπος ΙΙ), όπως και αυτές της αποτυχίας σχηματισμού, ποικίλουν. Ο block σπόνδυλος στον οποίο έχουμε πλήρη συνοστεώση σπονδύλου με τον γειτονικό του είναι μια ακραία κατάσταση. Η τυπική οστική γέφυρα (unsegmented bar), που μπορεί να εκτείνεται σε δυο ή περισσότερους σπονδύλους, είναι συνήθως ετερόπλευρη και ο δίσκος των αντίστοιχων σπονδύλων



Εικόνα 2-4 Αποτυχία διαχωρισμού, τύπος II συγγενούς σκολίωσης Α: μονόπλευρη διαχωρισμένη μπάρα Β: μονόπλευρη διαχωρισμένη μπάρα με ετερόπλευρο ημισπόνδυλο Γ: οπίσθια μη διαχωρισμένη μπάρα

είναι φυσιολογικός (Εικόνα. 2-4). Η εξέλιξη ενός κυρτώματος που οφείλεται σε οστική γέφυρα, εξαρτάται από την ποιότητα της ανάπτυξης της κυρτής πλευράς. Έτσι, μια οστική γέφυρα που συνοδεύεται από ανοικτό μεσοσπονδύλιο διάστημα στην κυρτή πλευρά έχει περισσότερες πιθανότητες να επιφέρει επιδείνωση του κυρτώματος, από μια γέφυρα που συνοδεύεται από στενό μεσοσπονδύλιο διάστημα. Αυτές οι γέφυρες συναντώνται κυρίως στην θωρακική περιοχή. Η οπίσθια θέση της γέφυρας αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης λорδοσκολίωσης. Η ύπαρξη αμφοτερόπλευρης οπίσθιας γέφυρας προκαλεί λόρδωση. Η λοξότητα της πυέλου που συνοδεύεται από οστική γέφυρα δεν προκαλεί εξάρθρημα ή υπεξάρθρημα του ισχίου εκτός εάν υπάρχει και άλλη νευρομυϊκή βλάβη που προκαλεί μυϊκή ανισορροπία στην περιοχή του ισχίου.

Αν και οι ανωμαλίες σχηματισμού και διαχωρισμού εξετάζονται ως δυο διαφορετικοί τύποι, συχνά συνυπάρχουν. Για παράδειγμα, η συνύπαρξη μιας οστικής γέφυρας με έναν ετερόπλευρο ημισπόνδυλο αποτελεί το χειρότερο σενάριο.

2.2.3 Συντηρητική θεραπεία

Δεν μπορούμε να πούμε ότι η χρήση κηδεμόνα μπορεί να γενικευθεί στη θεραπεία της συγγενούς σκολίωσης. Σίγουρα δεν μπορεί να ελέγξει ένα κοντό, οξύ γωνιώδες κύρτωμα. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί για να αναστείλει την επιδείνωση ενός αντισταθμιστικού κυρτώματος πάνω ή κάτω από το συγγενές, ή ενός μακρού εύκαμπτου συγγενούς κυρτώματος μέχρι να φτάσει ο ασθενής στην κατάλληλη προς χειρουργείο ηλικία ή ακόμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετεγχειρητικά.

2.2.4 Χειρουργική θεραπεία

Πολλές επεμβάσεις είναι διαθέσιμες σήμερα για τη χειρουργική θεραπεία της συγγενούς σκολίωσης. Κατάλληλη επιθετική χειρουργική θεραπεία σε μικρές ηλικίες δίνουν καλύτερα αποτελέσματα από πιο πολύπλοκες επεμβάσεις σε μεγαλύτερες ηλικίες. Και παρά το γεγονός ότι οι γονείς θεωρούν επιθετική τη χειρουργική θεραπεία σε ένα δίχρονο παιδί, τίποτα σήμερα δεν δικαιολογεί την καθυστέρηση του χειρουργείου στη συγγενή σκολίωση που θα προκαλέσει επιδείνωση του κυρτώματος, με μόνο επιχείρημα το φόβο του χειρουργείου ή του κοντού αναστήματος. Οι σύνθετες χειρουργικές επεμβάσεις που χρειάζεται να γίνουν για να διορθωθεί μια σοβαρή συγγενής σκολιωτική παραμόρφωση, ποτέ δεν αποκαθιστούν το ύψος που χάθηκε κατά τη διάρκεια τη επιδείνωσης του κυρτώματος. Συγγενείς παραμορφώσεις που αποδεδειγμένα επιδεινώνονται πρέπει να χειρουργούνται νωρίς, ώστε να προλαμβάνεται η σοβαρή παραμόρφωση. Το ίδιο ισχύει και για τις παραμορφώσεις που προκαλούν απώλεια της ισορροπίας του κορμού (out of balance).

Οι απλές ακτινογραφίες, καθώς και άλλες εξειδικευμένες ακτινολογικές εξετάσεις, θα βοηθήσουν στην απόφαση σχετικά με την πιθανότητα επιδείνωσης. Η εκτίμηση της ανάπτυξης της ΣΣ θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη από τον χειρουργό ώστε να καθυστερούνται οι γονείς [78]. Θα πρέπει να υπάρχει συνεργασία και με άλλες ειδικότητες που παρακολουθούν το παιδί, γιατί συχνά παρουσιάζονται και άλλες συγγενείς ανωμαλίες, μερικές από τις οποίες μπορεί να καθορίσουν το χρόνο του χειρουργείου.

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για τη χειρουργική αντιμετώπιση της συγγενούς σκολίωσης είναι η αρθρόδεση in situ, η οπίσθια σπονδυλοδεσία με χρήση υλικού οστεοσύνθεσης, η ημιεπιφυσιοδέση και η αφαίρεση του ημισπονδύλου.

Οι παραπάνω αναφερόμενες χειρουργικές μέθοδοι αναφέρονται σε άτομα νέα, των οποίων οι καμπύλες Cobb δεν είναι πολύ μεγάλες. Υπάρχουν όμως ασθενείς που παρουσιάζουν καμπύλες που δημιουργούν πολύ έντονη κοσμητικά παραμόρφωση, με συνοδές λειτουργικές διαταραχές από το καρδιοαναπνευστικό κυρίως σύστημα. Εδώ, οι χειρουργικές επεμβάσεις είναι συνδυασμός οστεοτομιών της ΣΣ, αφαίρεσης ημισπονδύλων, αποσυμπίεσης, θεραπείας ψευδαρθρώσεων και επέκτασης σπονδυλοδεσιών, σε συνδυασμό προσθίων και οπισθίων προσπελάσεων. Στις περιπτώσεις αυτές, ο χειρουργός πρέπει να είναι εξαιρετικά προσεκτικός γιατί, πρώτον, η διόρθωση δεν είναι πάντα η αναμενόμενη και, δεύτερον ο συνδυασμός των παραπάνω επεμβάσεων σχετίζεται με νευρολογικές επιπλοκές.

2.3 Νευρομυϊκή Σκολίωση

Οι νευρομυϊκές ασθένειες είναι μια ομάδα παθήσεων που χαρακτηρίζονται από διαταραχή της φυσιολογικής και ακέρατης λειτουργίας του εγκεφάλου, του νωτιαίου μυελού, των περιφερικών νεύρων, των νευρομυϊκών συνάψεων και των μυών. Αν και είναι παθήσεις με διαφορετική κάθε φορά πρωτοπαθή εντόπιση και αιτία, παρουσιάζουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά και ο τελικός αποδέκτης της δυσλειτουργίας είναι ο μυς. Τα κοινά χαρακτηριστικά της νευρομυϊκής σκολίωσης είναι:

- Η πρόωμη έναρξη
- Η ταχεία επιδείνωση
- Η επιδείνωση και μετά τη σκελετική ωρίμανση
- Οι μακρές καμπύλες που περιλαμβάνουν το ιερό, και
- Η λοξότητα της λεκάνης.

Πολλές από τις νευρομυϊκές διαταραχές υπάρχουν κατά τη γέννηση είτε ως κληρονομικές (πχ νωτιαία μυϊκή ατροφία), είτε ως επίκτητες ανωμαλίες (πχ εγκεφαλική παράλυση). Άλλες πάλι που εμφανίζονται αργότερα, μπορεί να είναι επίκτητες (πχ τραύμα), είτε να οφείλονται σε γενετική ανωμαλία που εκδηλώνεται κατά την παιδική ηλικία (πχ μυϊκή δυστροφία Duchenne). Όσο ενωρίτερα εμφανίζεται η νευρομυϊκή διαταραχή τόσο μεγαλύτερες είναι οι πιθανότητες ανάπτυξης σκολίωσης.

Η σκολίωση εδώ επιδεινώνεται και μετά τη σκελετική ωρίμανση. Αναφορές στη βιβλιογραφία κάνουν λόγο για επιδείνωση της τάξης των 0,8 το χρόνο σε καμπύλες μικρότερες των 50 και 1,4 το χρόνο σε καμπύλες μεγαλύτερες [79].

Η λειτουργική ανεξαρτησία των ασθενών αυτών, που ήδη είναι επηρεασμένη από χαλαρές, σπαστικές ή δυσκινητικές διαταραχές, επιδεινώνεται ακόμα περισσότερο από τη σκολίωση. Οι καμπύλες είναι συχνά μακρές και μπορεί να συμπεριλάβουν το ιερό και τη λεκάνη, προκαλώντας κατ' αυτόν τον τρόπο λοξότητα της πυέλου [80].

Η λοξότητα της λεκάνης είναι η αδυναμία της λεκάνης να είναι εντελώς οριζόντια και κάθετη στη Σπονδυλική Στήλη στο μετωπιαίο επίπεδο. Προκαλεί ανώμαλη κατανομή του σωματικού βάρους στη θέση καθίσματος, με επακόλουθο τον πόνο σε ασθενείς με άθικτη αισθητικότητα, και εσχάρεις σε ασθενείς με επηρεασμένη την αισθητικότητα.

Μια λοξή λεκάνη μπορεί να οδηγήσει σε μια ασταθή βάση της ΣΣ στην όρθια στάση, με αποτέλεσμα οι ασθενείς να χρησιμοποιούν τα άνω άκρα για τη στήριξη της. Με τον τρόπο αυτό γίνονται λειτουργικά τετραπληγικοί. Μπορεί επίσης να οδηγήσει σε εξάρθρωμα ή υπεξάρθρωμα του ισχίου στην υψηλή πλευρά της λεκάνης κάτι το οποίο είναι επώδυνο. Η αιτία της λοξότητας είναι η σύσπαση των λαγονομηριαίων ή των ιερονωτιαίων ή των ιερομηριαίων μυών ή ένας συνδυασμός των παραπάνω [81].

2.3.1 Θεραπεία Νευρομυϊκής σκολίωσης

Ο σκοπός της θεραπείας της νευρομυϊκής σκολίωσης είναι η διατήρηση μιας ισορροπημένης ΣΣ στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο, πάνω από μια οριζόντια λεκάνη [82].

Συντηρητική θεραπεία

Οι κηδεμόνες χρησιμοποιήθηκαν στη θεραπεία της νευρομυϊκής σκολίωσης με διαφορετικούς βαθμούς επιτυχίας. Οι κηδεμόνες που διορθώνουν με ενεργητικό τρόπο χρησιμοποιήθηκαν χωρίς επιτυχία, διότι οι ασθενείς με νευρομυϊκές διαταραχές δεν διαθέτουν μυϊκό έλεγχο, δεν έχουν το “righting reflex” και δεν μπορούν να συνεργαστούν σε ένα ενεργητικό πρόγραμμα. Ίσως αυτό δεν ισχύει για τους ασθενείς με ήπια εγκεφαλική παράλυση ή για τους ασθενείς με Charcot-Marie-Tooth. Αντίθετα οι κηδεμόνες που δρουν παθητικά είχαν μεγαλύτερη επιτυχία. Αυτοί οι κηδεμόνες χρησιμοποιούμενοι σε μικρές ηλικίες και σε εύκαμπτες σκολιώσεις βελτιώνουν την παραμόρφωση. Με την πάροδο της ηλικίας και όσο το παιδί φτάνει στην προ-εφηβική ηλικία καθίστανται αναποτελεσματικοί στη χειραγώγηση του κυρτώματος.

Στη νευρομυϊκή σκολίωση οι κηδεμόνες θα πρέπει να θεωρηθούν ως ένα εργαλείο που επιβραδύνει την αναπόφευκτη επιδείνωση της σκολίωσης μέχρι την ηλικία που το παιδί θα μπορεί να υποβληθεί σε χειρουργική θεραπεία.

Χειρουργική θεραπεία

Το φυσικό stress που υφίσταται ένας ασθενής που χειρουργείται για σκολίωση είναι τεράστιο. Η φυσική κατάσταση του νευρομυϊκού ασθενή είναι ήδη επηρεασμένη από την ίδια την ασθένεια. Για αυτό, πριν από οποιαδήποτε απόφαση χειρουργικής πράξης, θα πρέπει να γίνεται ένας πλήρης και επισταμένος έλεγχος της αναπνευστικής και καρδιακής λειτουργίας, της διατροφής, των πιθανών δυσκολιών σίτισης, της νευρολογικής κατάστασης και των οστικών μεταβολικών διαταραχών.

Ο έλεγχος της πνευμονικής λειτουργίας με σπιρομέτρηση θεωρείται απολύτως απαραίτητος. Ασθενείς με ζωτική χωρητικότητα χαμηλότερη των 30% των φυσιολογικών για την ηλικία των ασθενών ορίων, απαιτούν μετεγχειρητική αναπνευστική υποστήριξη. Σε ασθενείς με προϊούσα νευρομυϊκή βλάβη (μυϊκή δυστροφία Duchenne, αταξία Freidreich), μια ζωτική χωρητικότητα μικρότερη των 30% θεωρείται σχετική αντένδειξη χειρουργείου.

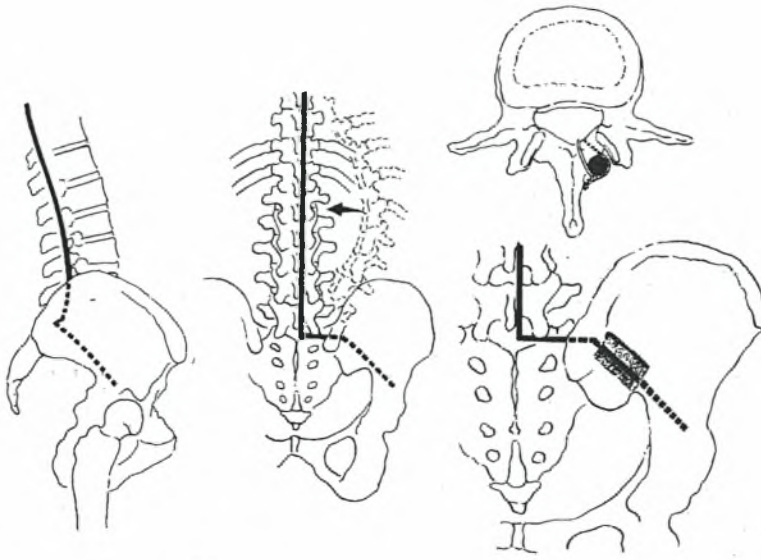
Αρκετές νευρομυϊκές παθήσεις συνοδεύονται από καρδιολογικές διαταραχές και για το λόγο αυτό η προεγχειρητική εκτίμηση περιλαμβάνει καρδιολογικό έλεγχο με ΗΚΓ και υπερηχογράφημα καρδιάς.

Η σχέση διατροφής και διεγχειρητικών επιπλοκών έχει επίσης τεκμηριωθεί. Η ανεπάρκεια λευκωμάτων σχετίζεται με αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας, επηρεασμένη επούλωση τραύματος και ελαττωμένη κυτταρική ανοσία, που μπορεί να οδηγήσει σε σηπτικές λοιμώξεις [83].

Τέλος, θα πρέπει να ελέγχονται οι σπασμοί - αν υπάρχουν -, όπως επίσης και οι μεταβολικές διαταραχές των οστών διότι μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα στη σταθερότητα της οστεοσύνθεσης.

Είναι γεγονός ότι η χειρουργική αντιμετώπιση των σπονδυλικών παραμορφώσεων στο νευρομυϊκό ασθενή, απαιτεί να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες εκτός από αυτό το ίδιο το τεχνικό μέρος της επέμβασης. Τέτοιοι διεγχειρητικοί παράγοντες είναι η ρύθμιση της υποθερμίας, της απώλειας αίματος, που στους συγκεκριμένους ασθενείς είναι μεγάλη, καθώς και οι νευρολογικές διαταραχές που μπορούν να προκύψουν κατά τη διόρθωση, για το λόγο αυτό η χρήση του wake-up τεστ καθώς και των σωματοαισθητικών δυναμικών είναι απαραίτητη.

Η εξέλιξη της χειρουργικής αντιμετώπισης της νευρομυϊκής σκολίωσης ακολούθησε αυτήν της ιδιοπαθούς. Αρχικά σπονδυλοδεσία χωρίς υλικά και κορμικό γύψο, στη συνέχεια οι ράβδοι του Harrington, η τμηματική σπονδυλοδεσία Luque, οι πρόσθιες προσπελάσεις με ή χωρίς υλικά, και σήμερα τα υλικά τρίτης γενιάς και ο συνδυασμός προσθίων και οπισθίων προσπελάσεων.



Εικόνα. 2-5. Η τεχνική Galveston, οστεοσύνθεση Σπονδυλικής Στήλης - πυέλου

Το πρόβλημα της νευρομυϊκής σκολίωσης είναι η λοξότητα της λεκάνης που συνοδεύεται από κατακλίσεις, απώλεια στήριξης στην καθιστή θέση και υπεξάρθρωμα ή εξάρθρωμα του ισχίου. Οφείλεται αφενός στο ότι το ιερό αποτελεί τον «τελευταίο» σπόνδυλο της σκολιωτικής καμπύλης και αφετέρου στις συγκάμψεις των λαγονομηριαίων, ή των ιερονωτιαίων ή των ιερομηριαίων μυών ή συνδυασμό των παραπάνω. Αν η λοξότητα οφείλεται στη σύσπαση ενός εκ των παραπάνω μυών, η διατομή του μπορεί να λύσει το πρόβλημα [81]. Αν η αιτία είναι μια οργανική οσφυϊκή σκολίωση, τότε απαιτείται χειρουργική θεραπεία που να περιλαμβάνει και πρόσθιες δισκεκτομές. Ο O'Brien το 1975 [84] παρατήρησε ότι συνήθως ο O5 σπόνδυλος είναι παράλληλος με τη νοητή γραμμή που ενώνει τις πρόσθιες άνω λαγόνιες άκανθες και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η λοξότητα της λεκάνης διορθώνεται αν συμπεριλάβουμε τον O5 σε μια πρόσθια σπονδυλοδεσία. Αν το άνω πλατώ του O4 είναι παράλληλο με την παραπάνω γραμμή, τότε αρκεί η συμμετοχή του O4 στη σπονδυλοδεσία για να διορθωθεί η λοξότητα της λεκάνης.

Οι Allen και Ferguson το 1984 [85] χρησιμοποιώντας τις ράβδους Luque ανέπτυξαν μια τεχνική όπου τα λαγόνια οστά συμπεριλαμβάνονται στην σπονδυλοδεσία και την ονόμασαν «τεχνική Galveston» (Εικόνα 2-5). Οι ράβδοι προσαρμόζονται έτσι ώστε να ακολουθούν τη Σπονδυλική Στήλη και το άνω εγκάρσιο τμήμα του ιερού, ενώ στη συνέχεια εμβυθίζονται μέσα στο λαγόνιο, ανάμεσα στους φλοιούς

με κατεύθυνση την μείζονα ισχιακή εντομή και προχωρούν σε βάθος 6 – 7 cm. Με αυτή την τεχνική, η οστεοσύνθεση της λεκάνης είναι άριστη και τα ποσοστά σπονδυλοδεσίας της οσφυοιεράς περιοχής πολύ υψηλά. Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική, οι Allen και Ferguson πιστεύουν ότι η πρόσθια σπονδυλοδεσία δεν είναι απαραίτητη για τη διόρθωση της λοξότητας της λεκάνης. Στη σειρά τους, το ποσοστό διόρθωσης της λοξότητας είναι 67,4%.

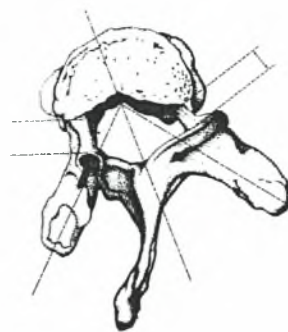
Πολλοί συγγραφείς έχουν θέσει το ερώτημα αν για τη διόρθωση της λοξότητας της λεκάνης είναι αναγκαίο να συμπεριληφθεί στη σπονδυλοδεσία το ιερό ή τα λαγόνια. Όλοι οι ασθενείς με οργανική σκολίωση και λοξότητα λεκάνης (fixed spinor pelvic obliquity) πρέπει να υπόκεινται σε σπονδυλοδεσία που να περιλαμβάνει το ιερό, ώστε να προλαμβάνεται η υποτροπή της λοξότητας μετά τη χειρουργική διόρθωση. Σε ασθενείς με καταρρέουσα (collapsing) νευρομυϊκή σκολίωση, η σπονδυλοδεσία πρέπει να επεκτείνεται στο ιερό και τη λεκάνη ώστε να προλαμβάνεται η κλίση του κορμού και η λοξότητα της λεκάνης. Η επέκταση της σπονδυλοδεσίας στο ιερό ή τη λεκάνη δεν θεωρείται απαραίτητη αν δεν υπάρχει λοξότητα λεκάνης. Το ίδιο ισχύει και για τους ασθενείς εκείνους που είναι περιπατητικοί, διότι θα επηρεασθεί η κινητική τους κατάσταση.

Ένα άλλο ερώτημα που τίθεται είναι η αναγκαιότητα ή όχι της πρόσθιας προσπέλασης. Ασθενείς με μεγάλη οργανική λοξότητα λεκάνης χρειάζονται πρόσθια απελευθέρωση των σπονδύλων με δισκεκτομές. Εάν η οσφυϊκή καμπύλη είναι εύκαμπτη και η λοξότητα διορθώνεται στις bending ακτινογραφίες, η πρόσθια απελευθέρωση με δισκεκτομές δεν είναι απαραίτητη και η οπίσθια τμηματική σπονδυλοδεσία είναι επαρκής. Όμως ασθενείς με μεγάλες δύσκαμπτες καμπύλες, που δεν διορθώνονται στις δυναμικές (bending) ακτινογραφίες σε λιγότερο από 30 μοίρες, απαιτούν πρόσθια προσπέλαση για απελευθέρωση των σπονδύλων και στη συνέχεια οπίσθια σπονδυλοδεσία. Προσοχή πρέπει να δίνεται στους ασθενείς εκείνους που παρουσιάζουν έλλειψη οπισθίων στοιχείων λόγω του κινδύνου της ψευδάρθρωσης. Η έντονη σπαστικότητα απαιτεί σπονδυλοδεσία 360 λόγω του κινδύνου θραύσης υλικών και ψευδάρθρωσης. Τέλος, η οστεοπενία που χαρακτηρίζει τους νευρομυϊκούς ασθενείς απαιτεί συστήματα που στηρίζονται στην αρχή της τμηματικής σπονδυλοδεσίας.

3. ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

3.1 Εμβιομηχανικός ορισμός της σκολίωσης

Η σκολίωση ορίζεται ως η έντονη πλάγια παρεκτόπιση της φυσιολογικά ευθείας σπονδυλικής στήλης. Ο εμβιομηχανικός ορισμός είναι απαραίτητος εφόσον στη σκολίωση έχουμε μεταβολές στη μηχανική δομή της Σπονδυλικής Στήλης. Η σκολίωση χαρακτηρίζεται από μεγάλες παραμορφώσεις μεταξύ και εντός των σπονδύλων με μεγάλη καμπύλη στο μετωπιαίο επίπεδο, μεγάλη στροφή γύρω από τον κάθετο άξονα προς λάθος διεύθυνση και ελάττωση της φυσιολογικής καμπύλης στο οβελιαίο επίπεδο (υποκύφωση). Με άλλα λόγια, η σχετική θέση των σπονδύλων στις μοίρες της Σπονδυλικής Στήλης είναι ανώμαλη και η παραμόρφωση εντός των σπονδύλων είναι, επίσης, ανώμαλη. Στο μετωπιαίο επίπεδο, αντί για μια ευθεία ή μια πολύ μικρή δεξιά καμπύλη, έχουμε μια μεγάλη καμπύλη. Η αξονική στροφή έχει διεύθυνση αντίθετη από αυτήν που θα ανεμένετο από ένα φυσιολογικό coupling μεταξύ πλάγιας κάμψης και στροφής. Τέλος στο οβελιαίο επίπεδο έχουμε μια τάση αντιστροφής των κυρτωμάτων. Όσον αφορά στις παραμορφώσεις αυτού του ίδιου του σπονδύλου (Εικόνα 3-1), έχουμε ευρύ αυχένα από τη μια πλευρά και κοντό από την άλλη, οι εγκάρσιες αποφύσεις είναι ασύμμετρα διατεταγμένες στο χώρο, η ακανθώδης απόφυση είναι παραμορφωμένη και τείνει έξω από τη μέση γραμμή και, τέλος, τα πέταλα είναι ασύμμετρα.



Εικόνα 3-1

Στη σκολίωση η παραμόρφωση δεν υφίσταται μόνο μεταξύ των σπονδύλων, αλλά και μέσα σ' αυτόν τον ίδιο το σπόνδυλο.

3.2 Εμβιομηχανική θεώρηση της θεραπείας της σκολίωσης

Η μηχανική της θεραπείας έχει ως σκοπό τη επαναφορά της Σπονδυλικής Στήλης στη φυσιολογική της διαμόρφωση. Υπάρχουν δύο βασικά είδη παραμορφώσεων που πρέπει να διορθωθούν.

Το πρώτο είδος είναι η λειτουργική καμπύλη. Είναι μια ανώμαλη καμπύλη που είναι σχεδόν πάντα παρούσα στη σκολίωση, εκτός εάν κάποια δύναμη εφαρμόζεται για να τη διορθώσει, όπως μια μυϊκή φόρτιση του ίδιου του ασθενούς. Ο ασθενής μπορεί επίσης να γέρνει προς το κυρτό της λειτουργικής καμπύλης. Οι αντισταθμιστικές καμπύλες είναι συνήθως λειτουργικές καμπύλες.

Όμως, μια μακροχρόνια λειτουργική καμπύλη μπορεί να μετατραπεί σε δομική, αν δεν διορθωθεί.

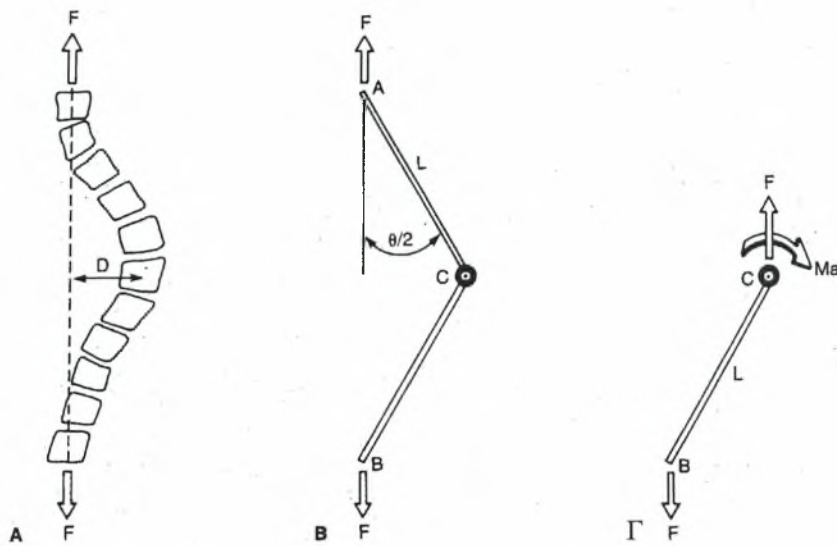
Σε αντίθεση με τη λειτουργική καμπύλη, το δεύτερο είδος, η δομική καμπύλη είναι πιο άκαμπτη και δεν διορθώνεται με τη μυϊκή δύναμη. Αυτή η καμπύλη συνδυάζεται με δομικές παραμορφώσεις των σπονδύλων. Παρατηρείται σφηνοειδής παραμόρφωση και ανωμαλίες στην οστική δομή, ενώ τα συνδεσμικά στοιχεία της καμπύλης είναι σκληρά. Σε κάθε ένα από τα δύο είδη καμπυλών, το στροφικό στοιχείο μπορεί να είναι παρόν.

Οι διορθωτικές δυνάμεις της σκολίωσης ασκούνται μέσω διαφόρων τεχνικών. Οι φορτίσεις διαφέρουν σε συχνότητα, μέγεθος, διάρκεια και τρόπο εφαρμογής.

Βασικές αρχές της μηχανικής εμπλέκονται στη θεραπεία της σκολίωσης.

Η πραγματική αναπαράσταση της σκολιωτικής Σπονδυλικής Στήλης απαιτεί ένα σύνθετο τρισδιάστατο μαθηματικό μοντέλο. Αυτή όμως η τρισδιάστατη αναπαράσταση της σκολιωτικής Σπονδυλικής Στήλης ουσιαστικά δεν βοηθά τον κλινικό γιατρό, ο οποίος ελέγχει την εξέλιξη μιας σκολίωσης με τη δισδιάστατη γωνία Cobb σε μια δισδιάστατη ακτινογραφία. Οι White και Panjabi χρησιμοποίησαν ένα απλουστευμένο δισδιάστατο μοντέλο, για να μελετήσουν και να συγκρίνουν την ικανότητα διαφόρων τύπων δυνάμεων ή και συνδυασμό αυτών που εφαρμόζονται στη διόρθωση της σκολίωσης. Παρ' ότι αυτό το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη του την σύνθετη κινηματική της Σπονδυλικής Στήλης (coupling effect), όπως το συνδυασμό στροφής και πλάγιας κάμψης, ανταποκρίνεται και συμφωνεί με το τρισδιάστατο μαθηματικό μοντέλο και τις δυνάμεις που ασκούνται στη Σπονδυλική Στήλη κατά τη διάρκεια της διόρθωσης. Έτσι, η Σπονδυλική Στήλη αναπαρίσταται από τρία στοιχεία: δύο ράβδους και ένα ελατήριο που συνδέει τις ράβδους. Αυτά τα στοιχεία θεωρούνται και κινούνται στο μετωπιαίο επίπεδο. Οι ράβδοι προσανατολίζονται έτσι ώστε να αναπαραστήσουν τη σπονδυλική παραμόρφωση σε θ μοίρες όπως μετράται με την μέθοδο του Cobb. Η στατική συμπεριφορά του μοντέλου μελετάται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις εφαρμογής φορτίσεων: αξονικές φορτίσεις, εγκάρσιες φορτίσεις και συνδυασμό αξονικών και εγκάρσιων φορτίσεων.

Η αρχή των αξονικών φορτίσεων στη διόρθωση της σκολίωσης χρησιμοποιείται συχνά. Στα παραδείγματα περιλαμβάνονται η σκελετική έλξη, ο κηδεμόνας Milwaukee και η μέθοδος Harrington. Στην Εικόνα 3-2, το σχήμα Α παριστά μια σπονδυλική στήλη στην οποία ασκούνται αξονικές φορτίσεις. Το μοντέλο τριών στοιχείων για αυτή τη φόρτιση φαίνεται στο σχήμα Β.

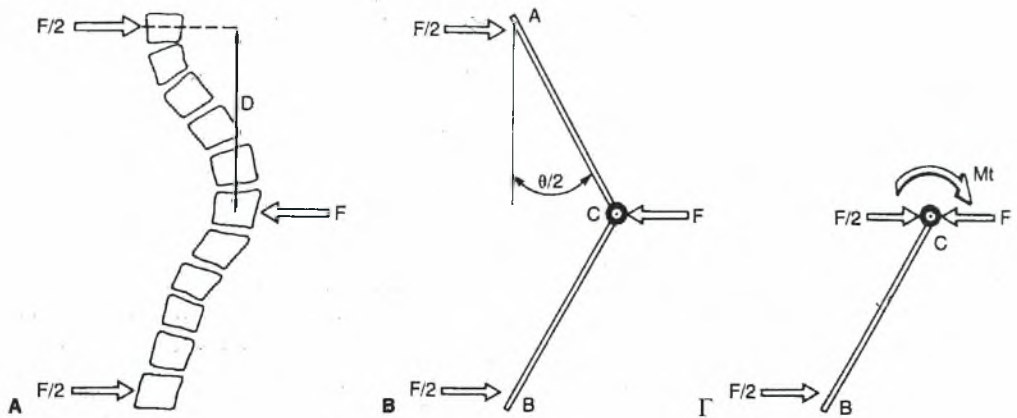


Εικόνα 3-2 Αξονική φόρτιση. Α: Η σκολιωτική Σπονδυλική Στήλη σε αξονική φόρτιση, Β: Απλοποιημένο μοντέλο της Σπονδυλικής Στήλης σε αξονική φόρτιση, Γ: Διάγραμμα ελεύθερου σώματος

Μια αξονική φόρτιση εφαρμόζεται στα άκρα της ΣΣ που αναπαρίστανται από τα σημεία Α και Β του μοντέλου, φόρτιση που τείνει να επιμηκύνει και να ευθείασει τη ΣΣ. Ο μηχανισμός της διόρθωσης της γωνίωσης της ΣΣ με επιμήκυνσή της, δεν οφείλεται στις διατακτικές φορτίσεις (tensile stresses), αλλά μάλλον στις ροπές λυγισμού που ασκούνται στα διάφορα μεσοσπονδύλια διαστήματα. Είναι αυτές οι ροπές λυγισμού που διορθώνουν τη γωνιώδη παραμόρφωση.

Οι εγκάρσιες φορτίσεις στη χειρουργική άρχισαν να εφαρμόζονται με την είσοδο στη χειρουργική πρακτική της μεθόδου του Luque. Μέχρι τότε ο κηδεμόνας Milwaukee και το πλαίσιο του Risser ήταν μέθοδοι που χρησιμοποιούσαν τις εγκάρσιες φορτίσεις. Στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα. 3-3) φαίνεται μια σπονδυλική στήλη που υφίσταται τέτοιες δυνάμεις. Η εγκάρσια δύναμη εφαρμόζεται στο σημείο C ενώ αντιδρώσες δυνάμεις, με μέγεθος το ήμισυ της εφαρμοζόμενης στο C ενεργούν στα σημεία Α και Β. Η διόρθωση της γωνίωσης επιτυγχάνεται με τη δημιουργία διορθωτικών ροπών λυγισμού στα μεσοσπονδύλια διαστήματα, που στο σχήμα αναπαρίσταται με το σημείο C.

Μελετώντας την Εικόνα 3-2 παρατηρούμε ότι η διορθωτική ροπή λυγισμού στην κορυφή της καμπύλης ισούται με την δύναμη F επί την κάθετη στη διεύθυνση της δύναμης, απόσταση D. Γίνεται αντιληπτό ότι όσο πιο μεγάλη είναι η παραμόρφωση τόσο πιο μεγάλη θα είναι και η απόσταση D. Με άλλα λόγια, η διορθωτική ικανότητα της δύναμης αυξάνεται όσο πιο μεγάλη είναι η παραμόρφωση.

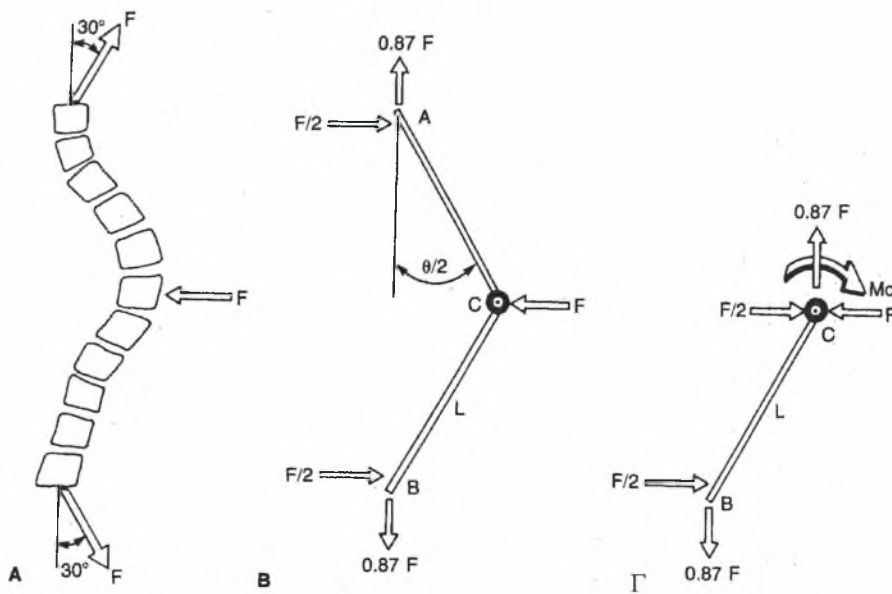


Εικόνα 3-3 Εγκάρσια φόρτιση. Α: Η σκολιωτική Σπονδυλική Στήλη σε εγκάρσια φόρτιση, Β: Απλοποιημένο μοντέλο της Σπονδυλικής Στήλης σε εγκάρσια φόρτιση τριών σημείων, Γ: Διάγραμμα ελεύθερου σώματος

Διαφορετική κατάσταση επικρατεί με την εφαρμογή των εγκαρσίων δυνάμεων. Η Εικόνα 3-3 δείχνει ότι η διορθωτική ροπή λυγισμού στο άκρο της καμπύλης ισούται με το ήμισυ της δύναμης που εφαρμόζεται στην κορυφή (το άλλο ήμισυ ενεργεί στο υπόλοιπο μισό της Σπονδυλικής Στήλης) επί την απόσταση D που είναι η κάθετος στην κορυφή του κυρτώματος. Σε αντίθεση με τις αξονικές φορτίσεις, η διορθωτική ροπή λυγισμού για τις εγκάρσιες δυνάμεις μειώνεται όσο η παραμόρφωση αυξάνεται.

Η εικόνα 3-4 δείχνει τη μηχανική κατάσταση όταν εφαρμόζονται συνδυασμένες αξονικές και εγκάρσιες φορτίσεις. Ασκώντας ίσες δυνάμεις στα τρία σημεία εφαρμογής, και αναλύοντας μαθηματικά τις δυνάμεις, βρίσκουμε ότι για να υπάρχει ισορροπία στο σύστημα θα πρέπει οι δυνάμεις που ασκούνται στα άκρα της Σπονδυλικής Στήλης θα πρέπει να έχουν γωνία 30° με την κάθετο στην κεντρική δύναμη F . Και αυτό διότι επί ισορροπίας του συστήματος η δύναμη F που ασκείται στην κορυφή θα πρέπει να εξισορροπείται από δυο δυνάμεις παράλληλες και με αντίθετη διεύθυνση ίσες με $F/2$ στα άκρα του συστήματος. Αναλύοντας τις δυνάμεις, για να συμβεί αυτό θα πρέπει η F και η $F/2$ να βρίσκονται σε γωνία 60° , επειδή $\sin 60^\circ = 0,5$.

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι ο συνδυασμός αξονικών και εγκαρσίων φορτίσεων είναι ο καλύτερος για όλες τις περιπτώσεις. Με άλλα λόγια το αξονικό στοιχείο στην εφαρμογή των δυνάμεων παρέχει μεγαλύτερη ροπή λυγισμού όταν η παραμόρφωση είναι μεγάλη, και το εγκάρσιο στοιχείο συνεισφέρει περισσότερο στη διόρθωση όταν η παραμόρφωση είναι μέτρια.



Εικόνα 3-4 Συνδυασμένες δυνάμεις. Α: Η σκολιωτική Σπονδυλική Στήλη σε συνδυασμένες φορτίσεις, Β: Απλοποιημένο μοντέλο της Σπονδυλικής Στήλης σε συνδυασμένες φορτίσεις, Γ: Διάγραμμα ελεύθερου σώματος

Οι A. Schultz και C. Hirsch [86] υποστήριξαν ότι άσχετα με το ποιες θα είναι οι διορθωτικές δυνάμεις, η διόρθωση επηρεάζεται από την επίδραση ροπών λυγισμού πάνω στους μεσοσπονδύλιους δίσκους. Μελέτησαν και σύγκριναν τις διορθώσεις της σκολιωτικής Σπονδυλικής Στήλης που επιτυγχάνονται μέσω αξονικών και εγκαρσίων δυνάμεων σε υγιή και κατεστραμμένο μεσοσπονδύλιο δίσκο. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το μέγεθος της αξονικής φόρτισης περιορίζεται από τη μηχανική αντοχή των ανατομικών στοιχείων του σπονδύλου και ονόμασαν αυτή τη διόρθωση *force-limited*, διότι αν αυξηθεί υπέρμετρα δεν θα γίνει ανεκτή. Επίσης η διόρθωση μέσω αξονικών φορτίσεων είναι «γεωμετρικά περιορισμένη» (*geometry-limited*), διότι αν υποθέσουμε ότι τα φορτία αυξάνονται υπέρμετρα η διόρθωση που θα ακολουθήσει δεν είναι ανάλογη των φορτίων. Εφόσον η ροπή λυγισμού ισούται με τη δύναμη επί το μήκος του μοχλοβραχίονα ($M=F \times D$), με τη διόρθωση του κυρτώματος μικραίνει ο μοχλοβραχίονας (Εικόνα 3-2), άρα για να επιτευχθεί η διόρθωση πρέπει να αυξήσουμε τη δύναμη, η οποία όμως δεν μπορεί να αυξηθεί απεριόριστα. Θεωρητικά λοιπόν η διάταση μέσω των ράβδων Harrington γίνεται αναποτελεσματική όσο περισσότερο διορθώνεται το κύρτωμα.

Αντίθετα η διόρθωση μέσω εγκάρσιων δυνάμεων δεν είναι γεωμετρικά περιορισμένη (geometry-limited). Κι' αυτό γιατί οι εγκάρσιες φορτίσεις προς το κοίλο που ασκούνται στον κορυφαίο σπόνδυλο, δημιουργούν ροπές λυγισμού που τείνουν συνεχώς να διορθώνουν τη Σπονδυλική Στήλη. Όσο η Σπονδυλική Στήλη ευθειάζεται, τόσο η γεωμετρική αυτή αλλαγή αυξάνει τις ροπές λυγισμού, διότι αυξάνεται ο μοχλοβραχίονας (Εικόνα 3-3).

Υπάρχει ένα μεταβατικό σημείο όπου οι αξονικές και εγκάρσιες δυνάμεις, με την προϋπόθεση ότι είναι ίδιες σε μέγεθος, προκαλούν την ίδια ροπή λυγισμού. Αυτό το σημείο είναι η σκολίωση 44 κατά τον Wenger και 53 κατά τους White και Panjabi. Η διαφορά στις δυο τιμές οφείλεται σε διαφορετική προσέγγιση της μεθόδου.

Οι παραπάνω εμβιομηχανικές αναλύσεις που απέδειξαν την ευεργετική δράση των εγκάρσιων δυνάμεων οδήγησαν τους χειρουργούς να σκεφτούν μεθόδους εκμετάλλευσης αυτών των δυνάμεων. Έτσι, οι Armstrong και Connock [87] δημοσίευσαν το 1975 τα πρώιμα αποτελέσματα της χειρουργικής διόρθωσης σκολίωσης σε 10 ασθενείς, χρησιμοποιώντας μια τροποποιημένη συσκευή Harrington. Η συσκευή αποτελείται από την κλασική διατατική και συμπιεστική ράβδο Harrington με τα συνοδά άγκιστρα, ενώ επιπλέον διέθετε ένα cross-link. Το cross-link τοποθετείτο στην κορυφή του κυρτώματος και μέσω ενός μηχανισμού εκτός των ράβδων, εγκάρσιες δυνάμεις, σε συνδυασμό με τις αξονικές, εφαρμόζονταν πάνω στον κορυφαίο σπόνδυλο που προκαλούσαν μετατόπιση του προς τη μέση γραμμή. Το συγκεκριμένο τροποποιημένο σύστημα ήταν σταθερότερο κατά 2,5 φορές σε σχέση με το απλό Harrington. Στα συμπεράσματά του, ο Armstrong κατέληξε ότι εφαρμόζοντας εγκάρσιες δυνάμεις επιτυγχάνεται μεγαλύτερη διόρθωση, οι δυνάμεις πρέπει να εφαρμόζονται κάτω από το επίπεδο των ράβδων, το σύστημα είναι σταθερότερο από το απλό Harrington και ότι η διόρθωση της στροφής των σπονδύλων δεν ήταν σημαντική. Αντένδειξη της μεθόδου αποτελούσε η κύφωση.

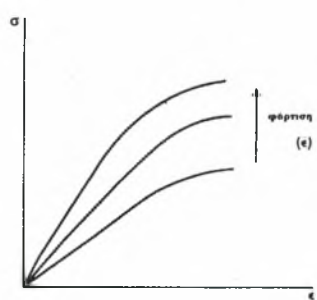
Το 1982, εποχή που η μέθοδος Luque ήταν ευρέως διαδεδομένη, ο D. Wenger και συν. [88] συνέκριναν εμβιομηχανικά τη μέθοδο Harrington και τη μέθοδο Luque. Στην ανάλυση τους διαπιστώνουν, καταλήγοντας στα ίδια συμπεράσματα με τους White - Panjabi και A. Schultz - C. Hirsch, ότι η μέθοδος Harrington θεωρητικά είναι πιο αποτελεσματική στη διόρθωση μεγάλων κυρτωμάτων, ενώ η Luque στη διόρθωση μικρών και μέτριων κυρτωμάτων. Όσον αφορά στο οβελιαίο επίπεδο, η διάταση που προκαλείται με την Harrington, ενώ εμβιομηχανικά παρουσιάζει πλεονέκτημα λόγω του σχηματισμού ροπής λυγισμού σε τρία σημεία, προκαλεί απώλεια της κύφωσης και λόρδωσης αν οι διατατικές δυνάμεις είναι πολύ ισχυρές.

Από την άλλη πλευρά, η προκύρτωση της ράβδου Harrington στο οβελιαίο επίπεδο της αφαιρεί την ικανότητα διόρθωσης στο μετωπιαίο. Αντίθετα, η σωστή προκύρτωση της ράβδου Luque διατηρεί καλά κυρτώματα στο οβελιαίο επίπεδο, ενώ διατηρεί την ικανότητα διόρθωσης στο μετωπιαίο. Η στροφική παραμόρφωση στο εγκάρσιο επίπεδο δεν μπορεί να διορθωθεί με τη μέθοδο Harrington. Θεωρητικά, η μέθοδος Luque θα μπορούσε να διορθώσει τη στροφή, αυτό όμως δεν γίνεται, διότι το σημείο εφαρμογής των συρμάτων βρίσκεται πίσω και αρκετά μακριά από το κέντρο στροφής (Instantaneous Axis of Rotation) του σπονδύλου.

Οι James Ogilvie και Edward Millar το 1983 [89] μελέτησαν την εφαρμογή εγκαρσίων δυνάμεων μέσω υποπεταλίων συρμάτων στη συσκευή Harrington. Συγκεκριμένα μελέτησαν τη συμπεριφορά του συστήματος διατακτική ράβδος Harrington – υποπετάλιο σύρμα και το σύγκριναν με το σύστημα σύρμα μεταξύ διατακτικής και συμπιεστικής ράβδου Harrington. Χρησιμοποιώντας απλές face και profile ακτινογραφίες σε συνδυασμό με τη μέθοδο “orthographic projection” και κάνοντας ορισμένες αυθαίρετες παραδοχές, όπως για παράδειγμα τη θέση του σημείου στροφής των σπονδύλων, μέτρησαν και σχεδίασαν τις δυνάμεις που ασκούνται στα παραπάνω συστήματα κατά τη χειρουργική διόρθωση της σκολίωσης. Διαπίστωσαν ότι η χρήση υποπεταλίων συρμάτων ισχυροποιεί δυναμικά το σύστημα τόσο όσον αφορά στην ένταση της δύναμης όσο και στη διεύθυνσή της. Και τα δυο συστήματα παρέχουν καλή εσωτερική οστεοσύνθεση, αλλά τείνουν να αυξήσουν τη στροφή των σκολιωτικών σπονδύλων.

3.3 Γλοιοελαστικότητα

Η λέξη «γλοιοελαστικός» προέρχεται από δύο λέξεις: Το ιξώδες ή κοινώς γλοιώδες είναι ιδιότητα των υγρών υλικών και είναι το μέτρο αντίστασης στη ροή. Η ελαστικότητα είναι ιδιότητα των στερεών υλικών. Έτσι τα γλοιοελαστικά υλικά έχουν ιδιότητες και των υγρών και των στερεών σωμάτων.

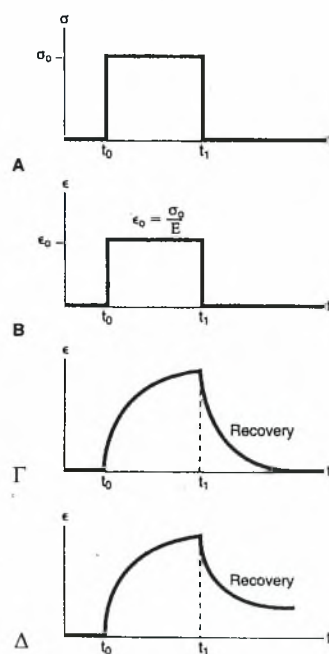


Εικόνα 3-5 Διάγραμμα φόρτισης – παραμόρφωσης ενός υλικού.

Πολλά υλικά όπως τα μέταλλα, όταν υπόκεινται σε σχετικά μικρές δυνάμεις παρουσιάζουν ελαστική παραμόρφωση. Πλαστική παραμόρφωση παρουσιάζουν όταν τα φορτία που ενεργούν πάνω τους είναι μεγάλα. Τα ελαστικά υλικά παραμορφώνονται στιγμιαία όταν υπόκεινται σε εξωτερικές δυνάμεις και ανακτούν το πρότερο σχήμα τους με την άρση των δυνάμεων αυτών. Για τα ελαστικά υλικά, η δύναμη είναι συνάρτηση της παραμόρφωσης και μόνο, ενώ η σχέση δύναμης – παραμόρφωσης είναι μοναδική (ευθεία γραμμή). Η συμπεριφορά των ελαστικών υλικών δεν εξαρτάται από το χρόνο. Άλλες κατηγορίες υλικών όπως τα πολυμερή πλαστικά, τα μέταλλα σε υψηλή θερμοκρασία και σχεδόν όλα τα βιολογικά υλικά παρουσιάζουν σταδιακή παραμόρφωση και επάνοδο στη φυσιολογική τους μορφή, όταν υπόκεινται σε φορτίσεις και αποφορτίσεις. Αυτά τα υλικά καλούνται γλοιοελαστικά. Η συμπεριφορά των γλοιοελαστικών υλικών εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία ασκείται ή αποσύρεται η φόρτιση. Το μέγεθος της παραμόρφωσης των γλοιοελαστικών υλικών εξαρτάται από το ρυθμό της ασκούμενης παραμορφωτικής δύναμης. Η σχέση δύναμης - παραμόρφωσης δεν είναι ευθεία γραμμή, αλλά είναι συνάρτηση του χρόνου ή του ρυθμού που η δύναμη- παραμόρφωση ασκείται ή συμβαίνει στο υλικό.

Στο ελαστικό υλικό, η παρεχόμενη ενέργεια που παραμορφώνει το υλικό αποθηκεύεται ως δυναμική ενέργεια. Είναι αυτή που θα επιτρέψει στο υλικό να ανακτήσει το πρότερο σχήμα μόλις η ασκούμενη δύναμη πάψει να υπάρχει. Οι διαδρομές της φόρτισης – αποφόρτισης ενός ελαστικού υλικού συμπίπτουν, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει απώλεια ενέργειας. Τα περισσότερα από αυτά τα υλικά παρουσιάζουν πλαστική παραμόρφωση σε πολύ υψηλές φορτίσεις.

Στα ελαστο-πλαστικά υλικά μέρος της παρεχόμενης παραμορφωτικής ενέργειας διαχέεται ως θερμότητα κατά τη διάρκεια της παραμόρφωσης. Στα γλοιοελαστικά υλικά, μέρος της παρεχόμενης ενέργειας αποθηκεύεται ως δυναμική ενέργεια και μέρος της διαχέεται ως θερμότητα, ανάλογα με το αν οι ασκούμενες φορτίσεις είναι μεγάλες ή μικρές.



Εικόνα 3-6 Διάγραμμα ερπυσμού - επανάκτησης (creep and recovery test)

Πολλές πειραματικές τεχνικές έχουν σχεδιασθεί για να αναλύσουν την χρονο-εξαρτώμενη συμπεριφορά των υλικών. Όπως δείχνει η Εικόνα 3-6, η δοκιμασία ερπυσμού – επανάκτησης (creep and recovery test) διεξάγεται εφαρμόζοντας για λίγο ένα σταθερό φορτίο σε ένα υλικό, το αίρουμε ξαφνικά και παρακολουθούμε την αντίδραση του υλικού.

Ένα ελαστικό υλικό θα ανταποκριθεί με μια σταθερή παραμόρφωση που παραμένει σταθερή μέχρι την άρση του φορτίου (B). Με την άρση του φορτίου επανέρχεται πλήρως. Με τις ίδιες συνθήκες φόρτισης, ένα γλοιοελαστικό υλικό θα ανταποκριθεί με μια αυξανόμενη και ελαττούμενη, παραμόρφωση.

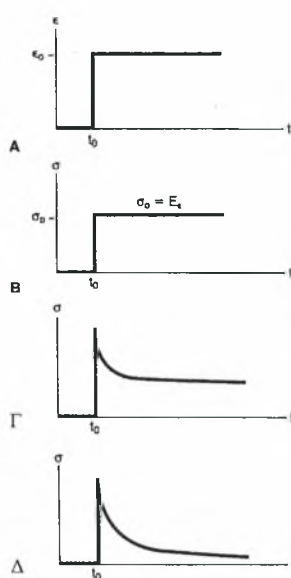
Αν το υλικό είναι γλοιοελαστικώς στερεό η επαναφορά θα είναι πλήρης (Γ). Αν είναι γλοιοελαστικώς υγρό, δεν θα υπάρξει πλήρης επαναφορά στην πρότερη κατάσταση και θα παραμείνει μια υπολειπόμενη παραμόρφωση (Δ).

Η δοκιμασία φόρτισης - χαλάρωσης (stress-relaxation test) (Εικόνα 3-7) διεξάγεται παραμορφώνοντας ένα υλικό και διατηρώντας σταθερή την παραμόρφωση ενώ ταυτόχρονα παρατηρούμε την αντίδραση της φόρτισης (δύναμης) που ασκείται στο υλικό. Στο ελαστικό υλικό, η φόρτιση παραμένει στο ίδιο επίπεδο συνεχώς (B). Το γλοιοελαστικό υλικό έχει διαφορετική συμπεριφορά. Αρχικά, αντιδρά με μια μεγάλη φόρτιση που μειώνεται όσο περνά ο χρόνος. Αν το υλικό είναι γλοιοελαστικώς στερεό το επίπεδο της φόρτισης δεν θα φτάσει ποτέ στο μηδέν (Γ), ενώ αν είναι γλοιοελαστικώς υγρό, πιθανόν να ελαττωθεί στο μηδέν (Δ).

3.4 Ερπυσμός και χαλάρωση (Creep and relaxation)

Ο ερπυσμός (creep) είναι μια βασική αρχή στη θεραπεία της σκολίωσης. Το φαινόμενο οφείλεται στην ιδιότητα της γλοιοελαστικότητας που έχουν οι μύες, οι σύνδεσμοι και τα οστά. Το Creep ορίζεται ως η παραμόρφωση που ακολουθεί τη σταθερή φόρτιση ενός υλικού σε συνάρτηση με το χρόνο. Όταν μια δύναμη εφαρμόζεται για τη διόρθωση μιας σπονδυλικής παραμόρφωσης και η δύναμη αυτή συνεχίζει να ασκείται και μετά το πέρας της διόρθωσης, τότε η διόρθωση που συνεχίζει να γίνεται για ένα χρονικό διάστημα είναι αποτέλεσμα του creep.

Αν μια δύναμη εφαρμόζεται σ' ένα γλοιοελαστικό υλικό και η παραμόρφωση παραμένει



Εικόνα 3-7 Διάγραμμα φόρτισης – χαλάρωσης (stress and relaxation test)

σταθερή, η παρατηρούμενη στη συνέχεια μείωση της φόρτισης στο χρόνο ονομάζεται relaxation. Υπάρχουν πολλά κλινικά παραδείγματα αυτών των δύο ιδιοτήτων των γλοιοελαστικών υλικών: η χρήση του halo (επυσμός - creep), η παύση μερικών λεπτών που ακολουθεί την αρχική δύναμη διάτασης στην εφαρμογή της Harrington (χαλάρωση - relaxation) κ.α.

Σε μια πειραματική μελέτη του Nachemson και Elfstrom το 1971 [90], κατασκευάστηκε μια ράβδος Harrington με μηχανοϋποδοχείς που θα μετρούσαν τις αξονικές φορτίσεις της ράβδου. Με τη χρήση ενός συστήματος τηλεμετρίας έγινε δυνατή η μέτρηση των αξονικών φορτίσεων της ράβδου κατά τη διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων. Σε αυτή τη μελέτη οι Nachemson και Elfstrom έδειξαν ότι η διατατική δύναμη που ασκείται στη ράβδο κατά τη διάρκεια της χειρουργικής διόρθωσης ελαττώνεται κατά 20 έως 45% την πρώτη μετεγχειρητική ώρα.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΠΟΝΔΥΛΟΔΕΣΙΑΣ

4.1 Σύστημα Harrington

Το σύστημα Harrington υπήρξε το πρώτο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για τη σπονδυλοδεσία της παραμορφωμένης Σπονδυλικής Στήλης. Παρείχε στους χειρουργούς την ικανότητα να επιτύχουν μεγαλύτερη διόρθωση της σπονδυλικής παραμόρφωσης και αυξημένη πιθανότητα πάρωσης της σπονδυλοδεσίας. Ο Harrington ανέπτυξε το σύστημά του στα τέλη της δεκαετίας του 50 και δημοσίευσε την σειρά των ασθενών του το 1962 [91]. Οι πρώτες του εμπειρίες αναφερόταν σε ασθενείς με πολιομυελίτιδα, αλλά αργότερα άρχισε να χρησιμοποιεί το σύστημα του σε ασθενείς με ιδιοπαθή σκολίωση. Αρχικά, δεν έκανε σπονδυλοδεσία (fusion), αργότερα όμως διαπίστωσε ότι η σπονδυλοδεσία ήταν απαραίτητη, και για να το επιτύχει χρησιμοποιούσε αυτόλογα μοσχεύματα και αποφλοιώση των οπισθίων στοιχείων της Σπονδυλικής Στήλης.

Οι ενδείξεις της χρήσης του συστήματος Harrington περιελάμβαναν (και περιλαμβάνουν ακόμα σε ορισμένες χώρες) την εφηβική ιδιοπαθή σκολίωση, την παιδική ιδιοπαθή σκολίωση που δεν ανταποκρίνεται καλά σε θεραπεία με κηδεμόνες και τη μεγάλη θωρακική κύφωση σε ώριμους ή ανώριμους σκελετούς.

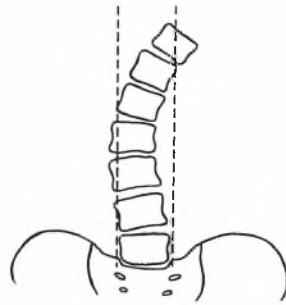
Η συγγενής σκολίωση περιλαμβάνεται στις σχετικές αντενδείξεις της χρήσης του συστήματος Harrington. Οι συγγενείς καμπύλες είναι σκληρότερες από τις ιδιοπαθείς και αυτή η δυσκαμψία ελαττώνει την ικανότητα διόρθωσης. Παρόλα αυτά, οι καμπύλες αυτές μπορούν να σταθεροποιηθούν με τις διατατικές ή τις συμπιεστικές ράβδους Harrington, αυξάνοντας έτσι τα ποσοστά σπονδυλοδεσίας. Η μεγάλη συχνότητα ύπαρξης ενδοκαναλικών εξεργασιών στις συγγενείς σκολιώσεις πρέπει να κάνει τον χειρουργό εξαιρετικά προσεκτικό στην εφαρμογή διατατικών δυνάμεων σε μια τέτοια σπονδυλική στήλη. Για παράδειγμα, η διάταση σε μια σπονδυλική στήλη με σύνδρομο τελικού νηματίου θα προκαλέσει νευρολογικές επιπλοκές. Μια άλλη σχετική αντένδειξη της μεθόδου Harrington είναι οι νευρομυϊκές σκολιώσεις. Οι ασθενείς αυτοί παρουσιάζουν αυξημένη συχνότητα ψευδάρθρωσης. Η εφαρμογή μεθόδων τμηματικής σπονδυλοδεσίας ή η πρόσθια σπονδυλοδεσία μειώνουν το ποσοστό ψευδάρθρωσης. Εάν χρειασθεί η επέκταση της σπονδυλοδεσίας στο ιερό οστόν, η μέθοδος Luque-Galveston παρέχει μεγαλύτερη σταθερότητα και υψηλά ποσοστά αρθρόδεσης.

4.1.1 Προσδιορισμός των επιπέδων σπονδυλοδεσίας.

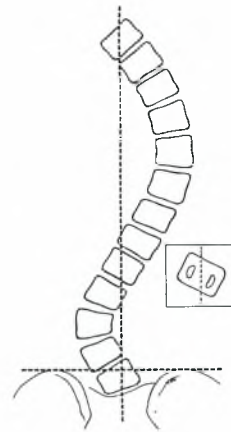
Ο Harrington περιέγραψε την αποκαλούμενη «σταθερά ζώνη» (stable zone), που αναφέρεται στην περιοχή της Σπονδυλικής Στήλης όπου θα πρέπει να τοποθετηθούν τα άγκιστρα (Εικόνα 4-1). Η εφαρμογή των άγκιστρων σε αυτή την περιοχή θα επιτρέψει να έχουμε μετεγχειρητικά μια ισορροπημένη σπονδυλική στήλη. Το κάτω άγκιστρο θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στη σταθερή ζώνη που καθορίζεται από δύο παράλληλες γραμμές που είναι κάθετες στη γραμμή που ενώνει τις λαγόνιες ακρολοφίες και διέρχονται από τις οσφυο-ιερές αρθρώσεις. Το κατώτερο άγκιστρο θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ των δύο καθέτων γραμμών.

Ο King et al το 1983 [92], [93] προσδιόρισαν επίσης τα επίπεδα σπονδυλοδεσίας σε ασθενείς με ιδιοπαθή σκολίωση. Καθόρισαν με πιο αυστηρούς όρους το πλέον ουραίο επίπεδο στο οποίο θα πρέπει να σταματά η σπονδυλοδεσία, πιστεύοντας ότι το τελευταίο άγκιστρο ή βίδα θα πρέπει να εφαρμόζεται στον «σταθερό σπόνδυλο» (Stable Vertebra), που ορίζεται ως ο σπόνδυλος που διχοτομείται από την κεντρική ιερά γραμμή (Central Sacral Line), που είναι η κάθετη γραμμή που διέρχεται από το μέσον του ιερού (Εικόνα 4-2), και είναι κάθετη στην ευθεία που ενώνει τις λαγόνιες ακρολοφίες.

Γενικά, στη σπονδυλοδεσία θα πρέπει να αφήνονται ελεύθερα όσον το δυνατό περισσότερα διαστήματα στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Αν η οσφυϊκή μοίρα θα πρέπει να συμπεριληφθεί στη σπονδυλοδεσία αυτή δεν πρέπει να επεκτείνεται πέραν του O4 και αν είναι δυνατόν, να σταματά στον O3. Η πιθανότητα οσφυαλγίας σε ενήλικες που έχουν υποστεί σπονδυλοδεσία για σκολίωση είναι μεγαλύτερη για αυτούς που η σπονδυλοδεσία εκτείνεται στον O4 ή τον O5. Σέ αυτούς που η σπονδυλοδεσία έχει περιορισθεί στον O3, η πιθανότητα οσφυαλγίας είναι η ίδια με του γενικού πληθυσμού [94], [95].



Εικόνα 4-1
Η σταθερά ζώνη του Harrington



Εικόνα 4-2 Προσδιορισμός του σταθερού σπονδύλου

4.2 Σύστημα Harrington με υποπετάλια σύρματα (Moe's modification)

Ο προβληματισμός των χειρουργών για τη λύση των παραπάνω προβλημάτων, οδήγησε στην τμηματική σπονδυλοδεσία συνδυάζοντας το σύστημα Harrington με τη χρήση υποπεταλίων συρμάτων.

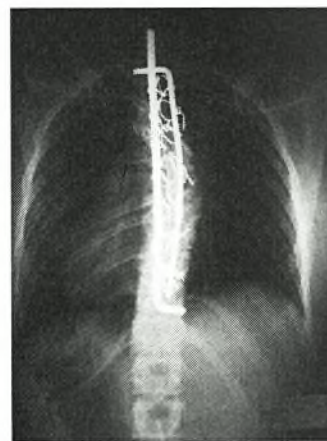
Οι ενδείξεις εφαρμογής του συστήματος Harrington με υποπετάλια σύρματα είναι ουσιαστικά οι ίδιες με αυτές της εφαρμογής του απλού Harrington. Επειδή η σπονδυλοδεσία αφορά σε πολλά επίπεδα, είναι δυνατή μεγαλύτερη διόρθωση των κυρτωμάτων. Οι διατακτικές δυνάμεις συμπληρώνονται από πλάγιες δυνάμεις που έλκουν τη Σπονδυλική Στήλη στην άκαμπτο ράβδο Harrington.

Το πρώτο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής αφορά στη δύναμη έλξης, που μειώνει την απαιτούμενη διατακτική δύναμη και, κατά συνέπεια, μειώνει τον ευθυσμό της οσφυϊκής μοίρας της Σπονδυλικής Στήλης. Δεύτερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η διόρθωση της υποκύφωσης που πολύ συχνά, σχεδόν πάντα, συνοδεύει την ιδιοπαθή σκολίωση. Αυτό οφείλεται στην προκύρτωση της ράβδου Harrington (Moe Type) και στο γεγονός ότι η έλξη των συρμάτων ασκείται προς τα πίσω. Τρίτον, η τμηματική σπονδυλοδεσία, που επιτυγχάνεται με τη χρήση της ράβδου Harrington με υποπετάλια σύρματα, παρέχει μεγαλύτερη σταθερότητα από το απλό Harrington, κάτι που μειώνει την ανάγκη σε μετεγχειρητική ακινητοποίηση [96], [89].

4.3 Σύστημα Luque

Στις αρχές της δεκαετίας του '70, ο Luque [62], [97], [98] επινόησε μια νέα μέθοδο, που το μεγάλο της πλεονέκτημα ήταν η τμηματική σπονδυλοδεσία. Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται δύο ράβδοι 3/16 ή 1/4 της ίντσας και υποπετάλια σύρματα. Οι ράβδοι αυτές έχουν σχήμα "L", και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν πλαίσιο πάνω στα οπίσθια στοιχεία της σπονδυλικής στήλης. Πριν την τοποθέτηση, οι ράβδοι προκυρτώνονται για να διατηρηθεί η φυσιολογική θωρακική κύφωση και οσφυϊκή λόρδωση.

Στη συνέχεια, διεκβάλλονται υποπετάλια σύρματα (Εικόνα 4-3) από όλα τα επίπεδα του προς σπονδυλοδεσία τμήματος της Σπονδυλικής Στήλης.



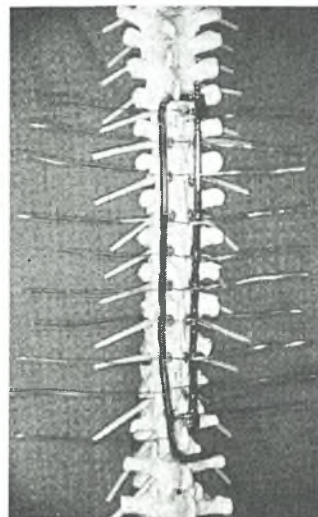
Εικόνα 4-3. Διόρθωση ιδιοπαθούς σκολίωσης με τη μέθοδο Luque

Την τοποθέτηση των ράβδων ακολουθεί η σύσφιξη των συρμάτων πάνω στις ράβδους, πρώτα στη ράβδο της κοίλης πλευράς του κυρτώματος, κίνηση που διορθώνει και εν συνεχεία, πάνω στη ράβδο της κυρτής πλευράς, κίνηση που σταθεροποιεί. Ως σύστημα τμηματικής σπονδυλοδεσίας παρείχε πολύ καλή σταθερότητα και η μετεγχειρητική ακινητοποίηση με κηδεμόνα ή κλινοστατισμό δεν ήταν αναγκαία. Αυτό ήταν πολύ μεγάλο πλεονέκτημα για τις νευρομυϊκές σκολιώσεις και στις αρχές της δεκαετίας του 80 η μέθοδος εθεωρείτο η τεχνική εκλογής για αυτού του τύπου τις σκολιώσεις [99].

Συγκρίνοντας αυτά τα δύο συστήματα τμηματικής σπονδυλοδεσίας, μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα Harrington με υποπετάλια σύρματα έχει δυο πλεονεκτήματα σε σχέση με το σύστημα Luque. Στο Luque δεν ασκούνται διατακτικές δυνάμεις, οι οποίες όμως συμβάλλουν στη διόρθωση και προστατεύουν από μετεγχειρητική απώλειας της. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή διπλών ράβδων Luque με υποπετάλια σύρματα δεν αφήνουν επαρκή χώρο για φλοιοτομή των οπισθίων στοιχείων, που είναι βασική προϋπόθεση για την επίτευξη σπονδυλοδεσίας.

4.4 Σύστημα Wisconsin

Το βασικό μειονέκτημα κάθε συστήματος που χρησιμοποιεί υποπετάλια σύρματα είναι ο κίνδυνος νευρολογικής βλάβης [100]. Αυτός ήταν και ο λόγος για τον οποίο υπήρχε προβληματισμός για το αν το σύστημα Luque ήταν κατάλληλο για τη χειρουργική θεραπεία των ιδιοπαθών σκολιώσεων, δεδομένου ότι ο μεγάλος αριθμός υποπεταλίων συρμάτων αυξάνει τον κίνδυνο νευρολογικής βλάβης. Η διεκβολή συρμάτων μέσα από το νωτιαίο σωλήνα ενέχει πράγματι κινδύνους για τα νευρικά στοιχεία και τις μήνιγγες. Η ασφαλής διεκβολή είναι συνδυασμός πολλών παραγόντων: 1) της προσεκτικής παρασκευής του νωτιαίου καναλιού, 2) της καλής παρασκευής της αγκύλης του σύρματος, 3) της προσεκτικής διεκβολής του σύρματος



Εικόνα 4-4 Σύστημα Wisconsin. Συνδυασμός Harrington και Luque με τα σύρματα να περνούν στη βάση της ακανθώδους απόφυσης

και 4) της σωστής σύσφιξης του πάνω στο πέταλο ώστε να αποφευχθεί τυχαίος τραυματισμός της μήνιγγας.

Ο MacEwen et al [101] αναφέρουν ότι ο θεωρητικός κίνδυνος είναι μικρότερος για το σύστημα Harrington με σύρματα, από ό,τι για το Luque, διότι στο πρώτο ο αριθμός συρμάτων είναι μικρότερος.

Ο Dennis Drummond το 1988 [102] προσπάθησε να εκμεταλευτεί την τεχνική των υποπεταλίων συρμάτων, αποφεύγοντας τον κίνδυνο της νευρολογικής βλάβης. Έτσι, επινόησε ένα σύστημα που βασίστηκε στην τεχνική Harrington και Luque με τη διαφορά ότι τα σύρματα δεν ήταν υποπετάλια αλλά περνούσαν στη βάση της ακανθώδους απόφυσης (Εικόνα 4-6). Το σύρμα αυτό είναι 3/16-L stainless steel με διάμετρο 1mm (18 gauge) και το χαρακτηριστικό του είναι ότι στο ένα άκρο του έχει ένα κουμπί με δυο τρύπες. Το κουμπί αυτό με διάμετρο 8mm και πάχος 0,8mm, χρησιμεύει στο να αυξάνουν η αντίσταση και η πρόσφυση του σύρματος πάνω στην βάση της ακανθώδους απόφυσης. Τα σύρματα αυτά διεκβάλλονται σε ζεύγη από κάθε σπόνδυλο τού προς σπονδυλοδεσία τμήματος της σπονδυλικής στήλης. Η σταθερότητα του συστήματος Wisconsin βασίζεται σε δύο ράβδους, που τοποθετούνται στις δυο πλευρές του κυρτώματος και που είναι ράβδος Harrington στην κοίλη πλευρά και ράβδος Luque στην κυρτή.

Αφού τοποθετηθούν τα σύρματα σε κάθε επίπεδο, εφαρμόζεται η ράβδος Harrington στο κοίλο του κυρτώματος σύμφωνα με τις κλασσικές αρχές και εφαρμόζεται διατατική δύναμη που θα διορθώσει το κύρτωμα. Στη συνέχεια, πάνω στη ράβδο αυτή συσφίγγονται τα σύρματα της κοίλης πλευράς. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η διατατική δύναμη που δίδεται δεν πρέπει να είναι τόσο μεγάλη όσο στην κλασσική μέθοδο. Σημειώνουμε, επίσης, ότι κατά το σφίξιμο των συρμάτων η διόρθωση θα πρέπει να υποβοηθείται από τον βοηθό με διορθωτική πίεση πάνω στην κορυφή του κυρτώματος από το κυρτό, καθώς σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει κίνδυνος διάτρησης του πετάλου από το σύρμα, όπως επίσης και απεξάρθρωσης της ράβδου, δεδομένου ότι οι δυνάμεις που ασκούνται είναι πολύ μεγάλες. Για να αποφευχθεί το τελευταίο, ο Drummond προτείνει ένας βοηθός να πιέζει τη ράβδο, ώστε να διατηρείται σε επαφή με τη σπονδυλική στήλη. Αφού γίνει το πρώτο σφίξιμο των συρμάτων, μπορεί να ακολουθήσει και άλλη διάταση και εκ νέου σφίξιμο των συρμάτων τα οποία εν τω μεταξύ χαλαρώνουν αφενός λόγω της διόρθωσης και αφετέρου λόγω της γλοιοελαστικότητας της Σπονδυλικής Στήλης. Ακολουθεί η εφαρμογή της ράβδου Luque στην κυρτή πλευρά με προσοχή ώστε τα εγκάρσια τμήματα της να βρίσκονται ακριβώς εκατέρωθεν της ράβδου Harrington στα παρακείμενα διαστήματα και να εφάπτονται της Σπονδυλικής Στήλης.

Η σύσφιξη των συρμάτων στην κυρτή πλευρά προσδίδει σταθερότητα στο σύστημα και, τέλος, ακολουθεί εκ νέου σύσφιξη στα σύρματα της κοίλης πλευράς που ενδεχομένως να έχουν χαλαρώσει. Οι δύο ράβδοι, πριν την τοποθέτησή τους προκυρτώνονται στο οβελιαίο επίπεδο για να δώσουν όσο το δυνατό φυσιολογική κύφωση και λόρδωση.

Η εφαρμογή του συστήματος Wisconsin αντενδείκνυται στα πολύ σκληρά κυφο-σκολιωτικά κυρτώματα [102]. Εδώ απαιτείται μεγάλη προκύρτωση της ράβδου στο οβελιαίο επίπεδο στο ύψος του κυφωτικού ύβου, ενέργεια που μειώνει τη δυνατότητα διάτασης και, συνεπώς, διόρθωσης της σκολίωσης. Επιπλέον αυξάνεται ο κίνδυνος απεξάρθρωσης των αγκίστρων της ράβδου Harrington όπως επίσης και της διάτρησης των πετάλων από τα σύρματα.

Ο Crawford το 1991 [103] τροποποίησε το σύστημα Wisconsin, χρησιμοποιώντας αντί για ράβδο Luque στη κυρτή πλευρά, συμπιεστική ράβδο Harrington, εφαρμόζοντας ένα μόνο στοιχείο συρμάτων στην κοίλη πλευρά.

4.5 Cotrel– Dubousset Instrumentation

Οι Γάλλοι Ορθοπαιδικοί Yves Cotrel και Jean Dubousset στις 21 Ιανουαρίου 1983 στο Παρίσι έκαναν την πρώτη σπονδυλοδεσία για θεραπεία σκολίωσης, χρησιμοποιώντας ράβδους και άγκιστρα. Η συνεισφορά τους στην τεχνική της χειρουργικής αντιμετώπισης της σκολίωσης υπήρξε καθοριστική και η στρατηγική που ανέπτυξαν εφαρμόζεται μέχρι σήμερα ενώ αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη των μοντέρνων υλικών σπονδυλοδεσίας ή, όπως αλλιώς αναφέρονται «υλικών τρίτης γενεάς».

Πολύ πριν, το 1971, η καινοτομία που εισήγαγε ο Cotrel [104] στα υπάρχοντα τότε συστήματα, ήταν η εφαρμογή του DTT (Dispositif de Traction Transversale) με το οποίο, χρησιμοποιώντας τη ράβδο Harrington, ασκούσε εγκάρσιες φορτίσεις πλάγιας παρεκτόπισης στον κορυφαίο σπόνδυλο του σκολιωτικού κυρτώματος. Το follow-up του DTT έδειξε ότι δεν ήταν ικανό να διορθώσει την οβελιαία ή την εγκάρσια παραμόρφωση του κυρτώματος. Επιπλέον, ο Cotrel δεν ήταν ικανοποιημένος με την τεχνική Luque, όπου υποπετάλια σύρματα εφαρμόζονται σε κάθε σπόνδυλο. Πίστευε ότι τμηματική σπονδυλοδεσία μπορεί να γίνει με άγκιστρα γύρω από τα πέταλα και κάτω από τους αυχένες ορισμένων επιλεγμένων σπονδύλων. Έτσι, ανέπτυξε τη «στρατηγική διόρθωσης», που αναφέρεται σε προεγχειρητικό προγραμματισμό της σπονδυλοδεσίας.

Τις ιδέες του Cotrel ασπάσθηκε ο Dubousset, σε ασθενείς του οποίου ξεκίνησε η εφαρμογή της μεθόδου και του υλικού.

Στα πρώτα περιστατικά δεν εφαρμόσθηκε η αρχή του derotation. Η διόρθωση επιτυγχανόταν με την άσκηση συμπιεστικών και διατακτικών δυνάμεων. Στα μέσα του 1983, οι Cotrel και Dubousset άρχισαν να στρίβουν την προκυρτωμένη ράβδο και παρατήρησαν ότι αυτή η κίνηση είχε ευεργετικό αποτέλεσμα στη διόρθωση του κυρτώματος στο οβελιαίο και εγκάρσιο επίπεδο. Έτσι η εμπειρία των Cotrel και Dubousset, στην οποία πρέπει να προστεθεί αυτή του Guillaumat, είχε σαν αποτέλεσμα να προσδιορισθούν επακριβώς οι ενδείξεις, η στρατηγική και η τεχνική του CDI (Cotrel-Dubousset Instrumentation).

4.5.1 Προσδιορισμός στρατηγικών σπονδύλων

Η ιδέα των Cotrel και Dubousset, σε σχέση με τον προσδιορισμό των στρατηγικών σπονδύλων ενός σκολιωτικού κυρτώματος, χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα [105], [106].

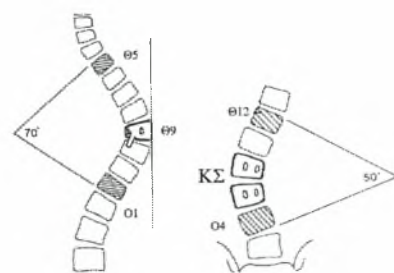
Η αρχική ιδέα του Cotrel ήταν ότι δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν υλικά οστεοσύνθεσης σε όλους τους σπονδύλους τού προς σπονδυλοδεσία κυρτώματος, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή διόρθωση. Ορισμένοι «στρατηγικοί» σπόνδυλοι πρέπει να οστεοσυντεθούν έτσι ώστε ασκώντας πάνω τους δυνάμεις, να προκληθεί διόρθωση του κυρτώματος και στα τρία επίπεδα του χώρου. Αν επιλεγούν σωστά οι σπόνδυλοι και αν οστεοσυντεθούν κατάλληλα, τότε επιτυγχάνεται και διατηρείται η ισορροπία της σπονδυλικής στήλης.

Απαραίτητες προϋποθέσεις είναι η πολύ καλή φυσική εξέταση ολόκληρης της σπονδυλικής στήλης και ο πλήρης ακτινολογικός έλεγχος ο οποίος περιλαμβάνει:

- Έλεγχο της ΣΣ στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο σε 30X90 films
- Δυναμικές bending ακτινογραφίες όλων των κυρτωμάτων σε ύπτια θέση, και
- Πλάγιες ακτινογραφίες κάμψης-έκτασης όλων των μεταβατικών περιοχών (αν υπάρχει σχετική παραμόρφωση).

Ο παραπάνω ακτινολογικός έλεγχος θα καθορίσει την ύπαρξη δύσκαμπτων ή εύκαμπτων περιοχών.

Υπάρχουν τεσσάρων τύπων «στρατηγικοί» σπόνδυλοι:

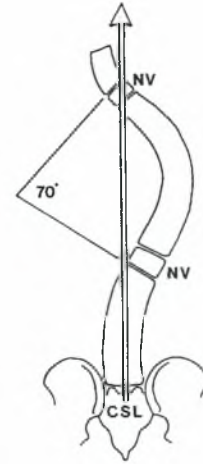


Εικόνα 4-5

Ο κορυφαίος σπόνδυλος στη θωρακική και οσφυϊκή μοίρα της ΣΣ.

Α) Ο κορυφαίος σπόνδυλος (Εικόνα 4-5)

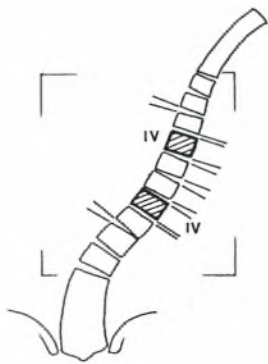
Ορίζεται από την όρθια προσθιοπίσθια ακτινογραφία ως ο σπόνδυλος που βρίσκεται μακρύτερα από την κεντρική ιερά γραμμή (Central Sacral Line), είναι ο πιο οριζόντιος, έχει τη μεγαλύτερη στροφή και το σχήμα του έχει τραπεζοειδή μορφή, αν τέτοια παραμόρφωση υπάρχει. Τα πλάγια τοιχώματα του κορυφαίου σπονδύλου είναι κάθετα στο έδαφος. Στην οσφυϊκή μοίρα της Σπονδυλικής Στήλης συχνά διάστημα δίσκου μπορεί να είναι η κορυφή του κυρτώματος. Σε αυτή την περίπτωση κορυφαίος θεωρείται ο περιφερικός σπόνδυλος αυτού του δίσκου.



Εικόνα 4-6 Οι ουδέτεροι σπόνδυλοι

Β) Ουδέτεροι σπόνδυλοι (Εικόνα 4-6)

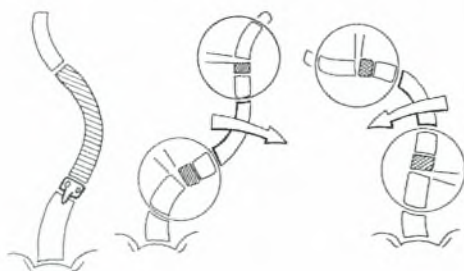
Ορίζονται από την όρθια προσθιοπίσθια ακτινογραφία ως οι σπόνδυλοι με τη μεγαλύτερη κλίση, βρίσκονται στα άκρα της μετρούμενης καμπύλης και είναι ουδέτεροι όσον αφορά στη στροφή. Ο ουδέτερος σπόνδυλος αντιστοιχεί με το μεταβατικό σπόνδυλο μεταξύ δύο κυρτωμάτων, αν υπάρχουν, και βρίσκεται μέσα ή κοντά στην κεντρική ιερά γραμμή στα αντισταθμιστικά κυρτώματα.



Εικόνα 4-7 Οι ενδιάμεσοι σπόνδυλοι οριοθετούν τα άκρα του δύσκαμπτου τμήματος του κυρτώματος

Γ) Ενδιάμεσοι σπόνδυλοι (Εικόνα 4-7)

Οι ενδιάμεσοι σπόνδυλοι αναγνωρίζονται στις δυναμικές bending ακτινογραφίες. Είναι οι σπόνδυλοι που βρίσκονται στα άκρα του δύσκαμπτου τμήματος του κυρτώματος. Ο κορυφαίος είναι το κέντρο αυτού του τμήματος. Το δύσκαμπτο τμήμα στη θωρακική μοίρα είναι λорδωτικό και στην οσφυϊκή μοίρα συχνά κυφωτικό.



Εικόνα 4-8 Η ευκαμψία των γειτονικών δίσκων των ακραίων σπονδύλων έχουν μεγάλη σημασία στον προεγχειρητικό σχεδιασμό

Δ) Ακραίοι σπόνδυλοι (Εικόνα 4-8)

Ο σωστός προσδιορισμός του άνω και κάτω ακραίου σπονδύλου είναι πολύ σημαντικός διότι από αυτόν εξαρτάται η μετωπιαία και οβελιαία ισορροπία της Σπονδυλικής Στήλης. Και οι δύο αυτοί σπόνδυλοι θα πρέπει να συμπεριληφθούν στη σπονδυλοδεσία.

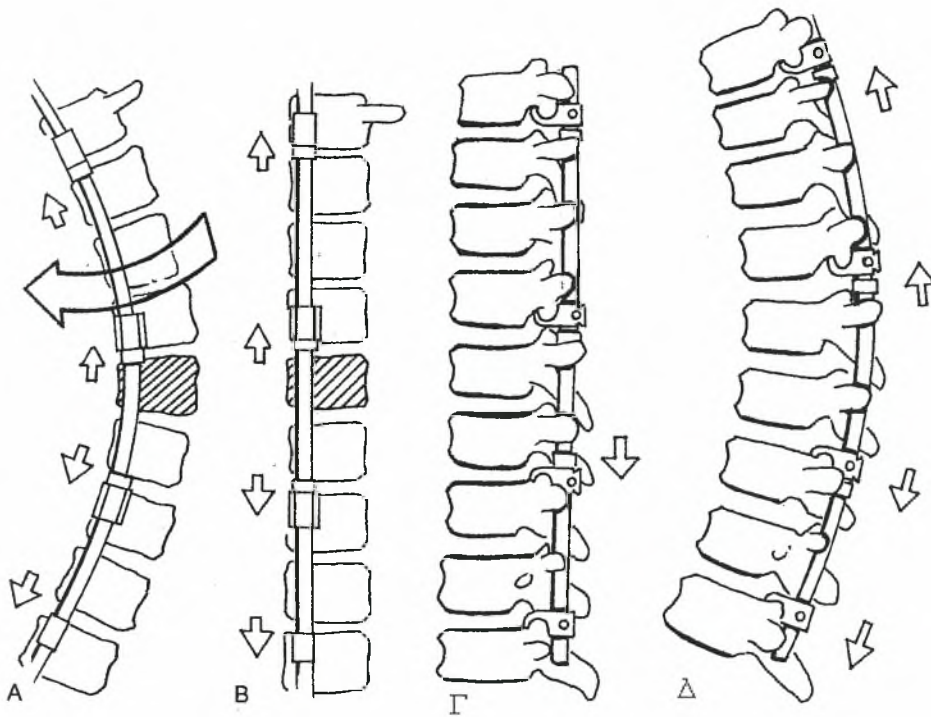
Προσεκτική ανάλυση των δυναμικών bending ακτινογραφιών παρέχει σημαντικές πληροφορίες:

1. Ο δίσκος, που στις bending ακτινογραφίες ανοίγει και από τις δύο πλευρές, μπορεί να μείνει εκτός σπονδυλοδεσίας, με την προϋπόθεση ότι και οι άλλοι περιφερικοί προς αυτόν δίσκοι συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο. Οι δίσκοι οι γειτονικοί τού κάτω ακραίου σπονδύλου θα πρέπει να είναι εύκαμπτοι στην πλάγια δυναμική ακτινογραφία.
2. Ο κάτω ακραίος σπόνδυλος θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στη «σταθερή ζώνη» του Harrington ή να διχοτομείται από την κεντρική ιερά γραμμή.
3. Στον ανώριμο σκελετό, ο κάτω ακραίος σπόνδυλος θα πρέπει να ουδετεροποιείται στις bending ακτινογραφίες, διαφορετικά η σπονδυλοδεσία επεκτείνεται κατά ένα σπόνδυλο περιφερικότερα.

Η σωστή επιλογή του κάτω ακραίου σπονδύλου είναι εξαιρετικής σημασίας, διότι σημαντικές δυνάμεις μεταδίδονται μέσω του κάτω ακραίου στις περιφερικότερα ευρισκόμενες σπονδυλικές μονάδες. Αν ο κάτω ακραίος δεν είναι σωστά επιλεγμένος, οι περιφερικότερες σπονδυλικές μονάδες θα οδηγηθούν σε απώλεια της ισορροπίας. Οι στροφικές derotational δυνάμεις που ασκούνται στη σπονδυλοδεμένη περιοχή μεταβιβάζονται μέσω του κάτω ακραίου σπονδύλου στην κινητή περιοχή της Σπονδυλικής Στήλης. Αν αυτή η περιοχή δεν είναι σε θέση να απορροφήσει και να προσαρμόσει αυτές τις δυνάμεις, θα ακολουθήσει απώλεια ισορροπίας. Αν, επίσης, η διόρθωση στο μετωπιαίο ή οβελιαίο επίπεδο είναι πολύ μεγάλη, η παρακείμενη καμπύλη πιθανόν να μη μπορεί να αντισταθμίσει.

4.5.2 Μέθοδος εφαρμογής υλικών

Μετά τον προσδιορισμό του κορυφαίου, των ακραίων, των ενδιάμεσων και των ουδέτερων σπονδύλων σχεδιάζεται η στρατηγική διόρθωσης του σκολιωτικού κυρτώματος. Τα ανατομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι το πέταλο, ο αυχένας και οι εγκάρσιες αποφύσεις του σπονδύλου. Η βάση της ακανθώδους απόφυσης είναι πολύ δυνατή, ως σημείου στήριξης, αλλά εδώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σύρμα με κουμπί, σύμφωνα με τη μέθοδο Drummond, η οποία όμως δεν εφαρμόζεται στην τεχνική Cotrel-Dubousset. Τα πέταλα είναι δυνατά στηρικτικά στοιχεία και μπορούν να υποδεχθούν άγκιστρα ή και υποπετάλια σύρματα. Οι αυχένες βρίσκονται πιο πλάγια και υποδέχονται άγκιστρα ή βίδες.



Εικόνα 4-9 Α-Β Μετωπιαίο επίπεδο: Η ράβδος προκυρτώνεται στο φυσιολογικό οβελιαίο επίπεδο, τοποθετείται στα άγκιστρα και τους κοχλίες και στρίβεται κατά 90. Έτσι διορθώνεται η σκολίωση. Γ-Δ Οβελιαίο επίπεδο: Όπως η ράβδος έχει στρίψει η σκολιοτική λόρδωση μετατρέπεται σε φυσιολογική κύφωση.

Οι βίδες συνήθως δεν χρησιμοποιούνται στη μέση και ανώτερη θωρακική μοίρα στην ιδιοπαθή σκολίωση. Οι εγκάρσιες αποφύσεις δεν είναι τόσο δυνατές ώστε να αντισταθούν στις μεγάλες διορθωτικές δυνάμεις. Η κύρια συνεισφορά τους είναι στη δημιουργία της «δαγκάνας» (claw), και την προστασία των υποπεταλίων και αυχενικών αγκίστρων από την περιφερική απεξάρθρωση και την προς το έσω παρεκτόπιση.

Οι ακόλουθες αρχές θα πρέπει να ακολουθούνται:

1. Ο άνω ακραίος σπόνδυλος θα πρέπει να σταθεροποιείται. Χρησιμοποιούμε, αμφοτερόπλευρα, άγκιστρα σε σχηματισμό claw, που εφαρμόζονται στους αυχένες και στις εγκάρσιες αποφύσεις ή στο άνω χείλος του πετάλου. Ο σχηματισμός αυτός εμποδίζει το pullout του αυχενικού αγκίστρου κατά τη διάρκεια της διόρθωσης.
2. Στον κάτω ακραίο σπόνδυλο χρησιμοποιούμε άγκιστρα που φορτίζονται αντίθετα (Εικόνα 4-9). Αν επιθυμούμε δυνατότερη συγκράτηση χρησιμοποιούμε διαυχενικούς κοχλίες. Ο αυχένας είναι το ισχυρότερο στοιχείο του σπονδύλου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν απαιτείται μέγιστη διόρθωση.

3. Για τον καλύτερο έλεγχο του κορυφαίου σπονδύλου, αυτός θα πρέπει να οπλίζεται με υλικό. Περιλαμβάνεται στην πιο δύσκαμπτη περιοχή της καμπύλης της οποίας αποτελεί το κέντρο. Ο αριθμός των σπονδύλων αυτής της περιοχής θα προκαθορισθεί από τις bending ακτινογραφίες και η διόρθωσή της θα δώσει το επιθυμητό κοσμητικά αποτέλεσμα.

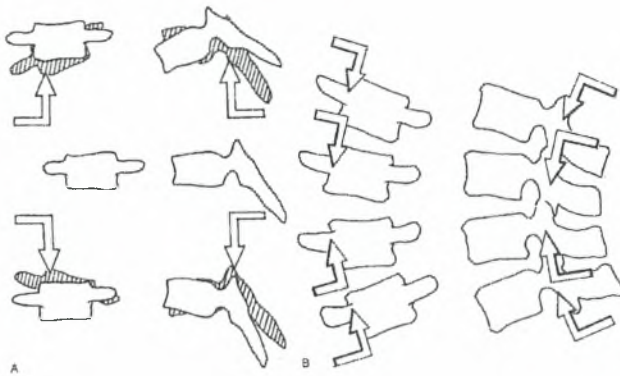
4. Οι ενδιάμεσοι σπόνδυλοι αποτελούν τα άκρα του δύσκαμπτου τμήματος του κυρτώματος. Επομένως εδώ θα πρέπει να τοποθετηθούν άγκιστρα ώστε να ελεγχθεί και να διορθωθεί αυτό το τμήμα. Σύμφωνα με τη θεώρηση του Cotrel, δεν είναι αναγκαίο να τοποθετηθεί υλικό σε όλους τους σπονδύλους. Οι σπόνδυλοι που δεν δέχονται υλικό «ακολουθούν» στη διαδικασία της διόρθωσης.

5. Η ράβδος προκυρτώνεται στο σχήμα της φυσιολογικής καμπύλης στο οβελιαίο επίπεδο. Όταν τοποθετηθεί στη Σπονδυλική Στήλη σε μετωπιαίο επίπεδο, εφαρμόζεται σχετικά εύκολα στα ενδιάμεσα ανοικτά άγκιστρα της κοίλης πλευράς. Μετά τη σταθεροποίηση της μέσα σ' αυτά, στρέφεται κατά 90 στο οβελιαίο επίπεδο (Εικ. 4-9 Α-Β) φέροντας την κορυφή του κυρτώματος προς τη μέση γραμμή και προς τα πίσω. Αυτός ο χειρισμός διορθώνει τη σκολίωση και προκαλεί κάποιου βαθμού διόρθωση της στροφής.

6. Η διόρθωση θα πρέπει να συμπληρωθεί με την εφαρμογή συμπιεστικών και διατακτικών δυνάμεων μεταξύ των αγκίστρων, που όμως δεν θα πρέπει να είναι εκσεσημασμένες. Οι εφαρμοζόμενες δυνάμεις πρέπει να είναι τέτοιες που να επιτυγχάνουν καλή εφαρμογή των αγκίστρων στα πέταλα. Μεγάλες διατακτικές δυνάμεις εμποδίζουν την ικανότητα επίτευξης φυσιολογικής θωρακικής κύφωσης κατά τη διάρκεια της στροφής της ράβδου (Εικόνα 4-9 Γ-Δ).

7. Η παραμόρφωση θα πρέπει να διορθωθεί μέχρι το σημείο που οι παρακείμενες σπονδυλικές μονάδες μπορούν να προσαρμοσθούν στα νέα δεδομένα ισορροπίας της Σπονδυλικής Στήλης. Αυτό απαιτεί προσεκτική ανάλυση των ακτινογραφιών και προσεκτικό προεγχειρητικό σχεδιασμό.

Γενικά, οι δυνάμεις που εφαρμόζονται στη Σπονδυλική Στήλη με τα συστήματα οστεοσύνθεσης διακρίνονται σε δυνάμεις συμπίεσης, διάτασης, διόρθωσης στροφής (derotational) και δυνάμεις μετατόπισης. Σε περιοχή με παθολογική κύφωση χρησιμοποιούμε δυνάμεις συμπίεσης στην κυρτή πλευρά. Αν υπάρχει εκσεσημασμένη λόρδωση, η διάταση στην κοίλη πλευρά είναι η καλύτερη επιλογή. Όταν απαιτείται δύναμη μετατόπισης (όπως στις θωρακικές καμπύλες με μεγάλο ύβο), οποιαδήποτε οριζόντια δύναμη είναι χρήσιμη. Αν και θα περίμενε κανείς ότι οι δυνάμεις διόρθωσης στροφής θα ήταν οι καταλληλότερες από αισθητική άποψη, εντούτοις προκαλούν τη μικρότερη διόρθωση. Η διόρθωση της στροφής είναι σχεδόν πάντα μικρότερη απ' την επιθυμητή.



Εικόνα 4-10 Η διάταση ανοίγει τα κλειστά μεσοσπονδύλια διαστήματα και προκαλεί κύφωση. Η συμπίεση κλείνει τα ανοικτά μεσοσπονδύλια διαστήματα και προκαλεί λόρδωση.

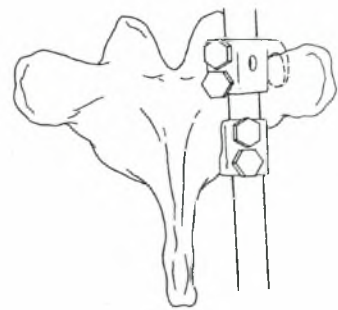
Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται με το CDI σύστημα είναι πολύ ισχυρές. Λόγω όμως των πολλών σημείων εφαρμογής των αγκίστρων αυτές οι δυνάμεις κατανέμονται ομοιομερώς σε ολόκληρη την Σπονδυλική Στήλη. Παρ' όλα αυτά, αν εφαρμοσθούν σε κακώς επιλεγμένα σημεία ή αν είναι πολύ ισχυρές μπορούν να προκαλέσουν νευρολογική βλάβη ή έλλειψη ισορροπίας (imbalance).

Το σύστημα CDI σχεδιάσθηκε για να διορθώνει σε τρία επίπεδα. Αν εφαρμοσθεί σωστά, διορθώνει στο μετωπιαίο, στο οβελιαίο και, λιγότερο, στο εγκάρσιο επίπεδο. Χρησιμοποιώντας το σύστημα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι (Εικόνα 4-10):

- Συμπιεστικές δυνάμεις (προς τον κορυφαίο) προκαλούν λόρδωση
- Διατατικές δυνάμεις (προς τους ακραίους) προκαλούν κύφωση
- Οι δυνάμεις πρέπει να εφαρμόζονται για να κλείνουν ανοικτά διαστήματα δίσκων
- Οι δυνάμεις πρέπει να εφαρμόζονται για να ανοίγουν κλειστά διαστήματα δίσκων.

4.5.3 Το Claw

Το claw είναι η πιο αυθεντική επινόηση του CDI (Εικόνα 4-11). Αποτελεί τη μέθοδο του Cotrel για τον έλεγχο της σπονδυλικής μονάδας στο μετωπιαίο, οβελιαίο και εγκάρσιο επίπεδο. Αν και μπορεί να εφαρμοσθεί σε οποιοδήποτε μονό ή διπλό επίπεδο της Σπονδυλικής Στήλης, η αρχική του εφαρμογή ήταν να ελέγχει την θωρακική κύφωση στο οβελιαίο επίπεδο. Η επόμενη χρησιμότητα του ήταν στο να εμποδίζει την προς τα πίσω μετακίνηση του διαυχενικού κοχλίου (pullout) και την προς τα έξω μετακίνηση του αγκίστρου. Η σπουδαιότερη λειτουργία του είναι να ελέγχει τα άκρα του κυρτώματος, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε επίπεδο όταν χρειάζεται πολύ δυνατή συγκράτηση.



Εικόνα 4-11
Σχηματική απεικόνιση του claw που σχηματίζεται από δυο άγκιστρα στην εγκάρσια απόφυση και στον αυχένα του σπονδύλου τα οποία συμπιέζονται μεταξύ τους.

4.5.4 Έλεγχος του κορυφαίου

Ο έλεγχος του κορυφαίου σπονδύλου, η μετατόπιση και η διόρθωση της στροφής του προϋποθέτουν την κινητοποίηση δύσκαμπτων μεσοσπονδυλίων δίσκων. Σε μέτριες και μεγάλες καμπύλες, ειδικά σε ασθενείς με ώριμο σκελετό, η μέθοδος CDI μπορεί να φανεί ανεπαρκής στη διόρθωση των κυρτωμάτων. Σύμφωνα με τη μέθοδο, η διόρθωση του σκολιωτικού τμήματος της Σπονδυλικής Στήλης που βρίσκεται μεταξύ των ενδιάμεσων σπονδύλων και αντιστοιχεί στο πλέον δύσκαμπτο τμήμα της, διορθώνεται με την τοποθέτηση δύο διατακτικών αγκίστρων στην κοίλη πλευρά και ενός διαυχενικού αγκίστρου στην κυρτή. Κατά τους χειρισμούς, όταν οι τέσσερις ή πέντε σπονδυλικές αυτές μονάδες μετατοπίζονται με στροφή της πρώτης (κοίλης) ράβδου, το διαυχενικό άγκιστρο της κυρτής πλευράς, που τοποθετείται στον κορυφαίο, σπρώχνεται πρόσθια με κατάλληλη κύρτωση της δεύτερης (κυρτής) ράβδου.

Στην κοίλη πλευρά, του κορυφαίου (ή των κορυφαίων), είναι πολύ δύσκολο να τοποθετηθεί άγκιστρο. Ο Cotrel είχε αντιληφθεί αυτή τη δυσκολία αλλά το άγκιστρο που σχεδίασε ήταν δύσκολο να τοποθετηθεί. Έτσι, χρησιμοποίησε πολύκλινα υποπετάλια σύρματα που τοποθετούσε στην κοίλη πλευρά του πετάλου του κορυφαίου σπονδύλου, με τα οποία επετύγχανε τη μετωπιαία μετατόπιση του κορυφαίου.

4.5.5 Επιπλοκές από τη χρήση υλικών τρίτης γενεάς

Imbalance – Έλλειψη ισορροπίας

Κατά τη διάρκεια της περιόδου που το σύστημα Harrington χρησιμοποιείτο ως η κύρια μέθοδος χειρουργικής διόρθωσης της ιδιοπαθούς σκολίωσης, η έλλειψη ισορροπίας στο μετωπιαίο επίπεδο ήταν σπάνια. Αρκούσε μια απλή μελέτη της προεγχειρητικής ακτινογραφίας για τον καθορισμό της σταθερής ζώνης (Stable zone) και η τοποθέτηση των περιφερικών αγκίστρων μέσα σ' αυτή. Όμως ο χειρουργός δεν είχε κανένα έλεγχο στο οβελιαίο και εγκάρσιο επίπεδο.

Η διάταση προκαλούσε διόρθωση της οποιασδήποτε σκολίωσης και συγχρόνως, στις οσφυϊκές σκολιώσεις και ευθειασμό της οσφύος με αποτέλεσμα το γνωστό “flat back syndrome”. Η έλλειψη ισορροπίας στο οβελιαίο επίπεδο ήταν γεγονός.

Η εμφάνιση του CDI μείωσε δραματικά την εμφάνιση του flat back syndrome. Η συμπίεση του κυρτού σε συνδυασμό με την στροφή της προκυρτωμένης ράβδου σε λόρδωση (για την Οσφυϊκή Μοίρα της Σπονδυλικής Στήλης), αλλάζει την οσφυϊκή κυφοσκολίωση σε φυσιολογική λорδοσκολίωση. Αυτό δημιουργεί μια φυσιολογική συνέχεια μεταξύ της τελευταίας σπονδυλοδεμένης σπονδυλικής μονάδας με την περιοχή που μένει εκτός σπονδυλοδεσίας. Αυτή η ισορροπία μειώνει τα φορτία των τελευταίων και κατά συνέπεια την πιθανότητα εκφυλιστικών προβλημάτων.

Στη μεταβατική θωρακο-οσφυϊκή ζώνη, το CDI μπορεί να προκαλέσει κύφωση αν στη διπλή οργανική σκολίωση εφαρμοσθούν οι αρχές της απλής θωρακικής σκολίωσης. Έτσι για να προληφθεί η θωρακο-οσφυϊκή κύφωση θα πρέπει να ασκηθούν συμπιεστικές δυνάμεις στο κυρτό (ή και καμιά φορά στο κοίλο) της μεταβατικής ζώνης, πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε διάτασης. Αυτή η συμπίεση δημιουργεί και διατηρεί την φυσιολογική καμπύλη της μεταβατικής ζώνης, που είναι ευθεία ή ελαφρά λорδοτική.

Η έλλειψη ισορροπίας στο μετωπιαίο επίπεδο είναι η προ τα αριστερά ή προς τα δεξιά απόκλιση της Σπονδυλικής Στήλης από την κεντρική ιερά γραμμή. Παρ' ότι μικρές αποκλίσεις είναι εμφανείς μόνο ακτινολογικά, οι μεγαλύτερες παραμορφώσεις είναι αισθητικά απαράδεκτες και επιπλέον προκαλούν μακροπρόθεσμα, προβλήματα στη μη σπονδυλοδεμένη και την αυχενική μοίρα της Σπονδυλικής Στήλης.

Πολλοί χειρουργοί έχουν αναφέρει το σύμβαμα της μετεγχειρητικής έλλειψης ισορροπίας (imbalance) μετά από τη χρήση του CDI, ενώ υπάρχουν και πολλές απόψεις για τα αίτια της.

Ο Thompson παρατήρησε αυξημένη πιθανότητα σε καμπύλες τύπου King II και πιστεύει ότι οι μεγάλες δυνάμεις που ασκούνται στον κορυφαίο για τη διόρθωση της στροφής μεταφέρονται στο ελεύθερο – μη σπονδυλοδεμένο τμήμα της Σπονδυλικής Στήλης προκαλώντας έλλειψη ισορροπίας (imbalance) [107]. Ο Moore και συν πιστεύουν ότι η αιτία βρίσκεται στις εκσεσημασμένες δυνάμεις διόρθωσης της στροφής [108]. Ο Shufflebarger [109], όμως, ανέφερε ένα μικρό ποσοστό αυτής της επιπλοκής (ένα σε περισσότερα από 700 περιστατικά) και πιστεύει ότι τα κριτήρια του King μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένη τοποθέτηση των αγκίστρων.

Ο Cotrel [105] αναγνώρισε τα παρακάτω στρατηγικά σφάλματα που μπορεί να οδηγήσουν σε imbalance:

- 1) Η κακή επιλογή του κάτω ακραίου του οποίου ο παρακείμενος δίσκος αδυνατεί να «ανοίξει» στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο.
- 2) Η σπονδυλοδεσία που είναι «κοντή» κεντρικά.
- 3) Όταν αφήνεται η θωρακική καμπύλη στα κυρτώματα τύπου I χωρίς ανάταξη.
- 4) Όταν η σπονδυλοδεσία σταματά σε κάτω ακραίο με μεγάλη υπολειπόμενη στροφή.
- 5) Όταν εφαρμόζονται δυνάμεις που ανοίγουν ήδη ανοικτούς δίσκους (διάταση στο κυρτό οσφυϊκού κυρτώματος).
- 6) Όταν όπως γίνεται σε μερικές καμπύλες τύπου II, αποτυγχάνεται η αναγνώριση των στροφικών αλλαγών των σπονδύλων στις δυναμικές (side bending) ακτινογραφίες και η σπονδυλοδεσία σταματά στο μέσον ενός οργανικού κυρτώματος.

Η εφαρμογή συμπιεστικών δυνάμεων σε λорδωτικές παραμορφώσεις θα αυξήσει τη λорδωση και το ίδιο συμβαίνει όταν ασκούμε διατακτικές δυνάμεις σε κυφωτικές παραμορφώσεις. Στην κυφοσκολίωση, η ράβδος της κυρτής πλευράς πρέπει να συμπιέζεται πρώτα και στη λорδοσκολίωση η ράβδος της κοίλης πλευράς πρέπει να διατείνεται πρώτα. Αυτή η αρχή εφαρμόζεται ιδίως στη μεταβατική ζώνη, όπου η αρχικά εφαρμοζόμενη συμπίεση θα εμποδίσει την εμφάνιση κύφωσης.

Λοίμωξη

Η λοίμωξη συμβαίνει στο 1% των ασθενών που χειρουργούνται για εφηβική ιδιοπαθή σκολίωση. Η θεραπεία εξαρτάται από τον υπεύθυνο μικροοργανισμό και από την καταστροφή των μαλακών μορίων που έχουν γίνει κατά τους χειρουργικούς καθαρισμούς. Η λοίμωξη που οφείλεται σε σταφυλόκοκκο τις περισσότερες φορές αντιμετωπίζεται με καλό χειρουργικό καθαρισμό και συρραφή του τραύματος με σύγχρονη εφαρμογή παροχέτευσης ή συστήματος συνεχούς πλύσης.

Αν ο υπεύθυνος μικροοργανισμός είναι πιο επιθετικός ή λιγότερο ευαίσθητος στα διαθέσιμα αντιβιοτικά, ή αν η νέκρωση των μαλακών μορίων είναι εκτεταμένη, τότε η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι τα άκρα του χειρουργικού τραύματος να είναι υγιή με άφθονο επιθηλιακό ιστό.

Τα μοσχεύματα που αιμάσουν δεν αφαιρούνται. Τα υλικά οστεοσύνθεσης δεν αφαιρούνται επίσης αν δεν έχει επιτευχθεί η σπονδυλοδεσία. Παρόλη την καλή έκβαση της λοίμωξης, οι πιθανότητες ψευδάρθρωσης είναι αυξημένες και ο ασθενής θα πρέπει να ενημερωθεί γι' αυτό.

Όψιμες λοιμώξεις παρατηρούνται ένα με δύο χρόνια μετά το χειρουργείο. Εμφανίζονται οίδημα και πόνο. Οφείλονται συνήθως σε μικροοργανισμούς που λαθροβιούν στο δέρμα και είναι χαμηλής τοξικότητας. Θεωρείται ότι οι κενοί χώροι που δημιουργούνται από τη χρήση των υλικών οστεοσύνθεσης προδιαθέτουν σε λοίμωξη. Στην περίπτωση αυτή τα υλικά πρέπει να αφαιρεθούν και η αντιμετώπιση είναι ίδια με οποιαδήποτε άλλη λοίμωξη που έχει να αντιμετωπίσει ένας ορθοπαιδικός.

Νευρολογική βλάβη

Αν η εφαρμογή των υλικών ακολουθεί τους κανόνες, τότε η εμφάνιση νευρολογικών επιπλοκών είναι σπάνια.

Η χρήση του CDI συνοδεύεται από αρκετά προβλήματα. Η άνω επιφάνεια του πετάλου είναι σημείο που βρίσκεται σε επαφή με το νωτιαίο μυελό και είναι το πιο πρόσθια ευρισκόμενο σημείο του πετάλου. Τα άγκιστρα που τοποθετούνται σε αυτή τη θέση πρέπει να έχουν μικρή λεπτή λάμα και η «μασχάλη» του άγκιστρου να αγκαλιάζει καλά το πέταλο. Αυτό θα προσφέρει ασφάλεια κατά τις κινήσεις διόρθωσης της στροφής. Βέβαια και ο χειρουργός θα πρέπει να ελέγχει συνεχώς τη θέση των άγκιστρων. Ειδικά το άγκιστρο που τοποθετείται στον κορυφαίο της κυρτής πλευράς πρέπει να εφαρμόζεται πολύ καλά, ώστε να μην εμβυθιστεί στο νωτιαίο σωλήνα όταν οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω του έχουν πρόσθια διεύθυνση.

Στη διόρθωση ενός σκολιωτικού κυρτώματος συνήθως δεν παρατηρείται μεγάλη επιμήκυνση του νωτιαίου μυελού. Παρ' όλα αυτά η χρήση σωματο-αισθητικών και κινητικών δυναμικών κρίνεται αναγκαία, όπως επίσης και το wake-up test.

Το φαινόμενο του στροφάλου (Crankshaft phenomenon)

Η οπίσθια σπονδυλοδεσία σε έναν ταχέως αναπτυσσόμενο ανώριμο σκελετό, όπως αυτός ενός παιδιού ή ενός νέου εφήβου, προκαλεί το φαινόμενο του στροφάλου. Αν η καμπύλη είναι μεγάλη και η στροφή σημαντική, οι δυνάμεις που ασκούνται από τις επιφύσεις των σπονδύλων είναι τέτοιες που μπορούν να παραμορφώσουν μια σταθερή σπονδυλοδεσία [65].

Ο Dubousset το 1989 είχε αντιληφθεί αυτό το φαινόμενο της απώλειας διόρθωσης και το ονόμασε “crankshaft” [64]. Προσδιόρισε ασθενείς σε κίνδυνο, αυτούς που έχουν μεγάλες καμπύλες με μεγάλη στροφή και που είναι σκελετικά ανώριμοι (Risser 0 ή 1, ή κορίτσια σε προεμμηνορυσιακή φάση). Ο Shufflbarger πρότεινε την πρόσθια δισκεκτομή των δίσκων που βρίσκονται γύρω από τον κορυφαίο, ώστε να μειωθεί το δυναμικό ανάπτυξης αυτών των σπονδύλων που είναι ο κύριος υπεύθυνος του φαινομένου.

Είναι πιθανόν το φαινόμενο crankshaft να προληφθεί με την αύξηση του βαθμού διόρθωσης μιας καμπύλης. Η εφαρμογή υποπεταλίων πολύκλωνων συρμάτων στους παρακείμενους προς τον κορυφαίο σπονδύλους μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη διόρθωση από ότι η κίνηση του dérotation. Αν η Σπονδυλική Στήλη μπορεί να διορθωθεί στο εγκάρσιο και μετωπιαίο επίπεδο και η σπονδυλοδεσία είναι γερή, τότε πιθανώς οι πρόσθιες αυξητικές δυνάμεις δεν θα είναι ικανές να προκαλέσουν παραμόρφωση.

Ψευδάρθρωση

Ψευδάρθρωση μπορεί να συμβεί σε ένα μικρό ποσοστό ασθενών που έχουν υποβληθεί σε οπίσθια σπονδυλοδεσία για θεραπεία ιδιοπαθούς σκολίωσης. Η πιθανότητα κυμαίνεται μεταξύ 2% και 5%. Γενικά, εντοπίζεται στη θωρακο-οσφυϊκή μεταβατική ζώνη και στα περιφερικά επίπεδα, όπου οι δυνάμεις είναι μεγαλύτερες. Η χρήση των μοντέρνων υλικών «φορτώνει» τα οπίσθια στοιχεία του σπονδύλου με μέταλλα και έτσι, δεν αφήνεται χώρος για τη βιολογική εξεργασία της πάρωσης.

Πόνος, απώλεια διόρθωσης και θραύση υλικών είναι τα πρώτα σημεία της ψευδάρθρωσης. Λόγω του όγκου των υλικών όλες οι ψευδαρθρώσεις χρειάζονται αφαίρεση υλικού και βιολογική ενίσχυση του οστού. Αν υπάρχει σημαντική κύφωση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το ενδεχόμενο χρήσης πρόσθιων δισκεκτομών και της τοποθέτησης strut μοσχεύματος

Στην οσφυϊκή μοίρα της Σπονδυλικής Στήλης η ψευδάρθρωση συνοδεύεται συχνά από απώλεια διόρθωσης και out of balance. Η χρήση διαυχενικών βιδών δίνει λύση στο πρόβλημα, όπως και η σταθερή οστεοσύνθεση της περιοχής της ψευδάρθρωσης με τη σπονδυλοδεμένη περιοχή. Ο κάτω ακραίος πρέπει να επαναπροσανατολισθεί στη σωστή του θέση.

5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Η χειρουργική διόρθωση της σκολίωσης εξελίχθηκε από τα μέσα περίπου της δεκαετίας του '20. Το πρώτο βήμα ήταν ο καθορισμός των βασικών αρχών της σπονδυλοδεσίας, κάτι που έγινε από τον Hibbs [110] το 1924. Το υλικό του Harrington [91] ήταν το πρώτο υλικό που χρησιμοποιήθηκε στη θεραπεία της σκολίωσης και έγινε πολύ δημοφιλές τη δεκαετία του '60. Στη μέθοδο Harrington εκτός από τη διατακτική ράβδο, προστέθηκε και η συμπιεστική στην κυρτή πλευρά των κυρτωμάτων, κάτι που επέτρεπε σε ένα βαθμό την τμηματική σπονδυλοδεσία. Το επόμενο μεγάλο βήμα ήταν η χρήση των ράβδων Luque με υποπετάλια σύρματα και, αργότερα, η χρήση συρμάτων στη βάση των ακανθωδών αποφύσεων σύμφωνα με τη μέθοδο Wisconsin. Αυτές οι δύο τελευταίες μέθοδοι έκαναν την τμηματική σπονδυλοδεσία μέθοδο εκλογής στη χειρουργική διόρθωση της σπονδυλικής παραμόρφωσης. Στη συνέχεια, η εξέλιξη των συστημάτων σπονδυλοδεσίας ήταν η κατασκευή πολύπλοκων συστημάτων που χρησιμοποιούσαν δύο ράβδους, άγκιστρα, σύρματα και βίδες. Αυτά τα τελευταία επιτρέπουν την σταθεροποίηση της Σπονδυλικής Στήλης χωρίς εφαρμογή μετεγχειρητικών κηδεμόνων. Ήδη το 1995, τα συστήματα τρίτης γενεάς όπως το Cotrel – Dubousset, το Texas Scottish Rite, το Isola και το Moss-Miami ήταν από τα πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα συστήματα σπονδυλοδεσίας.

5.1 Πλεονεκτήματα και προβλήματα της Harrington

Η μέθοδος Harrington ήταν η πρώτη χειρουργική μέθοδος, που παρείχε σταθεροποίηση και διόρθωση της σκολιωτικής Σπονδυλικής Στήλης. Η διόρθωση επιτυγχάνονταν μέσω διάτασης. Στα επόμενα χρόνια, η εφαρμογή συμπιεστικής ράβδου επέτρεψε κάποια διαμόρφωση της διόρθωσης.

Σε σχέση με τα μοντέρνα συστήματα σπονδυλοδεσίας είναι σχετικά φτηνή, εύκολη στη χρήση και οι αρχές εφαρμογής της είναι καλά προσδιορισμένες. Τα επίπεδα σπονδυλοδεσίας μπορούν να καθορισθούν με ευκολία και ακρίβεια. Η χειρουργική επέμβαση γίνεται εύκολα με μικρές απώλειες αίματος. Η πιθανότητα νευρολογικής βλάβης είναι μικρή. Επειδή υπάρχουν μόνο δύο σημεία στήριξης, μεγάλη επιφάνεια οστού παραμένει ελεύθερη για αποφλοιώση και εφαρμογή μοσχευμάτων, παράγοντας που αυξάνει το δυναμικό σπονδυλοδεσίας.

Μειονεκτήματα:

Σε ό,τι αφορά στα μειονεκτήματα της μεθόδου, η σχετική έλλειψη σταθερότητας του συστήματος Harrington απαιτεί μετεγχειρητική ακινητοποίηση της σπονδυλικής στήλης, κάτι που δεν είναι αναγκαίο με τα συστήματα τμηματικής σπονδυλοδεσίας. Οι διατακτικές δυνάμεις, που ασκούνται στη σπονδυλική στήλη, τείνουν να την «επιπεδώσουν» μεταξύ των αγκίστρων. Αυτή η ιδιότητα της διατακτικής ράβδου δεν διορθώνει την υποκύφωση της θωρακικής μοίρας της ΣΣ σε ιδιοπαθείς σκολιώσεις, διόρθωση που είναι ευεργετική για τον ασθενή. Επιπλέον προκαλεί κύφωση της οσφυϊκής μοίρας της Σπονδυλικής Στήλης που, επίσης, δεν είναι επιθυμητή [111], [112], [113]. Η χρήση του συστήματος Harrington στο ιερό δεν αποδείχθηκε ικανοποιητική. Προκαλεί κύφωση στην οσφυο-ιερά συμβολή, διότι η διάταση όχι μόνο επιπεδώνει την οσφυϊκή μοίρα αλλά εκτείνει συγχρόνως την πύελο. Επιπλέον, το ποσοστό αρθρόδεσης δεν είναι τόσο ικανοποιητικό όσο με τη μέθοδο Galveston. Πέραν τούτου, δεν παρέχει καμιά διόρθωση όσον αφορά στη στροφή. Το ποσοστό ψευδάρθρωσης ήταν ψηλό. Μακρό follow-up έδειξε ότι παρουσιάσθηκε κάταγμα υλικού σε 40% των ασθενών [114]. Η απώλεια διόρθωσης της καμπύλης που παρουσίαζε το σύστημα Harrington ακόμα και διεγχειρητικά, και η μη ικανοποιητική σταθερότητα οδηγούσαν στην απαραίτητη χρήση μετεγχειρητικού κηδεμόνα.

5.2 Πλεονεκτήματα και προβλήματα των υποπεταλίων συρμάτων

Η ιδέα των υποπεταλίων συρμάτων ανήκει στον Luque [115]. Η τεχνική είναι αποδεκτή και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, κυρίως για νευρομυϊκές και παραλυτικές σκολιώσεις. Η διεκβολή σύρματος κάτω και γύρω από τα πέταλα των σπονδύλων και σε όλα τα επίπεδα δίνει στον χειρουργό τη δυνατότητα να επιτυγχάνει τμηματική σπονδυλοδεσία.

Επιπλέον, επιτρέπει τον καλύτερο έλεγχο του οβελιαίου επιπέδου. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μέθοδος για τη διόρθωση του οβελιαίου επιπέδου της θωρακικής μοίρας σε ασθενείς που παρουσιάζουν υποκύφωση. Ένα από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι ο χειρουργός μπορεί να εκμεταλλευτεί μια από τις ιδιότητες των ιστών, που είναι το creep and relaxation. Σφίγγοντας λίγο και εναλλάξ τα σύρματα, επιστρέφοντας στο πρώτο το βρίσκουμε χαλαρωμένο, επαναλαμβάνουμε τη σύσφιξη και αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να επιτύχουμε σταδιακά την επιθυμητή διόρθωση.

Αρκετοί συγγραφείς έχουν αναφέρει νευρολογικά προβλήματα από τη χρήση υποπεταλίων συρμάτων [116, 117]. Μερικά από αυτά τα προβλήματα οφείλονται σε αυτή καθαυτή τη διεκβολή των συρμάτων. Άλλα οφείλονται στη δημιουργία επισκληριδίων αιματωμάτων. Επίσης, η αναθεώρηση της οστεοσύνθεσης με σύρματα είναι δύσκολη. Υπήρχε η ανησυχία ότι κατά τη διαδικασία αφαίρεσης των υποπεταλίων συρμάτων μπορεί να τραυματισθεί η μήνιγγα. Αν και κατά τη διάρκεια πειραματικών ελέγχων στο εργαστήριο ή με ζώα, υπήρχε πρόβλημα, αντίθετα στην κλινική πράξη αποδείχθηκε ότι η αφαίρεση των συρμάτων είναι εύκολη [118].

Εκείνο που είναι δύσκολο είναι η εκ νέου διεκβολή συρμάτων στο ίδιο πέταλο. Η δημιουργία ινώδους συνδετικού ιστού στο «αυλάκι» που σχηματίζει το σύρμα κάτω από το πέταλο, κάνει δύσκολη τη διεκβολή νέου σύρματος.

Λόγω των παραπάνω δυσκολιών και του φόβου των νευρολογικών επιπλοκών, επινοήθηκε η μέθοδος Wisconsin, όπου η εφαρμογή των συρμάτων γίνεται στη βάση της ακανθώδους απόφυσης. Παρά το γεγονός ότι από εμβιομηχανική άποψη δεν είναι τόσο καλή όπως η υποπετάλια τεχνική, η μέθοδος είναι ασφαλής και παρέχει κάποιου βαθμού διόρθωση.

5.3 Πλεονεκτήματα και προβλήματα των υλικών τρίτης γενεάς

Το βασικό πλεονέκτημα αυτών των νέων συστημάτων σπονδυλοδεσίας είναι ότι αφενός επιτρέπουν τη γρήγορη κινητοποίηση του ασθενούς και αφετέρου κάνουν τη χρήση μετεγχειρητικών κηδεμόνων μη αναγκαία, λόγω της σταθερότητας που προσφέρουν. Με τη χρήση τους πράγματι επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος της διόρθωσης του οβελιαίου επιπέδου, ειδικά στην οσφυϊκή περιοχή, όπου η διατήρηση της λόρδωσης είναι σημαντική. Ο συνδυασμός του αντιστροφικού χειρισμού (derotation maneuver) που εφαρμόζεται στη ράβδο της κοίλης πλευράς, η εφαρμογή συμπιεστικών δυνάμεων στην κυρτή πλευρά και η αποφυγή διατακτικών δυνάμεων έχουν μειώσει σημαντικά τον κίνδυνο του flat back syndrome.

Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν τη διόρθωση της υποκύφωσης στην θωρακική μοίρα της Σπονδυλικής Στήλης, αν και αυτή η διόρθωση δεν είναι καλύτερη από αυτή που προσφέρει η προκυρτωμένη ράβδος σε συνδυασμό με τα υποπετάλια σύρματα. Λόγω του αντιστροφικού χειρισμού και της ικανότητας να συμπιέζονται ή να διατείνονται ξεχωριστά οι σπονδυλικές μονάδες, έχει γίνει δυνατή η διατήρηση εκτός σπονδυλοδεσίας περισσότερων επιπέδων στην οσφυϊκή μοίρα.

Με τα συστήματα τρίτης γενεάς χρησιμοποιούνται άγκιστρα, σύρματα και κοχλίες. Η χρήση αυτή αποτελεί ένα σαφές πλεονέκτημα σε ασθενείς με συγγενείς ανωμαλίες ή όταν πρόκειται να προβούμε σε αναθεώρηση της σπονδυλοδεσίας.

Αν και τα συστήματα τελευταίας γενεάς παρέχουν πολύ καλή οστεοσύνθεση και έλεγχο του οβελιαίου επιπέδου, δεν υπάρχουν, μέχρι στιγμής, αποδείξεις ότι είναι τόσο αποτελεσματικά και στον έλεγχο του εγκαρσίου επιπέδου, δηλαδή της στροφής. Οι πρώτες αναφορές των Cotrel-Dubousset το 1988 ανέφεραν ότι ο αντιστροφικός χειρισμός προκαλεί διόρθωση σε τρία επίπεδα [119]. Όμως, το πρόβλημα της διόρθωσης της στροφής παραμένει μέχρι τις ημέρες μας και υπάρχουν και πρόσφατες αναφορές που αμφισβητούν τη στροφική διόρθωση ενώ οι διορθώσεις στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο ελέγχονται ως καλές [120, 121]. Έχει αναφερθεί ότι δεν έχει μεγάλη κλινική σημασία, αφού ο ασθενής ενδιαφέρεται πρωτίστως για τη συνολική διόρθωση της παραμόρφωσης του και φυσικά καθόλου για τη «στροφή». Όμως δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι στις θωρακικές σκολιώσεις η στροφή είναι εκείνη που παρασύρει τις πλευρές, δημιουργώντας το βασικό αισθητικό πρόβλημα που είναι ο ύψος. Το πρόβλημα αυτό, που κλινικά μεταφράζεται σε αδυναμία διόρθωσης-βελτίωσης του θωρακικού ύψους, ήρθε να λύσει η θωρακοπλαστική [122], μέθοδος που και αυτή με τη σειρά της δεν στερείται προβλημάτων. Για αυτό και οι ερευνητές δεν έχουν πάψει να προσπαθούν να μελετούν την τρισδιάστατη υφή της σκολίωσης, χρησιμοποιώντας μαθηματικά και υπολογιστικά μοντέλα [123], όπως και οι χειρουργοί να βρουν τρόπο πραγματικής τρισδιάστατης διόρθωσης της σκολίωσης [124] [121]. Σε μια από αυτές τις προσπάθειες, βλέπουμε μια νέα τεχνική, όπου ο χειρουργός εκτελεί τον αντιστροφικό χειρισμό στη ράβδο και, στη συνέχεια, εκμεταλλευόμενος τις εμβιομηχανικές ιδιότητες των βιδών, με ειδικές συλληπτικές λαβίδες στρίβει σε αντίθετη με τη ράβδο κατεύθυνση, αυτές τις ίδιες τις βίδες, προκαλώντας διόρθωση της στροφής του σκολιωτικού σπονδύλου [121].

Επιπλέον, τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στα νεώτερα συστήματα είναι ογκώδη για τους λεπτούς ασθενείς. Ειδικά τα cross-links μπορεί να προεξέχουν κάτω από το δέρμα.

Επίσης, λόγω της πολυπλοκότητας τους, το κόστος τους είναι μεγαλύτερο από εκείνο των υλικών Harrington και Luque, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα κάτω από ορισμένες συνθήκες.

Τέλος, ένα πρόβλημα δύσκολο στη λύση του μερικές φορές, είναι το ζήτημα της αναθεώρησης της οστεοσύνθεσης. Στο πρώτο σύστημα Cotrel- Dubousset η αφαίρεση του υλικού απαιτούσε τη χρήση τροχού (burr) για το κόψιμο της ράβδου και το θρυμματισμό των συνδετικών ράβδου-βίδας ή ράβδου αγκίστρου. Στο σύστημα Texas Scottish Rite οι πλάγια τοποθετημένες set screws καλύπτονται με οστό, γεγονός που κάνει την αφαίρεσή τους εξαιρετικά δύσκολη. Νεότερα συστήματα βασίζονται σε συνδετικά που βρίσκονται στην κορυφή (top tightening systems), και επομένως η αφαίρεσή τους είναι ευκολότερα προσπελάσιμη στο χειρουργό.

6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η ιδέα εφαρμογής ενός τρόπου διόρθωσης της σκολίωσης, πριν την εφαρμογή των ράβδων, ξεκίνησε για να αντιμετωπίσει τις δυσκολίες και επιπλοκές που παρουσιάζονται κατά τη διαδικασία της διόρθωσης.

Από τα προαναφερόμενα γίνεται σαφές ότι μέχρι σήμερα, παρόλη την εξέλιξη των υλικών, τα συστήματα και τα υλικά που είναι διαθέσιμα δεν έχουν λύσει όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο χειρουργός, ειδικά όταν πρόκειται για μεγάλες δύσκαμπτες ιδιοπαθείς ή νευρομυϊκές σκολιώσεις. Η τεχνική που χρησιμοποιείται κατά κόρον με τα υλικά τρίτης γενιάς είναι ο αντιστροφικός χειρισμός. Παρουσιάζει όμως και μειονεκτήματα. Καταρχήν, πρόκειται για χειρισμό ο οποίος ασκεί τεράστιες δυνάμεις στη Σπονδυλική Στήλη, άρα είναι επικίνδυνος τόσο για τα νευρικά στοιχεία της Σπονδυλικής Στήλης όσο και για τα οστικά. Δεν είναι άλλωστε λίγες οι αναφορές των επιπλοκών του χειρισμού, όπως εξάρθρημα αγκίστρων ή ακόμα και κατάγματα πετάλων. Οι διεγχειρητικές αυτές επιπλοκές φέρνουν σε δύσκολη θέση τον χειρουργό, ο οποίος, στην προκειμένη περίπτωση, και εν μέσω μιας μεγάλης και αιματηρής επέμβασης, είναι αναγκασμένος να βρίσκει ασφαλείς εναλλακτικούς τρόπους σπονδυλοδεσίας.

Από τον ίδιο τον Cotrel και από την αρχή της εφαρμογής της μεθόδου του είχε διαπιστωθεί ότι ο αντιστροφικός χειρισμός προκαλεί μία προς τα πίσω και προς τη μέση γραμμή μετατόπιση του κορυφαίου σπονδύλου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στην θωρακική περιοχή, να αυξάνεται ο ύψος και επομένως η δυσμορφία. Για αυτό και πρότεινε την εφαρμογή διαυχενικού αγκίστρου στον κορυφαίο από την κυρτή πλευρά, και κάποιου είδους πρόσθια ώθηση της κυρτής ράβδου, αφού πρώτα προκυρτωθεί κατάλληλα. Η εφαρμογή όμως αγκίστρων στο κορυφαίο είναι μερικές φορές δύσκολη. Αυτό το πρόβλημα του ελέγχου του κορυφαίου, τον ανάγκασε να χρησιμοποιεί σύρματα υποπετάλια ή Drummond ή το DTT (Dispositif de Traction Transversale), που ουσιαστικά αφορούν σε μια μικρή, εγκάρσια τοποθετημένη ράβδο η οποία προκαλεί έλξη και πλάγια μετατόπιση της κυρτής προς την κοίλη ράβδο. Ο Lenke [125] χρησιμοποιώντας το CDI, μελέτησε τη σχέση στροφής του σπονδύλου σε σχέση με τη μετατόπισή του, και το 1992 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο αντιστροφικός χειρισμός προκαλεί στον κορυφαίο περισσότερο μετατόπιση παρά διόρθωση της στροφής.

Η μετατόπιση (translation) ως χειρισμός έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς χειρουργούς. Η μέθοδος ISOLA, με κύριο εμπνευστή τον M. Asher, χρησιμοποιεί την μετατόπιση ως μέθοδο διόρθωσης είτε χρησιμοποιώντας υποπετάλια σύρματα, οπότε μετατοπίζεται η Σπονδυλική Στήλη προς τη ράβδο, είτε εκμεταλλευόμενη τις δυνάμεις του μοχλού (cantilever), οπότε η ράβδος σπρώχνει τη Σπονδυλική Στήλη προς μια θέση διόρθωσης. Η σχολή της Α.Ο. με τον Max Aebi και τον John Webb [126] προκαλεί μετατόπιση της Σπονδυλικής Στήλης προς το κοίλο χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία, διορθώνοντας με τον τρόπο αυτό τη σκολίωση.

Ένα άλλο σημείο που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι το εξής: Η ακτίνα καμπυλότητας του μετωπιαίου επιπέδου της προκυρτωμένης ράβδου που τίθεται πάνω στη Σπονδυλική Στήλη πριν τον χειρισμό αντιστροφής, δεν πρέπει ή δεν χρειάζεται να είναι αναγκαστικά ίδια με την ακτίνα καμπυλότητας του οβελιαίου επιπέδου που προκύπτει μετά το χειρισμό αντιστροφής. Όμως, ο χειρισμός δεν μας δίνει περιθώρια επιλογής. Για παράδειγμα, μια σκολίωση 50, με το χειρισμό θα προκαλέσει κύφωση 50, κάτι που, φυσικά, δεν είναι επιθυμητό. Αυτό το σημείο – ακτίνα καμπυλότητας στα δυο επίπεδα - δεν έχει διερευνηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Βέβαια, πρακτικά αυτό δεν συμβαίνει ποτέ, διότι είναι αμφίβολο, τις περισσότερες φορές, αν ο χειρισμός γίνεται σε όλο του το εύρος δηλαδή στροφή 90 .

Το μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιαζόταν και παρουσιάζεται στις μεγάλες δύσκαμπτες νευρομυϊκές σκολιώσεις, όπου η ευρέως διαδεδομένη, για τις ιδιοπαθείς σκολιώσεις, μέθοδος του derotation, αφενός ήταν και είναι δύσκολο να εφαρμοσθεί σε κυρτώματα 90 και 100 μοιρών και, αφετέρου η εφαρμογή της εγκυμονούσε κινδύνους για τα οστικά και νευρικά στοιχεία της Σπονδυλικής Στήλης .

Επιπλέον, η ακριβής διαμόρφωση της ράβδου - εμφυτεύματος πριν τη διόρθωση είναι σχεδόν αδύνατη, με αποτέλεσμα η προσπάθεια εφαρμογής της στα άγκιστρα και τις βίδες να απαιτεί μεγάλη προσπάθεια από τον χειρουργό με συχνές στρεβλώσεις της ράβδου, που επιβαρύνουν την κόπωση του υλικού, ειδικά για τα εμφυτεύματα τιτανίου που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια.

Έτσι, δημιουργήθηκε η ιδέα μιας μεθόδου με την οποία η σκολίωση θα διορθώνονταν πριν την εφαρμογή των τελικών εμφυτευμάτων. Επειδή η διόρθωση μιας σκολίωσης αναφέρεται πρακτικά στο μετωπιαίο και το οβελιαίο επίπεδο, η εγκάρσια και προς τα πίσω μετατόπιση του κορυφαίου σπονδύλου, και γενικώς του πλέον δύσκαμπτου τμήματος της σκολίωσης, θα μπορούσε να λύσει το πρόβλημα.

Για να γίνει αυτό, θα έπρεπε να εφαρμόζεται μια δύναμη στο δύσκαμπτο τμήμα του κυρτώματος που θα προκαλούσε την επιθυμητή μετατόπιση, επομένως και διόρθωση.

Η εμπειρία από τις προηγούμενες μεθόδους, όπως αυτή του Harrington και Luque σε συνδυασμό με τις μοντέρνες μεθόδους σπονδυλοδεσίας που χρησιμοποιούν υλικά τρίτης γενεάς, έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη της ΔΙΑΤΑΞΗΣ της ΠΕΝΤΕΛΗΣ.

Η δύναμη που θα προκαλούσε την οριζόντια μετατόπιση θα ασκούσαν στην κοίλη πλευρά του κυρτώματος, μέσω υποπεταλίων συρμάτων, όπως στη μέθοδο Luque (Εικόνα 6-1). Τα σύρματα αυτά θα έπρεπε να στηρίζονται και να συσφίγγονται πάνω σε ένα πλαίσιο ή μια κατασκευή τύπου «Π», που με τη σειρά της θα στηριζόταν στη Σπονδυλική Στήλη.

Η χρησιμοποίηση της Διάταξης προϋποθέτει την εφαρμογή, ως τελικού υλικού οστεοσύνθεσης ενός υλικού τρίτης γενεάς που χρησιμοποιεί σαν υλικά στήριξης κοχλίες και άγκιστρα. Στην κλινική μας από πολλά χρόνια χρησιμοποιούμε το υλικό ISOLA της Acromed, το οποίο είναι πολύ ευέλικτο και στο οποίο εκτός από τα άγκιστρα και τους κοχλίες μπορούμε να εφαρμόσουμε και σύρμα.

6.1 Περιγραφή της Διάταξης

Η πρώτη Διάταξη έμοιαζε με το outrigger του Harrington (Εικόνα 6-2). Αποτελείτο από μία ράβδο με σπείραμα, στα άκρα της οποίας υπήρχε ένα σκέλος που κατέληγε σε μια προεξοχή, η οποία εφαρμοζόταν στα άγκιστρα του άνω και κάτω ακραίου. Ένα παξιμάδι στη ράβδο έσπρωχνε τα σκέλη, κίνηση που προκαλούσε διάταση στο κοίλο της σκολίωσης και συνακόλουθα διόρθωση. Με αυτόν τον τρόπο, ο Harrington διόρθωνε τα κυρτώματα εφαρμόζοντας απλώς διάταση. Στην δική μας εφαρμογή, πάνω στην ράβδο συσφίγγονταν τα υποπετάλια σύρματα και η διάταση εφαρμοζόταν κατά περίπτωση. Τα άκρα των σκελών με τις προεξοχές τους



Εικόνα 6-1 Εγκάρσιες δυνάμεις μπορούν να προκαλέσουν μετατόπιση του κοίλου του κυρτώματος προς τη μέση γραμμή.

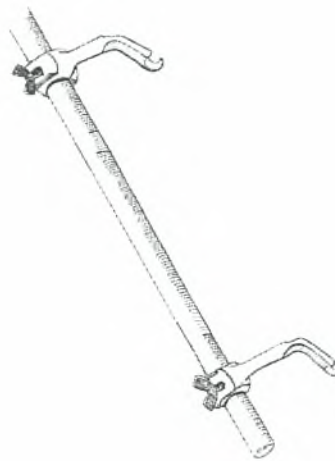


Εικόνα 6-2 Η πρώτη Διάταξη Πεντέλης, εμπνευσμένη από το outrigger του Harrington

εφαρμόζονταν σε άγκιστρα ISOLA. Στην πράξη διαπιστώθηκε ότι οι δυνάμεις που ασκούσαν τα άκρα αυτά στη Σπονδυλική Στήλη, ήταν πολύ μεγάλες, με ορατό τον κίνδυνο κατάγματος των οπισθίων στοιχείων της Σπονδυλικής Στήλης ή ακόμα και τραυματισμού του Νωτιαίου Μυελού. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η ύπαρξη παξιμαδιού δεν ήταν απαραίτητη εφόσον η εφαρμογή διατακτικών δυνάμεων κατά Harrington δεν γίνεται, αφού εφαρμόζονται οι κανόνες διόρθωσης της σκολίωσης με τα υλικά τρίτης γενεάς.

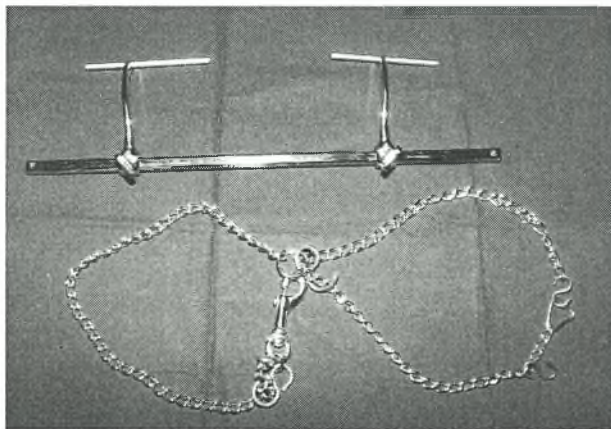


Εικόνα 6-4 Το σκέλος της Διάταξης Πεντέλης.



Εικόνα. 6-3 Τροποποιημένη Διάταξη με την ράβδο και κινητά σκέλη.

Έτσι η τροποποίηση της Διάταξης (Εικόνα 6-3) αφορούσε την κατάργηση του παξιμαδιού και την δημιουργία νέων σκελών. Τα σκέλη αυτά (Εικόνα 6-4) ήταν κινητά πάνω στη ράβδο της διάταξης, ώστε το μεταξύ τους μήκος να προσαρμόζεται στο μήκος της προς διόρθωση παθολογικής καμπύλης, κατέληγαν δε σε εγκοπή που θα μπορούσε να εφαρμοσθεί σε μικρή προσωρινή ράβδο, η οποία, με τη σειρά της, θα εφαρμοζόταν σε δύο ή τρία σημεία στήριξης, για καλύτερη κατανομή δυνάμεων. Σε ένα επόμενο στάδιο αφαιρέθηκαν και οι σπείρες από τη ράβδο της Διάταξης και, έτσι, η Διάταξη Πεντέλης για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα απαρτιζόταν από τα υλικά που φαίνονται στην παρακάτω φωτογραφία.

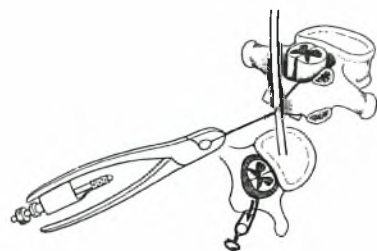


Η ράβδος είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα, ειδικό για ιατρικές εφαρμογές, έχει μήκος 40 εκ. και διάμετρο 12 χιλ, με μια πλευρά αποπλατυσμένη για καλύτερη προσαρμογή των σκελών

Το τμήμα των σκελών που ολισθαίνει στη ράβδο έχει διάμετρο 13 χιλ. και το μήκος του είναι 10 εκ.

Οι μικρές προσωρινές ράβδοι που εφαρμόζονται στα άγκιστρα και τους κοχλίες είναι διαμέτρου 3/16 inch.

Η αλυσίδα είναι από χάλυβα και είναι το αντίβαρο στη δύναμη που η Σπονδυλική Στήλη ασκεί στην ράβδο της Διάταξης κατά τη σύσφιξη των συρμάτων. Η μέθοδος της Διάταξης της Πεντέλης απέκτησε πρακτικό ενδιαφέρον, λόγω των καλών χειρουργικών αποτελεσμάτων. Στη διεθνή βιβλιογραφία, ενώ υπάρχουν πάρα πολλά άρθρα που πραγματεύονται τη χρήση του σύρματος στη χειρουργική θεραπεία της Σπονδυλική Στήλη, δεν υπάρχει αναφορά στις δυνάμεις που ασκεί το σύρμα κατά την εφαρμογή διορθωτικών κινήσεων. Έτσι, ως επόμενο βήμα ήρθε η ιδέα της επινόησης μεθόδου μέτρησης των δυνάμεων, που μέσω των συρμάτων ασκούνται στη Σπονδυλική Στήλη, για τη διόρθωση των παθολογικών κυρτωμάτων. Για τον σκοπό αυτό, θα έπρεπε να τροποποιηθεί η Διάταξη.



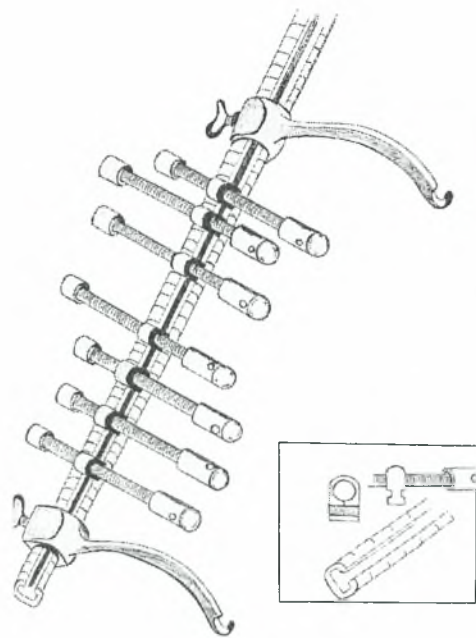
Εικόνα 6-5 Σφίξιμο του σύρματος στη ράβδο.

Η καταλληλότερη μέθοδος μέτρησης απαιτεί την ενσωμάτωση ενός αισθητήρα στο σύρμα ο οποίος συνδεδεμένος με ειδικό λογισμικό μετρά την τάση του σύρματος και, επομένως και τη δύναμη που ασκείται στη Σπονδυλική Στήλη. Λόγω όμως του αυξημένου κόστους και της ανάγκης ύπαρξης κατάλληλης υποδομής, στραφήκαμε σε απλούστερες μεθόδους.

Το σφίξιμο των συρμάτων (Εικόνα 6-5) πάνω στη ράβδο της Διάταξης γινόταν, (και γίνεται) με τη βοήθεια απλών πενσών. Η έρευνα αγοράς που έγινε έδειξε ότι δεν υπάρχει κάποια ειδική πένσα που να μετρά τη δύναμη κατά τη διάρκεια του σφίξιματος ενός σύρματος. Γνωρίζοντας την ύπαρξη των δυναμόκλειδων που χρησιμοποιούνται ευρέως στις διάφορες τεχνικές εφαρμογές για το σφίξιμο των κοχλίων, τροποποιήσαμε την Διάταξη με τρόπο ώστε να δέχεται κοχλίες μέσω των οποίων γίνεται η έλξη των συρμάτων.

Έτσι, η ράβδος της Διάταξης (Εικόνα 6-6) απέκτησε διαγραμμώσεις 10 χιλ και μια σχισμή σε σχήμα ανεστραμμένου «Τ».

Λόγω της σχισμής, για να ανταποκρίνεται στην απαιτούμενη μηχανική αντοχή, η διάμετρος της ράβδου αυξήθηκε κατά 2 χιλ., έγινε δηλαδή 14 χιλ. Μέσα σε αυτή τη σχισμή ολισθαίνει ο μηχανισμός του κοχλία. Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από το βαγονάκι και τον κοχλία. Το βαγονάκι στο ένα του άκρο ολισθαίνει στη σχισμή της ράβδου, ενώ στο άλλο άκρο υπάρχει οπή με σπείρωμα διαμέτρου 6 χιλ. που υποδέχεται τον κοχλία. Ο κοχλίας είναι διαμέτρου 6 χιλ., κάτι που σημαίνει ότι μια πλήρης περιστροφή αντιστοιχεί σε μετατόπισή του κατά 1 χιλ.



Εικόνα 6-6 Η τελευταία Διάταξη Πεντέλης με τους ολισθαίνοντες κοχλίες, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από τον αριθμό των συρμάτων.

Το ένα του άκρο έχει εξαγωνική σχισμή που υποδέχεται κατσαβίδι τύπου Allen, ενώ το άλλο περιστρέφεται ελεύθερα μέσω υποστρώματος πολυαιθυλενίου και φέρει οπή μέσα στην οποία θα εισέλθουν οι ελεύθερες άκρες των υποπεταλίων συρμάτων. Η απόσταση του κέντρου του κοχλία μέχρι το κέντρο της ράβδου είναι 10 χιλ. Η αριστερή στροφή του κοχλία προκαλεί απομάκρυνσή του από τη ράβδο, πράγμα που σημαίνει ότι τείνει το σύρμα που έχει ήδη προσαρμοσθεί στο ελεύθερο άκρο του. Αυτή η τάση του σύρματος έλκει τη Σπονδυλική Στήλη και έτσι διορθώνεται το κύρτωμα. Ο αριθμός των κοχλίων είναι ανάλογος με τον αριθμό των υποπεταλίων συρμάτων που τοποθετούμε στη Σπονδυλική Στήλη.

Τα σκέλη παρέμειναν τα ίδια με τη μόνη διαφορά ότι η οπή μέσα από την οποία ολισθαίνουν στη ράβδο τροποποιήθηκε ώστε να έχει διάμετρο 14 χιλ. για να ανταποκρίνεται στη νέα ράβδο της Διάταξης.

6.2 Τεχνική εφαρμογής

6.2.1 Προεγχειρητικός σχεδιασμός

Της χειρουργικής επέμβασης προηγείται προεγχειρητικός σχεδιασμός κατά τον οποίο λαμβάνονται όλες οι μετρήσεις της σκολιωτικής σπονδυλικής στήλης που περιλαμβάνουν, στο μετωπιαίο επίπεδο την γωνία Cobb των κυρτωμάτων, την στροφή του/των κορυφαίων, την κατακόρυφη συμμετρία (out of balance), και την μετατόπιση του/των κορυφαίων. Επίσης, μετράται και η κλίση της λεκάνης όταν πρόκειται για νευρομυϊκές σκολιώσεις. Στο οβελιαίο επίπεδο μετρώνται η γωνία κύφωσης και λόρδωσης με τη μέθοδο Cobb, καθώς επίσης και η μετατόπιση των κορυφαίων της κύφωσης και λόρδωσης από τον άξονα των «Z». Ο προεγχειρητικός σχεδιασμός συμπληρώνεται απαραίτητως με τη μέτρηση των κυρτωμάτων σε δυναμικές (bending) ακτινογραφίες στο μετωπιαίο επίπεδο. Η σύγκριση τους με τις απλές σε όρθια στάση ακτινογραφίες μας δίνει το ποσοστό διόρθωσης της σκολίωσης και εμμέσως μας δίνει ένα μέτρο της ευκαμψίας της σκολίωσης. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μπορούμε αφενός να γνωρίζουμε σε σχετικούς αριθμούς τη μετεγχειρητική διόρθωση και αφετέρου, να γνωρίζουμε αν ο ασθενής χρειάζεται απελευθέρωση των μαλακών στοιχείων και, πιο συγκεκριμένα, των δίσκων με πρόσθια προσπέλαση πριν την οπίσθια διόρθωση.

Οι ασθενείς με νευρομυϊκές σκολιώσεις παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες. Λόγω των κινητικών προβλημάτων αυτών των ασθενών, η ακτινογραφία σε όρθια θέση είναι αδύνατη. Προσπαθούμε να επιτύχουμε ακτινογραφίες σε καθιστή θέση, με κατάλληλη υποστήριξη του ασθενούς, η οποία θα μας δώσει ακριβή στοιχεία για το πραγματικό μέγεθος της σκολίωσης, δεδομένου ότι στην καθιστή θέση ο κορμός είναι κάθετος. Αν η καθιστή θέση είναι αδύνατη περιοριζόμαστε στην ακτινογραφία σε ύπτια θέση. Οι δυναμικές «bending» ακτινογραφίες εδώ αντικαθίστανται από ακτινογραφίες που λαμβάνονται με έλξη του κορμού του ασθενούς και μας δίνουν το ποσοστό διόρθωσης και μια εικόνα της ευκαμψίας της σκολίωσης.

Το επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός του εύρους της σπονδυλοδεσίας ο οποίος θα γίνει όχι μόνο από τη μελέτη της προσθιοπίσθιας ακτινογραφίας αλλά και από την ακριβή εκτίμηση της πλάγιας. Εδώ θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην θωρακο-οσφυϊκή συμβολή, η οποία θα πρέπει φυσιολογικά να είναι ευθεία. Επί κυφωτικής θωρακο-οσφυϊκής συμβολής, η σπονδυλοδεσία πρέπει να επεκταθεί στην οσφυϊκή μοίρα και να αποκατασταθούν όλα τα κυρτώματα. Επί νευρομυϊκών καταστάσεων η σκολίωση συνδυάζεται με μεγάλα κυφωτικά ή λορδωτικά κυρτώματα.

Παρά το γεγονός ότι συχνά η λήψη προφίλ ακτινογραφιών στους συγκεκριμένους ασθενείς είναι κακής ποιότητας, θα πρέπει να επιμένουμε στην σωστή λήψη ώστε ο προεγχειρητικός σχεδιασμός μας να είναι αξιόπιστος.

Στον προεγχειρητικό σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη οι βασικές αρχές του Cotrel, που αφορούν στους στρατηγικούς σπονδύλους που θα φορτισθούν με υλικό, όπως επίσης και η σταθερή ζώνη του Harrington και η Central Sacral Line που θα καθορίσουν, επί ιδιοπαθών σκολιώσεων, τον τελευταίο προς σπονδυλοδεσία σπόνδυλο. Ο σωστός προεγχειρητικός σχεδιασμός εξασφαλίζει το σωστό μετεγχειρητικό balance, και επομένως τη φυσιολογική κατανομή των φορτίων στους ελεύθερους σπονδύλους.

Τέλος, εκτός από τις τεχνικές λεπτομέρειες της χειρουργικής επέμβασης που περιλαμβάνει ο προεγχειρητικός σχεδιασμός, θα πρέπει να γίνεται ενδελεχής προεγχειρητικός έλεγχος της φυσιολογίας του ασθενούς ο οποίος περιλαμβάνει πλήρη αναπνευστικό και καρδιολογικό έλεγχο, υπερηχογράφημα κοιλίας και μαγνητική τομογραφία θωρακικής και οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, που θα μας αποκαλύψει ενδεχόμενες ανωμαλίες, συγγενείς ή επίκτητες, του Νωτιαίου Μυελού.

6.2.2 Χειρουργική τεχνική

Η προσπέλαση είναι η κλασσική οπίσθια. Η παρασκευή των οπισθίων στοιχείων της Σπονδυλικής Στήλης περιλαμβάνει την παρασκευή των πετάλων μέχρι και τις πλευρογκάρσιες αποφύσεις για τη θωρακική μοίρα και την παρασκευή των πετάλων, των αρθρώσεων και των εγκαρσίων αποφύσεων για τους οσφυϊκούς σπονδύλους. Αφού γίνει καλός καθαρισμός των οστικών στοιχείων, ξεκινά η εφαρμογή του υλικού. Στην οσφυϊκή και κατώτερη θωρακική μοίρα, το υλικό που χρησιμοποιείται κατά προτίμηση είναι οι κοχλίες που εφαρμόζονται με τη γνωστή τεχνική, ενώ στην ανώτερη θωρακική μοίρα χρησιμοποιούνται άγκιστρα.

Εφαρμογή συρμάτων

Αφαιρείται η ακανθώδης απόφυση η οποία στους θωρακικούς σπονδύλους έχει διεύθυνση ουραία και επικαλύπτει το μεσοσπονδύλιο διάστημα. Μαζί με τις ακανθώδεις, αφαιρείται και ο μεσακάνθιος σύνδεσμος, μέχρι την αποκάλυψη του ωχρού συνδέσμου. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια λεπτών Bence-Gouge αφαιρείται τμηματικά ο ωχρός με ιδιαίτερη προσοχή διότι ακριβώς κάτω από τον ωχρό σύνδεσμο βρίσκεται η σκληρά μήνιγγα. Ακολουθεί η ίδια διαδικασία διάνοιξης του ωχρού συνδέσμου, με τη βοήθεια Kerisson, μέχρι τη δημιουργία οπής διαμέτρου μερικών χιλιοστών που θα επιτρέψει την διεκβολή του σύρματος. Αυτή η διαδικασία αποτελεί τον πρώτο κίνδυνο βλάβης του νωτιαίου μυελού.



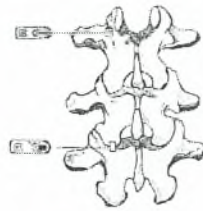
Εικόνα 6-7 Το σύρμα διαμορφώνεται σε αγκύλη, διεκβαλόμενο εφάπτεται στην πρόσθια επιφάνεια του πετάλου, και συλλαμβάνεται ώστε να βρίσκεται διαρκώς σε τάση.

Τα σύρματα είναι διπλά, κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα με διάμετρο 1,2mm (18-gauge). Στο ένα άκρο σχηματίζουν αγκύλη, ενώ στο άλλο άκρο καταλήγουν σε μικρή ελαία. Προσέχουμε ώστε το σύρμα να είναι ευθύ, χωρίς να έχει «γωνίες» που θα δυσκολέψουν τη διεκβολή του στον υποπετάλιο χώρο. Στη συνέχεια, το άκρο με την αγκύλη διαμορφώνεται σε ημικύκλιο που έχει διάμετρο περίπου όσο το εύρος του πετάλου του σπονδύλου στον οποίο τοποθετούμε το σύρμα. Το σύρμα περνά στον υποπετάλιο χώρο με κατεύθυνση ουραία προς κεφαλικά διότι το πάνω άκρο του πετάλου έχει πρόσθια κατεύθυνση και βρίσκεται σε μικρότερη απόσταση από την μήνιγγα από ό,τι το κάτω άκρο. Η διεκβολή γίνεται χωρίς βία και με τρόπο ώστε να εφάπτεται το σύρμα στην πρόσθια επιφάνεια του πετάλου. Ο ωχρός σύνδεσμος εκφύεται στην πρόσθια επιφάνεια του πετάλου και από το κεφαλικό άκρο του. Τα υπολείμματά του σχηματίζουν ένα είδος «τσέπης» που μπορεί να εμποδίσουν την ελεύθερη διεκβολή του σύρματος. Το σύρμα εισάγεται στο κανάλι βαθιά κάτω από την τσέπη. Μόλις εμφανισθεί το άκρο της αγκύλης στην οπή του υπεράνω ευρισκομένου διαστήματος, συλλαμβάνεται κατά προτίμηση με ειδικά κατασκευασμένα άγκιστρα, και έλκεται ώστε το σύρμα να είναι πάντα σε τάση και να εφάπτεται του πετάλου ώστε να μην ακουμπά στη μήνιγγα (Εικόνα 6-7). Αυτή η διαδικασία αποτελεί το δεύτερο κίνδυνο τραυματισμού των νευρικών στοιχείων. Στη συνέχεια, το σύρμα συσφίγγεται προσωρινά πάνω στο πέταλο ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός της μήνιγγας. Με τον ίδιο τρόπο εφαρμόζουμε και τα υπόλοιπα υποπετάλια σύρματα στους σπονδύλους που έχουμε επιλέξει. Ο αριθμός των συρμάτων είναι συνάρτηση της έκτασης και της δυσκαμψίας της παραμόρφωσης

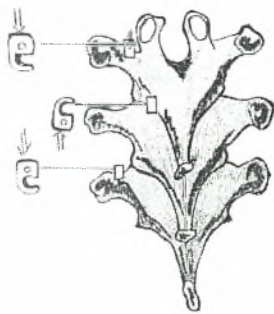
Οσφυϊκές βίδες και θωρακικά άγκιστρα

Η Διάταξη Πεντέλης τοποθετείται πάντα στο κοίλο του κυρτώματος που θέλουμε να διορθώσουμε δεδομένου ότι θέλουμε να μετατοπίσουμε τον κορυφαίο σπόνδυλο προς τη μέση γραμμή. Για τον σκοπό αυτό ξεκινάμε την εφαρμογή του υλικού από την κοίλη πλευρά του κυρτώματος.

Ξεκινάμε με την εφαρμογή των κοχλίων που γίνεται με τον κλασικό τρόπο (Εικόνα 6-8). Εφαρμόζουμε τουλάχιστον δύο κοχλίες και τοποθετούμε μια μικρή προσωρινή ράβδο 3/16 inch που εφαρμόζεται στους κοχλίες. Πάνω σε αυτή τη ράβδο θα στηριχθεί το ένα σκέλος της διάταξης Πεντέλης (Εικόνα 6-10).



Εικόνα 6-8
Κλασική τεχνική εφαρμογής των κοχλίων.



Εικ. 6-9 Ένα claw και ένα transverse άγκιστρο αποτελούν τα άνω στηρίγματα της Διάταξης της Πεντέλης.

Στη συνέχεια τοποθετούμε τα άγκιστρα στο ανώτερο θωρακικό τμήμα του κυρτώματος. Στον άνω ακραίο εφαρμόζουμε άγκιστρο transverse και στον ίδιο ή, αν δεν μας το επιτρέπει ο χώρος, στον κατώτερό του εφαρμόζουμε άγκιστρο facete. Αυτά τα δυο άγκιστρα τίθενται σε σχηματισμό claw και θα παραμείνουν και κατά τη εφαρμογή του τελικού εμφυτεύματος

δηλαδή της ράβδου. Το επόμενο άγκιστρο είναι transverse και εφαρμόζεται στον αμέσως επόμενο ουραίο σπόνδυλο (Εικόνα 6-9). Μεταξύ των τριών άγκιστρων, και εδώ μια μικρή προσωρινή ράβδος θα υποδεχθεί το άλλο σκέλος της διάταξης (Εικόνα 6-10). Ο λόγος τοποθέτησης τριών άγκιστρων είναι ότι με αυτόν τον τρόπο γίνεται καλύτερος επιμερισμός των δυνάμεων.

Και αυτό διότι οι δυνάμεις που ασκούνται κατά την έλξη της σπονδυλικής στήλης με τα υποπετάλια σύρματα είναι πολύ μεγάλες. Οι δυνάμεις αυτές ουσιαστικά μεταφέρονται στα σκέλη της διάταξης ως αντίσταση. Είναι λοιπόν εύλογο ότι ο κίνδυνος εξάρθρηματος του άγκιστρου, κατάγματος του πετάλου ή ακόμα και εμπύθνωσης του άκρου του σκέλους μέσα στον νωτιαίο σωλήνα

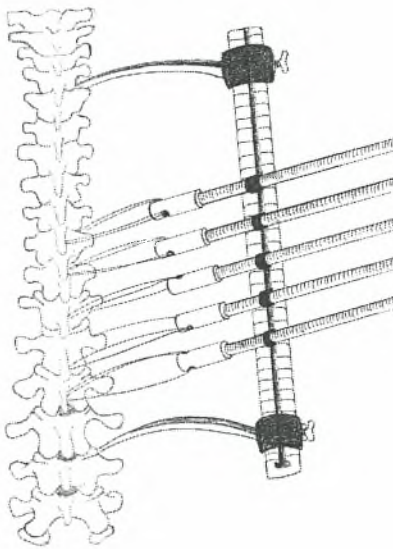


Εικόνα 6-10 Μετά την εφαρμογή των άνω θωρακικών άγκιστρων και των κάτω οσφυϊκών κοχλίων, ακολουθεί η εφαρμογή δυο προσωρινών ράβδων 3/16 inch, πάνω στις οποίες θα στηριχθεί η Διάταξη της Πεντέλης.

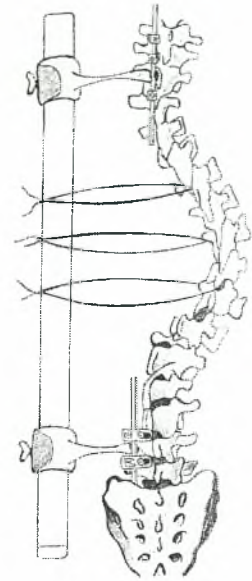
εξαρθήματος του αγκίστρου, κατάγματος του πετάλου ή ακόμα και εμβύθυνσης του άκρου του σκέλους μέσα στον νωτιαίο σωλήνα γίνεται μεγαλύτερος όσο η αντίσταση αυτή εφαρμόζεται σε μικρότερη επιφάνεια. Η εφαρμογή της μικρής προσωρινής ράβδου που διεκβάλεται μέσα από τρία άγκιστρα μας εξασφαλίζει μεγαλύτερη επιφάνεια, άρα μικρότερες πιέσεις στη σπονδυλική στήλη.

Την τοποθέτηση των σκελών ακολουθεί η διεκβολή της ράβδου της διάταξης (Εικόνα 6-11) πάνω στην οποία θα δεθούν τα υποπετάλια σύρματα. Τα σύρματα τοποθετούνται στον κορυφαίο και στους εκατέρωθεν του κορυφαίου σπονδύλους που αποτελούν το πλέον δύσκαμπτο τμήμα του κυρτώματος. Στην προηγούμενη διάταξη τα σύρματα συσφίγγονται σε αυτήν την ίδια τη μπάρα με τη βοήθεια πενσών. Η σύσφιξη προκαλεί τάση του σύρματος και κατά συνέπεια μετατόπιση της Σπονδυλικής Στήλης.

Το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας την νεότερη διάταξη, όπου τα σύρματα διεκβάλλονται στις ελεύθερες οπές των κοχλίων της Διάταξης (Εικόνα 6-12). Η αριστερή στροφή των κοχλίων τείνει το σύρμα προκαλώντας το επιθυμητό αποτέλεσμα. Όποιο τρόπο κι αν επιλέξουμε η τάση του σύρματος



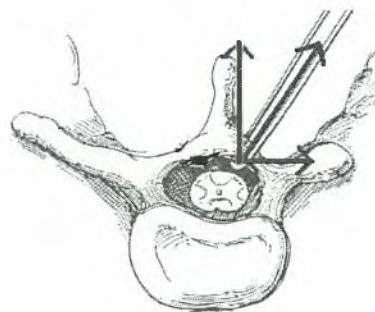
Εικ. 6-12 Σχηματοποιημένη εφαρμογή της νεώτερης Διάταξης Πεντέλης, όπου το ρόλο της πένσας αναλαμβάνουν οι ολισθαίνοντες κοχλίες της Διάταξης.



Εικόνα 6-11 Τοποθέτηση σκελών και ράβδου πάνω στην οποία θα δεθούν τα υποπετάλια σύρματα.

προκαλεί εγκάρσια μετατόπιση του υπό έλξη σπονδύλου. Ξεκινάμε από τον κορυφαίο σπόνδυλο που είναι ο πιο δύσκαμπτος και συνεχίζουμε με τους παρακείμενους. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο διόρθωσης της σκολίωσης, εκμεταλευόμαστε την γλοιοελαστικότητα των ιστών, αποτέλεσμα της οποίας είναι η εμβιομηχανική ιδιότητα stress and relaxation. Δηλαδή, αν η παραμόρφωση που προκαλείται σε ένα γλοιοελαστικό υλικό παραμένει σταθερή, η φόρτιση που προκάλεσε αυτή την παραμόρφωση, μειώνεται με το χρόνο. Πράγματι, παρατηρούμε ότι, όταν σφίγγουμε το τελευταίο σύρμα, το πρώτο έχει ήδη χαλαρώσει. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να διορθωθεί το κύρτωμα, κάτι που ελέγχεται κλινικά και πολλές φορές ακτινολογικά.

Η σταδιακή έλξη των συρμάτων έχει ως συνέπεια η διόρθωση να γίνεται προοδευτικά χωρίς την εφαρμογή απότομων και βίαιων δυνάμεων, όπως στη μέθοδο derotation, που η εφαρμογή τους εγκυμονεί κινδύνους για τα οστικά και νευρικά στοιχεία της Σπονδυλικής Στήλης.



Εικόνα 6-13 Η δύναμη που ασκεί το σύρμα έχει γωνία $45-50^\circ$ και αναλύεται σε δυο συνιστώσες δυνάμεις που μετατοπίζουν τον σπόνδυλο οριζόντια και πίσω.

Το οριζόντιο επίπεδο στο οποίο βρίσκεται η ράβδος της διάταξης είναι διαφορετικό και βρίσκεται ψηλότερα από αυτό της Σπονδυλικής Στήλης.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η ασκούμενη από τα σύρματα δύναμη να μην έχει ακριβώς οριζόντια διεύθυνση. Στην πραγματικότητα, η διεύθυνση της δύναμης έχει διεύθυνση $45-50$ με το οριζόντιο επίπεδο (Εικόνα 6-13). Η δύναμη έλξης, επομένως, αναλύεται σε δυο συνισταμένες δυνάμεις, από τις οποίες η μεν οριζόντια έχει φορά προς το

κοίλο, προκαλεί έλξη της Σπονδυλικής Στήλης στο μετωπιαίο επίπεδο και διόρθωση της σκολίωσης, η δε κάθετη έχει φορά οπίσθια και προκαλεί έλξη προς τα πίσω αυξάνοντας το κυφωτικό στοιχείο. Στις θωρακικές σκολιώσεις που λόγω στροφής η σκολίωση συνοδεύεται από υποκύφωση, η ενέργεια αυτή της έλξης είναι ευεργετική διότι διορθώνει την υποκύφωση. Όμως στις καταστάσεις που η αρχική παραμόρφωση είναι συνδυασμός σκολίωσης και κύφωσης, η εφαρμογή της Διάταξης Πεντέλης αντενδεικνύεται διότι προκαλεί αύξηση της κύφωσης.

Χρήση αντίβαρου

Όπως προαναφέραμε, η σύσφιξη των συρμάτων δημιουργεί δυνάμεις που έλκουν τη Σπονδυλική Στήλη προς τη μέση γραμμή. Επειδή το σύστημα ΣΣ – Διάταξη Πεντέλης παραμένει σταθερό και διατηρείται έτσι η ισορροπία, ίσες αλλά αντίθετες δυνάμεις εξασκούνται πάνω στη Σπονδυλική Στήλη από τη Διάταξη. Τα σημεία εφαρμογής τους είναι τα σημεία επαφής της Διάταξης στη Σπονδυλική Στήλη, δηλαδή τα σημεία όπου τα σκέλη στηρίζονται στις δύο προσωρινές ράβδους στα άκρα του κυρτώματος.



Εικόνα 6-14 Το αντίβαρο χρησιμοποιείται για να αντισταθμίσει την ροπή στροφής της Διάταξης γύρω από τις προσωρινές ράβδους.

Η ελκτική δύναμη που ασκείται από τα σύρματα στη Σπονδυλική Στήλη, αντιροπείται σύμφωνα με τους νόμους της Φυσικής, από μια αντίθετης φοράς και ίσου μέτρου δύναμη που ασκείται από τη Σπονδυλική Στήλη προς τη ράβδο της Διάταξης. Αυτή η τελευταία δύναμη προκαλεί μια ροπή στροφής της Διάταξης γύρω από τις προσωρινές ακραίες ράβδους, ροπή που τείνει να μετατοπίσει τη ράβδο της Διάταξης προς τα πίσω και πάνω. Για να αποφευχθεί αυτή η μετατόπιση, τοποθετούμε ένα αντίβαρο (Εικόνα 6-14) που κρέμεται μέσω μιας αλυσίδας προς το μέρος του χειρουργού και έξω από το χειρουργικό πεδίο. Το βάρος αυτό έχει υπολογισθεί εμπειρικά στο 1,5 Kg.

Προκλητά σωματοαισθητικά και κινητικά δυναμικά (SSEP) - διεγχειρητικές ακτινογραφίες

Κατά τη διάρκεια της διόρθωσης της παθολογικής καμπύλης με την χρήση των υποπεταλίων συρμάτων, ελέγχουμε τη νευρολογική κατάσταση του ασθενούς με τα σωματοαισθητικά και κινητικά δυναμικά. Έτσι αν στο τέλος της διόρθωσης υπάρξουν παθολογικές καμπύλες στον νευροφυσιολογικό έλεγχο, χαλαρώνεται η τάση των συρμάτων μέχρι οι καμπύλες να επανέλθουν στο φυσιολογικό εύρος τους. Αυτό αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα της μεθόδου σε σύγκριση με τις άλλες, διότι ο έλεγχος της νευρολογικής κατάστασης του ασθενούς γίνεται με διορθωμένο το κύρτωμα πριν την εφαρμογή των τελικών εμφυτευμάτων. Αυτό εξασφαλίζει ασφάλεια στις μετέπειτα κινήσεις μας και αποτρέπει δύσκολους και χρονοβόρους χειρισμούς, που απαιτεί η αφαίρεση των τελικών ράβδων και η εκ νέου διόρθωση του κυρτώματος.

Συγχρόνως με τον έλεγχο της νευρολογικής κατάστασης, στο τέλος της έλξης των συρμάτων, διενεργείται ακτινολογικός έλεγχος με τη Διάταξη στη θέση της, για να εκτιμηθεί η διόρθωση. Η εκτίμηση γίνεται με βάση την προεγχειρητική bending ακτινογραφία και το αναμενόμενο ποσοστό διόρθωσης. Με βάση, πάντα, τον νευρολογικό έλεγχο, μπορούμε να συνεχίσουμε την έλξη και, επομένως, να αυξήσουμε τη διόρθωση, αν το ακτινολογικό αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό.

Εφαρμογή τελικών εμφυτευμάτων

Όταν τελειώσει η διαδικασία έλξης των συρμάτων και διόρθωσης, προετοιμάζουμε και εφαρμόζουμε τα εμφυτεύματα στην κυρτή πλευρά της καμπύλης. Πάντοτε χρησιμοποιούμε άγκιστρα σε σχηματισμό claw στους άνω ακραίους και κοχλίες στους κάτω, συνήθως οσφυϊκούς, ακραίους. Οι ενδιάμεσοι σπόνδυλοι φορτίζονται με υλικό, ανάλογα με τον τύπο του κυρτώματος και σύμφωνα πάντα με τις βασικές αρχές του Cotrel. Ακολούθως, λαμβάνεται το σχήμα της κυρτής πλευράς της διορθωμένης σπονδυλικής στήλης με τη βοήθεια εύπλαστης ράβδου (fantom rod) και διαμορφώνεται αντίστοιχα, η τελική ράβδος που στη συνέχεια τοποθετείται και ασφαρίζεται στα άγκιστρα και τις βίδες. Του χρόνου αυτού προηγείται φλοιοτομή των υπό σπονδυλοδεσία πετάλων. Η διάμετρος των ράβδων είναι συνήθως το $\frac{1}{2}$ inch για τα μεγαλύτερα παιδιά και τους εφήβους, ενώ στα μικρότερα σε ηλικία παιδιά χρησιμοποιούμε ράβδους $\frac{3}{16}$ inch με τα αντίστοιχα άγκιστρα και βίδες.

Όπως έχουμε προαναφέρει, η Διάταξη Πεντέλης τοποθετείται στην κοίλη πλευρά του κυρτώματος. Από τη στιγμή που έχει επιτευχθεί η διόρθωση και έχει ασφαλισθεί η ράβδος της κυρτής πλευράς, στην κοίλη πλευρά κόβουμε τα υποπετάλια σύρματα κοντά στην κεντρική ράβδο της Διάταξης, η οποία αφαιρείται. Ακολουθεί η προετοιμασία της κοίλης πλευράς με την εφαρμογή αγκίστρων σύμφωνα με τον προεγχειρητικό σχεδιασμό, την φλοιοτομή και την εφαρμογή της τελικής ράβδου, αφού πρώτα έχει ληφθεί το σχήμα της με fantom rod. Τα υποπετάλια σύρματα που έχουν ήδη τοποθετηθεί, δεν αφαιρούνται αλλά συσφίγγονται γύρω από τη ράβδο της κοίλης πλευράς, αφού αποτελούν ισχυρό συνδετικό υλικό μεταξύ σπονδύλου και ράβδου.

6.2.3 Πρόβολος (Cantilever) (Εικόνα 6-15)

Σε ορισμένες δύσκαμπτες σκολιώσεις και ειδικότερα σε βαριές νευρομυϊκές σκολιώσεις εφήβων ή σκολιώσεις σε νευροϊνωμάτωση, η δύναμη που ασκείται από τα υποπετάλια σύρματα δεν είναι ικανή να διορθώσει το κύρτωμα, με αποτέλεσμα να ελλοχεύει ο κίνδυνος πρόκλησης κατάγματος από σχίσσιμο του πετάλου. Στις καταστάσεις αυτές εφαρμόζουμε τη μέθοδο με τα υποπετάλια σύρματα σε συνδυασμό με το μηχανισμό του cantilever.

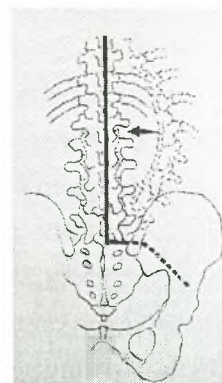
Η διαδικασία εφαρμογής των συρμάτων και της ράβδου της Διάταξης παραμένει η ίδια. Φορτίζουμε με υλικά οστεοσύνθεσης (άγκιστρα και κοχλίες) την κυρτή πλευρά του κυρτώματος, σύμφωνα με τον προεγχειρητικό σχεδιασμό. Τοποθετούμε δύο

ράβδους με κατάλληλο μήκος, εκ των οποίων η μία κεντρική στηρίζεται στα άγκιστρα των άνω ακραίων και η άλλη περιφερική στους κοχλίες των κάτω ακραίων. Οι ράβδοι τίθενται με τέτοιο τρόπο ώστε να χιάζονται στο όριο του κορυφαίου του κυρτώματος. Την ίδια στιγμή που ο χειρουργός έλκει τα υποπετάλια σύρματα στη ράβδο της Διάταξης στην κοίλη πλευρά με τον προαναφερόμενο τρόπο, ο βοηθός, με τη βοήθεια λαβίδων ράβδου ή rod pousser, σπρώχνει τα ελεύθερα άκρα των ράβδων της κυρτής πλευράς, ώστε να παραλληλισθούν. Αυτή η κίνηση ασκεί επίπλεον εγκάρσιες δυνάμεις στη Σπονδυλική Στήλη που δρουν αφενός μεν υποβοηθητικά των ελκτικών δυνάμεων των συρμάτων και αφετέρου διορθωτικά, καθώς διορθώνουν τη σκολίωση στο μετωπιαίο επίπεδο.



Εικόνα 6-15 Η μέθοδος του προβόλου είναι εξαιρετικά χρήσιμη στις δύσκαμπτες σκολιώσεις και εκεί που θέλουμε να διορθώσουμε το κυφωτικό στοιχείο.

Επιπλέον οι δυνάμεις αυτές είναι και ευεργετικές για τη διόρθωση κυφωτικού στοιχείου, αν συνυπάρχει της σκολίωσης, εφόσον ασκούνται στα οπίσθια στοιχεία της Σπονδυλικής Στήλης. Όταν η διόρθωση είναι η επιθυμητή, οι δυο ράβδοι συνδέονται και ασφαρίζονται μεταξύ τους με by pass συνδετικά. Στη συνέχεια διαμορφώνεται και τοποθετείται η ράβδος στην κοίλη πλευρά, πάνω στην οποία θα δεθούν τα σύρματα. Τη μέθοδο του προβόλου τη χρησιμοποιούμε συχνά στις μεγάλες δύσκαμπτες νευρομυϊκές σκολιώσεις. Εδώ, εφαρμόζουμε, όπου υπάρχει ένδειξη, τη σπονδυλοδεσία κατά Galveston για την οριζοντιοποίηση – επιπέδωση της λεκάνης. Η μέθοδος του προβόλου εφαρμόζεται με τις ράβδους της κυρτής πλευράς ενώ στη μέθοδο Galveston, η περιφερική ράβδος του προβόλου είναι αυτή που εισέρχεται στο λαγόνιο (Εικόνα 6-16). Από τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι η εφαρμογή των ράβδων της οστεοσύνθεσης γίνεται αφού πρώτα έχει διορθωθεί η σκολίωση. Η προκύρτωση των ράβδων και η εφαρμογή τους πάνω στα άγκιστρα και τους κοχλίες συχνά αποτελεί μια επίπονη διαδικασία. Ειδικά στις μεγάλες σκολιώσεις, που συνοδεύονται από μεγάλη στροφή, όλοι σχεδόν οι χειρουργοί έχουν αντιμετωπίσει τη δυσκολία της εμπέδωσης της ράβδου μέσα στα άγκιστρα και τους κοχλίες.



Εικόνα 6-16 Στη μέθοδο Galveston, η ράβδος του λαγονίου αποτελεί το ένα σκέλος του προβόλου.

Και αυτό διότι ο χειρουργός, έχοντας υπόψη το κύρτωμα που έχει να διορθώσει και τη διόρθωση που πρέπει να δώσει, διαμορφώνει στο χώρο μια κυλινδρική ράβδο, η οποία, στη συνέχεια, θα πρέπει να εμπεδωθεί σε υλικά που έχουν διαφορετικό προσανατολισμό το ένα από το άλλο. Για αυτό άλλωστε υπάρχουν ειδικά εργαλεία που, όμως, δεν λύνουν πάντα το πρόβλημα. Αυτό σημαίνει ότι η ράβδος υφίσταται πολλές στρεβλώσεις κατά τη διάρκεια της εμπέδωσης της, γεγονός που σημαίνει ότι τα υλικά τιτανίου, που είναι τα συχνότερο χρησιμοποιούμενα σήμερα, υφίστανται σημαντική κόπωση, που επιδρά στη διάρκεια ζωής τους.

7. ΥΛΙΚΟ

7.1 Μέθοδος

Η πρώτη εφαρμογή της Διάταξης Πεντέλης έγινε το 1993 σε μία ασθενή με εγκεφαλική παράλυση. Έκτοτε χρησιμοποιείται στη χειρουργική διόρθωση των σκολιώσεων όταν πρόκειται για μεγάλες και δύσκαμπτες παραμορφώσεις, ανεξάρτητα από το είδος της σκολίωσης.

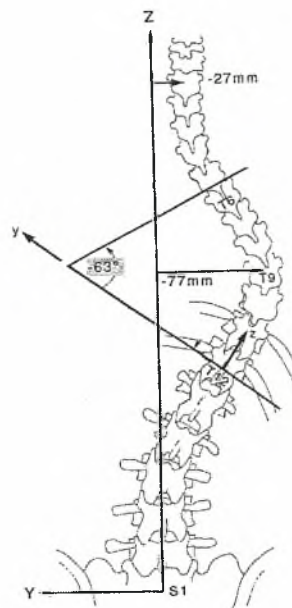
Οι φάκελοι και οι ακτινογραφίες εξετάστηκαν αναδρομικά και το κριτήριο εισαγωγής του ασθενούς στην παρούσα έρευνα ήταν η χρησιμοποίηση της Διάταξης Πεντέλης στη χειρουργική διόρθωση της σκολίωσης του.

Οι προεγχειρητικές ακτινογραφίες αποτελούνται από οπισθιο-πρόσθιες και πλάγιες λήψεις σε ακτινολογικό φιλμ 30X90 εκ., όπως επίσης και δυναμικές side-bending λήψεις. Οι μετεγχειρητικές ακτινογραφίες αποτελούνται από οπισθιο-πρόσθιες και πλάγιες λήψεις σε ακτινολογικό φιλμ 30X90 εκ., που ελαμβάνοντο σε τρία στάδια: άμεσα μετεγχειρητικά (10-15 ημέρες μετά το χειρουργείο), ένα χρόνο μετά, και κατά την τελευταία επίσκεψη του ασθενούς στο ιατρείο.

Στις Ιδιοπαθείς Σκολιώσεις χρησιμοποιήθηκε η ταξινόμηση κατά King [127].

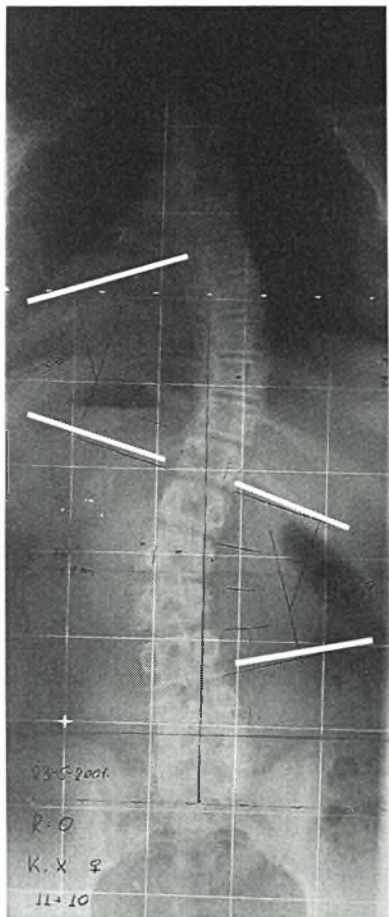
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ακτινογραφίες λαμβάνονται με τον ασθενή σε όρθια θέση. Όμως, σε ασθενείς που είναι αδύνατο να καθίσουν, όπως σε βαριές νευρομυϊκές καταστάσεις ή στις περιπτώσεις εκείνες που θέλουμε να εξετάσουμε τη σκολίωση χωρίς την επίδραση της βαρύτητας, οι ακτινογραφίες λαμβάνονται με τον ασθενή ύπτιο.

Οι μετρήσεις στο μετωπιαίο επίπεδο (Εικόνα 7-1) περιλαμβάνουν τη μέτρηση των κυρτωμάτων σύμφωνα με τη μέθοδο του Cobb, τη μέτρηση της στροφής του κορυφαίου σύμφωνα με τη μέθοδο του Pedriolle [128], την μετατόπιση του κορμού (Out of Balance) που μετράται ως η κάθετος απόσταση του A7 από την κεντρική ιερά γραμμή, και τη μετατόπιση (translation) του κορυφαίου που μετράται ως η κάθετος απόσταση του κέντρου του κορυφαίου από την κεντρική ιερά γραμμή. Στις νευρομυϊκές σκολιώσεις [14] μετράται και η κλίση της πυέλου.

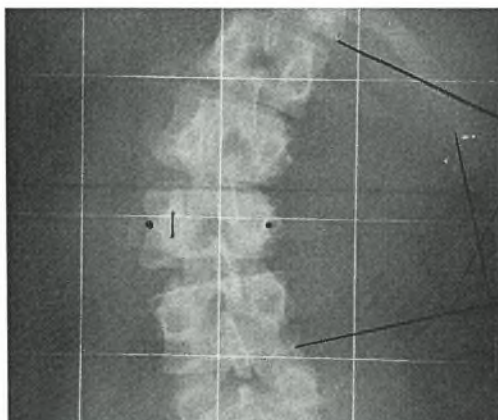


Εικόνα 7-1 Οι μετρήσεις στο μετωπιαίο επίπεδο περιλαμβάνουν τη γωνία Cobb, τη μετατόπιση του κορμού και τη μετατόπιση του κορυφαίου.

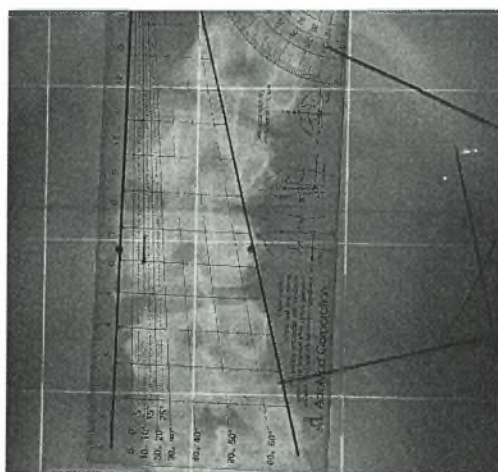
Οι μετεγχειρητικές μετρήσεις περιλαμβάνουν τις ίδιες προαναφερόμενες μετρήσεις, με εξαίρεση τη μέτρηση της στροφής του κορυφαίου, δεδομένου ότι η παρουσία των μεταλλικών εμφυτευμάτων και των μοσχευμάτων καθιστά δύσκολη, έως αδύνατη, τη μέτρηση της στροφής.



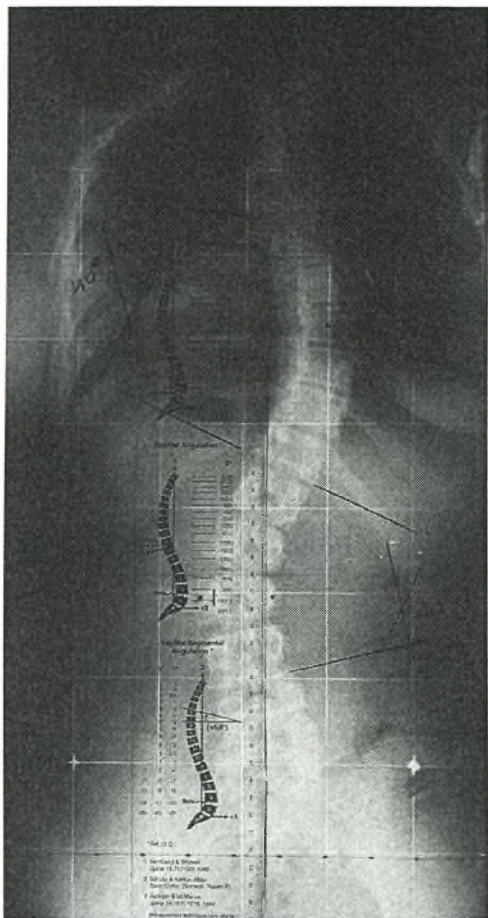
Εικόνα 7-2 Η μέτρηση της γωνίας Cobb γίνεται σε ακτινολογικό φιλμ 30X90



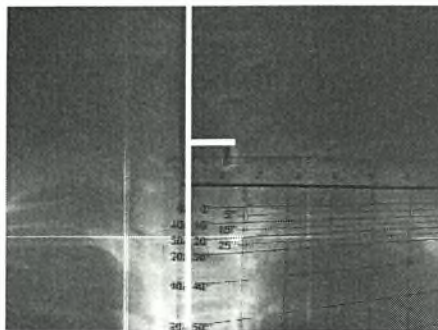
Εικόνα 7-3 Α Για τη μέτρηση της στροφής του κορυφαίου σημειώνονται τα άκρα του κορυφαίου σπονδύλου και ο αυχένας της κυρτής πλευράς του.



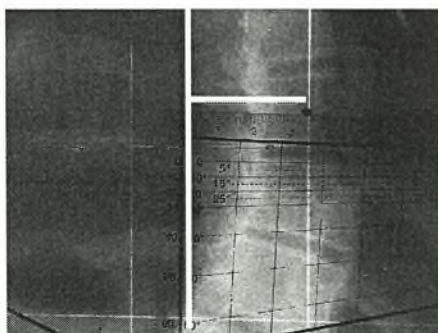
Εικόνα 7-3 Β Στη συνέχεια τοποθετείται ο χάρακας του Redriolle πάνω στον οποίο αποκαλύπτεται αμέσως το εύρος της στροφής.



Εικόνα 7-4 Α Στο ίδιο ακτινολογικό φιλμ χαράσσεται η κεντρική ιερά γραμμή.

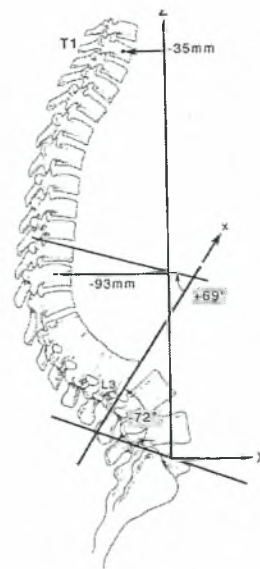


Εικόνα 7-4 Β Η κάθετος του Α7 ή του Θ1 πάνω στην κεντρική ιερά γραμμή μας δίνει το μέγεθος της κορμικής μετατόπισης.

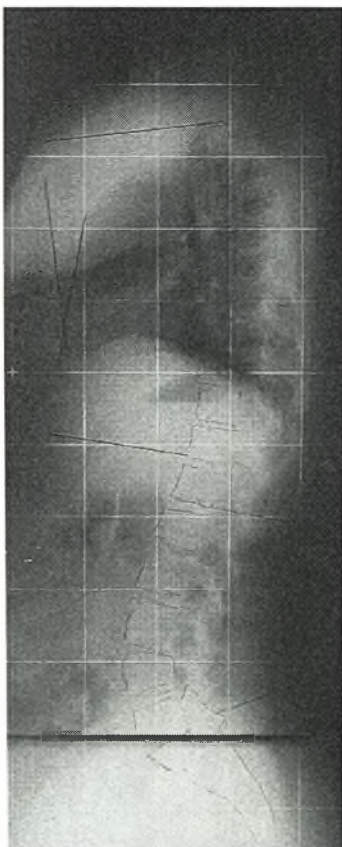


Εικόνα 7-4 Γ Η κάθετος του κέντρου του κορυφαίου σπονδύλου πάνω στην κεντρική ιερά γραμμή μας δίνει το μέγεθος μετατόπισης του κορυφαίου.

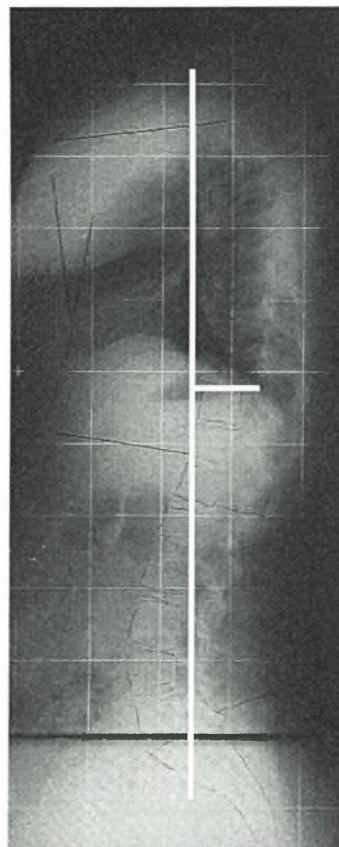
Στο οβελιαίο επίπεδο, οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τη μέτρηση της κύφωσης και λόρδωσης, σύμφωνα με τη μέθοδο Cobb, και την μετατόπιση (translation) του κορυφαίου του κυφωτικού και λορδωτικού κυρτώματος, που μετράται ως η κάθετος απόσταση του κέντρου του κορυφαίου από τον άξονα “Z” που διέρχεται από το κέντρο του Π στο οβελιαίο επίπεδο. Τέλος, γίνεται αναφορά στις επιπλοκές όπως η λοίμωξη, χαλάρωση ή θραύση υλικού, θάνατος κά.



Εικόνα 7-5 Στο οβελιαίο επίπεδο μετρείται η γωνία κύφωσης και λόρδωσης με τη μέθοδο Cobb, και η μετατόπιση των κορυφαίων.



Εικόνα 7-6 Α Η μέθοδος Cobb ακολουθείται και στο οβελιαίο επίπεδο για τη μέτρηση της κύφωσης και της λόρδωσης.



Εικόνα 7-6 Β Η μετατόπιση του κορυφαίου σπονδύλου της κύφωσης και λόρδωσης μετράται ως η κάθετος απόσταση του κέντρου του κορυφαίου κάθε κυρτώματος από τον άξονα «Z».

7.2 Στατιστική μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων

Κάθε άτομο συμμετείχε σε όλες ή μέχρι ενός ορισμένου σημείου μετρήσεις. Τα δεδομένα μας αφορούν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (repeated measures), αφού κάθε υποκείμενο συμμετέχει σε όλα ή μερικά συνεχή επίπεδα των μετρήσεων.

Για την ανάλυση δεδομένων σε περιπτώσεις επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures) χρησιμοποιείται η μεθοδολογία Repeated Measures ANOVA. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης στατιστικής μεθοδολογίας σκοπεύει στον έλεγχο της ισχύος της ακόλουθης υπόθεσης:

Διαφέρουν οι μέσες τιμές των μετρήσεων ανά μεταβλητή σε κάθε στάδιο του πειράματος;

Στη συνέχεια, εάν υπάρχουν διαφορές στις μέσες τιμές των μετρήσεων, εντοπίζονται και εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Ανάμεσα σε ποια χρονικά στάδια εντοπίζονται διαφορές στους μέσους
- Εάν υπάρχουν αυξητικές ή πτωτικές τάσεις στις μέσες τιμές των μετρήσεων ανάμεσα στα στάδια του πειράματος.

Υποθέσεις

Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας «Ανάλυση Διακύμανσης» για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Repeated Measures ANOVA) θα πρέπει να ισχύουν οι υποθέσεις της απλής Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA), αλλά σε πολυμεταβλητό επίπεδο. Οι υποθέσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Πολυμεταβλητή Κανονικότητα
2. Ομοσκεδαστικότητα των συνδιακυμάνσεων
3. Ανεξαρτησία

Η αναλυτική επεξήγηση των τριών υποθέσεων και η σημασία τους στην ανάλυση ξεφεύγει από τον σκοπό της συγκεκριμένης μελέτης. Εκείνο που είναι σημαντικό, σε κάθε στατιστική ανάλυση, είναι η διενέργεια των απαραίτητων ελέγχων για να εξακριβωθεί εάν ισχύουν οι συγκεκριμένες υποθέσεις και να αντιμετωπιστούν ορθά οι περιπτώσεις στις οποίες τα δεδομένα δεν τις ικανοποιούν.

Στην περίπτωση μας, οι παρατηρήσεις σε κάθε στάδιο μέτρησης είναι ανεξάρτητες. Σε ό,τι αφορά στην υπόθεση της κανονικότητας, χρησιμοποιήθηκε ο μη – παραμετρικός έλεγχος Kolomogorov-Smirnov. Στην περίπτωση που τα Standard Residuals (τυποποιημένα κατάλοιπα ή, διαφορετικά, οι εκτιμήτριες των τυποποιημένων σφαλμάτων του μοντέλου που χρησιμοποιείται) δεν είναι κανονικά, χρησιμοποιούμε μη παραμετρικό έλεγχο για τη σύγκριση των μετρήσεων.

Μη παραμετρικός έλεγχος εφαρμόστηκε μόνο στην περίπτωση των μετρήσεων της κλίσης της λεκάνης. Σε ό,τι αφορά στην ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις εξετάζεται και μία ακόμη υπόθεση, γνωστή ως sphericity assumption, η οποία αφορά στην υπόθεση ίσων διακυμάνσεων για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκαν έλεγχοι της πολυμεταβλητής ανάλυσης διακύμανσης, η οποία δεν επηρεάζεται από την μη ικανοποίηση της sphericity assumption.

Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

1. Αφού εφαρμοστεί το μοντέλο, γίνεται έλεγχος της κανονικότητας των καταλοίπων με τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov. Εάν p-value >0,05 τότε ισχύει η κανονικότητα.
2. Στον Πίνακα «Πολυμεταβλητός Έλεγχος» το τεστ Wilks' Lambda δείχνει εάν υπάρχει κάποια διαφορά ανάμεσα στα διάφορα επίπεδα. Εάν p-value <0,05 υπάρχει διαφορά. Επίσης, εάν η τιμή του ελέγχου Wilks' Lambda βρίσκεται κοντά στο 0, σημαίνει ότι υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα διάφορα επίπεδα μετρήσεων, ενώ τιμές κοντά στο 1 υποδηλώνουν τη μη ύπαρξη διαφορών.
3. Ο πίνακας «Εκτιμήσεις» δείχνει τις εκτιμήσεις των μέσων τιμών των μετρήσεων όπως αυτές προέκυψαν μέσα από την εφαρμογή της συγκεκριμένης ανάλυσης. Ουσιαστικά οι εκτιμώμενες τιμές των μέσων αντιπροσωπεύουν τους μέσους των μετρήσεων που θα είχε ο πληθυσμός μας και όχι απλά το δείγμα από το οποίο προέκυψαν οι παρατηρούμενες μετρήσεις. Επίσης, τα διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων παρουσιάζουν τα όρια μέσα στα οποία θα ευρίσκετο η μέση τιμή κάθε σταδίου μέτρησης εάν το πείραμα επαναλαμβανόταν 100 φορές, με πιθανότητα σφάλματος 5%.
4. Στον πίνακα «Συγκρίσεις» γίνονται όλες οι συγκρίσεις ανάμεσα σε όλα τα επίπεδα και οι στατιστικά σημαντικές διαφορές υπάρχουν όπου p-value <0,05. Μάλιστα για τις συγκρίσεις χρησιμοποιείται ο έλεγχος Bonferroni, για την διόρθωση του P-value.

Στο μη παραμετρικό έλεγχο χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος Friedman και Kendall, αφού πρώτα εφαρμόστηκε Ανάλυση Διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και τα κατάλοιπα του μοντέλου δεν ήταν κανονικά. Οι πίνακες των Ranks υποδηλώνουν μικρές τιμές σε κάθε επίπεδο εάν το rank είναι μικρό και μεγάλες τιμές για μεγάλο rank. Σε ό,τι αφορά στην τιμή της στατιστικής συνάρτησης του Kendall τιμές κοντά στο 1 αποτελούν ένδειξη ότι δεν υπάρχουν διαφορές, ενώ τιμές κοντά στο 0 υποδηλώνουν την ύπαρξη διαφορών.

Επιπρόσθετα, εάν το p-value <0,05, τότε σημαίνει ότι τουλάχιστον ένα από τα στάδια των μετρήσεων διαφέρει σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Στις μετρήσεις του οβελιαίου επιπέδου δεν χρειάστηκε μη παραμετρικός έλεγχος αφού τα δεδομένα ήταν κανονικά. Μόνο για τις δύο μεταβλητές υποκύφωση προορ και υποκύφωση postor εφαρμόστηκε paired t-test, όπου φαίνεται και στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο επίπεδα.

Τέλος χρησιμοποιήθηκε το Independent Samples T-Test για να διαπιστωθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη διόρθωση της γωνίας Cobb μεταξύ των ιδιοπαθών και νευρομυϊκών σκολιώσεων.

7.3 Αποτελέσματα

Από τον Οκτώβριο 1993 μέχρι τον Μάρτιο 2005, η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε σε 52 ασθενείς εκ των οποίων 24 αγόρια και 28 κορίτσια. Ο φάκελος ενός ασθενούς δεν βρέθηκε στο αρχείο και ο ασθενής αυτός αποκλείστηκε από την έρευνα, η οποία έχει αναδρομικό (retrospective) χαρακτήρα. Ένας άλλος ασθενής, που παρουσίαζε σκολίωση επί εδάφους μυοπάθειας άγνωστης αιτιολογίας, απεβίωσε διεγχειρητικά και, επομένως, δεν υπάρχουν στο φάκελο στοιχεία που αφορούν στην μετεγχειρητική πορεία. Όμως στοιχεία του συγκεκριμένου ασθενούς περιλαμβάνονται στις προεγχειρητικές μετρήσεις του υλικού.

Έτσι από ένα σύνολο 51 ασθενών, έχουμε 15 ασθενείς με ιδιοπαθή σκολίωση, 33 με νευρομυϊκή, 2 με νευροϊνωμάτωση και μια ασθενή με συγγενή σκολίωση. Ο μέσος όρος ηλικίας των ασθενών ήταν 14,8 έτη (όρια 7-18,5 έτη). Ο μέσος όρος του σημείου Risser κατά την προεγχειρητική περίοδο ήταν 3-4, χωρίς να αποκλείονται ασθενείς με σημείο Risser 0 ή 5. Από τις 15 ιδιοπαθείς σκολιώσεις, οι 7 ήταν King II και οι 8 King III.

Η αιτιολογία των 33 νευρομυϊκών σκολιώσεων περιλαμβάνεται στον παρακάτω πίνακα:

Νευροπαθητικές	21	Μυοπαθητικές	5	Άλλες	7
Εγκ Παράλυση	13	Duchenne	2	Rett	1
Νωτιαία Μυϊκή Ατροφία	5	Αρθρογρύπωση	1	Weaver	1
Περιφερική νευροπάθεια	2	Συγγενής μυοπάθεια	1	Χρωμοσωμική ανωμαλία	2
Μυελομηνιγγοκήλη	1	Άγνωστη μυϊκή δυστροφία	1	Μικροκεφαλία	1
				Άγνωστη ΨΚΚ	1
				Άλλη	1

Πίνακας 1 Αιτιολογία νευρομυϊκών σκολιώσεων

Σπονδυλοδέθηκαν κατά μέσο όρο 12,9 σπονδυλικές μονάδες με όρια από 7 έως 16. Το σύνολο των υποπεταλιών συρμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 310, με μέσο όρο 6 σύρματα ανά ασθενή. Η μέθοδος του προβόλου (cantilever) χρησιμοποιήθηκε σε 18 ασθενείς ενώ σε 7 ασθενείς με πολύ δύσκαμπτες σκολιώσεις, της οπίσθιας σπονδυλοδεσίας προηγήθηκε πρόσθια προσπέλαση, όπου έγινε αφαίρεση των δίσκων των μεσοσπονδύλιων διαστημάτων της δύσκαμπτης γύρω από τον κορυφαίο περιοχής. Εδώ, κατά μέσο όρο αφαιρέθηκαν 5 δίσκοι. Σε 15 ασθενείς στη σπονδυλοδεσία συμπεριελήφθησαν τα λαγόνια σύμφωνα με τη μέθοδο Galveston.

Σε όλες τις σπονδυλοδεσίες χρησιμοποιήθηκε υλικό ISOLA (Acromed, USA) με εμφυτεύματα από ανοξείδωτο χάλυβα, εκτός από τις δύο τελευταίες όπου χρησιμοποιήθηκε το Spinal Fusion System (Blackstone, England) με εμφυτεύματα από Τιτάνιο. Όλες οι σπονδυλοδεσίες έγιναν με χρήση ράβδων και από τις δυο πλευρές του κυρτώματος, οι οποίες στηρίχθηκαν σε κοχλίες και άγκιστρα.

Τα μοσχεύματα που χρησιμοποιήθηκαν σε όλους τους ασθενείς είναι συνδυασμός αυτομοσχευμάτων και αλλομοσχευμάτων.

Τα αλλομοσχεύματα αποτελούνται από κύβους Lubbo (LUBBOC Ost Development, France) βοείου προελεύσεως και τρίμματα πορώδους υδροξυαπατίτη (PRO-OSTEON IMPLANT 500 Interpore, USA).

Οι μετρήσεις που εξετάζονται και συγκρίνονται είναι μετρήσεις που έγιναν προεγχειρητικά, άμεσα μετεγχειρητικά (2 εβδομάδες), ένα χρόνο μετά το χειρουργείο και κατά το τελευταίο follow-up.

Από τους 51 ασθενείς που παρακολούθηθηκαν μετεγχειρητικά οι 45 είχαν ένα minimum follow-up ενός έτους, 3 ασθενείς χάθηκαν στο follow-up πέραν του έτους ενώ το follow-up 36 ασθενών ήταν μεταξύ 2 και 9 έτη με μέσο όρο τα 4 έτη.

7.3.1 Μετρήσεις μετωπιαίου επιπέδου.

Οι μετρήσεις του μετωπιαίου επιπέδου περιλαμβάνουν τη μέτρηση της γωνίας Cobb, τη στροφή του κορυφαίου, τη μετατόπιση του κορυφαίου, τη μετατόπιση του κορμού (Out of Balance) και την κλίση της λεκάνης. Στον πίνακα 1 αναγράφονται στοιχεία που αφορούν στις περιγραφικές στατιστικές μετρήσεις του μετωπιαίου επιπέδου. Αναφέρονται τα ελάχιστα και μέγιστα όρια των μετρήσεων για κάθε μεταβλητή, ο μέσος όρος και η σταθερή απόκλιση.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Cobb προ-εγχ	74	15	120	67,24	24,201
bending	71	0	86	31,38	18,765
Cobb μετ-εγχ	72	6	50	24,42	11,550
Cobb 1 χρ	58	0	58	29,24	12,633
Cobb f.u.	43	0	55	28,42	13,066
μετατ. κορμού προ-εγχ	52	0	153	31,92	32,316
μετατ. κορμού μετ-εγχ	50	0	72	17,34	16,764
μετατ. κορμού 1χρ	41	0	55	16,05	12,830
μετατ. κορμού f.u.	29	0	80	23,24	21,487
μετατ. κορυφ. προ-εγχ	72	0	145	57,90	35,605
μετατ. κορυφ. μετ-εγχ	69	0	80	27,61	18,669
μετατ. κορυφ. 1χρ	56	0	110	30,27	20,653
μετατ. κορυφ. f.u.	41	0	110	29,56	23,803
Κλ. λεκάν. προ-εγχ	50	0	55	10,16	14,177
Κλ. λεκάν. μετ-εγχ	50	0	15	2,96	4,435
Κλ. λεκάν. 1χρ	40	0	15	3,18	4,782
Κλ. λεκάν. f.u.	31	0	21	3,10	4,867
Valid N (listwise)	25				

Πίνακας 2: Περιγραφικές στατιστικές μετρήσεις του μετωπιαίου επιπέδου

Ακολουθεί αναλυτική στατιστική ανάλυση για κάθε μέτρηση:

Γωνία Cobb (Διάγραμμα 1)

Η προεγχειρητική γωνία Cobb για όλους τους ασθενείς ήταν κατά μέσο όρο $67,24 \pm 24,20$. Χρησιμοποιήθηκε ο κανόνας του Mielke et al [129] για την ποσοστιαία μέτρηση της διόρθωσης: ποσοστιαία διόρθωση = [αρχική καμπύλη μείον τελική καμπύλη] / [αρχική καμπύλη] επί 100. Έτσι, η ευκαμψία των κυρτωμάτων ήταν 53,33% με Μ.Ο. της γωνίας Cobb κατά τις bending ακτινογραφίες $31,38 \pm 18,76$. Η μετεγχειρητική διόρθωση ήταν 63,68% με Μ.Ο. της γωνίας Cobb $24,42 \pm 11,55$.

Μελετώντας τους παρακάτω πίνακες που αποτελούν τμήμα της ανάλυσης ANOVA για τη γωνία Cobb, η στατιστική σύγκριση των προεγχειρητικών τιμών της γωνίας, με τις μετεγχειρητικές και τις bending τιμές είναι στατιστικώς πολύ σημαντικές ($p = 0,001$).

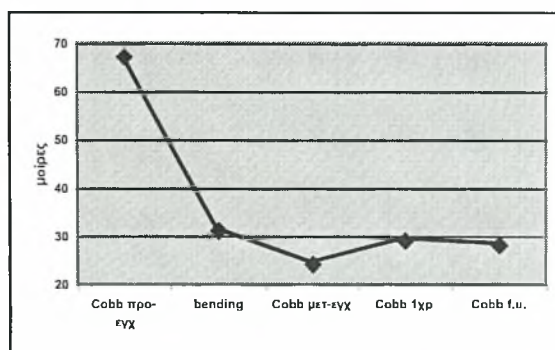
Το ίδιο συμβαίνει και με τις τιμές Cobb στον ένα χρόνο και στο τελικό follow-up.

Αντίθετα, μελετώντας τους στατιστικούς πίνακες παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των μετεγχειρητικών τιμών Cobb και των τιμών στον ένα χρόνο και στο τελικό follow-up. Η διαπίστωση αυτή φαίνεται παραστατικά στο παρακείμενο διάγραμμα, και δηλώνει την πολύ μικρή απώλεια διόρθωσης.

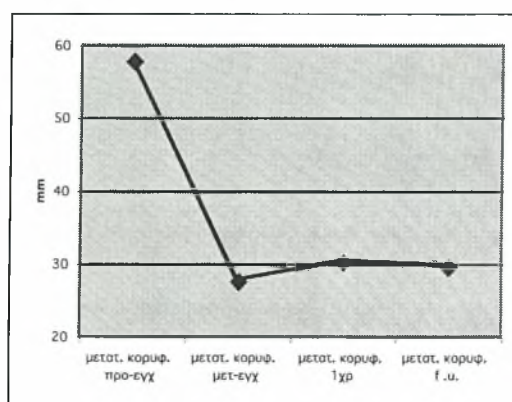
Ο μέσος όρος της στροφής του κορυφαίου των κυρτωμάτων ήταν 32,78 με όρια από 10 έως 60.

Μετατόπιση κορυφαίου (Διάγραμμα 2)

Η μετατόπιση του κορυφαίου σπονδύλου του σκολιωτικού κυρτώματος είναι η κάθετος απόσταση του κέντρου του, από την κεντρική ιερά γραμμή. Η μέση τιμή της μετατόπισης προεγχειρητικά ήταν $57,90\text{mm} \pm 35,60\text{mm}$ (0-145mm). Η μετεγχειρητική τιμή ήταν $27,61\text{mm} \pm 18,66\text{mm}$ που αντιστοιχεί σε διόρθωση 52,31%.



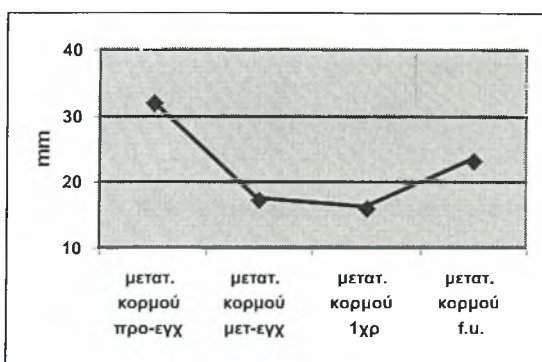
Διάγραμμα 1: Μεταβολή των μέσων τιμών της γωνίας Cobb



Διάγραμμα 2: Μεταβολή των μέσων τιμών της μετατόπισης κορυφαίου

Οι αντίστοιχες τιμές στον ένα χρόνο και στο τελικό follow-up ήταν 30,27mm και 29.56mm αντίστοιχα.

Ο στατιστικός έλεγχος έδειξε πολύ σημαντική στατιστική διαφορά ($p = 0,001$) μεταξύ της προεγχειρητικής τιμής της μετατόπισης του κορυφαίου και των υπολοίπων τιμών. Τα δε διαγράμματα δείχνουν ότι είχαμε ίδιες μεταβολές όπως και η γωνία Cobb

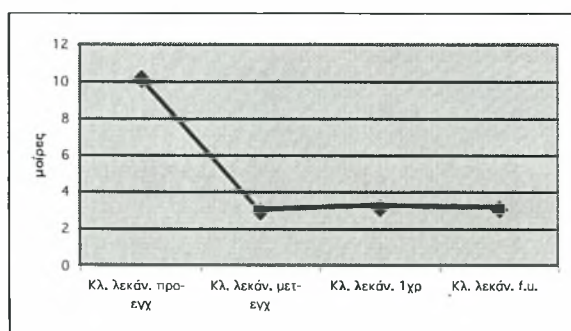


Διάγραμμα 3: Μεταβολή των μέσων τιμών της μετατόπισης του κορμού

Μετατόπιση κορμού (Διάγραμμα 3)

Η μετατόπιση του κορμού προεγχειρητικά ήταν κατά μέσο όρο 31,92mm (0-153mm), ενώ μετεγχειρητικά διορθώθηκε στα 17,34mm. Παρατηρούμε από τις μετρήσεις μας ότι η μετεγχειρητική τιμή παρέμεινε σχεδόν ίδια στο follow-up του ενός έτους (16,05mm), έχουμε όμως μια απώλεια διόρθωσης της τάξης του

30% στο τελικό follow-up (23,24mm). Η παρατήρηση αυτή αποδεικνύεται και από τον στατιστικό έλεγχο. Μελετώντας τους στατιστικούς πίνακες βλέπουμε ότι η προεγχειρητική τιμή της μετατόπισης του κορμού είναι στατιστικώς σημαντική ($p < 0.05$) σε σχέση με τη μετεγχειρητική και αυτή του ενός χρόνου, όχι όμως και με αυτή του τελικού follow-up.



Διάγραμμα 4: Μεταβολή των μέσων τιμών της κλίσης της λεκάνης

Κλίση λεκάνης (Διάγραμμα 4)

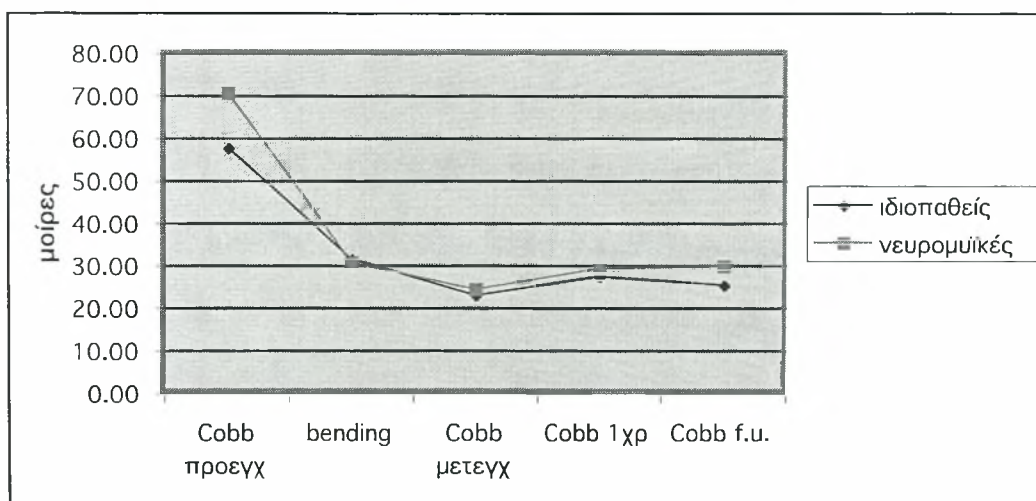
Τέλος μετρήθηκε και η κλίση της λεκάνης στους τέσσερις προσχεδιασμένους χρόνους. Η αρχική προεγχειρητική κλίση λεκάνης ήταν κατά μέσο όρο 10,16 (0-55) και διορθώθηκε μετεγχειρητικά στις 2,96. Και εδώ παρατηρούμε μια στατιστικώς πολύ σημαντική διαφορά ($p < 0,001$).

Η ίδια στατιστική διαφορά παραμένει και για τις τιμές της κλίσης της λεκάνης στον ένα χρόνο και στο τελικό follow-up, όπου οι τιμές είναι 3,18 και 3,10 αντίστοιχα

Ελεγχος διόρθωσης Ιδιοπαθών – Νευρομυϊκών σκολιώσεων

Η ομάδα των ιδιοπαθών και η ομάδα των νευρομυϊκών σκολιώσεων εξετάσθηκαν χωριστά και στη συνέχεια συγκρίθηκαν στατιστικά τα αποτελέσματα της διόρθωσης στο μετωπιαίο επίπεδο. Τα ποσοστά διόρθωσης της γωνίας Cobb για τις ιδιοπαθείς σκολιώσεις ήταν 60,24% μετεγχειρητικά, 52,72% τον πρώτο χρόνο και 54,30% στο τελευταίο follow-up. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τις νευρομυϊκές σκολιώσεις ήταν 65,46%, 58,55% και 57,86%.

Ο στατιστικός έλεγχος, χρησιμοποιώντας το Independent Samples T-test, έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0,05$) της διόρθωσης μεταξύ των δύο ομάδων.



Λιάγραμμα 5

Μεταβολή των μέσων τιμών της γωνίας Cobb για τις ιδιοπαθείς και νευρομυϊκές σκολιώσεις, εξεταζόμενες ξεχωριστά

Πολυμεταβλητός έλεγχος

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
FACTORS	Pillai's Trace	,902	78,522(a)	4,000	34,000	,000
	Wilks' Lambda	,098	78,522(a)	4,000	34,000	,000
	Hotelling's Trace	9,238	78,522(a)	4,000	34,000	,000
	Roy's Largest Root	9,238	78,522(a)	4,000	34,000	,000

Προβλέψεις

FACTORS	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1 Cobb προ-εγγ	71,079	3,882	63,214	78,944
2 bending	32,026	2,959	26,032	38,021
3 Cobb μετ-εγγ	25,921	1,953	21,963	29,879
4 Cobb Ι χρ	31,184	2,190	26,747	35,622
5 Cobb f.u.	29,711	2,087	25,481	33,940

Συγκρίσεις

(I) FACTORS	(J) FACTORS	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	39,053(*)	2,572	,000	31,376	46,729
	3	45,158(*)	2,909	,000	36,473	53,842
	4	39,895(*)	3,088	,000	30,676	49,113
	5	41,368(*)	3,279	,000	31,580	51,157
2	1	-39,053(*)	2,572	,000	-46,729	-31,376
	3	6,105	2,338	,129	-,873	13,084
	4	,842	2,241	1,000	-5,849	7,533
3	1	-45,158(*)	2,909	,000	-53,842	-36,473
	2	-6,105	2,338	,129	-13,084	,873
	4	-5,263(*)	1,206	,001	-8,862	-1,664
4	1	-39,895(*)	3,088	,000	-49,113	-30,676
	2	-,842	2,241	1,000	-7,533	5,849
	3	5,263(*)	1,206	,001	1,664	8,862
	5	1,474	1,411	1,000	-2,737	5,685
5	1	-41,368(*)	3,279	,000	-51,157	-31,580
	2	-2,316	2,454	1,000	-9,642	5,010
	3	3,789	1,379	,092	-,326	7,905
	4	-1,474	1,411	1,000	-5,685	2,737

Πίνακας 3: Στατιστικός έλεγχος της γωνίας Cobb

Πολυμεταβλητός έλεγχος

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
FACTORS	Pillai's Trace	,558	14,335(a)	3,000	34,000	,000
	Wilks' Lambda	,442	14,335(a)	3,000	34,000	,000
	Hotelling's Trace	1,265	14,335(a)	3,000	34,000	,000
	Roy's Largest Root	1,265	14,335(a)	3,000	34,000	,000

Προβλέψεις

FACTORS	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1 μετατ. κορυφ. προ-εγχ	56,108	5,800	44,344	67,872
2 μετατ. κορυφ. μετ-εγχ	29,216	3,325	22,472	35,961
3 μετατ. κορυφ. 1 χρ	29,622	3,510	22,503	36,740
4 μετατ. κορυφ f.u.	30,595	4,060	22,360	38,830

Συγκρίσεις

(I) FACTORS	(J) FACTORS	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	26,892(*)	4,104	,000	15,432	38,351
	3	26,486(*)	4,131	,000	14,952	38,021
	4	25,514(*)	5,002	,000	11,548	39,480
2	1	-26,892(*)	4,104	,000	-38,351	-15,432
	3	-,405	2,108	1,000	-6,291	5,480
	4	-1,378	3,316	1,000	-10,636	7,879
3	1	-26,486(*)	4,131	,000	-38,021	-14,952
	2	,405	2,108	1,000	-5,480	6,291
	4	-,973	2,693	1,000	-8,491	6,545
4	1	-25,514(*)	5,002	,000	-39,480	-11,548
	2	1,378	3,316	1,000	-7,879	10,636
	3	,973	2,693	1,000	-6,545	8,491

Πίνακας 4: Στατιστικός έλεγχος της μετατόπισης του κορυφαίου

Πολυμεταβλητός έλεγχος

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
FACTORS	Pillai's Trace	,424	6,146 (a)	3,000	25,000	,003
	Wilks' Lambda	,576	6,146 (a)	3,000	25,000	,003
	Hotelling's Trace	,738	6,146 (a)	3,000	25,000	,003
	Roy's Largest Root	,738	6,146 (a)	3,000	25,000	,003

Προβλέψεις

FACTORS	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1 μετατ. κορμού προ-εγχ	29,464	5,034	19,135	39,794
2 μετατ. κορμού μετ-εγχ	13,607	2,844	7,772	19,442
3 μετατ. κορμού 1 χρ	16,714	2,573	11,435	21,994
4 μετατ. κορμού f.u.	23,536	4,124	15,074	31,997

Συγκρίσεις

(I) FACTORS	(J) FACTORS	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	15,857(*)	4,715	,014	2,434	29,281
	3	12,750	4,621	,062	-,405	25,905
	4	5,929	5,608	1,000	-10,037	21,895
2	1	-15,857(*)	4,715	,014	-29,281	-2,434
	3	-3,107	3,268	1,000	-12,411	6,197
3	1	-12,750	4,621	,062	-25,905	,405
	2	3,107	3,268	1,000	-6,197	12,411
4	1	-5,929	5,608	1,000	-21,895	10,037
	2	9,929	3,684	,072	-,558	20,415
	3	6,821	3,373	,319	-2,781	16,423

Πίνακας 5: Στατιστικός έλεγχος της μετατόπισης κορμού

Πολυμεταβλητός έλεγχος

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
FACTORS	Pillai's Trace	,282	3,539(a)	3,000	27,000	,028
	Wilks' Lambda	,718	3,539(a)	3,000	27,000	,028
	Hotelling's Trace	,393	3,539(a)	3,000	27,000	,028
	Roy's Largest Root	,393	3,539(a)	3,000	27,000	,028

Προβλέψεις

FACTORS	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1 Κλ. λεκάν. προ-εγχ	9,433	2,718	3,874	14,992
2 Κλ. λεκάν. μετ-εγχ	2,267	,691	,853	3,681
3 Κλ. λεκάν. 1 χρ	3,067	,887	1,253	4,880
4 Κλ. λεκάν. f.u.	2,800	,850	1,061	4,539

Συγκρίσεις

(I) FACTORS	(J) FACTORS	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	7,167(*)	2,200	,017	,936	13,397
	3	6,367(*)	2,078	,028	,484	12,249
	4	6,633(*)	2,279	,041	,180	13,087
2	1	-7,167(*)	2,200	,017	-13,397	-,936
	3	-,800	,385	,279	-1,889	,289
3	1	-6,367(*)	2,078	,028	-12,249	-,484
	2	,800	,385	,279	-,289	1,889
4	1	-6,633(*)	2,279	,041	-13,087	-,180
	2	,533	,712	1,000	-1,484	2,550
	3	-,267	,659	1,000	-2,133	1,599

Πίνακας 6: Στατιστικός έλεγχος της κλίσης λεκάνης

Friedman Test Ranks

	Mean Rank
penite προ-εγχ	3,00
penite μετ-εγχ	2,20
penite 1 χρ	2,47
penite f.u.	2,33

Test Statistics(a)

N	30
Chi-Square	16,600
df	3
Asymp. Sig.	,001

Kendall's W Test Ranks

	Mean Rank
penite προ-εγχ	3,00
penite μετ-εγχ	2,20
penite 1 χρ	2,47
penite f.u.	2,33

Test Statistics(a)

N	30
Kendall's W(a)	,184
Chi-Square	16,600
df	3
Asymp. Sig.	,001

7.3.2 Μετρήσεις οβελιαίου επιπέδου

Οι μετρήσεις του οβελιαίου επιπέδου έγιναν με βάση το ορθογωνικό σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιεί ο M. Asher [130] εμπνευστής του συστήματος ISOLA.

Σε αυτές τις μετρήσεις χρησιμοποιείται το πρόσημο + ή -. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το ορθογωνικό σύστημα συντεταγμένων, κάθε γωνία ή απόσταση που βρίσκεται πίσω από τον άξονα των «Z» παίρνει αρνητική τιμή και κάθε γωνία ή απόσταση που βρίσκεται μπροστά από τον άξονα των «Z» παίρνει θετική τιμή. Έτσι η τιμή της κύφωσης και της μετατόπισης του κορυφαίου της λόρδωσης έχουν φυσιολογικά θετική τιμή, ενώ η μετατόπιση του κορυφαίου της κύφωσης και η λόρδωση έχουν φυσιολογικά αρνητική τιμή.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Κύφωση προ-εγχ	47	-17	74	27,83	20,233
Κύφωση μετ-εγχ	48	-5	45	23,96	10,264
Κύφωση 1 χρ	40	5	60	28,18	12,872
Κύφωση f.u.	28	0	53	27,71	14,522
Μετατ. κορυφ. κυφ. προ-εγχ	44	-103	72	-17,05	36,762
Μετατ. κορυφ. κυφ. μετ-εγχ	46	-100	53	-7,24	28,616
Μετατ. κορυφ. κυφ. 1 χρ	39	-65	57	-18,44	25,301
Μετατ. κορυφ. κυφ. f.u.	27	-65	60	-13,67	30,208
Λόρδωση προ-εγχ	45	-140	5	-44,89	22,526
Λόρδωση μετ-εγχ	48	-63	-5	-40,10	13,036
Λόρδωση 1 χρ	39	-70	40	-38,05	21,554
Λόρδωση f.u.	28	-62	0	-40,57	15,305
Μετατ. κορυφ. λορδ. προ-εγχ	43	-72	85	16,42	25,984
Μετατ. κορυφ. λορδ. μετ-εγχ	46	-35	49	20,54	15,556
Μετατ. κορυφ. λορδ. 1 χρ	39	-30	42	16,10	17,224
Μετατ. κορυφ. λορδ. f.u.	34	-5	50	21,88	12,665
Υποκύφωση προ-εγχ	15	-17	19	7,41	9,401
Υποκύφωση μετ-εγχ	7	6	28	15,07	7,988
Valid N (listwise)	5				

Πίνακας 7: Περιγραφικές στατιστικές μετρήσεις του οβελιαίου επιπέδου

Στο σύνολο των ασθενών η τιμή της γωνίας της κύφωσης, που μετρήθηκε με την μέθοδο Cobb, ήταν $27,83 \pm 20,23$ (-17 - 74), ενώ μετεγχειρητικά $23,96 \pm 10,62$ (-5, - 45). Δεκαπέντε ασθενείς παρουσίαζαν υποκύφωση (<20), μεταξύ δε αυτών υπήρξαν δύο που είχαν αναστροφή της κύφωσης σε λόρδωση με τιμές -10 και -17 αντίστοιχα. Ο μέσος όρος της τιμής της κύφωσης των 15 αυτών ασθενών ήταν 5,33 προεγχειρητικά και 19,86 μετεγχειρητικά, ενώ οι δε δυο ασθενείς με τη θωρακική λόρδωση βελτιώθηκαν έχοντας μετεγχειρητικά 20 και 13 κύφωση. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικές διαφορές της γωνίας κύφωσης στις μετρήσεις του ενός χρόνου και κατά το τελικό follow-up.

Η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων της κύφωσης συνολικά, δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μετρήσεων προεγχειρητικά μετεγχειρητικά, του ενός χρόνου μετά και του τελικού follow-up ($p > 0,05$). Αντίθετα η στατιστική μελέτη της υπο-ομάδας των ατόμων με προεγχειρητική υποκύφωση παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των προεγχειρητικών και μετεγχειρητικών τιμών ($p < 0,05$). Αυτή η τελευταία σύγκριση έγινε με το paired T-test.

Η μέτρηση της μετατόπισης του κορυφαίου της κυφωτικής καμπύλης έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα: η μέση τιμή των προεγχειρητικών τιμών ήταν -17,05mm (-103 -, 72mm), η μετεγχειρητική -7,24mm (-100 -, 53mm), η μέτρηση στον ένα χρόνο -18,44mm (-65 -, 60mm), και η τελική -13,67mm (-65 -, 60mm). Και εδώ δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών.

Η μελέτη των στατιστικών πινάκων μάς δείχνει ότι σε όλες τις μετρήσεις μας που αφορούν στο οβελιαίο επίπεδο δεν υπάρχουν στατιστικές διαφορές ($p > 0,05$) μεταξύ των μετρήσεων. Έτσι, οι τιμές της λόρδωσης ήταν -44,89, -40,10, -38,05 και -40,57 για τις τιμές προεγχειρητικά, μετεγχειρητικά, ενός χρόνου και τελικού f.u., αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες τιμές της μετατόπισης του κορυφαίου της λόρδωσης είναι 16,42mm, 20,54mm, 16,10mm και 21,88mm, αντίστοιχα.

Παρά το γεγονός ότι οι οβελιαίες μετρήσεις δεν έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά, η μελέτη των στατιστικών πινάκων δείχνει ότι οι τιμές, ιδίως οι μετεγχειρητικές ευρίσκονται μέσα στα φυσιολογικά για την ανατομία όρια. Αυτό σημαίνει ότι, κατά μέσο όρο διαμορφώθηκε και διατηρήθηκε μια φυσιολογική οβελιαία ισορροπία (sagittal balance).

7.4 Επιπλοκές

Σε κανέναν ασθενή δεν παρουσιάστηκε νευρολογικό πρόβλημα τύπου πάρεσης ή παράλυσης, μετά τη χειρουργική διόρθωση. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους: πρώτον, στο γεγονός ότι στους περισσότερους ασθενείς χρησιμοποιήθηκαν τα προκλητά δυναμικά, άρα η εμφάνιση ερεθισμού των νευρικών στοιχείων γινόταν αντιληπτή διεγχειρητικά και λαμβάνονταν τα κατάλληλα μέτρα (χαλάρωση της διόρθωσης) και, δεύτερον, στο γεγονός ότι αυτή η ίδια η μέθοδος επιτρέπει τη σταδιακή και όχι απότομη και βίαιη διόρθωση της παραμόρφωσης. Σε μερικούς ασθενείς παρατηρήσαμε την επομένη του χειρουργείου ριζίτιδες στα κάτω άκρα, που όμως υποχώρησαν τις επόμενες μέρες της νοσηλείας χωρίς ιδιαίτερη θεραπεία.

Σημειώθηκαν 8 λοιμώξεις στην περιοχή του χειρουργικού τραύματος, εκ των οποίων οι 2 ήταν επιπολής και οι 6 εν τω βάθει. Από τις τελευταίες, οι 5 ήταν όψιμες (late infection) και η μία πρόιμη (early infection). Οι τέσσερις εν τω βάθει λοιμώξεις παρουσιάστηκαν σε νευρομυϊκές σκολιώσεις, η μία σε ιδιοπαθή και η τελευταία σε ασθενή με νευροϊνωμάτωση. Τα μικρόβια που απομονώθηκαν ήταν *Proteus* μια φορά, *Enterobacter* 2 φορές, *Pseudomonas* 2 φορές, *Staph* (co-) 2 φορές, ενώ στην ασθενή με τη νευροϊνωμάτωση δεν έγινε δυνατό να ταυτοποιηθεί μικρόβιο. Όλες οι λοιμώξεις αντιμετωπίστηκαν με ευρύ χειρουργικό καθαρισμό και αντιβιοθεραπεία που βασίστηκε στο αντιβιογράμμα. Το υλικό οστεοσύνθεσης αφαιρέθηκε σε τρεις ασθενείς. Οι δύο παρουσίασαν σηπτική ψευδάρθρωση και στον μεν πρώτο αφαιρέθηκαν τα υλικά διότι κρίθηκε ότι μόνο έτσι θα υποχωρούσε η λοίμωξη, στον δε δεύτερο έγινε αναθεώρηση (revision) της σπονδυλοδεσίας. Στον τρίτο ασθενή έγινε αφαίρεση των υλικών διότι είχε επιτευχθεί ήδη η σπονδυλοδεσία.

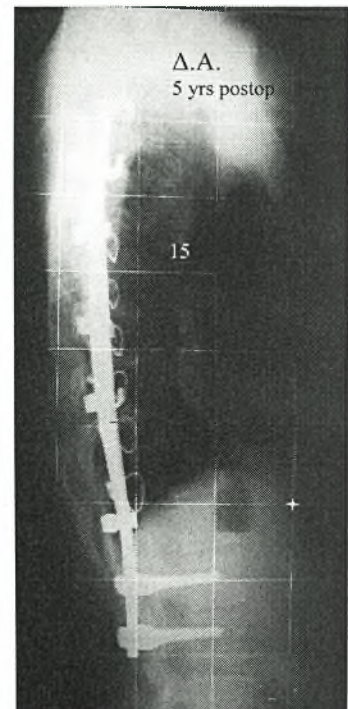
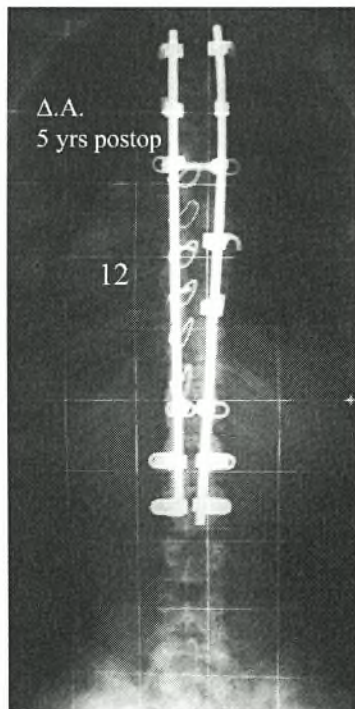
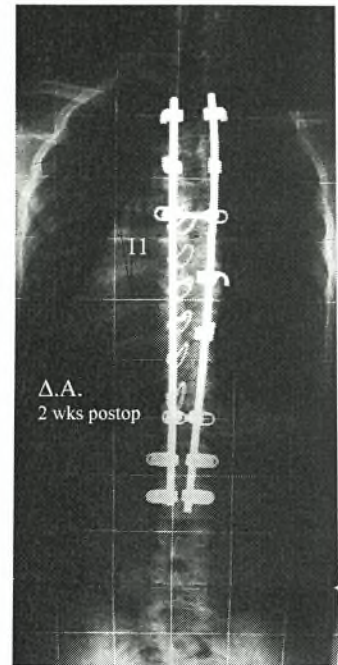
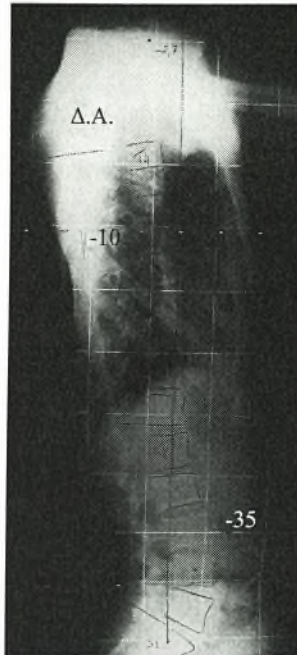
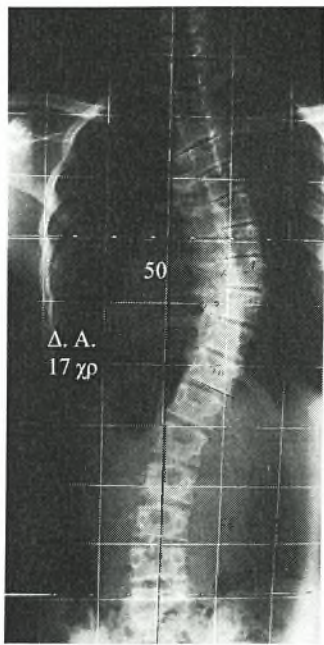
Σε δύο ασθενείς παρουσιάστηκε επιπλοκή σχετιζόμενη με τα υλικά. Παρουσίασαν εξάρθρημα των αγκίστρων στο άνω-κεντρικό τμήμα της σπονδυλοδεσίας, με αποτέλεσμα την επιδείνωση του διορθωμένου κυρτώματος. Αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς με επέκταση της σπονδυλοδεσίας σε δύο επίπεδα κεντρικότερα. Σε έναν τρίτο ασθενή έγινε επέκταση της σπονδυλοδεσίας δυο επίπεδα περιφερικότερα, λόγω κακής επιλογής του κάτω ακραίου.

Τέλος μια ασθενής 14 ετών που χειρουργήθηκε για ιδιοπαθή σκολίωση, χωρίς άλλα μετεγχειρητικά προβλήματα, τη δέκατη ημέρα της νοσηλείας της παρουσίασε θρόμβωση της έξω λαγονίου φλέβας αρ. Με την κατάλληλη αντιθρομβωτική αγωγή, 18 μήνες μετά το χειρουργείο της, η γενική της κατάσταση είναι άριστη.

7.5 Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της σειράς δείχνουν την εμπειρία από τη δωδεκαετή χρήση της Διάταξης της Πεντέλης. Δεν πρόκειται για μια καινούργια τεχνική, αλλά για μια μέθοδο που διευκολύνει τον χειρουργό στη διόρθωση δύσκαμπτων, κυρίως, σκολιωτικών κυρτωμάτων. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε, και χρησιμοποιείται ακόμα, σε μεγάλο εύρος σπονδυλικών παραμορφώσεων και εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα των υλικών της δεύτερης και τρίτης γενεάς. Από τη μέθοδο Luque εκμεταλλεύεται τη χρήση των υποπεταλίων συρμάτων, που αν και έχουν κατηγορηθεί για νευρολογικές επιπλοκές, αποτελούν μια αξιόπιστη μέθοδο τμηματικής σπονδυλοδεσίας, ειδικά σε ασθενείς με οστεοπωρωτικά οστά, όπως πολλές φορές είναι τα οστά των ασθενών με νευρομυϊκές παθήσεις. Από τα υλικά τρίτης γενιάς εκμεταλλεύεται τη χρήση των αγκίστρων και των διαυχενικών κοχλίων καθώς και τις συνοδές εμβιομηχανικές ιδιότητες τους.

Τα υλικά τρίτης γενεάς είναι το αποτέλεσμα του προβληματισμού και της εμπειρίας των χειρουργών στη χειρουργική διόρθωση της σκολίωσης. Η παρουσία τους είναι στενά συνυφασμένη με τον αντιστροφικό χειρισμό (derotation). Όταν άρχισε να εφαρμόζεται στις αρχές της δεκαετίας του '80, εθεωρείτο ότι διόρθωνε τη σκολίωση και στα τρία επίπεδα [119]. Η εφαρμογή του έκτοτε αποκάλυψε και τα μειονεκτήματά του. Σύγχρονες αναφορές αμφισβητούν την ικανότητα του αντιστροφικού χειρισμού να διορθώσει τη σκολίωση στο εγκάρσιο επίπεδο [120, 121, 131]. Η προσπάθεια διόρθωσης της στροφής ακόμα και σήμερα αποτελεί πρόκληση για τους χειρουργούς. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές όπως αυτή του Lee [121], ο οποίος υποστηρίζει ότι, τοποθετώντας κοχλίες σε όλα τα επίπεδα και εκμεταλλευόμενος τις εμβιομηχανικές τους ιδιότητες σε σχέση με αυτές των αγκίστρων, επιτυγχάνει διόρθωση της στροφής και, συγχρόνως, κερδίζει ένα με δύο σπονδυλικές μονάδες εκτός σπονδυλοδεσίας. Ένα άλλο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η οπίσθια μετατόπιση του ύβου, εικόνα που δεν γίνεται εύκολα αποδεκτή από τους ασθενείς [120, 121, 124]. Επιπλέον, οι μεγάλες ιδιοπαθείς ή οι νευρομυϊκές σκολιώσεις είναι πολύ δύσκολο να διορθωθούν με αυτή τη μέθοδο. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους: πρώτον, η μέθοδος του derotation απαιτεί την προκύρτωση της ράβδου στη φυσιολογική οβελιαία διαμόρφωση και την εν συνεχεία εμπέδωση της στα άγκιστρα και στους κοχλίες, στο μετωπιαίο επίπεδο, κίνηση δύσκολη για μεγαλύτερες των 50 σκολιώσεις. Δεύτερον η κίνηση της στροφής 90 μπορεί να είναι καταστροφική, ειδικά για τα οστεοπωρωτικά οστά, και επικίνδυνη για τα νευρικά στοιχεία.



Εικόνα. 7-7: Ασθενής άρρεν ηλικίας 17 ετών με δεξιά ιδιοπαθή σκολίωση King III 50 και χαρακτηριστική υποκόφωση στην οβελία προεγχειρητική ακτινογραφία. Άριστη μετεγχειρητική διόρθωση και διατήρηση της 5 χρόνια μετά το χειρουργείο.

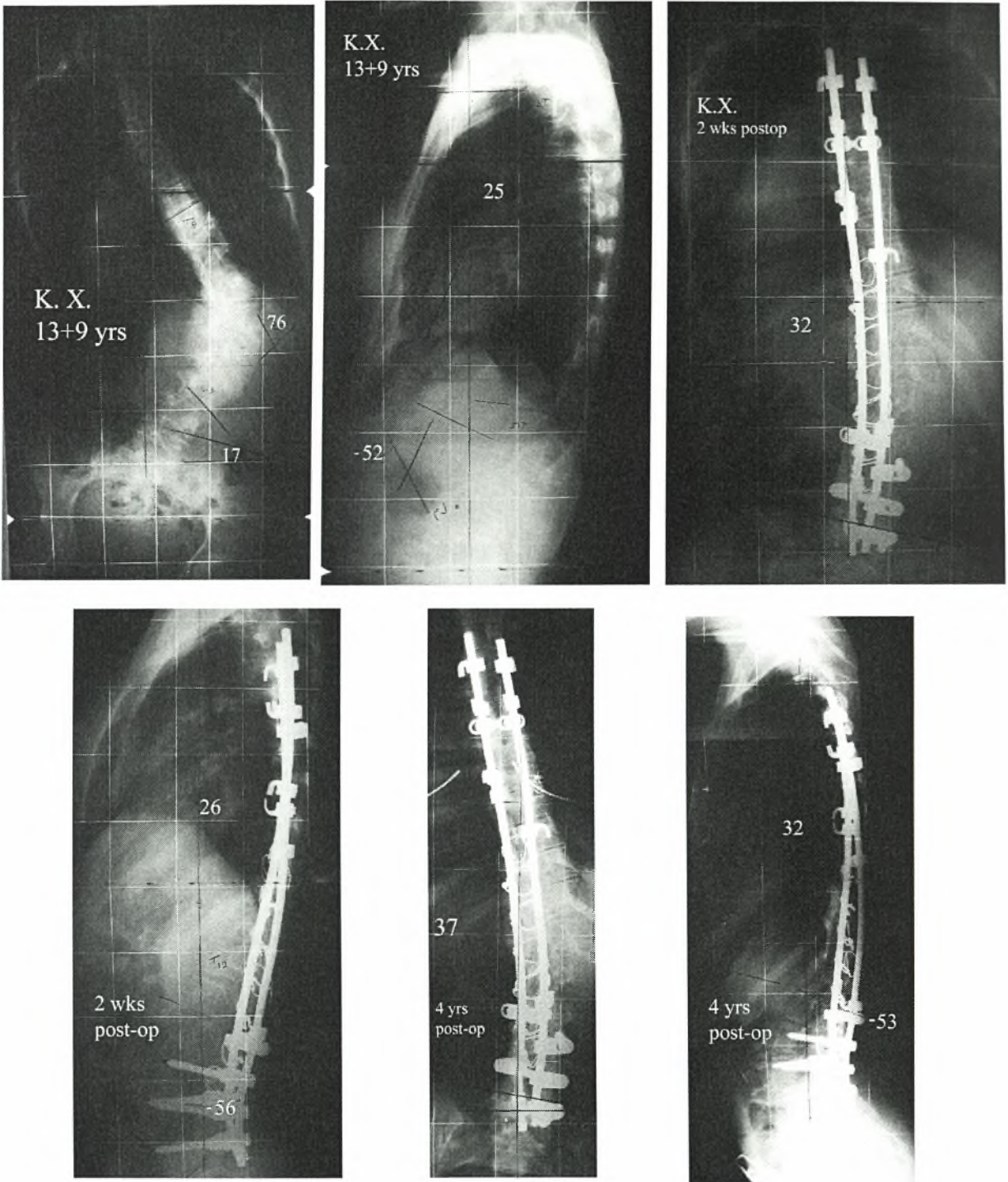
Για τους λόγους αυτούς, στην οπίσθια διόρθωση, ειδικά των δύσκαμπτων σκολιωτικών κυρτωμάτων [132], εφαρμόζονται σήμερα διάφορες τεχνικές όπως οι δυνάμεις μοχλού (cantilever forces), οι δυνάμεις μετατόπισης του κορυφαίου, ο αντιστροφικός χειρισμός, η in situ διόρθωση και κατάλληλοι διορθωτικοί χειρισμοί συμπίεσης και διάτασης.

Στη Διάταξη της Πεντέλης, η χρήση των υποπεταλίων συρμάτων εφαρμόζεται για να ασκηθούν εγκάρσιες δυνάμεις μετατόπισης από το κοίλο του σκολιωτικού κυρτώματος. Η κίνηση αυτή διορθώνει σταδιακά το κύρτωμα, εκμεταλλευόμενη τη γλοιοελαστικότητα των ιστών. Η εφαρμογή εγκαρσίων δυνάμεων, μέσω υποπεταλίων συρμάτων που μετατοπίζουν το σκολιωτικό κύρτωμα προς τη μέση γραμμή, γινόταν και από τον Cotrel με το DTT (Dispositif de Traction Transversale) για τον έλεγχο του κορυφαίου. Ο Lenke [125], χρησιμοποιώντας το CDI, μελέτησε τη σχέση στροφής του σπονδύλου σε σχέση με τη μετατόπισή του, και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο αντιστροφικός χειρισμός προκαλεί στον κορυφαίο μάλλον μετατόπιση παρά διόρθωση της στροφής. Στα ίδια συμπεράσματα είχε καταλήξει και ο K. Bridwell το 1997 [131]. Η μετατόπιση (translation), ως χειρισμός έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς χειρουργούς όπως ο M. Asher στη μέθοδο ISOLA, ο Max Aebi και ο John Webb [126] της σχολής A.O. και συνεχίζει να χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα [132, 133] ως μέθοδος διόρθωσης της σκολίωσης.

Στη μελετώμενη μέθοδο, με τη χρήση της Διάταξης Πεντέλης, η μετατόπιση γίνεται μέσω υποπεταλίων συρμάτων.

Η Διάταξη Πεντέλης αποτελείται ουσιαστικά από μία ευθεία ράβδο από ανοξείδωτο χάλυβα, στην οποία προσαρμόζονται δύο σκέλη ρυθμιζόμενης απόστασης ώστε να ανταποκρίνονται στο μήκος του σκολιωτικού κυρτώματος.

Η συσκευή τοποθετείται στην κοίλη πλευρά της καμπύλης κατά τρόπον ώστε τα δύο σκέλη να σταθεροποιηθούν σε στηρίγματα των ακραίων σπονδύλων του σκολιωτικού κυρτώματος, που είναι είτε άγκιστρα είτε βίδες. Στη ράβδο προσδένονται τα υποπετάλια σύρματα, με τη διαδοχική σύσφιξη των οποίων ασκούνται στη Σπονδυλική Στήλη εγκάρσιες δυνάμεις, που προκαλούν τη μετατόπιση του κοίλου του κυρτώματος προς τη μέση γραμμή και, άρα, διόρθωση της σκολίωσης στο μετωπιαίο επίπεδο. Επειδή δε, η διεύθυνση των συρμάτων δεν είναι ακριβώς οριζόντια, αλλά υπό γωνία ως προς το οριζόντιο επίπεδο, η σύσφιξη των συρμάτων μετατοπίζει τους σπονδύλους και προς τα πίσω, κίνηση που συγχρόνως διορθώνει την υποκύφωση, που συναντάται στα αμιγώς σκολιωτικά κυρτώματα.



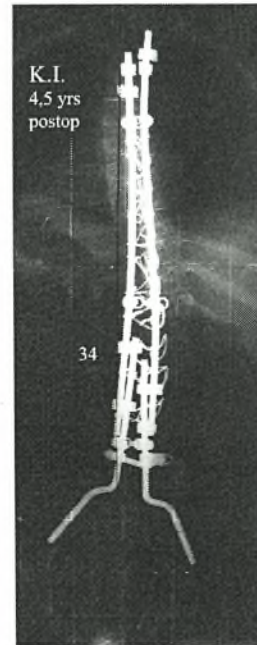
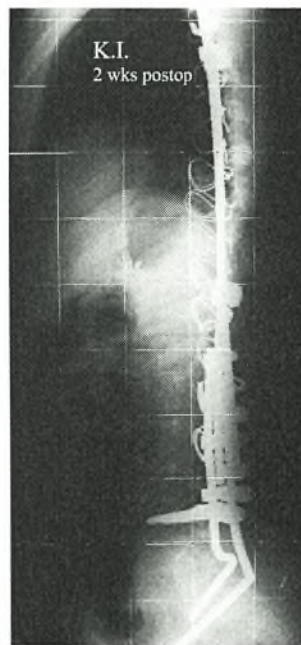
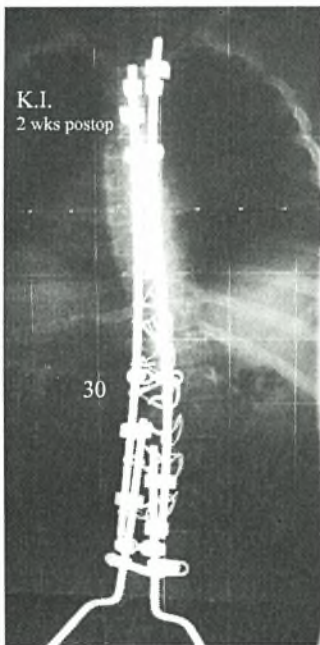
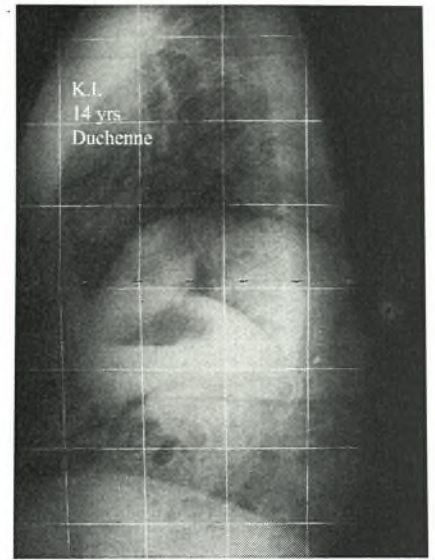
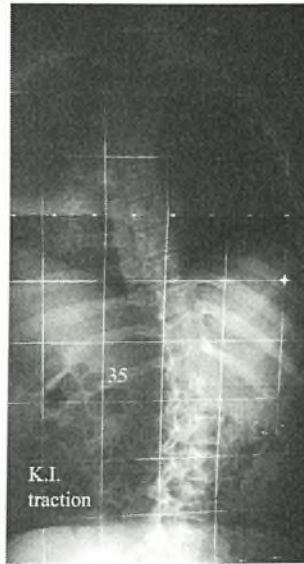
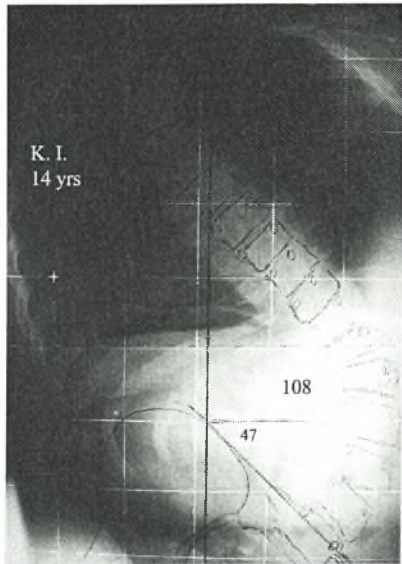
Εικόνα 7-8: Κορίτσι με Νωτιαία Μυϊκή Ατροφία και δεξιά οσφυϊκή σκολίωση 76. Η μετεγχειρητική διόρθωση στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο είναι πολύ καλή με ισοροπία του κορμού. Παρατηρούμε μικρή αποδεκτή απώλεια διόρθωσης στο μετωπιαίο επίπεδο 4 χρόνια μετεγχειρητικά.

Για τον λόγο αυτό, η χρήση της Διάταξης Πεντέλης αντενδείκνυται στα μεγάλα κυφωσκολιωτικά κυρτώματα. Το μέγεθος της έλξης που ασκείται στους σπονδύλους εξαρτάται από τη διόρθωση που ο χειρουργός επιθυμεί να δώσει, όπως επίσης και από τη νευρολογική εικόνα του ασθενούς που παρέχεται από το νευροφυσιολογικό έλεγχο, μέσω των σωματοαισθητικών και κινητικών δυναμικών. Τη διόρθωση του κυρτώματος ακολουθεί η εφαρμογή των τελικών εμφυτευμάτων – ράβδων, πρώτα στην κυρτή πλευρά, που γίνεται εύκολα, αφού εφαρμόζονται σε μια ήδη διορθωμένη Σπονδυλική Στήλη.

Η μέθοδος στηρίζεται κυρίως σε εγκάρσιες δυνάμεις που ασκούνται στη Σπονδυλική Στήλη, αν και, προαιρετικά, μπορεί να αξιοποιηθούν και διατακτικές ελεγχόμενες δυνάμεις. Από εμβιομηχανική άποψη, η εγκάρσια φόρτιση της Σπονδυλικής Στήλης, τείνει να μετατρέψει τις ροπές κάμψεως που ασκούνται πάνω στη ράβδο (τελικό εμφύτευμα) σε δύο δυνάμεις που έχουν σημείο εφαρμογής τους ακραίους σπονδύλους, με αντίθετη φορά προς την εγκάρσια φόρτιση και οριζόντια διεύθυνση. Αυτή η εγκάρσια φόρτιση, βελτιώνει τις συνολικές διορθωτικές δυνάμεις και ελαττώνει τις φορτίσεις που ασκούνται στη ράβδο και στα οπίσθια στοιχεία της Σπονδυλικής Στήλης, πάνω στα οποία είναι συνδεδεμένη η ράβδος. Επίσης, η πρόσθετη αυτή σύνδεση στο τέλος της διόρθωσης συμβάλλει στην περαιτέρω σταθερότητα του συστήματος.

Σε ορισμένα πολύ δύσκαμπτα κυρτώματα, οι ασκούμενες εγκάρσιες από τα υποπετάλια σύρματα δυνάμεις δεν είναι ικανές να διορθώσουν τη σκολίωση. Στις περιπτώσεις αυτές, εφαρμόζουμε τη Διάταξη Πεντέλης σε συνδυασμό με την τεχνική του προβόλου (cantilever). Πρόκειται για τεχνική που εφαρμόζεται στα δύσκαμπτα κυρτώματα [134]. Ο Chang [135] εφαρμόζει δυνάμεις μοχλού για να διορθώσει μεγάλες και δύσκαμπτες σκολιώσεις. Αφού τοποθετήσει την ράβδο στην κυρτή πλευρά της σκολίωσης, διορθώνει χρησιμοποιώντας τα benders in situ σε κάθε επιθυμητό επίπεδο, τα οποία δεν αφαιρεί πριν βάλει τη δεύτερη ράβδο στην κοίλη πλευρά, η οποία και σταθεροποιεί τη διόρθωση.

Στη μελετώμενη μέθοδο, οι ράβδοι τοποθετούνται στην κυρτή πλευρά, στηρίζονται στα άκρα του κυρτώματος (θωρακικά άγκιστρα – οσφυϊκοί κοχλίες) και χιάζονται στην κορυφή του. Ο παραλληλισμός των ελεύθερων άκρων τους ασκεί πρόσθετες δυνάμεις στο κυρτό, που, σε συνδυασμό με τις ελκτικές δυνάμεις των υποπεταλίων συρμάτων, διορθώνουν την παραμόρφωση.



Εικόνα 7-9: Αγόρι ηλικίας 14 ετών με μυϊκή δυστροφία Duchenne με καταρρέουσα σκολίωση 108 και κλίση λεκάνης 47. Ακολούθηθηκε η τεχνική Galveston για διόρθωση της σκολίωσης με σύγχρονη οστεοσύνθεση της λεκάνης. Το αποτέλεσμα τόσο μετεγχειρητικά όσο και στο follow-up 4,5 χρόνων κρίνεται πολύ καλό.

Το υλικό αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασθενείς με δύσκαμπτες και μεγάλες ιδιοπαθείς σκολιώσεις καθώς και από σκολιώσεις νευρομυϊκής αιτιολογίας.

Η διόρθωση των δομικών καμπυλών στο μετωπιαίο επίπεδο ήταν της τάξης του 63,68%, αριθμός που είναι συγκρίσιμος ή και βελτιωμένος σε σχέση με άλλες σειρές που χρησιμοποιήθηκε η τεχνική Harrington, τα υποπετάλια σύρματα η μέθοδος Wisconsin [129, 136, 137], (όπου η διόρθωση εκυμαίνεται μεταξύ 35% έως και πάνω από 60%), και με σειρές που χρησιμοποίησαν τη μέθοδο Cotrel-Dubousset με τιμές διόρθωσης 40% έως πάνω από 60% [138, 139]. Ο Asher [124] αναφέρει 68% διόρθωση, χρησιμοποιώντας το ISOLA σε ασθενείς με ιδιοπαθή σκολίωση. Οι Chang et al [135] σε μια σειρά 41 ασθενών με δύσκαμπτες ιδιοπαθείς, συγγενείς και νευρομυϊκές σκολιώσεις, και εφαρμόζοντας μόνο οπίσθια διόρθωση, επιτυγχάνουν διόρθωση της τάξης του 67%. Οι Kuklo et al [140] αναφέρουν διόρθωση 68% σε δύσκαμπτες ιδιοπαθείς σκολιώσεις στις οποίες χρησιμοποίησαν μόνο διαυχενικές βίδες, ενώ οι Arlet et al [141] σε μια σειρά 15 μεγάλων σκολιώσεων (70-90) επιτυγχάνουν διόρθωση 54%. Σε πολύ πρόσφατες μελέτες, οι Kim et al [132] σε συγκριτική μελέτη οπίσθιας διόρθωσης σκολίωσης με διαυχενικούς κοχλίες μόνο, και με υβριδικό σύστημα αποτελούμενο από κοχλίες, άγκιστρα και σύρματα, αναφέρουν διόρθωση 70% στην πρώτη ομάδα και 56% στη δεύτερη ενώ και οι Bullmann V et al [142] αναφέρουν 68% διόρθωση σε δύσκαμπτες σκολιώσεις, οι οποίες αντιμετωπίστηκαν με συνδιασμένη πρόσθια και οπίσθια διόρθωση. Οι Vialle R et al [143], αντιμετωπίζοντας ασθενείς με σκολίωση επί εδάφους εγκεφαλικής παράλυσης και μελετώντας τη χειρουργική διόρθωση με διεγχειρητική έλξη, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ασθενείς που χειρουργήθηκαν με έλξη παρουσίασαν διόρθωση 63% ενώ αυτοί στους οποίους δεν χρησιμοποιήθηκε η έλξη 44%.

Από τη μελέτη του υλικού προκύπτει ότι υπάρχει μια απώλεια διόρθωσης μεταξύ της μετεγχειρητικής τιμής της γωνίας Cobb που είναι 24,42 και της τιμής κατά το follow-up ενός χρόνου που είναι 29,24, κάτι που αντιστοιχεί σε απώλεια διόρθωσης της τάξης του 16%. Αν και αυτή η διαφορά δεν είναι σημαντική από κλινική άποψη, ίσως να αντικατοπτρίζει το φαινόμενο του “settling” που έχει ήδη περιγραφεί [144]. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται τα δύο πρώτα χρόνια μετά το χειρουργείο και πριν την ολοκλήρωση της σπονδυλοδεσίας. Οι Asher και Burton [124] σημειώνουν 4% απώλεια διόρθωσης τους πρώτους 24 μήνες χρησιμοποιώντας το ISOLA. Απώλεια διόρθωσης παρατηρούν σχεδόν όλοι οι συγγραφείς, η οποία αποδίδεται όχι σε απώλεια της μηχανικής στήριξης ή ψευδάρθρωσης, αλλά μάλλον στην προοδευτική επιμήκυνση και στο remodeling του μοσχεύματος [143].

Τα μετεγχειρητικά αποτελέσματα και των υπολοίπων μετρήσεων στο μετωπιαίο επίπεδο (μετατόπιση κορμού και μετατόπιση κορυφαίου) δείχνουν στατιστικά σημαντική βελτίωση σε σχέση με τις προεγχειρητικές μετρήσεις. Και εδώ παρατηρούμε μια μη σημαντική απώλεια διόρθωσης στον ένα χρόνο και στο τελικό follow-up, που ίσως έχει να κάνει με το φαινόμενο του “settling”.

Οι μετρήσεις της κλίσης της λεκάνης αναφέρονται στην υπο-ομάδα των σκολιωτικών κυρτωμάτων που οφείλονται σε νευρομυϊκές παθήσεις. Η διόρθωση ήταν στατιστικά σημαντική, ενώ από τη μελέτη των στατιστικών πινάκων δεν παρατηρείται απώλεια διόρθωσης.

Η ανάλυση του οβελιαίου επιπέδου (κύφωση, λόρδωση, μετατόπιση κορυφαίου κύφωσης και μετατόπιση κορυφαίου λόρδωσης) δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των προεγχειρητικών και μετεγχειρητικών αποτελεσμάτων. Μόνο στην υποκατηγορία των υποκυφωτικών ατόμων παρατηρούμε διόρθωση 73% και άρα στατιστικά σημαντική βελτίωση μετά το χειρουργείο. Παρ’ όλα αυτά ο μέσος όρος των μετρήσεων μάς δείχνει ότι το σύνολο των ασθενών κατά τη μετεγχειρητική περίοδο βρίσκεται μέσα στα όρια της οβελιαίας ισορροπίας.

Στις οβελιαίες μετρήσεις, πολλοί παράγοντες παρεμβαίνουν στη λήψη της profil ακτινογραφίας. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι: η θέση των βραχιονίων (κάμψη 45 ή 90), η θέση του ασθενούς (όρθια ή ύπτια), η στήριξη του ασθενούς (επί παραλυτικών καταστάσεων), ο μυϊκός τόνος τη στιγμή της ακτινογραφίας κ.ά. Θεωρούμε ότι η παρουσία του ορθοπαιδικού στο ακτινολογικό εργαστήριο είναι απαραίτητη για την όσο το δυνατό σωστότερη λήψη, αν και η διεθνής βιβλιογραφία δεν μας δίνει σαφή εικόνα μιας τυποποιημένης profil ακτινογραφίας της Σπονδυλικής Στήλης.

Στο σύνολο των 51 ασθενών παρατηρήθηκαν 6 εν τω βάθει φλεγμονές του χειρουργικού τραύματος που αντιστοιχεί σε 11,7% και βρίσκεται μέσα στα διεθνώς αποδεκτά όρια, αν λάβουμε υπόψη ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σκολιώσεων του δείγματος ήταν νευρομυϊκές και το διεθνές αποδεκτό όριο φλεγμονών γι αυτές τις σκολιώσεις είναι 14%. Συγκεκριμένα, το ποσοστό λομώξεων για τη υπο-ομάδα των νευρομυϊκών σκολιώσεων ήταν 12%.

Δύο ασθενείς που οι επιπλοκές τους σχετίζονταν με τα υλικά (εξάρθημα αγκίστρων), αντιμετώπισθηκαν επιτυχώς με επέκταση της σπονδυλοδεσίας.

Σημειώνουμε ότι οι περισσότερες επιπλοκές συνέβησαν στα πρώτα περιστατικά της σειράς, γεγονός που έχει να κάνει με το χρόνο εκμάθησης (learning curve) τόσο της χειρουργικής θεραπείας της σκολίωσης όσο και της χρήσης της μεθόδου της Διάταξης της Πεντέλης.

Δεν υπήρξαν νευρολογικές διαταραχές από τη χρήση της Διάταξης Πεντέλης, γεγονός που αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα της μεθόδου σε σχέση με άλλες τεχνικές. Οι Coe JD et al το 2006 [145], σε μία πολυκεντρική μελέτη υπό την αιγίδα της Scoliosis Research Society αναφέρουν έστω και μικρό (0,32%) ποσοστό νευρολογικών βλαβών στην οπίσθια διόρθωση της ιδιοπαθούς σκολίωσης. Στα ίδια αποτελέσματα αναφέρεται και ο Bridwell το 1998 [146]. Η διεκβολή συρμάτων γίνεται πάντα με τους κανόνες της χειρουργικής τεχνικής και δεν υπήρξε ποτέ τρώση της σκληράς μήνιγγας. Η διόρθωση γίνεται σταδιακά και, έτσι, αποφεύγεται η απότομη και βίαιη εφαρμογή δύναμης στη Σπονδυλική Στήλη, που μπορεί να προκαλέσει νευρολογική βλάβη από διάταση των νευρικών στοιχείων. Εδώ, μεγάλο υποβοηθητικό ρόλο παίζει η συνεχής διεγχειρητική καταγραφή των κινητικών και σωματοαισθητικών δυναμικών.

Στη διεθνή βιβλιογραφία μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει δημοσίευση ανάλογης μεθόδου. Αν και ο πληθυσμός των ασθενών που περιελήφθησαν στην παρούσα μελέτη δεν είναι ομοιογενής από άποψη αιτιολογίας της σκολίωσης, τα αποτελέσματα όσον αφορά στη διόρθωση και τις επιπλοκές της χειρουργικής αντιμετώπισης της σκολίωσης είναι συγκρίσιμα με αυτά άλλων σειρών μεγάλων κέντρων. Όμως, ο σκοπός της μελέτης δεν ήταν μόνο η κλινική παρουσίαση περιστατικών αλλά και η μελέτη της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας της χρήσης της «Διάταξης Πεντέλης» στη χειρουργική διόρθωση μεγάλων και δύσκαμπτων σκολιωτικών κυρτωμάτων.

7.6 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η εφαρμογή της Διάταξης Πεντέλης στη χειρουργική θεραπεία των παθολογικών κυρτωμάτων της Σπονδυλικής Στήλης μάς παρέχει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους. Κατ' αρχήν η διόρθωση γίνεται προοδευτικά με χρήση δυνάμεων που εκμεταλλεύονται τις εμβιομηχανικές ιδιότητες των ιστών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των κινδύνων για τα νευρικά και οστικά στοιχεία που ενέχει η απότομη και βίαιη διόρθωση ενός παθολογικού κυρτώματος.

Δεδομένου ότι η πλειονότητα των θωρακικών σκολιωτικών κυρτωμάτων χαρακτηρίζεται από υποκύφωση, η χρήση ελκτικών δυνάμεων μέσω των υποπεταλίων συρμάτων, λόγω της φοράς που δρουν, παρέχουν ευεργετικό αποτέλεσμα στη διόρθωση της υποκύφωσης.

Η διόρθωση του κυρτώματος πριν την εφαρμογή των τελικών εμφυτευμάτων καθιστά πολύ πιο εύκολη τη διαμόρφωση και τοποθέτηση των τελικών ράβδων, αφού η Σπονδυλική Στήλη παρουσιάζει κατά το μάλλον ή ήττον φυσιολογική εικόνα και ανατομία.

Τέλος, η χρήση σωματοαισθητικών και κινητικών δυναμικών μάς παρέχει ασφάλεια, αφού με ένα διορθωμένο κύρτωμα και πριν την εφαρμογή των τελικών εμφυτευμάτων, γνωρίζουμε τη νευρολογική κατάσταση του ασθενούς και προχωρούμε ανάλογα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Pare A, Collected works. Translated by Th. Johnson. 1634: London.
2. Andre N, *L' orthopaedia, ou l' art de prevenir et de corriger la deformite du corps aux enfants*. 1741, Paris.
3. Levacher A., *Nouveau moyen de prevenir st de guerir la courbure de l' epine*, in Mem. Acad. R. Chir. 1768. p. 596.
4. Guerin, J., *Remarques preliminaires sur le traitement des deviations de l' epine par la section des muscles du dos*. Gaz. Med. de Paris, 1842. 10: p. 1-6.
5. Volkmann R., *Resektion von Rippenducker bei Scoliose*. Berl. Klin. Wehnschr, 1889. 50.
6. Royle N., *The operative removal of an accessory vertebra*. Med. J. Aust., 1928. 1: p. 467.
7. Dequervain E., *Operative immobilization of the spine*. Surg. Gynec. Obstet., 1917. 24: p. 428.
8. Hibbs R.A., *An operation for progressive spinal deformities*. N.Y. Med. J., 1911. 93: p. 1013.
9. Hibbs R.A, *A report of fifty-nine cases of scoliosis treated by fusion operation*. JBJS, 1924. 6: p. 3.
10. Hibbs R.A., Risser JC, Ferguson AB : *Scoliosis treated by fusion operation. An end result study of three hundred and sixty cases*. JBJS, 1931. 13: p. 91.
11. Harrington P.R., *Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation*. JBJS, 1962. 44A: p. 591-610.
12. Hodgson AR, Stack FE, *Anterior spine fusion*. Br. J. Surg., 1965. 46A: p. 121.
13. Perdriolle R, Vidall J, *Thoracic idiopathic scoliosis curve evolution and prognosis*. Spine, 1985. 10: p. 785.
14. Moe JH, Winter RB, Bradford DS, Lonstein JE, *Scoliosis and other spinal deformities*. 1978, Philadelphia: W.S. Saunders.
15. Schulthess W, *Die Pathologie and Therapie der Ruckgrats-verkrummungen.*, in Orthopadischen Chirurgie, Joachimsthal-Hand Buch, Editor. 1905, Gustav Fischer.
16. James JIP, Lloyd RGC, and Pitcher MF, *The prognosis, diagnosis, and operative indications related to curve patterns and the age of onset*. JBJS, 1954. 36B: p. 36.
17. Moe JH and Byrd JA., *Idiopathic scoliosis*, in Moe's textbook of scoliosis and other spinal deformities 2nd ed, L.J. Bradford DS, Moe JH, Ogilvie JW, Winter RB., Editor. 1987, WB Saunders: Philadelphia. p. 191-232.
18. King HA, Moe JH, and Winter RB, *The selection of the fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis*. JBJS, 1983. 65A: p. 1302.
19. Winter R and Lonstein JE, *Idiopathic scoliosis*, in The Spine, H.H. eds, Editor. 1992, W.B. Saunders: Philadelphia. p. 373-430.
20. Lonstein JE, *Idiopathic scoliosis*, in Moe's Textbook of Scoliosis and other Spinal Deformities, 3rd eds, B.D. Lonstein JE, Winter RB, Ogilvie JW, Editor. 1994, W.B. Saunders: Philadelphia. p. 219-256.
21. Coonrad RW, Murell GA, Motley JE, Lytle E, and Hey L, *A logical coronal pattern classification of 2000 consecutive idiopathic scoliosis cases based on the Scoliosis Research Society defined apical vertebra*. Spine, 1998. 23(12): p. 1380-1391.
22. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K, *Adolescent Idiopathic scoliosis. A new classification to determine extent of spinal arthrodesis*. JBJS, 2001. 83-A(8): p. 1169-1181.
23. Guixing Qiu, J. Zhang, and et al, *A new operative classification of idiopathic scoliosis: A Peking Union Medical College Methode*. Spine, 2005. 30(12): p. 1419-1426.

24. Albanese, S., *Idiopathic scoliosis: etiology and evaluation; natural history and nonsurgical management*, in Orthopaedic Knowledge Update - Pediatrics, I.R. B, Editor. 1996, American Academy of Orthopaedic Surgeons: Rosemont, IL., p. 97.
25. Lonstein JE, Carlson JM, *The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth*. JBJS, 1984. 66A: p. 1061.
26. Carman DL, Browne RH, Birch JG, *Measurement of scoliosis an kyphosis radiographs: intraobserver and interobserver variation*. JBJS, 1990. 72A: p. 328.
27. Morrissy RT, Goldsmith GS., Hall EC, *Measurement of the Cobb angle on radiographs of patient who have scoliosis: evaluation of intrincic error*. JBJS, 1990. 72A: p. 320.
28. Scot MM, Piggot H., *A short-term follow-up of patients with mild scoliosis*. JBJS, 1981. 63B: p. 523.
29. Bjure J, Nachemson A., *Non treated scoliosis*. Clin Orthop, 1973. 93: p. 44.
30. Nachemson A., *Adult scoliosis and back pain*. Spine, 1979. 4: p. 513.
31. Goldstein LA, Waugh TR, *Classification and terminology of scoliosis*. Clin Orthop, 1973. 93: p. 10.
32. Conner AN., *Early onset scoliosis: a call for awareness*. Br Med J, 1994. 289: p. 962.
33. Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WR, *The pathogenesis of idiopathic scoliosis: biplanar spinal asymmetry*. JBJS, 1984. 66B: p. 8.
34. Dickson RA, Archer IA, *Surgical treatment of late onset idiopathic thoracic scoliosis: The Leeds procedure*. JBJS, 1987. 69B: p. 709.
35. Mehta MA, *The rib-vertebra angle in the early diagnosis between resolving and progressive infantile scoliosis*. JBJS, 1972. 54B: p. 230.
36. Morel G. *Traitement des scolioses infantiles*. in Communication a la Reunion du G.E.S. 1974. Bordeaux.
37. Ogilvie J., *Orthotics*, in Moe's textbook of scoliosis., I.B.D.e. 2nd, Editor. 1978, : WB Saunders: Philadelphia. p. 106.
38. Risser J., *The application of body casts for the correction of scoliosis.*, in Instructional Course Lecture Series., AAOS, Editor. 1955: Chicago. p. 255.
39. Andriacchi TP, Schultz AB, Belytchko TB, Dewald R. *Milwaukee brace correction of idiopathic scoliosis*. JBJS, 1976. 38A: p. 806.
40. James JIP, Lloyd RGC, Pitcher MF. *Infantile structural scoliosis*. JBJS, 1959. 41B: p. 219.
41. Moe JH, *Indications for Milwaukee brace non-operative treatment in idiopathic scoliosis*. Clin Orthop, 1973. 93: p. 39.
42. Mehta MA, *The early treatment of infantile scoliosis: early referral is crucial to the outcome*. JBJS, 1992(suppl 1). 74B: p. 97.
43. Emans JB, Kaelin A, Bancel P, *The Boston bracing system for idiopathic scoliosis: follow-up results in 259 patients*. Spine, 1986. 11: p. 792.
44. Willers U, Normelich, Aaro S et al., *Long term results of Boston brace treatment on vertebral rotation in idiopathic scoliosis*. Spine, 1993. 18: p. 432.
45. Hanks GA, Zimmer B, Noji J, *TLSO treatment of idiopathic scoliosis and analysis of Wilmington jacket*. Spine, 1988. 13: p. 626.
46. Figueredo UM, James JIP, *Juvenile idiopathic scoliosis*. JBJS, 1981. 63B: p. 61.
47. Kahanovitz N, Levine D, Lordone J. *Part-time Milwaukee brace treatment of juvenile idiopathic scoliosis: long-term follow-up*. Clin Orthop, 1982. 167: p. 145.
48. Skages DL, Roye DP, *Infantile and juvenile scoliosis. State of the art reviews.*, Spine, 1994. 8: p. 605.
49. JamesJIP, Lloyd RGC, Pitcher MF, *The prognosis, diagnosis, and operative indications related to curve patterns and the age of onset*. JBJS, 1954. 36B: p. 36.
50. Lloyd-Roberts GC, Pitcher MF, *Structural idiopathic scoliosis in infancy*. JBJS, 1965. 47B: p. 520.

51. McCarthy RE, McCulloch FL, *Growing instrumentation for scoliosis*. in Annual Scoliosis Research Society Meeting. 1993. Ireland, Dublin.
52. Anderson M, Hwang SC, Green WT., *Growth of the normal trunk in boys and girls during the second decade of life*. JBJS, 1965. 47A: p. 1554.
53. DiMeglio A, Bonnel F, *Growth of the spine.*, in The pediatric spine: principles of pediatric neurosurgery, I.R.A. (ed), Editor. 1989, Springer - Verlag,: New York. p. 39.
54. Winter RB, *Scoliosis and spinal growth*. Orthop Rev, 1977. 7: p. 17.
55. Moe JH, Winter RB, Lonstein JA et al., *Clinical study of spine fusion in the growing child*. JBJS, 1964. 46B: p. 784.
56. Moe JH, Winter RB, Lonstein JA et al., *Harrington instrumentation without fusion plus external orthotic support for the treatment of difficult curvature problems in young children*. Clin Orthop, 1984. 185: p. 35.
57. Gillespie R, O'Brien., *Harrington instrumentation without fusion*. JBJS, 1981. 63A: p. 461.
58. Harrington P., *Scoliosis in the growing spine*. Pediatr Clin North Am, 1963: p. 225.
59. Klemme WR, Dennis F, Koop SE. *Spinal instrumentation without fusion for progressive scoliosis in young children*. in Annual Scoliosis Research Society Meeting. 1994. Portland, Oregon.
60. Luque E., *Paralytic scoliosis in growing children*. Clin Orthop, 1982. 163: p. 202.
61. Mardjetko SM, Hammerberg KW, Lubicky JP, *The Luque trolley revisited: review of nine cases requiring revision*. Spine, 1992. 17: p. 582.
62. Luque ER, Cordosa A, *Treatment of scoliosis without arthrodesis or external support: a preliminary report*. Orthop Trans, 1977. 1: p. 37.
63. Hefti FI, McMaster MJ, *The effect of the adolescent growth spurt on early posterior spinal fusion in infantile and juvenile idiopathic scoliosis*. JBJS, 1983. 65B: p. 247.
64. Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H, *The cranksaft phenomenon*. J Pediatr Orthop, 1989. 9: p. 541.
65. Sanders JO, Herring JA, Browne RH., *Posterior arthrodesis and instrumentation in the immature spine in idiopathic scoliosis*. JBJS, 1995. 77A: p. 39.
66. Dubousset J, Katti E., Seringe R., *Epiphysiodesis of the spine in young children for congenital spinal deformation*. J Pediatr Orthop (Part B), 1992. 1: p. 123.
67. Roaf R., *The treatment of progressive scoliosis by unilateral growth arrest*. JBJS, 1963. 45B: p. 637.
68. Little DG, Sussman MD, *The risser sign: a critical analysis*. J Pediatr Orthop, 1994. 14: p. 69.
69. Scoles PV, Savagno R., Villalba K, Riew D, *Relationship of iliac crest maturation to skeletal and chronological age*. J Pediatr Orthop, 1988. 8: p.639.
70. Shuren N, Kasser J, Emmans J, Pand F, *Re-evaluation of the risser sign in idiopathic scoliosis*. Spine, 1992. 7: p. 359.
71. Winter RB, Moe JH, and Lonstein JE, *The incidence of Klippel-Feil syndrome in patients with congenital scoliosis and kyphosis*. Spine, 1984. 9: p. 363.
72. Moe's textbook of scoliosis and other spinal deformities. 2nd ed ed. 1987, Philadelphia: WB Saunders.
73. Hall JE, *Congenital scoliosis*, in The pediatric spine, H.R. In Bradford DS, Eds, Editor, Thieme: New York. p. 181.
74. Winter RB, Moe JH, Lonstein JE., *The incidence of Klippel-Feil syndrome in patients with congenital scoliosis and kyphosis*. Spine, 1984. 9: p. 363.
75. Bradford DS, Heithof KB, Cohen M., *Intraspinal abnormalities and congenital spine deformities: a radiographic and MRI study*. J Pediatr Orthop, 1991. 11(1): p. 36.

76. MacEwen GD, Winter RB, Hardy J, *Evaluation of kidney anomalies in congenital scoliosis*. JBJS, 1972. 54A: p. 1451.
77. Rechles LN, Peterson HA, Bianco AJ, Weedman WH, *The association of scoliosis and congenital heart defects*. JBJS, 1975. 57A: p. 449.
78. Winter RB, Moe JH., *The results of spinal arthrodesis for congenital spinal deformities in patients younger than 5 years old*. JBJS, 1982. 64A: p. 419.
79. Thometz JG, Simon SR, *Progression of scoliosis after skeletal maturity in institutionalized adults who have cerebral palsy*. JBJS, 1988. 70A: p. 1290.
80. Fisk JR, Bunch WH, *Scoliosis in neuromuscular disease*. Clin Orthop North Am, 1979. 10: p. 863.
81. Haas SL, *Spastic scoliosis and obliquity of the pelvis*. JBJS, 1942. 24: p. 774.
82. Lonstein JE, Renshaw TS, *Neuromuscular spinal deformities.*, in AAOS instructional course lectures, I.G.P. 9ed, Editor. 1986: St Louis. p. 285.
83. Law DK, Dudrick SJ, Abdoll NI, *The effects of protein calorie malnutrition on immune competence of the surgical patient*. Surg Gynecol Obstet, 1968. 139: p. 459.
84. O' Brien JP, Dwyer AP, Hodgson AR., *Pelvic obliquity: its prognosis and management and the development of a technique for full correction of the deformity*. JBJS, 1975. 57A: p. 626.
85. Allen BL, Ferguson RL., *The Galveston technique of pelvic fixation with L-rod instrumentation of the spine*. Spine, 1984. 9: p. 388.
86. Schultz AB, Hirsch C, *Mechanical analysis techniques for improved correction of idiopathic scoliosis*. Clin Orthop, 1974. 100: p. 66.
87. Armstrong GWD, Connock SHG, *A transverse loading system applied to a modified Harrington instrumentation*. Clin Orthop, 1975. 108: p. 70.
88. Wenger DR, Carollo JJ, Wilkerson JR, *Biomechanics of scoliosis correction by segmental spinal instrumentation*. Spine, 1982. 7: p. 260-264.
89. Ogilvie JW, Millar EA, *Comparison of segmental spinal instrumentation devices in the correction of scoliosis*. Spine, 1983. 8: p. 416.
90. Nachemson A, Elfstrom G., *Intravital wireless telemetry of axial forces in Harrington distraction rods in patients with idiopathic scoliosis. (A classic in vivo study with valuable clinical information)*. JBJS, 1971. 53A: p. 445.
91. Harrington PR, *Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation*. JBJS, 1962. 44A: p. 591-610.
92. King HA, Moe JH, Winter RB, *The selection of the fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis*. JBJS, 1983. 65A: p. 1302.
93. King HA, *Selection of fusion levels for posterior instrumentation and fusion in idiopathic scoliosis*. Orthop Clin North Am, 1988. 19: p. 247.
94. Cohran T, Istram L, Nachemson A, *Long term anatomic and function changes in patients with adolescent idiopathic scoliosistreated by Harrington rod fusions*. Spine, 1983. 8: p. 576.
95. Michel CR, Lalain JJ, *Late results of Harrington's operation : long term evolution of the lumbar spine below the fused segments*. Spine, 1985. 10: p. 414.
96. Wenger DR, Carollo JJ, Wilkerson JA et al., *Laboratory testing of segmental spinal instrumentation versus traditional Harrington instrumentation for scoliosis treatment*. Spine, 1982. 7: p. 265.
97. Luque E., *Segmental spinal instrumentation for correction of scoliosis*. Clin Orthop, 1982. 163: p. 192.
98. Luque E., *The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation*. Spine, 1982. 7: p. 256.
99. Allen BL, Ferguson RL, *The Galveston experience with L-rod instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis*. Clin Orthop, 1988. 229: p. 59.
100. Herring JA, Wenger DR, *Early complications of segmental spinal instrumentation*. Orthop Trans, 1982. 6: p. 22.
101. MacEwen GD, Bunnell WR, Sriram K., *Acute neurological complications in the treatment of scoliosis: a report of the Scoliosis Research Society*. JBJS, 1975. 57A: p. 404.

102. Drummond DS, *Harrington instrumentation with spinous process wiring for idiopathic scoliosis*. Orthop Clin North Am, 1988. 12(2): p. 281.
103. Crawford A, *An analysis of the use of contoured Harrington rods and ISSI to obtain transverse and sagittal plane correction of idiopathic scoliosis*. Ortop Trans, 1991. 15: p. 597.
104. Cotrel Y, *Techniques nouvelles dans le traitement de la scoliose idiopathique*. International Orthopaedics, 1978. 1: p. 247.
105. Cotrel Y, *CD basic principles, concepts and techniques*. 1992, Private publication.
106. Cotrel Y, Dubousset J, *C-D instrumentation in spine surgery*. 1992, Montpellier, France: Montpellier, France.
107. Thompson JP, Transfeldt EE, Bradford DS, Ogilvie JW, Boachi-Adjei O, *Decompensation after Cotrel-Dubousset instrumentation of idiopathic scoliosis*. Spine, 1990. 15: p. 927.
108. Moore MR, Boynham GC, Brown CW, Donaldson DH, Adam JR, *Analysis of factors related to truncal decompensation following Cotrel-Dubousset instrumentation*. Journal of Spinal Disorders, 1991. 4: p. 188.
109. Shufflebarger HL, *Cotrel-Dubousset instrumentation*, in The pediatric spine: principles and practice., I.W.S. (ed), Editor. 1994, Raven Press: New York.
110. Hibbs R.A., *A report of fifty-nine cases of scoliosis treated by fusion operation*. JBJS, 1924. 6: p. 3.
111. LaGrone MO, Bradford DS, and Moe JH, *Treatment of symptomatic flatback after spinal fusion*. JBJS, 1988. 70A: p. 569-580.
112. Aaro S, Ohlen G., *The effect of Harrington instrumentation on the sagittal configuration and mobility of the spine in scoliosis*. Spine, 1983. 8(6): p. 570.
113. Casey MP, Asher M, Jacobs RR, Orrick JM, *The effect of Harrington rod contouring on lumbar lordosis*. Spine, 1987. 12: p. 750.
114. Dickson JH, Erwin WD, Rossi D, *Harrington instrumentation and arthrodesis for idiopathic scoliosis: a twenty-one-year follow-up*. JBJS, 1990. 72A: p. 678.
115. Luque ER, *Segmental spinal instrumentation for correction of scoliosis*. Clin Orthop, 1982. 163: p. 192-198.
116. Wilber RG, Thompson GH, Shaffer JW, Brown RH, Nash Jr CL, *Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation. A study using spinal cord monitoring*. JBJS, 1984. 66A: p. 1178-1187.
117. Johnston II CE, Happel Jr LT, Norris R, et al., *Delayed paraplegia complicating sublaminar segmental spinal instrumentation*. JBJS, 1986. 68A: p. 556-563.
118. Olson SA and Gaines RW, *Removal of sublaminar wires after spinal fusion*. JBJS, 1987. 69A: p. 1419-1423.
119. Cotrel Y, Dubousset J, and Guillaumat M, *New universal instrumentation in spinal surgery*. Clin Orthop, 1988. 227: p. 10-23.
120. Wood KB, Olsewski JM, Schendel MJ, et al, *Rotational changes of the vertebral pelvic axis after sublaminar instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis*. Spine, 1997. 22(1): p. 51-57.
121. Lee SM, Suk S, and Chung ER, *Direct vertebral rotation: anew technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis*. Spine, 2004. 29(3): p. 343-349.
122. Shufflebarger HL, Smiley K, and Roth HJ, *Internal thoracoplasty: A new procedure*. Spine, 1994. 19: p. 840-842.
123. Pedriolle R, Le Borgne P, Dansereau J, de Guise J, Labelle H, *Idiopathic scoliosis in three dimensions. A succession of two-dimensional deformities?* Spine, 2001. 26(24): p. 2719-2726.
124. Asher MA and Burton DC, *A concept of idiopathic scoliosis. Deformities as imperfect torsions*. Clin Orthop, 1999. 364: p. 11-25.

125. Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, Blanke K, *Analysis of pulmonar function and axis rotation in adolescent and young adult idiopathic scoliosis patients treated with Cotrel-Dubousset instrumentation.* J Spinal Disord, 1992. 5(1): p. 16-25.
126. Aebi M and Webb J, *AO universal spine system principles and techniqe.* 1996: Davos Switzerland.
127. King HA, *Selection of fusion levels for posterior instrumentation and fusion in idiopathic scoliosis.* Orthop Clin North Am, 1988. 19: p. 247.
128. Perdriolle R and Vidal J, *Morphology of scoliosis : three-dimensional evolution.* Orthopedics, 1987. 10: p. 909.
129. Mielke C, Lonstein J, and Winter R, *Surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. A comparative analysis.* JBJS, 1989. 71-A: p. 1170-7.
130. Asher M, DeSmet A, Cook L, Orrick J, *Classification of adolescent idiopathic scoliosis. Curve patterns: a three dimensional analysis.* Orthop Trans, 1988. 12: p. 260.
131. Bridwell KH, *Spinal Instrumentation in the management of adolescent scoliosis.* Clin Orthop and Relat Research, 1997. 335: p. 64-72.
132. Kim YJ, Lenke LG, Kim J, Bridwell KH, Cho SK, *Comparative analysis of pedicle screw versus Hybrid instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis.* Spine, 2006. 31(3): p. 291-298.
133. Burton DC, Sama A, Asher M, Burke SW, Boachie-Adjei O, Huang RC, Green DW, Rawlins BA, *The treatment of large (> 70) thoracic idiopathic scoliosiscurves with posterior instrumentation and arthrodesis: When is anterior release indicated?* Spine, 2005. 30(17): p. 1979-1984.
134. Asher MA, *Isola spinal instrumentation system for scoliosis,* in The Textbook of Spinal Surgery., D.R. Bridwell KH, Editor. 1997, JB Lipincott Company: Philadelphia. p. 569-609.
135. Chang K.-W., *Cantilever Bending Technique for Treatment of Large and Rigid Scoliosis.* Spine, 2003. 28(21): p. 2452-2458.
136. Thometz J and Emans J, *A comparison between spimous process and sublaminar wiring combined with Harrington distraction instrumentation in the management of adolescent idiopathic scoliosis.* J Pediatr Orthop, 1988. 8: p. 129-132.
137. Winter R and Anderson MB, *Spinal arthrodesis for spinal deformity using posterior instrumentation and sublaminar wiring: a preliminary report of 100 consecutive cases.* Intl Orthop (SICOT), 1985: p. 239-245.
138. Guidera K, Hooten J, and Cook S, *Cotrel-Dubousset instrumentation. Results in 52 patients.* Spine, 1993. 18: p. 427-431.
139. Krismer M, Bauer R, and Sterzinger W, *Scoliosis correction by Cotrel-Dubousset instrumentation. The effect of derotation and three-dimensional correction.* Spine, 1992. 17: p. S263-268.
140. Kuklo TR, Lenke LG, O'Brien MF, Lehman RA, Polly DW, Schroeder TS, *Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in curve over 90 degrees.* Spine, 2005. 30: p. 222-226.
141. Arlet V, Jiang L, and Ouelet J, *Is there a need for anterior release for 70-90 degrees thoracic curves in adolescent scoliosis?* Eur Spine J, 2004. 13: p. 740-745.
142. Bullmann V, Halm H, Schulte T, Lerner T, Weber TP, Liljenqvist U, *Combined anterior and posterior instrumentation in severe and rigid idiopathic scoliosis.* Eur Spine J, 2006. 15: p. 440-448.
143. Vialle R, Delecourt C, and Morin C, *Surgical treatment of scoliosis with pelvic obliquity in cerebral palsy.* Spine, 2006. 31(13): p. 1461-1466.
144. McCance S, Dennis F, and Lonstein J, *Coronal and saggital balance in surgically treated adolescent idiopathic scoliosis with the King II curve pattern.* Spine, 1998. 23: p. 2063 - 2073.
145. Coe JD, Arlet V, Donaldson W, Berven S, Hanson DS, Mudiyaam R, Perra JH, Shaffrey CI, *Complications in Spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. a report of the Scoliosis research Society Morbidity and Mortality Comittee.* Spine, 2006. 31(3): p. 345-349.
146. Bridwell KH, Lenke LG, Baldus C Blanke K, *Major intraoperative neurologic deficits in pediatric and adult spinal deformities patients.* Spine, 1998.23: p.324-331.