



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΚΛΙΝΙΚΗ ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΜΕΤΡΗΣΗΣ
ΚΟΡΜΟΥ ΣΕ ΣΚΟΛΙΩΤΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ
ΜΕ ΣΚΟΛΙΟΜΕΤΡΟ (BUNNELL)
ΚΑΙ ΜΕ ΤΟ FORMETRICS 4D ΣΥΣΤΗΜΑ
(DIERS MEDICAL SYSTEMS)**

**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Γ. ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2022



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΚΛΙΝΙΚΗ ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΜΕΤΡΗΣΗΣ
ΚΟΡΜΟΥ ΣΕ ΣΚΟΛΙΩΤΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ
ΜΕ ΣΚΟΛΙΟΜΕΤΡΟ (BUNNELL)
ΚΑΙ ΜΕ ΤΟ FORMETRICS 4D ΣΥΣΤΗΜΑ
(DIERS MEDICAL SYSTEMS)**

**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Γ. ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ
ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2022

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα Ν. 5343/32, άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος)

Ημερομηνία αίτησης του κ. Μαραγκουδάκη Εμμανουήλ: 14-10-2013

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: 757α/19-12-2013

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων:

Γελαλής Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής Ορθοπαιδικής με έμφαση στη Χειρουργική Σπονδυλικής Στήλης και Επανορθωτική Χειρουργική Ενηλίκων

Μέλη:

Μπερής Αλέξανδρος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής

Κορομπίλιας Αναστάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ορθοπαιδικής

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 10-01-2014

«Συγκριτική μελέτη επιφανειομέτρησης κορμού σε σκολιωτικούς ασθενείς με σκολιόμετρο (Bunnell) και με το Formetrics 4D σύστημα (Diers Medical Systems)»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ 984α/16-11-2021

1. Γελαλής Ιωάννης, Καθηγητής Ορθοπαιδικής με έμφαση στη Χειρουργική Σπονδυλικής Στήλης και Επανορθωτική Χειρουργική Ενηλίκων του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
2. Μπερής Αλέξανδρος, Ομότιμος Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
3. Κορομπίλιας Αναστάσιος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
4. Βεκρής Μάριος, Καθηγητής Ορθοπαιδικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
5. Πλούμης Αβραάμ, Καθηγητής Φυσικής Ιατρικής και Αποκατάστασης του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
6. Βλάχος Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής Χειρουργικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
7. Πάκος Αιμίλιος, Επίκουρος Καθηγητής Ορθοπαιδικής-Βιολογικής Μηχανικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις 03-02-2022

Ιωάννινα 05-05-2022

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Άννα Μπατιστάτου

Καθηγήτρια Παθολογικής Ανατομίας



Η Γραμματέας του Τμήματος

ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΙΤΟΠΟΥΛΟΥ

Στην Αναστασία και τον Τζώρτζη

Ευχαριστώ από καρδιάς

τον Συντονιστή Διευθυντή Ορθοπαιδικής κλινικής του Τζανείου ΓΝ Πειραιά
κ. Θεόδωρο Γρίβα για την καθοδήγηση, τις συμβουλές και την υποστήρηξή του,

τον Καθηγητή Ορθοπαιδικής κ. Ιωάννη Γελαλή για την επίβλεψη, τον συντονισμό και
την καθοδήγηση,

τον Καθηγητή Ορθοπαιδικής κ. Αναστάσιο Κορομπίλια και τον Ομότιμο Καθηγητή
Ορθοπαιδικής κ. Αλέξανδρο Μπερή για τη στήριξη και τη βοήθειά τους,

τον κ. Βασίλειο Κακαμούκα Χειρουργό Ουρολόγο - Ανδρολόγο για την ανεκτίμητη
βοήθειά του στη στατιστική ανάλυση της μελέτης,

τους γονείς μου Γιώργο και Μαίρη για όλα όσα έχουν κάνει για μένα,

την οικογένεια μου για την ανοχή και την αγάπη τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	13
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. ΙΔΙΟΠΑΘΗΣ ΕΦΗΒΙΚΗ ΣΚΟΛΙΩΣΗ.....	19
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	19
1.2 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ	21
1.2.1 Γεωγραφική κατανομή.....	21
1.2.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά.....	22
1.3 ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ	24
1.3.1 Κληρονομικότητα	24
1.3.2 Διαταραχή του κεντρικού νευρικού συστήματος	25
1.3.3 Διαταραχή της σκελετικής ανάπτυξης και της οστικής ποιότητας.....	26
1.3.4 Διποδισμός και τρισδιάστατη παραμόρφωση της σπονδυλικής στήλης.....	27
1.3.5 Διαταραχή μεταβολικών οδών.....	28
1.4 ΔΙΑΓΝΩΣΗ	30
1.4.1 Κλινική εξέταση.....	30
1.4.2 Επιφανειακή τοπογραφία.....	30
1.4.3 Απεικονιστικές εξετάσεις.....	34
1.4.4 Προληπτική κλινική εξέταση.....	36
1.5 ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	38
1.6 ΘΕΡΑΠΕΙΑ.....	42
1.6.1. Χρήση κηδεμόνων	42
1.6.2. Χειρουργική θεραπεία	44
1.7 ΠΡΟΛΗΨΗ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο. ΣΚΟΠΟΣ	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	53
3.1 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	53
3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ.....	54
3.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	59
4.1 ΜΕΣΟ ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΜΟΙΡΑΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ	61
4.1.1 Αγόρια.....	61
4.1.2 Κορίτσια.....	68
4.2 ΘΩΡΑΚΟΟΣΦΥΪΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ.....	75
4.2.1 Αγόρια.....	76
4.2.2 Κορίτσια.....	83
4.3. ΟΣΦΥΪΚΗ ΜΟΙΡΑ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ	90
4.3.1. Αγόρια.....	90
4.3.2 Κορίτσια.....	96
4.4. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο. ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ.....	115
7.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ.....	115
7.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	119

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Μέτρηση γωνίας Cobb. Τροποποιημένο από Cheng et al (1).....	22
Εικόνα 2. Η μέτρηση της γωνίας κλίσης με το σκολιόμετρο καθορίζει ποιο ασθενείς θα χρειαστούν περαιτέρω έλεγχο με ακτινογραφία. Τροποποιημένο από Horne et al (43). .	32
Εικόνα 3. Τοπογραφική ανάλυση και υπολογιστική απεικόνιση από το σύστημα Formetrics 4D. Τροποποιημένο από Frerich et al (45).....	33
Εικόνα 4. Διαγνωστικές δοκιμασίες της σκολίωσης. (a) Επισκόπηση ασθενούς με δεξιά θωρακική και αριστερή οσφυϊκή σκολίωση. Διακρίνεται ανύψωση της δεξιάς ωμοπλάτης, ασυμμετρία στη μέση και στροφή του θωρακικού κλωβού προς τα δεξιά. (b) Δοκιμασία επίκυψης: Δεξιός θωρακικός ύβος. Μέτρηση της στροφής του κορμού με σκολιόμετρο. (c) Τοπογραφία Moire (φωτοστερεομετρική μέθοδος που δείχνει την ασυμμετρία της ράχης). Τροποποιημένο από Cheng et al (1).	38
Εικόνα 5. Η σταδιοποίηση Risser χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της οστεοποίησης της λαγόνιας ακρολοφίας. Στάδιο 1: 25% οστεοποίηση. Στάδιο 2: 50% οστεοποίηση. Στάδιο 3: 75% οστεοποίηση. Στάδιο 4: 100% οστεοποίηση. Στάδιο 5: Συνένωση με το λαγόνιο. Τροποποιημένο από Horne et al (43).	39
Εικόνα 6. Ταξινόμηση της σκολίωσης ανάλογα με τη θέση του κυρτώματος. (a) Θωρακική (b) Θωρακοοσφυϊκή (c) Οσφυϊκή. Τροποποιημένο από Cheng et al (1)...	40
Εικόνα 7. Τοποθέτηση θωρακοοσφυϊκού κηδεμόνα σε ασθενή με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση. Τροποποιημένο από Cheng et al (1).	44
Εικόνα 8. Προεγχειρητική και μετεγχειρητική εικόνα ασθενούς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση που υπεβλήθη σε σπονδυλοδεσία. Τροποποιημένο από Cheng et al (1)....	45
Εικόνα 9. Διαδικασία μέτρησης σκολίωσης με το σκολιόμετρο Bunnell.	55
Εικόνα 10. Μέτρηση της ασυμμετρίας του κορμού σε εφήβους με ιδιοπαθή σκολίωση με τη χρήση του συστήματος Diers Formetrics 4D.	56

Εικόνα 11. Μέτρηση της ασυμμετρίας του κορμού σε εφήβους με ιδιοπαθή σκολίωση με τη χρήση του συστήματος Diers Formetrics 4D.	57
Εικόνα 12. Ασθενής με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση και την κορυφή του κυρτώματος στον Θ11.	75
Εικόνα 13. Απεικόνιση διπλού θωρακοσφυϊκού σκολιωτικού κυρτώματος	75

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. ΙΔΙΟΠΑΘΗΣ ΕΦΗΒΙΚΗ ΣΚΟΛΙΩΣΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σκολίωση περιγράφηκε αρχικά από τους Έλληνες γιατρούς Ιπποκράτη (460-370 π.Χ.) και Γαληνό (131-201 μ.Χ.) περίπου 2 χιλιετίες πριν. Η σκολίωση ορίζεται ως μια τρισδιάστατη δομική παραμόρφωση της σπονδυλικής στήλης και διαγιγνώσκεται με βάση τη μέτρηση των κύριων κυρτωμάτων που περιλαμβάνουν την παραμόρφωση. Αυτή η μέτρηση γίνεται παραδοσιακά με τη μέθοδο Cobb η οποία σχηματίζεται μεταξύ μιας γραμμής που περνάει παράλληλα με την ανώτερη ακραία πλάκα του άνω σπονδύλου που περιλαμβάνεται στο σκολιωτικό κύρτωμα και μια γραμμή που είναι παράλληλη με την κατώτερη ακραία πλάκα του κατώτερου σπόνδυλου του ίδιου κυρτώματος (εικόνα 1). Η σκολίωση ορίζεται ως παραμόρφωση όπου η γωνία Cobb είναι $\geq 10^\circ$. Εκτός από τα σπονδυλικά κυρτώματα, η σκολίωση συχνά συσχετίζεται με ασυμμετρίες του κορμού και των άκρων (1).

Η σκολίωση εμφανίζεται σε περίπου 3% των ανθρώπων. Στις Η.Π.Α., η σκολίωση επηρεάζει το 2 - 3% του πληθυσμού, το οποίο ισοδυναμεί με περίπου 5 έως 9 εκατομμύρια περιπτώσεις. Γωνία Cobb 10° ή λιγότερο απαντάται στο 1,5% έως 3% των ατόμων. Η ηλικία έναρξης της σκολίωσης είναι συνήθως μεταξύ 10 ετών και 15 ετών (μπορεί να συμβεί σε νεότερη ηλικία) σε παιδιά και εφήβους, που αποτελούν το 85% των διαγνωσμένων. Οι γυναίκες συνήθως επηρεάζονται περισσότερο από τους άνδρες (2).

Η αιτία των περισσότερων περιπτώσεων σκολίωσης είναι άγνωστη, αλλά πιστεύεται ότι περιλαμβάνει έναν συνδυασμό γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Υπολογίζεται ότι το 65% των περιπτώσεων σκολίωσης είναι ιδιοπαθής, περίπου το 15% είναι συγγενής και περίπου το 10% είναι δευτερογενής λόγω νευρομυϊκής νόσου (3). Πολλές αιτίες της σκολίωσης περιλαμβάνουν νευρομυϊκά και κληρονομικά νοσήματα. Η *δευτερογενής σκολίωση* λόγω νευρολογικών

καταστάσεων μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια μυϊκής στήριξης της σπονδυλικής στήλης, έτσι ώστε η σπονδυλική στήλη να αποκλίνει σε μη φυσιολογικές κατευθύνσεις. Ορισμένες καταστάσεις που μπορεί να προκαλέσουν δευτερογενή σκολίωση περιλαμβάνουν τη μυϊκή δυστροφία, την πολιομυελίτιδα, την εγκεφαλική παράλυση, τον τραυματισμό του νωτιαίου μυελού και τη μυοτονία. Η σκολίωση μπορεί να συσχετιστεί με δυσπλασία Arnold - Chiari, νόσο Charcot – Marie - Tooth, διαταραχές συνδετικού ιστού, αταξία Friedreich, σύνδρομο Loeys - Dietz, σύνδρομο Ehlers - Danlos, σύνδρομο Marfan, νευροϊνωμάτωση, ατελή οστεογένεση, σύνδρομο Prader - Willi και συριγγομυελία. Μια άλλη μορφή δευτερογενούς σκολίωσης είναι η **εκφυλιστική σκολίωση**, η οποία αναπτύσσεται αργότερα δευτεροπαθώς λόγω εκφυλιστικών διαταραχών (4).

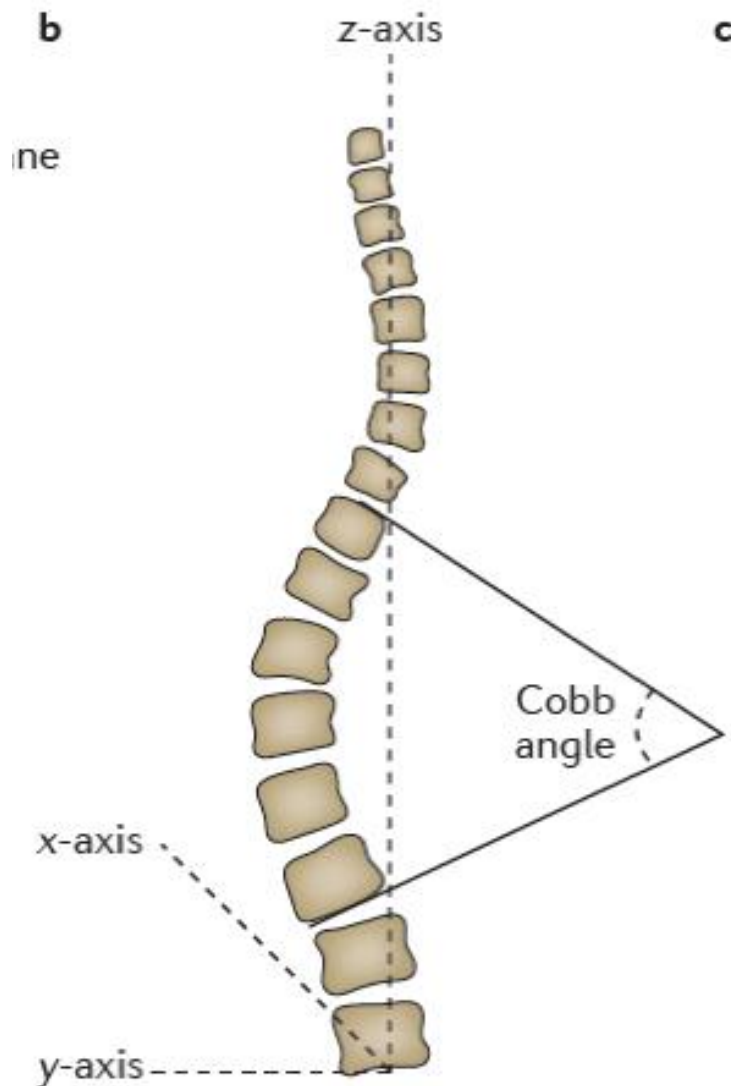
Η σκολίωση ταξινομείται σε βρεφική (0 – 3 έτη), παιδική (4 – 9 έτη), εφηβική (10 έτη ως τη σύγκλιση των επιφυσιακών πλακών) και ενηλίκων (άνω των 18 ετών). Η **ιδιοπαθής εφηβική σκολίωση** είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος σκολίωσης. Η κατάσταση αρχίζει στις αρχές της εφηβείας, απαντάται στο 1 - 4% των εφήβων και επηρεάζει δυσανάλογα τα νεαρά κορίτσια. Η ιδιοπαθής σκολίωση υποδηλώνει κύρτωμα άγνωστης αιτιολογίας, σε αντίθεση με συγγενείς, νευρομυϊκούς και άλλους τύπους σκολίωσης που έχουν πλέον ταυτοποιηθεί γνωστοί υποκείμενοι μηχανισμοί. Η ιδιοπαθής εφηβική σκολίωση μπορεί να ταξινομηθεί σύμφωνα με διαφορετικά κριτήρια, συμπεριλαμβανομένης της ηλικίας έναρξης και τη θέσης του μέγιστου κυρτώματος.

1.2 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

1.2.1 Γεωγραφική κατανομή

Ο επιπολασμός της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης σχετίζεται με τη γεωγραφία. Η ιδιοπαθής εφηβική σκολίωση είναι πιο διαδεδομένη σε περιοχές που βρίσκονται σε υψηλά βόρεια γεωγραφικά πλάτη από ό, τι σε περιοχές με μικρότερο γεωγραφικό πλάτος (5). Μια μετα-ανάλυση του 2010, που περιέλαβε 36 μελέτες από 17 χώρες που είχαν αξιολογήσει τον έλεγχο σκολίωσης υπολόγισε τον παγκόσμιο επιπολασμό της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης (6). Ο παγκόσμιος επιπολασμός των σπονδυλικών κυρτωμάτων $\geq 10^\circ$ ήταν 1,34% (95% CI: 0,98-1,70%). Ωστόσο, ο επιπολασμός μπορεί να ποικίλλει μεταξύ των μελετών και των χωρών. Για παράδειγμα, για την Ισπανία διαπιστώθηκε επιπολασμός 0,7-7,5%, στη Βόρεια Αμερική το εύρος αυτό ήταν 0,4-3,9%, στην Ασία το εύρος ήταν 0,4-2,5%, στο Ισραήλ ο επιπολασμός εκτιμάται ότι είναι 0,1%, στη Μέση Ανατολή το ποσοστό είναι 1,9% και ο αναφερόμενος επιπολασμός στην Αυστραλία ήταν 1,9%. Επιπλέον, ο επιπολασμός των σπονδυλικών κυρτωμάτων $\geq 20^\circ$, ο οποίος ορίζει τους ασθενείς που χρειάζονται κλινική παρακολούθηση, ήταν 0,22% (95% CI: 0,15-0,30%) και ο επιπολασμός των ατόμων που είχαν υποβληθεί σε θεραπεία για σκολίωση είτε συντηρητική είτε χειρουργική ήταν 0,07% (95% CI: 0-0,13%).

Η σημαντική ετερογένεια του επιπολασμού της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης στις μελέτες μπορεί να οφείλεται σε σημαντικές διαφορές στις ηλικιακές ομάδες που είχαν στοχεύσει στις διάφορες μελέτες, καθώς και κατά πόσο το follow-up πραγματοποιήθηκε μέχρι τη σκελετική ωριμότητα. Μελέτη στο Χονγκ Κονγκ που αξιολόγησε παιδιά ηλικίας από 10 ετών μέχρι τη σκελετική ωριμότητα σε ηλικία 19 ετών ανέφερε ότι ο επιπολασμός των σπονδυλικών κυρτωμάτων κατά την εφηβεία ήταν 2,5% (95% CI: 2,4-2,6%) (7). Η ίδια μελέτη ανέφερε ότι ο επιπολασμός των σπονδυλικών κυρτωμάτων $\geq 20^\circ$ κατά την εφηβεία ήταν 1,4% (95% CI: 1,3-1,5%) και ο επιπολασμός των ατόμων που είχαν υποβληθεί σε θεραπεία για σκολίωση ήταν 0,33% (95% CI: 0,3-0,4%).



Εικόνα 1. Μέτρηση γωνίας Cobb. Τροποποιημένο από Cheng et al (1).

1.2.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Η συχνότητα της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης συνδέεται επίσης με το φύλο και την ηλικία των ασθενών. Η ιδιοπαθής εφηβική σκολίωση είναι πιο διαδεδομένη στα κορίτσια παρά στα αγόρια, αλλά ο εκτιμώμενος λόγος επικράτησης των κοριτσιών σε αγόρια κυμαίνεται από 1:11,5 έως 1:11 λόγω των προαναφερθέντων διαφορών στο σχεδιασμό των μελετών (8). Για παράδειγμα, η μελέτη του Χονγκ Κονγκ έδειξε ότι κατά τη διάρκεια της εφηβείας, η ιδιοπαθής εφηβική σκολίωση ήταν πιο συχνή στα κορίτσια από ό,τι στα αγόρια με αναλογίες φύλου 1:2,7 για σπονδυλικά κυρτώματα $\geq 10^\circ$, 1:4,5 για σπονδυλικά κυρτώματα $\geq 20^\circ$, και 1:8.4 για σπονδυλικά κυρτώματα $\geq 40^\circ$ (7).

Περίπου το 80% των ασθενών με ιδιοπαθή σκολίωση διαγιγνώσκονται κατά την εφηβεία τους, η οποία ορίζεται ως ηλικία 10 ετών μέχρι τη σκελετική ωριμότητα (9). Οι ασθενείς στους οποίους η σπονδυλική στήλη αναπτύσσεται είναι πιο πιθανό να παρουσιάσουν εξέλιξη της κατάστασης, δηλαδή να έχουν σοβαρότερα κυρτώματα της σπονδυλικής στήλης. Ο κίνδυνος να φτάσει η γωνία Cobb τις 30° είναι υψηλότερος σε σκελετικά ανώριμους ασθενείς που έχουν ήδη γωνία Cobb > 25°, ενώ ο κίνδυνος αυτός είναι χαμηλότερος σε ασθενείς που έχουν μικρότερη αρχική γωνία Cobb και είναι μεγαλύτερης ηλικίας, μεγαλύτερου αναστήματος ή βρίσκονται μετά την εμμηναρχή (10).

1.3 ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Έχουν προταθεί διάφορες υποθέσεις για την παθογένεια της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης. Αυτές οι υποθέσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν σε έξι κύριες κατηγορίες με βάση τον τύπο της διαταραχής που περιγράφουν: γενετική, κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ), σκελετική ανάπτυξη του νωτιαίου μυελού και μεταβολισμός των οστών, μεταβολικές οδοί, βιομηχανική και άλλες (11, 12).

1.3.1 Κληρονομικότητα

Οι γενετικές παραλλαγές που είναι υπεύθυνες για την ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση παραμένουν ελάχιστα κατανοητές, παρά τις ισχυρές ενδείξεις ότι η πάθηση έχει γενετική βάση. Η κληρονομικότητα της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης αποδεικνύεται από τον αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης της νόσου σε συγγενείς πρώτου βαθμού των ατόμων με την πάθηση (με ποσοστό 6-11%) και από μελέτες σε διδύμους που δείχνουν υψηλότερα ποσοστά συνύπαρξης της νόσου σε μονοζυγωτικά δίδυμα (73%), συγκριτικά με τα διζυγωτικά δίδυμα (36%) (13, 14). Σουηδική μελέτη εκτιμά ότι το 38% του κινδύνου ανάπτυξης σκολίωσης είναι αποτέλεσμα γενετικών επιπτώσεων και 62% του κινδύνου είναι αποτέλεσμα περιβαλλοντικών επιπτώσεων (15). Ωστόσο, οι περισσότεροι ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση δεν ακολουθούν τον κλασικό τρόπο μεντελιανής κληρονομικότητας και αυτή η αδυναμία να εντοπιστούν τα αιτιολογικά γονίδια υποστηρίζει ένα περίπλοκο τρόπο κληρονομικότητας.

Η πολυπαραγοντική συμβολή της κληρονομικότητας στην ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση υποστηρίζεται επίσης από γενεαλογικές αναλύσεις που δείχνουν ότι οι άνδρες ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση είναι πιο πιθανό να έχουν αδέρφια και παιδιά με σκολίωση από τις γυναίκες ασθενείς, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι άνδρες μπορεί να απαιτούν μεγαλύτερο αριθμό γενετικών παραγόντων κινδύνου για να πάσχουν από τη νόσο (16, 17).

Μελέτες του γονιδιώματος έχουν δώσει σημαντικές πληροφορίες για την παθογένεια της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης, κυρίως για απλούς νουκλεοτιδικούς πολυμορφισμούς. Έχει διαπιστωθεί ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης και πολυμορφισμών του μορίου LBX1, το οποίο κωδικοποιεί έναν παράγοντα μεταγραφής homeobox που εμπλέκεται στη μετανάστευση των μυϊκών κυττάρων (18). Πολυμορφισμός του γονιδίου ADGRG6, το οποίο είναι απαραίτητο για τη νευρική, καρδιακή και ακουστική ανάπτυξη, έχει συσχετισθεί με την ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση. Είναι ενδιαφέρον ότι η πρωτεΐνη που κωδικοποιείται από το ADGRG6 ρυθμίζει επίσης το ανθρώπινο ύψος και συνδέεται με το κολλαγόνο, οι οποίες είναι λειτουργίες που υποστηρίζουν τους πιθανούς ρόλους αυτής της πρωτεΐνης στην ανάπτυξη της σπονδυλικής στήλης ή τη σταθερότητα της εξωκυττάριας ουσίας. Η βάση για τη γυναικεία προδιάθεση της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης δεν έχει ερευνηθεί συστηματικά, αν και οι μεγάλες γονιδιακές έρευνες έχουν εντοπίσει νουκλεοτιδικό πολυμορφισμό που συνδέεται με τη νόσο στις νέες γυναίκες αλλά όχι στους νεαρούς άνδρες (19).

Οι σπάνιες μεταλλάξεις στη φμπριλλίνη 1 (FBN1) και FBN2 - τα γονίδια που ευθύνονται για το σύνδρομο Marfan και τη συγγενή αραχνοδακτυλία, αντιστοίχως - βρέθηκαν στο 7,6% των ασθενών με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση σε σύγκριση με 2,4% των μαρτύρων και επίσης συσχετίστηκαν με την εξέλιξη της σοβαρότητας του σπονδυλικού κυρτώματος (20). Οι φμπριλλίνες μπορεί να επηρεάσουν την παθογένεση της σκολίωσης μέσω της λειτουργίας τους ως πρωτεϊνών εξωκυττάριας μήτρας ή μέσω του ρόλου τους στον TGF-β.

1.3.2 Διαταραχή του κεντρικού νευρικού συστήματος

Διάφορες μορφολογικές και λειτουργικές διαταραχές του κεντρικού νευρικού συστήματος έχουν δυναμική συσχέτιση με την αιτιοπαθογένεση της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης. Έχουν αναφερθεί μη φυσιολογικές νευροφυσιολογικές λειτουργίες, όπως ανώμαλα σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά, οι οποίες σχετίζονται με την κατεύθυνση και την εξέλιξη του σπονδυλικού κυρτώματος (21). Οι μη φυσιολογικές νευροφυσιολογικές λειτουργίες σε ασθενείς με ιδιοπαθή

εφηβική σκολίωση περιλαμβάνουν επίσης την αστάθεια υπό στατικές και δυναμικές συνθήκες, την διαταραχή της ιδιοδεκτικότητας, την οφθαλμική και την αιθουσαία δυσλειτουργία (22).

Επιπλέον, έχουν παρατηρηθεί σημαντικές νευρομορφικές ανωμαλίες που σχετίζονται με την ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση τόσο στον εγκέφαλο όσο και στο νωτιαίο μυελό. Στους ασθενείς αυτούς, η θέση του νωτιαίου μυελού τείνει να μετατοπίζεται στην κοίλη πλευρά, καθώς ο νωτιαίος μυελός έχει στρεβλωμένο σχήμα στην κορυφή του κυρτώματος (23). Αυτές οι παρατηρήσεις υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η ασύγχρονη ή μη συζευγμένη νευρο-οστική ανάπτυξη συμβάλλει στην παθογένεια της νόσου. Οι ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση έχουν μεγαλύτερο δείκτη ασυμμετρίας μεταξύ των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και μειωμένη δομική συνδεσιμότητα μεταξύ ημισφαιρίων σε σύγκριση με φυσιολογικά άτομα (24).

1.3.3 Διαταραχή της σκελετικής ανάπτυξης και της οστικής ποιότητας

Μια υπόθεση που εξηγεί την παθογένεια της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης είναι ότι η δυσλειτουργική αλληλεπίδραση μεταξύ συγκεκριμένων γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων θα μπορούσε να οδηγήσει σε μη φυσιολογική ρύθμιση της ανάπτυξης των οστών, του οστικού μεταβολισμού της οστικής αναδιαμόρφωσης. Αυτές οι ανωμαλίες μπορούν να λειτουργήσουν μέσω διαφορετικών βιολογικών και εμβιομηχανικών οδών και μπορεί να εκφραστούν φαινοτυπικά ως συστηματική οστεοπενία, ανώμαλη επιμετάλλωση των οστών και διαταραχή της οστικής μικρο-αρχιτεκτονική των οστών. Αυτές οι εκφράσεις θα μπορούσαν με τη σειρά τους να επηρεάσουν τη μηχανική αντοχή των οστών και να συμβάλουν στην έναρξη και την πρόοδο της σπονδυλικής παραμόρφωσης σε ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση κατά την περίοδο ταχείας ανάπτυξης στην πρώιμη εφηβεία.

Οι ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση τείνουν να είναι ψηλότεροι από τους φυσιολογικούς και να έχουν μακρύτερα άνω και κάτω άκρα. Η υπέρμετρη ανάπτυξη και η ασύμμετρη μορφολογία των σκελετικών χαρακτηριστικών πέραν της σπονδυλικής στήλης, συμπεριλαμβανομένων των πλευρών που καταλήγουν στην κορυφή του κυρτώματος, του μήκους του βραχίονα, της ασυμμετρίας του κορμού και

του ύψους του λαγονίου, έχουν αναφερθεί σε ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση και έχει βρεθεί ότι σχετίζονται σημαντικά με την σπονδυλική στροφή και το κύρτωμα (25).

Τα άτομα με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση έχουν μικρότερο σωματικό βάρος και χαμηλότερο δείκτη μάζας σώματος από τα φυσιολογικά. Σε αυτό το πλαίσιο, το χαμηλότερο σωματικό βάρος προκαλείται από τη μείωση τόσο του σωματικού λίπους όσο και της μυϊκής μάζας (26). Μεγάλη προοπτική μελέτη ανέφερε ότι οι μειώσεις της λεπτίνης και της λιπώδους μάζας συνδέονταν με αυξημένο κίνδυνο σκολίωσης (27). Αυτά τα αποτελέσματα, μαζί με στοιχεία που δείχνουν ότι υπάρχει αφύσικα χαμηλή ελεύθερη βιοδιαθεσιμότητα λεπτίνης σε ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση, υποστηρίζουν την πρόταση ότι η λεπτίνη ως ρυθμιστής της σκελετικής ανάπτυξης, του οστικού μεταβολισμού και ομοιόστασης μπορεί να παίζει ρόλο στην παθογένεια της νόσου (28, 29).

Η χαμηλή οστική πυκνότητα (οστεοπενία) έχει απαντηθεί στο 36-38% των κοριτσιών με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση. Αυτή η οστεοπενία μπορεί να παραμείνει στην ενηλικίωση αν δεν αντιμετωπιστεί και αποτελεί σημαντικό προγνωστικό παράγοντα για την εξέλιξη του κυρτώματος στην ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση (30).

1.3.4 Διποδισμός και τρισδιάστατη παραμόρφωση της σπονδυλικής στήλης

Μια αναδυόμενη θεωρία για το πώς μπορεί να αναπτυχθεί η ιδιοπαθής εφηβική σκολίωση σχετίζεται με την εμβιομηχανική που σχετίζεται με τον ανθρώπινο διποδισμό. Παρόλο που έχουν παρατηρηθεί παραμορφώσεις στη σπονδυλική στήλη και σε ζώα, η πραγματική ιδιοπαθής σκολίωση υπάρχει μόνο στους ανθρώπους (31). Ενώ η σπονδυλική ανατομία των ανθρώπων και άλλων σπονδυλωτών είναι παρόμοια, η εμβιομηχανική φόρτιση της ανθρώπινης σπονδυλικής στήλης διαφέρει πολύ από τα άλλα είδη. Οι άνθρωποι έχουν τη μοναδική δυνατότητα να εκτείνουν ταυτόχρονα τόσο τα ισχία όσο και τα γόνατα. Αυτό, σε συνδυασμό με μια λорδωτική καμπυλότητα που ξεκινάει μεταξύ των ισχιακών και των λαγόνιων οστών και συνεχίζει στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, τοποθετεί το ανθρώπινο κέντρο βάρους ακριβώς πάνω από την πύελο. Όλα τα άλλα σπονδυλωτά,

συμπεριλαμβανομένων εκείνων που στηρίζονται στα δυο πόδια, στερούνται αυτές τις λορδωτικές καμπύλες και, αντίθετα, περπατούν με λυγισμένα ισχία και γόνατα - τοποθετώντας το κέντρο βάρους του κορμού μπροστά από τα ισχία (32).

Αυτές οι διαφορές έχουν σοβαρές συνέπειες για τις εμβιομηχανικές δυνάμεις που επηρεάζουν την ανθρώπινη σπονδυλική στήλη. Η σπονδυλική στήλη, με βάση την ανατομία της, είναι ικανή να αντέχει σε αξονικά και πρόσθια φορτία, αλλά ως αποτέλεσμα της θέσης της ορισμένες περιοχές της ανθρώπινης σπονδυλικής στήλης έχουν κλίση προς τα πίσω και υπόκεινται σε φορτία που κατευθύνονται προς τα πίσω. Η έρευνα έχει υποδείξει την πιθανότητα αυτά τα οπίσθια φορτία διάτμησης να μειώνουν τη στροφική ακαμψία της σπονδυλικής στήλης (33). Έτσι, η σταθερότητα της στροφής εξαρτάται προφανώς από το αν οι σπόνδυλοι φορτίζονται κατά την πρόσθια ή την οπίσθια κατεύθυνση, η οποία με τη σειρά της μπορεί να εξαρτάται από το αν οι μεμονωμένοι σπόνδυλοι είναι κεκλιμένοι προς τα εμπρός ή προς τα πίσω στο οριζόντιο επίπεδο. Αυτό το οβελιαίο προφίλ διαφέρει σημαντικά μεταξύ των κοριτσιών και των αγοριών, ιδιαίτερα κατά την εφηβεία, όπου τα κορίτσια έχουν μεγαλύτερο οπίσθιο κεκλιμένο επίπεδο της σπονδυλικής στήλης και επομένως λιγότερη στροφική σταθερότητα από τα αγόρια (34). Αυτό, ενδεχομένως, μπορεί να εξηγήσει την κυριαρχία της σκολίωσης στα κορίτσια και την ανάπτυξή της κατά τη διάρκεια αυτής της κρίσιμης φάσης της ζωής.

1.3.5 Διαταραχή μεταβολικών οδών

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, αρκετοί ορμονικοί και μεταβολικοί παράγοντες έχουν συσχετιστεί με την εμφάνιση και ανάπτυξη της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συσχέτιση μεταξύ της οστεοπενίας και της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι διαταραχές που επηρεάζουν τον μεταβολισμό των οστών θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ανάπτυξη της νόσου (35). Μία σημαντική δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι περισσότερες μεταβολικές μελέτες για την ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση είναι η φαινοτυπική και γενετική ανομοιογένεια της νόσου. Επιπλέον, είναι δύσκολο να προσδιοριστούν οι ρόλοι των δεικτών οστικού μεταβολισμού στην παθογένεια της νόσου επειδή δεν είναι ειδικοί για τη νόσο και οι μεταβολικές αλλαγές που

υποδεικνύουν θα μπορούσαν να αντανακλούν τις συνέπειες της αλληλεπίδρασης μεταξύ πολλαπλών γονιδίων και περιβαλλοντικών παραγόντων. Για παράδειγμα, η μειωμένη συγκέντρωση λεπτίνης στον ορό των ασθενών με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση μπορεί να συμβάλει στη μείωση της οστικής μάζας, η οποία παρατηρείται συνήθως στις γυναίκες ασθενείς (36). Πράγματι, οι Alonso-Vale et al έδειξαν ότι η αυξημένη κυτταροπλασματική cAMP αναστέλλει έντονα τη σύνθεση λεπτίνης, η οποία φυσιολογικά μπορεί να προληφθεί από τη δραστηριότητα σηματοδότησης της μελατονίνης μέσω της αλληλεπίδρασής της με υποδοχείς μελατονίνης τύπου MT1 (37). Αυτό το εύρημα υποδηλώνει ότι η μείωση των επιπέδων της λεπτίνης στους ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση μπορεί να είναι συνέπεια μεγαλύτερης μεταβολικής δυσλειτουργίας, παρά την αιτία της κατάστασης.

1.4 ΔΙΑΓΝΩΣΗ

Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν επιτρέψει την επεξεργασία των διαρθρωτικών αλλαγών της σπονδυλικής στήλης που χαρακτηρίζουν τη σκολίωση. Από το 1904, έχει αναγνωριστεί η τρισδιάστατη φύση της παραμόρφωσης της σκολίωσης. Ωστόσο, δεν υπήρξαν πιο συγκεκριμένες ακτινολογικές περιγραφές της νόσου μέχρι τη δεκαετία του 1980 (38). Μόνο μετά τη διάθεση της αξονικής τομογραφίας κατέστη δυνατή η πιο ακριβής τρισδιάστατη ανασύνθεση της σπονδυλικής στήλης. Ως αποτέλεσμα αυτής της προόδου, η κλασική περιγραφή της σκολίωσης εξελίσσεται προς ένα τρισδιάστατο χαρακτηρισμό που περιλαμβάνει επίσης την ευθυγράμμιση σε οβελιαίο επίπεδο και την αξονική στροφή στο οριζόντιο επίπεδο. Αυτές οι τρισδιάστατοι παράμετροι θα μπορούσαν να είναι σημαντικές στην πρόβλεψη της εξέλιξης των σκολιωτικών κυρτωμάτων στις πρώτες φάσεις της νόσου (39).

1.4.1 Κλινική εξέταση

Κλινικά, η ιδιοπαθής εφηβική σκολίωση μπορεί να εκδηλωθεί ως ασυμμετρία του ύψους των ώμων και μετατόπιση του κορμού με αναφορά στο κέντρο της πυέλου. Επιπλέον, κατά τη δοκιμασία της επίκυψης (Adam's test), εμφανίζεται ύψος, λόγω του στροφικού στοιχείου της σκολίωσης. Από το πλάι, οι ασθενείς μπορεί να έχουν φυσιολογική εμφάνιση ή ελαφριά κύφωση της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης.

1.4.2 Επιφανειακή τοπογραφία

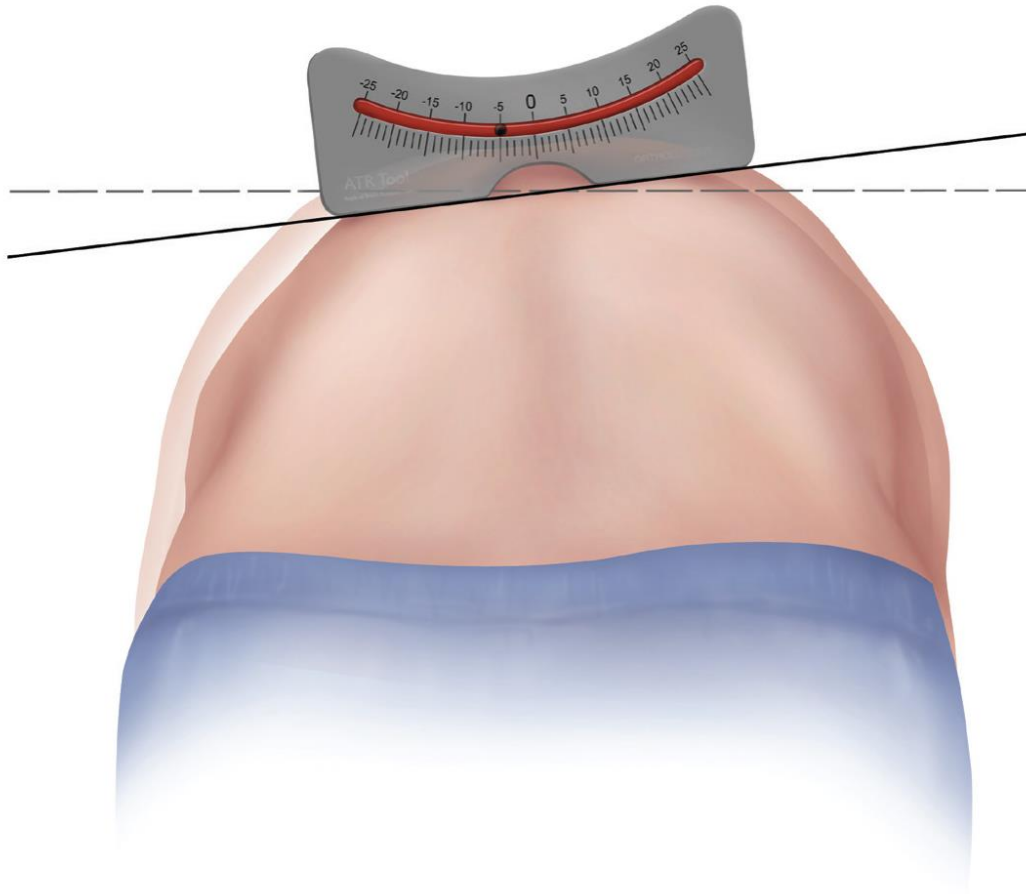
1.4.2.1 Σκολιόμετρο

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την αξιολόγηση μη επεμβατικών εξετάσεων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της σκολίωσης. Από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 η χρήση του κλασικού σκολιόμετρου κατέστη ιδιαίτερα διαδεδομένη σε ό,τι αφορά τη μέτρηση της στροφικής παραμόρφωσης του κορμού σε σκολιωτικούς ασθενείς λόγω της μεγαλύτερης ευαισθησίας της ως κλινικής εξέτασης σε σχέση με

τη μέτρηση της γωνίας Cobb. Ο εξεταζόμενος σκύβει προς τα εμπρός φέρνοντας τον κορμό παράλληλα με το δάπεδο. Το σκολιόμετρο τοποθετείται στον θωρακικό κλωβό και υπολογίζεται ο μεγαλύτερος βαθμός στροφικής παραμόρφωσης (εικόνα 2). Η ίδια διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί και στην οσφυϊκή περιοχή.

Σύμφωνα όμως με δημοσιευμένες μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία τα δεδομένα των μετρήσεων είναι χαμηλής αξιοπιστίας καθότι η ευαισθησία και η ειδικότητα των μετρήσεων ποικίλουν ανάλογα με τη δεξιότητα του εξεταστή και τη θέση του εξεταζόμενου. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται ότι τα αποτελέσματα στις μετρήσεις με το κλασικό σκολιόμετρο ποικίλουν τόσο, όσο και η επαναληψιμότητα των μετρήσεων.

Ο Bunnel θεώρησε ότι το σκολιόμετρο (Scoliometer) (National Scoliosis Foundation, Watertown, MA), ένα κλισιόμετρο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της στροφής του κορμού κατά τη διάρκεια της επίκυψης, θα μπορούσε να καταδείξει την εξέλιξη του κυρτώματος και κατά συνέπεια να αποτελέσει έναν πρακτικό τρόπο μείωσης της έκθεσης στις ακτίνες X. Περιέγραψε το σκολιόμετρο ως έγκυρο μέσο ανίχνευσης για την εκτίμηση του μεγέθους του κυρτώματος (40). Ωστόσο, η προσεκτική εξέταση των δεδομένων του αποκαλύπτει ότι η ευαισθησία και η ειδικότητα του σκολιόμετρου είναι μόνο 23% και 48% αντίστοιχα (41). Μια άλλη μελέτη εγκυρότητας ανέφερε ότι η ευαισθησία και η ειδικότητα του σκολιόμετρου ποικίλλει ανάλογα με τα επιλεγμένα κριτήρια. Οι Amendt et al συμπέραναν ότι με επίπεδα στροφής του κορμού 5° ή περισσότερο, το σκολιόμετρο έχει 98% ευαισθησία και 29% ειδικότητα στην ανίχνευση κυρτωμάτων μεγαλύτερων από 20°. Ωστόσο, η ευαισθησία μειώνεται στο 51% και η ειδικότητα αυξάνεται σε 96% όταν ανιχνεύονται κυρτώματα 10° (42).

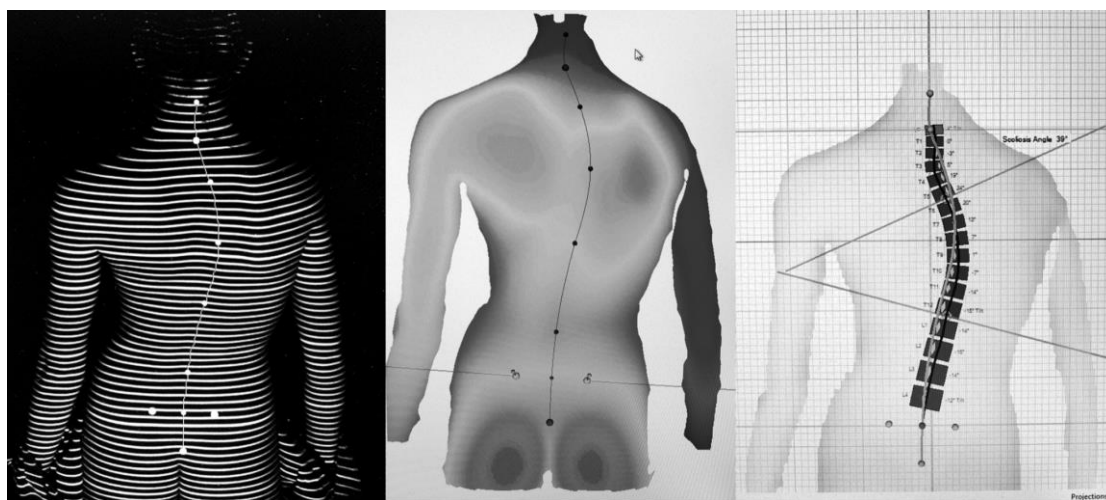


Εικόνα 2. Η μέτρηση της γωνίας κλίσης με το σκολιόμετρο καθορίζει ποιο ασθενείς θα χρειαστούν περαιτέρω έλεγχο με ακτινογραφία. Τροποποιημένο από Horne et al (43).

1.4.2.2 Formetrics 4D

Ο πρωταρχικός στόχος των συστημάτων της επιφανειακής τοπογραφίας είναι η μείωση της ανάγκης λήψης ακτινογραφιών, η μείωση της έκθεσης των εξεταζομένων σε ακτινοβολία και η παροχή τρισδιάστατης καταγραφής, σε αντίθεση με τις ακτινογραφίες, οι οποίες παρέχουν πληροφορίες μόνο επί των δύο διαστάσεων. Τα **συστήματα επιφανειομέτρησης** που έχουν αναφερθεί είναι τα ακόλουθα: Moiré Topography (1970), Integrated Shape Imaging System (1986), Raster Stereophotography (1988), InSpeck (1994), Quantec Shape Imaging System (1995), Formetric 3D (1996), Integrated Shape Imaging System 2 (2003), Milwaukee Topographic System (2009).

Τα τελευταία χρόνια, εξελίχθηκε στην Γερμανία και χρησιμοποιήθηκε και σε άλλες χώρες το σύστημα Formetrics 4D της Diers Medical Systems. Όπως συμβαίνει και με άλλα συστήματα επιφανειακής τοπογραφίας, το σύστημα αυτό προβάλλει ρίγες λευκού φωτός (raster lines) στην οπίσθια επιφάνεια του κορμού ασθενούς σε όρθια θέση και λαμβάνει ψηφιακή φωτογραφία της εικόνας για να αξιολογήσει εντοπισμένη επιφανειακή ασυμμετρία. Σε παχύσαρκους ασθενείς, εξωτερικοί δείκτες μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από τα ανατομικά οδηγία σημεία που ψηλαφήθηκαν κάτω από το δέρμα από τον κλινικό ιατρό. Το μηχάνημα τότε συγκρίνει την παρατηρούμενη επιφανειακή τοπογραφία με μια βάση δεδομένων χιλιάδων ακτινολογικών και τοπογραφικών μετρήσεων σκολιωτικών ασθενών, χρησιμοποιώντας έναν πολύπλοκο αλγόριθμο για να δημιουργήσει μια τρισδιάστατη αναπαραγωγή της σπονδυλικής στήλης του ασθενούς, αποφεύγοντας να τον εκθέσει σε επικίνδυνη ακτινοβολία (εικόνα 3) (44). Η εξέταση αυτή θεωρείται σήμερα απαραίτητη για την εκτίμηση και παρακολούθηση της σκολίωσης.



Εικόνα 3. Τοπογραφική ανάλυση και υπολογιστική απεικόνιση από το σύστημα Formetrics 4D. Τροποποιημένο από Frerich et al (45).

Επιπλέον, η συσκευή λαμβάνει δυο φωτογραφίες το δευτερόλεπτο για χρονική περίοδο 6 sec. Οι 12 φωτογραφίες που προκύπτουν αξιολογούνται από το λογισμικό του υπολογιστή διορθώνοντας ενδεχόμενα σφάλματα λόγω κινήσεων του ασθενούς κατά τη διάρκεια της μέτρησης, καθιστώντας το σύστημα Formetrics 4D ιδιαίτερα

αξιόπιστο. Το τρισδιάστατο μοντέλο που αναπαράγεται από τον αλγόριθμο μπορεί εν συνεχεία να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της γωνίας Cobb και την αξιολόγηση της σκολίωσης, και ο ασθενής μπορεί να υποβληθεί σε επαναλαμβανόμενες σαρώσεις με την πάροδο του χρόνου ως μια μέθοδος παρακολούθησης για την εξέλιξη του κυρτώματος. Στην ιδανική περίπτωση, όταν η συσκευή Formetric 4D προβλέπει ότι έχει σημειωθεί επιδείνωση του κυρτώματος, τότε μπορεί να ληφθεί μια ακτινογραφία για να επιβεβαιωθεί η μεταβολή (45).

1.4.3 Απεικονιστικές εξετάσεις

1.4.3.1 Ακτινογραφίες

Η ακτινολογική διάγνωση γίνεται με την εξαίρεση άλλων δομικών ή συγγενών ανωμαλιών της σπονδυλικής στήλης. Όταν υπάρχει υποψία για σκολίωση, συνήθως λαμβάνονται ακτινογραφίες σπονδυλικής στήλης για να εκτιμηθούν τα κυρτώματα της σκολίωσης, η κύφωση και η λόρδωση, καθώς επηρεάζονται σε άτομα με σκολίωση. Στα αναπτυσσόμενα άτομα, λαμβάνονται διαδοχικές ακτινογραφίες σε διαστήματα 3 έως 12 μηνών, για να ακολουθήσουν την εξέλιξη του κυρτώματος και, σε μερικές περιπτώσεις, απαιτείται μαγνητική τομογραφία για την εξέταση του νωτιαίου μυελού (46).

Οι τυπικές στεφανιαίες εικόνες της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης σε προσθιοπίσθια ακτινογραφία της σπονδυλικής στήλης σε όρθια θέση, περιλαμβάνουν πλάγιο κύρτωμα της σπονδυλικής στήλης με γωνία Cobb $\geq 10^\circ$ με σπονδυλική στροφή. Η πλάγια ακτινογραφία μπορεί να καθορίσει το μέγεθος της θωρακικής κύφωσης ή της οσφυϊκής λόρδωσης. Η ευκαμψία της παραμόρφωσης συνήθως μετριέται προεγχειρητικά μέσω ακτινογραφιών που έχουν ληφθεί στις θέσεις κάμψης, έλξης ή πρόσθιας κάμψης.

Οι ακτινογραφίες βοηθούν επίσης στον προσδιορισμό της σκελετικής ωριμότητας του ασθενούς. Η σταδιοποίηση Risser χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του βαθμού οστεοποίησης της λαγόνιας ακρολοφίας και έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα απλό, αξιόπιστο και κλινικά χρήσιμο ορθοπαιδικό σύστημα ταξινόμησης που παραμένει ευρέως διαδεδομένο και είναι εύκολα αντιληπτό στην προσθιοπίσθια ακτινογραφία της πυέλου (47).

Η εκτιμώμενη αναπτυξιακή ωριμότητα του σκελετού είναι σημαντική πληροφορία και μπορεί να υποδεικνύει κίνδυνο πιθανής επιδείνωσης της σπονδυλικής παραμόρφωσης ενώ ένα παιδί εξακολουθεί να αναπτύσσεται (Risser 0 - 3), ή να παρέχει σιγουριά ότι υπάρχει μικρός κίνδυνος επιδείνωσης που σχετίζεται με το τελικό στάδιο της ανάπτυξης του σκελετού (Risser 4 - 5).

Οι ακτινογραφίες χρησιμοποιούνται επίσης για τη διαφορική διάγνωση, όπως και τη διάγνωση της συγγενούς σκολίωσης. Η συγγενής σκολίωση συνεπάγεται την ασύμμετρη ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής ενός σπονδύλου. Για παράδειγμα, ένας ημισπόνδυλος είναι μια ανωμαλία στην οποία το μισό του σπονδυλικού σώματος δεν σχηματίζεται πλήρως και μπορεί να είναι αδύνατο να αντιμετωπιστεί συντηρητικά. Μια άλλη διαφορική διάγνωση είναι η νεότερη κατανόηση της διαφοροποίησης της πραγματικής σκολίωσης από την «ψευδοσκολίωση», η οποία είναι μια θωρακοσφυϊκή χαλάρωση λόγω στάσης του σώματος, που μιμείται τις πτυχές της σκολίωσης, αλλά ανταποκρίνεται καλύτερα στη θεραπεία (48).

Αν και η αναφερθείσα συχνότητα χρήσης ακτινογραφίας στη διαχείριση σκολίωσης είναι περιορισμένη, υπάρχουν μερικές μελέτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του συνολικού αριθμού ακτινογραφιών που πραγματοποιούν οι ασθενείς με σκολίωση σε πραγματικές κλινικές συνθήκες. Οι Hoffman et al ανέφεραν κατά μέσο όρο 41,5 ακτινογραφίες σε δείγμα 1030 κοριτσιών με σκολίωση που παρακολούθηθηκαν μεταξύ 1935 και 1965 (49). Οι Doody et al ανέφεραν κατά μέσο όρο 25 ακτινογραφίες σπονδυλικής στήλης σε μια ομάδα 5573 γυναικών ασθενών οι οποίες είχαν διαγνωστεί προηγουμένως έως την ηλικία των 20 ετών μεταξύ 1912 και 1965 (50). Οι Nash et al ανέφεραν κατά μέσο όρο 22,5 ακτινογραφίες σε 13 γυναίκες που είχαν υποβληθεί σε αγωγή για 3 χρόνια (50). Οι Simony et al ανέφερε κατά μέσο όρο 16 ακτινογραφίες σε μια μελέτη 215 διαδοχικών ασθενών με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση που υποβλήθηκαν σε θεραπεία μεταξύ 1983 και 1990 (51). Οι Levy et al ανέφεραν κατά μέσο όρο 10 και 12 ακτινογραφίες που έλαβαν άντρες και γυναίκες, αντίστοιχα, σε μια ομάδα 2039 ασθενών με διάγνωση σκολίωσης μεταξύ 1965 και 1979 (52).

Στην κλινική πρακτική, φαίνεται ότι διαφορετικοί ασθενείς θα πραγματοποιήσουν διαφορετικούς αριθμούς ακτινογραφιών με βάση την κλινική εξέλιξη του σπονδυλικού κυρτώματος και από την εκτίμηση των διαφόρων

θεραπειών που ενδεχομένως δίνονται. Η αξιολόγηση της χρήσης των κηδεμόνων θα προσθέσει ακόμη περισσότερες ακτινογραφίες κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Έτσι, ένας 12χρονος ασθενής που ωριμάζει σκελετικά στην ηλικία των 16 ετών θα λάβει περίπου 10 έως 20 ακτινογραφίες (2 - 4 / έτος x 5 έτη), ενώ ένα παιδί ηλικίας 9 ετών σκελετικά ώριμο στα 16 θα λάβει περίπου 16 έως 32 ακτινογραφίες (2 - 4 / έτος, x 8 έτη). Επομένως, μια ασφαλής εκτίμηση είναι τουλάχιστον 10 ακτινογραφίες ενώ οι 25 ακτινογραφίες είναι συνήθης αριθμός. Μερικοί ασθενείς μπορούν να λάβουν έως και 40 ή 50 ακτινογραφίες στο μέγιστο.

Οι ακτινογραφίες είναι ουσιαστικές για την παρακολούθηση της σκολίωσης και την παρακολούθηση της προόδου της θεραπείας. Συχνά μια αλλαγή στη θεραπεία θα υποδεικνύεται αν προχωρήσει η παραμόρφωση. Εναλλακτικά, μια ακτινογραφία παρακολούθησης που εμφανίζει μια παρόμοια μέτρηση του σπονδυλικού κυρτώματος είναι ένα θετικό αποτέλεσμα στην αντιμετώπιση της σκολίωσης, ιδιαίτερα εάν ο ασθενής έχει περάσει στη φάση σταθεροποίησης της ανάπτυξης.

1.4.3.2 Μαγνητική τομογραφία

Η μαγνητική τομογραφία της σπονδυλικής στήλης δεν αποτελεί εξέταση ρουτίνας, αλλά συνιστάται όταν υπάρχει υποψία νευρολογικής ανωμαλίας στη φυσική εξέταση, σημαντικός πόνος στην πλάτη ή χαρακτηριστικά άτυπα κυρτώματα. Οι άτυπες καμπύλες περιλαμβάνουν μακρά κυρτώματα σχήματος «C», αριστερά θωρακικά κυρτώματα και δεξιά οσφυϊκά κυρτώματα.

1.4.4 Προληπτική κλινική εξέταση

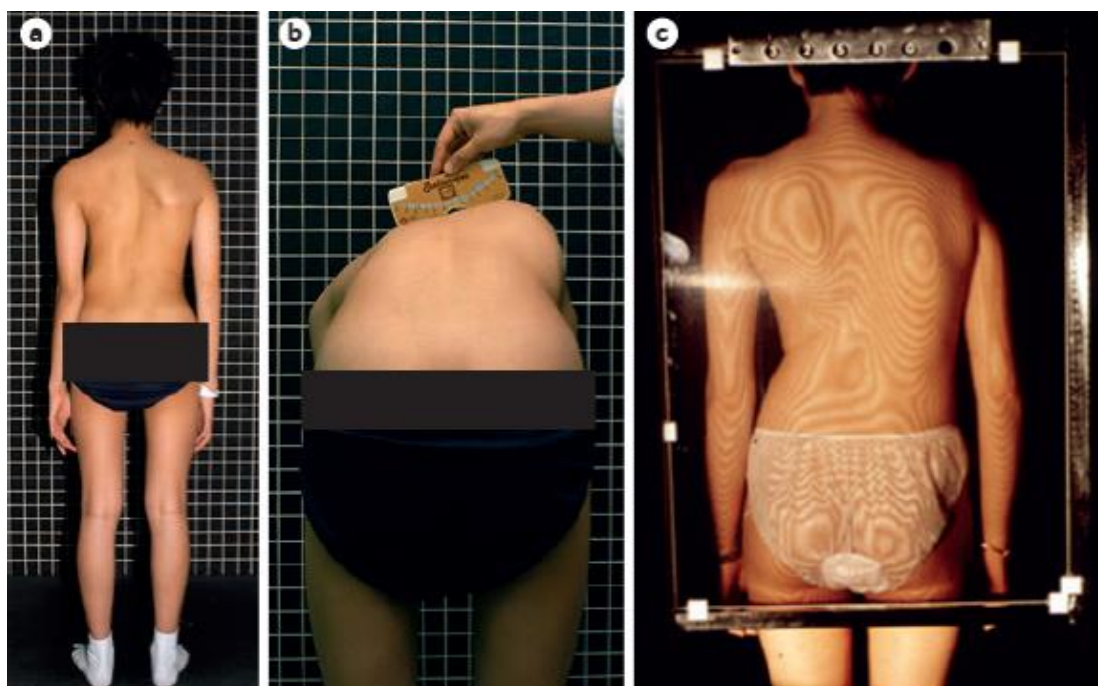
Ο σκοπός της προληπτικής κλινικής εξέτασης είναι η ανίχνευση της σκολίωσης σε αρχικό στάδιο και όταν είναι ήπια, πράγμα που καθιστά δυνατή την έγκαιρη παρέμβαση με μη χειρουργικά μέτρα. Ο πλέον κατάλληλος χρόνος για τη διεξαγωγή της προληπτικής εξέτασης θα ήταν στην πρώιμη εφηβεία, καθώς η πλειοψηφία των περιπτώσεων ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης εκδηλώνεται, όταν τα παιδιά εισέρχονται στην εφηβεία. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες εξετάσεις διαλογής για την ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση είναι η δοκιμασία επίκυψης (forward bending test), η

μέτρηση της γωνίας στροφής του κορμού με σκολιόμετρο (ATR), η τοπογραφία Moiré και η ακτινογραφία με χαμηλή δόση (εικόνα 4) (6). Από αυτές τις εξετάσεις, η δοκιμασία επίκυψης είναι η απλούστερη και η φθηνότερη (7).

Στην προληπτική εξέταση για την εφηβική ιδιοπαθή σκολίωση, ο Bunnell διαπίστωσε ότι το 80% των μαθητών γυμνασίου είχε τουλάχιστον στροφή του κορμού 3° και κατά συνέπεια πρότεινε τις 7° σε οποιοδήποτε επίπεδο της σπονδυλικής στήλης ως κατάλληλο κριτήριο που δικαιολογεί παραπομπή σε ειδικό για μια πληρέστερη ακτινολογική αξιολόγηση (53).

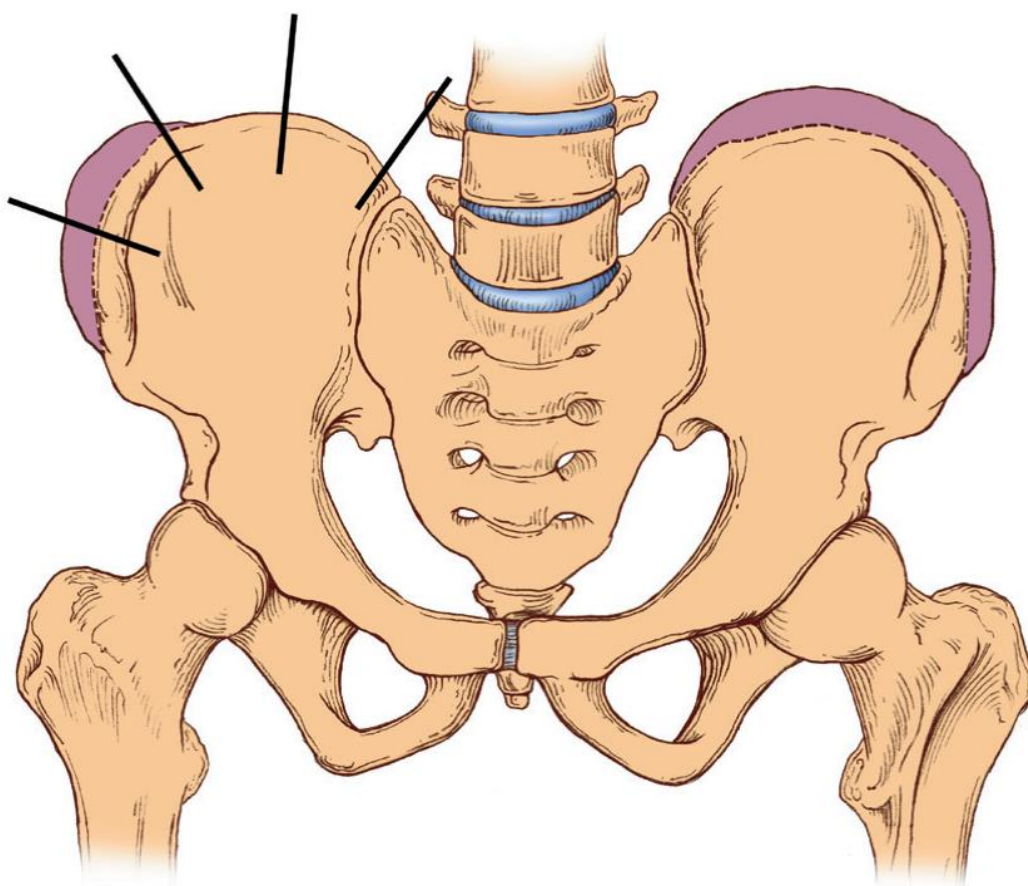
1.5 ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Η πλειοψηφία των κλινικών αποφάσεων για την αντιμετώπιση της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης γίνεται με βάση το μέγεθος και την εξέλιξη του σπονδυλικού κυρτώματος, υποθέτοντας ότι, εάν το κύρτωμα επιδεινωθεί, ο ασθενής θα αναπτύξει μελλοντικά προβλήματα όπως πόνο, αυξημένο κίνδυνο πρόωρης θνησιμότητας, αυξανόμενη παραμόρφωση και αρνητικά ψυχολογικά αποτελέσματα. Κατά τη διάρκεια της ζωής των ασθενών, το μέγεθος του σπονδυλικού κυρτώματος γενικά αυξάνεται. Ωστόσο, το μέγεθος και το χρονικό πλαίσιο της επιδείνωσης ποικίλει.



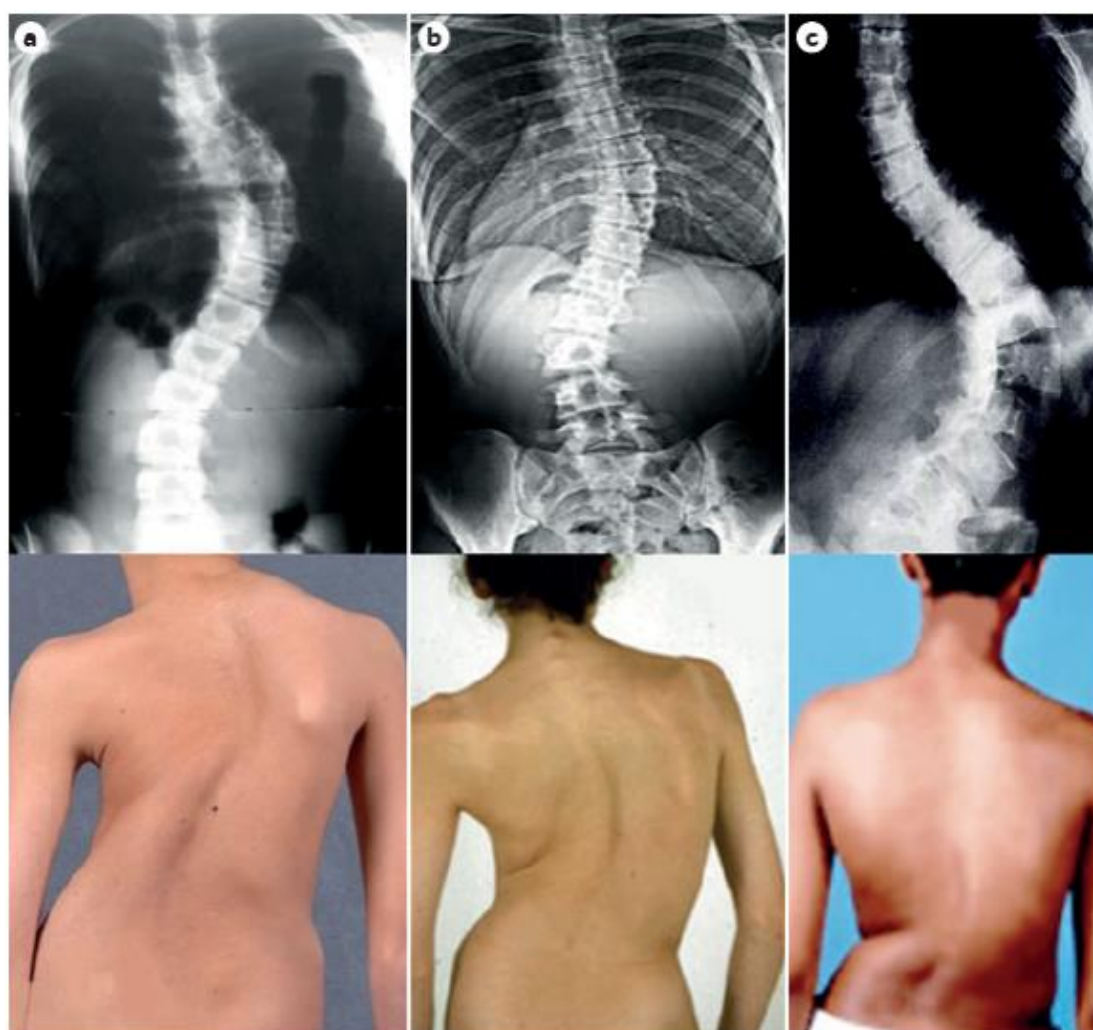
Εικόνα 4. Διαγνωστικές δοκιμασίες της σκολίωσης. (α) Επισκόπηση ασθενούς με δεξιά θωρακική και αριστερή οσφυϊκή σκολίωση. Διακρίνεται ανύψωση της δεξιάς ωμοπλάτης, ασυμμετρία στη μέση και στροφή του θωρακικού κλωβού προς τα δεξιά. (β) Δοκιμασία επίκυψης: Δεξιός θωρακικός ύβος. Μέτρηση της στροφής του κορμού με σκολιόμετρο. (γ) Τοπογραφία Moire (φωτοστερεομετρική μέθοδος που δείχνει την ασυμμετρία της ράχης). Τροποποιημένο από Cheng et al (1).

Παράγοντες που μπορούν να προβλέψουν την εξέλιξη του σπονδυλικού κυρτώματος περιλαμβάνουν την έκταση του κυρτώματος, την ηλικία της διάγνωσης και τους παράγοντες ωριμότητας, που περιλαμβάνουν το μέγεθος και τη θέση του σπονδυλικού κυρτώματος, την ηλικία εμμηναρχής και το προσδόκιμο σκελετικής ανάπτυξης όπως κρίνεται από την βαθμολογία Risser της οστεοποίησης της λαγόνιας ακρολοφίας (εικόνα 5) (54, 55). Η εξέλιξη του κυρτώματος είναι πιο πιθανή σε σκελετικά ανώριμους ασθενείς και σε εκείνους με μεγαλύτερη γωνία Cobb (ακόμα και μετά την ωριμότητα) από ό,τι σε ασθενείς που είναι μεγαλύτερης ηλικίας και έχουν μικρότερα σπονδυλικά κυρτώματα (56-58). Τα θωρακικά κυρτώματα με γωνία Cobb > 50° έχουν την υψηλότερη πιθανότητα επιδείνωσης (εικόνα 6) (59).



Εικόνα 5. Η σταδιοποίηση Risser χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της οστεοποίησης της λαγόνιας ακρολοφίας. Στάδιο 1: 25% οστεοποίηση. Στάδιο 2: 50% οστεοποίηση. Στάδιο 3: 75% οστεοποίηση. Στάδιο 4: 100% οστεοποίηση. Στάδιο 5: Συνένωση με το λαγόνιο. Τροποποιημένο από Horne et al (43).

Σύμφωνα με τον Bunnell, ο κίνδυνος επιδείνωσης της σκολίωσης στα αρχικά στάδια της εφηβείας είναι 20% για γωνία Cobb 10°, 60% για γωνία Cobb 20 ° και 90% για γωνία Cobb 30°. Στην κορυφή της ανάπτυξης του αξονικού σκελετού (ηλικία οστών 13 έτη) ο κίνδυνος επιδείνωσης είναι 10% για γωνία Cobb 10°, 30% για γωνία Cobb 20° και 60% για γωνία Cobb 30°. Σε μεταγενέστερα στάδια της εφηβείας (στάδιο Risser τουλάχιστον 2), ο κίνδυνος επιδείνωσης μειώνεται σημαντικά και ανέρχεται σε 2% για γωνία Cobb 10°, 20% για γωνία Cobb 20° και 30% για γωνία Cobb 30° (9).



Εικόνα 6. Ταξινόμηση της σκολίωσης ανάλογα με τη θέση του κυρτώματος. (a) Θωρακική (b) Θωρακοοσφυϊκή (c) Οσφυϊκή. Τροποποιημένο από Cheng et al (1).

Η πνευμονική λειτουργία είναι το μόνο σύμπτωμα που συσχετίζεται σταθερά με το μέγεθος του σπονδυλικού κυρτώματος στην ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αναπνευστική λειτουργία περιλαμβάνουν τον βαθμό της θωρακικής λόρδωσης, το μέγεθος της σπονδυλικής στροφής και τη μειωμένη δύναμη των αναπνευστικών μυών. Τα μεγάλα θωρακικά κυρτώματα που έχουν γωνία Cobb > 50°, συνδέονται με μειωμένη αναπνευστική ικανότητα και συχνότερη δυσκολία στην αναπνοή από αυτή που παρουσιάζουν οι ασθενείς με μικρότερα σπονδυλικά κυρτώματα (1).

Οι περισσότερες μακροχρόνιες έρευνες παρακολούθησης ασθενών με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση αναφέρουν ότι η συχνότητα οσφυαλγίας σε αυτά τα άτομα είναι παρόμοια με αυτή του γενικού πληθυσμού. Αν και οι περισσότεροι ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση θα αναπτύξουν ακτινολογικές οστεοαρθρικές μεταβολές, η παρουσία ή η απουσία ακτινογραφικής οστεοαρθρίτιδας ή σοβαρού κυρτώματος δε συσχετίζεται με το ιστορικό της οσφυαλγίας (60).

1.6 ΘΕΡΑΠΕΙΑ

1.6.1. Χρήση κηδεμόνων

Οι ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση που είναι σκελετικά ανώριμοι διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο επιδείνωσης των κυρτωμάτων. Για τους ασθενείς με καμπύλες με γωνία Cobb $< 20^\circ$, η προσεκτική αναμονή είναι κατάλληλη, ενώ χρήση κηδεμόνων (εικόνα 7) ενδείκνυται, αν το κύρτωμα ξεπερνά τις 20° σε γωνία Cobb (61). Σύμφωνα με τα κριτήρια της Scoliosis Research Society (SRS) τα κριτήρια για την τοποθέτηση κηδεμόνα σε ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση είναι τα εξής:

- Ηλικία ≥ 10 ετών
- Στάδιο Risser 0 – 2
- Γωνία Cobb $25^\circ - 40^\circ$
- Απουσία προηγούμενης θεραπείας
- Απουσία εμμηναρχής ή < 1 έτος μετά την εμμηναρχή

Ο στόχος των κηδεμόνων είναι η πρόληψη της εξέλιξης του κυρτώματος σε σημείο που απαιτεί χειρουργική επέμβαση, η οποία ορίζεται από μια γωνία Cobb $\geq 50^\circ$ στην θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, προτού ο ασθενής φθάσει στη σκελετική ωριμότητα. Μόλις επιτευχθεί η σκελετική ωριμότητα, ο κίνδυνος επιδείνωσης της σκολίωσης, και συνεπώς ο κίνδυνος χειρουργικής επέμβασης, μειώνεται σημαντικά.

Η πιο συνηθισμένη μη χειρουργική θεραπεία για την πρόληψη της εξέλιξης του κυρτώματος είναι η χρήση ενός άκαμπτου κηδεμόνα. Αν και όλοι οι κηδεμόνες είναι κατασκευασμένοι από θερμοπλαστικό υλικό, τα σχέδια τους διαφέρουν σημαντικά. Ο στόχος των κηδεμόνων είναι η επαναφορά και η ευθυγράμμιση της σπονδυλικής στήλης με εξωτερικές δυνάμεις. Κάποια σχέδια προσθέτουν επίσης διέγερση της ενεργού διόρθωσης καθώς ο ασθενής μετακινεί τη σπονδυλική στήλη μακριά από σημεία πίεσης εντός του κηδεμόνα.

Εκτός από τη γωνία Cobb $\geq 50^\circ$, υπάρχουν πρόσθετα κριτήρια για να αποφασιστεί εάν είναι απαραίτητη η χρήση κηδεμόνων. Ασθενείς ηλικίας 10 - 15 ετών που είναι σκελετικά ανώριμοι (βαθμό Risser 0 – 2) και κορίτσια με εμμηναρχή κατά το παρελθόν έτος, και οι οποίοι έχουν ένα κύρτωμα με γωνία Cobb $20^\circ - 40^\circ$ θα πρέπει να υποβληθούν σε θεραπεία με κηδεμόνες (62). Το όφελος από τη χρήση του κηδεμόνα φαίνεται να είναι χρονο-εξαρτώμενο καθώς διαπιστώθηκε ότι η επιτυχία του κηδεμόνα στην πρόληψη των κυρτωμάτων υψηλού κινδύνου ήταν $> 90\%$ εάν οι ασθενείς φορούσαν τον κηδεμόνα > 13 ώρες την ημέρα. Έτσι, οι ασθενείς υψηλού κινδύνου με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση συνιστώνται να φορούν τον κηδεμόνα για περισσότερες από 13 ώρες την ημέρα, έως ότου φθάσουν στη σκελετική ωριμότητα (63). Ο μέσος χρόνος χρήσης του κηδεμόνα από την αρχή μέχρι το τέλος της θεραπείας είναι 2,5 χρόνια.



*Εικόνα 7. Τοποθέτηση θωρακοσφυϊκού κηδεμόνα σε ασθενή με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση.
Τροποποιημένο από Cheng et al (1).*

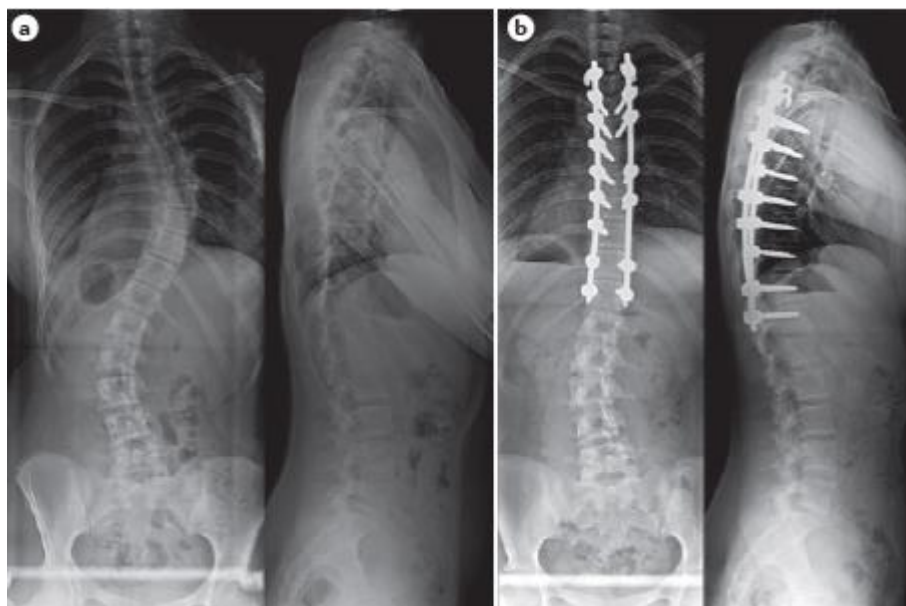
1.6.2. Χειρουργική θεραπεία

Ο πρωταρχικός στόχος της χειρουργικής επέμβασης είναι η πρόληψη της εξέλιξης της σκολίωσης με την επίτευξη σπονδυλοδεσίας των περιοχών της σπονδυλικής στήλης που εμπλέκονται στο κύρτωμα. Η χειρουργική επέμβαση ενδείκνυται για ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση οι οποίοι πιστεύεται ότι διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο επιδείνωσης του κυρτώματος κατά τη διάρκεια της ενήλικης ζωής. Αυτό περιλαμβάνει γενικά ασθενείς με γωνίες Cobb > 40-45° στην θωρακοσφυϊκή

περιοχή ή $> 50^\circ$ στην θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Η σπονδυλοδεσία στοχεύει στην πρόληψη των μακροπρόθεσμων συνεπειών από τις μεγάλες παραμορφώσεις της σπονδυλικής στήλης και του θώρακα, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν πόνο και διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας (64).

Οι δευτερεύοντες στόχοι της χειρουργικής επέμβασης αποσκοπούν στη μείωση της παραμόρφωσης και στην αποκατάσταση της ευθυγράμμισης της σπονδυλικής στήλης. Οι στόχοι αυτοί πρέπει να εξισορροπηθούν με τους κινδύνους της χειρουργικής επέμβασης στη σπονδυλική στήλη, οι οποίοι περιλαμβάνουν νευρολογική βλάβη σε ποσοστό περίπου 0,05%, λοίμωξη σε ποσοστό 1-2% των περιπτώσεων, ψευδάρθρωση σε ποσοστό 1% των περιπτώσεων και υποτροπή της παραμόρφωσης στο 1% των περιπτώσεων (65).

Οι αρχές της χειρουργικής διόρθωσης κατά την εφηβεία περιλαμβάνουν τα εξής: ασφαλή αποκατάσταση ισορροπίας του κορμού, ελαχιστοποίηση της υπολειπόμενης παραμόρφωσης, επίτευξη μακρόχρονης σταθεροποίησης μέσω της σπονδυλοδεσίας και περιορισμό της απώλειας κίνησης λόγω της σπονδυλοδεσίας (εικόνα 8). Η διεγχειρητική ασφάλεια έχει ενισχυθεί σημαντικά με τη χρήση νευροφυσιολογικής παρακολούθησης της αισθητικής και κινητικής λειτουργίας του νωτιαίου μυελού σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 8. Προεγχειρητική και μετεγχειρητική εικόνα ασθενούς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση που υπεβλήθη σε σπονδυλοδεσία. Τροποποιημένο από Cheng et al (1).

Η χειρουργική προσπέλαση για τη διόρθωση της σκολίωσης μπορεί να γίνει με πρόσθια προσπέλαση που προσφέρει δυνατότητα για δισκεκτομή είτε με οπίσθια προσπέλαση.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και εξελιχθεί νεότερες τεχνικές χειρουργικής αποκατάστασης της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης.

Μια από αυτές είναι η Vertebral body tethering (VBT) η οποία αντικαθιστά την σπονδυλοδεσία και επιτρέπει στον σκελετό να αναπτυχθεί διορθώνοντας την παραμόρφωση της σκολιώσεως. Η τεχνική χρησιμοποιεί μεταλλικές οστικές άγκυρες και ελαστικό νήμα αντί για κοχλίες και ράβδους τιτανίου που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά στη σπονδυλοδεσία.

Άλλη χειρουργική τεχνική είναι η Non-fusion τεχνική όπου με μικρότερη επεμβατικότητα και αποκολλήσεις στο χειρουργικό πεδίο τοποθετείται μια συσκευή - εμφύτευμα στην κορυφή του κυρτώματος με δυο πολυαξονικές διαυχενικές βίδες επιτυγχάνοντας έτσι μια σχετική διόρθωση του κυρτώματος. Το εμφύτευμα επιμηκύνεται με ένα ειδικό πρόγραμμα ασκήσεων και σταδιακά μεγαλώνει την απόσταση ανάμεσα στις 2 βίδες επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη διόρθωση του κυρτώματος με σκοπό τη σταθεροποίηση του στην «ασφαλή ζώνη» κάτω από τις 35°. Η τεχνική αυτή απευθύνεται μόνο σε Lenke type 1 (Main Thoracic), Lenke type 5 (Thoracolumbar) με Cobb angle 40° – 60° και το εμφύτευμα μετά την σκελετική ωρίμανση του ασθενούς μπορεί να αφαιρεθεί με ασφάλεια.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η τεχνική των διατεινόντων ράβδων (growing rods) κατά την οποία τοποθετούνται μεταλλικές ράβδοι (μια ή δύο) στη σπονδυλική στήλη ή στον θωρακικό κλωβό διορθώνοντας έτσι την παραμόρφωση, και λόγω της δυνατότητας να αλλάζουν μήκος, μπορεί ο χειρουργός να ακολουθήσει την ανάπτυξη του παιδιού είτε χρησιμοποιώντας μαγνητικά πεδία (magnetically controlled growing rod - MCGR) είτε ανοικτά.

1.7 ΠΡΟΛΗΨΗ

Μόλις γίνει διάγνωση της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης, η χρήση κηδεμόνων είναι η μοναδική θεραπεία που αποδείχθηκε ότι έχει αξία στην πρόληψη της εξέλιξης του κυρτώματος και, ενδεχομένως, στην αποφυγή μελλοντικής χειρουργικής επέμβασης (66). Ως εκ τούτου, η ανίχνευση της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης σε προγενέστερο στάδιο της κλινικής της πορείας μέσω του προληπτικού ελέγχου των εφήβων είναι η μόνη σημαντική στρατηγική δευτερογενούς πρόληψης. Μέχρι να καθοριστεί η αιτιολογία ή η γενετική βάση της πάθησης, η θεραπεία της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης θα περιοριστεί σε χειρουργικές επεμβάσεις που αποσκοπούν στη διόρθωση της σπονδυλικής παραμόρφωσης.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η σύγκριση της επιφανειομέτρησης κορμού σε σκολιωτικούς ασθενείς με το σκολιόμετρο και με το σύστημα Formetrics 4D καθώς και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της δοκιμασίας πρόσθιας κάμψης έναντι της όρθιας θέσης στην οπίσθια ασυμμετρία του κορμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Αξιολογήθηκαν 134 άτομα που παρακολουθούνται για σκολίωση (86 κορίτσια και 48 αγόρια), ηλικίας 7-18 ετών. Οι ασθενείς έπασχαν από ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση και προήλθαν από το Ιατρείο Σκολίωσης και σπονδυλικών παραμορφώσεων του Τζάνειου Νοσοκομείου.

Αποκλείστηκαν οι ασθενείς οι οποίοι έπασχαν από σκολίωση άλλων γνωστών αιτιολογιών, ασθενείς με ανισοσκελία, όπως αυτοί με ιδιοπαθείς ή συγγενείς καμπύλες που δεν κατάφεραν να εκτελέσουν τη δοκιμή πρόσθιας κάμψης.

3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ

Η μελέτη εγκρίθηκε από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Τζάνειου Νοσοκομείου και διενεργήθηκε υπό την επίβλεψη της Πανεπιστημιακής Ορθοπαιδικής κλινικής της Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σε όλα τα στάδια. Οι γονείς όλων των συμμετεχόντων υπέγραψαν το έγγραφο συγκατάθεσης, μετά από πλήρη ενημέρωση για το σκοπό της μελέτης. Μετρήθηκε η γωνία κλίσης / στροφής του κορμού (ΑΤΙ ή ΑΤΡ) στο μέσο θωρακικό, θωρακοοσφυϊκό και οσφυϊκό επίπεδο με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού, (κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας επίκυψης) και αντίστοιχα στην όρθια στάση χωρίς κάμψη του κορμού με τη μέθοδο επιφανειακής τοπογραφίας Formetrics 4D. Με τη χρήση του συστήματος Formetrics, υπολογίστηκαν επίσης η σπονδυλική στροφή, η κυφωτική και η λорδωτική γωνία, η πυελική λοξότητα, η πυελική στροφή και τέλος η κορυφαία απόκλιση (67, 68).

Οι ασθενείς, κατά την είσοδό τους στο εξεταστήριο και μετά την αφαίρεση των ενδυμάτων τους, υπόκεινται σε λεπτομερή επισκόπηση της πρόσθιας και οπίσθιας επιφάνειας κορμού και σε έλεγχο για την ύπαρξη ή μη ανισοσκελίας. Στη συνέχεια, εξετάζονται για πιθανή σκολίωση και ενδεχόμενη ύπαρξη ύβου με τη δοκιμασία επίκυψης ή Adam's test και με τη χρήση αναλογικού σκολιόμετρου Bunnell (Acromed, Spinal Rotation Meter) (εικόνα 9). Το σκολιόμετρο, το οποίο ουσιαστικά λειτουργεί όπως ένα κοινό κλισιόμετρο, φέρει στο κέντρο της μιας πλευράς του εσοχή, η οποία αποτρέπει τις ακανθώδεις αποφύσεις που προεξέχουν από τη σπονδυλική στήλη κατά την κάμψη του κορμού να έρθουν σε επαφή με την πλευρά αυτή αφήνοντας τα τμήματα της πλευράς που βρίσκονται εκατέρωθεν της εσοχής να έρθουν σε επαφή με την οπίσθια επιφάνεια των ημιθωρακίων του κορμού. Οι εξεταστές τοποθέτησαν το σκολιόμετρο στη θωρακική ή οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, ενώ ο ασθενής πραγματοποίησε τη δοκιμή επίκυψης του Adam. Εάν η θέση αυτή αποκάλυπτε την ασυμμετρία του κορμού, καταγραφόταν ως θετική η δοκιμασία επίκυψης του Adam. Η εξέταση περιλαμβάνει μετρήσεις της μέσης θωρακικής μοίρας, της θωρακοοσφυϊκής και οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης.

Στη συνέχεια ο εξεταζόμενος ασθενής μεταφέρεται στον κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο για την διενέργεια οπίσθιας επιφανιομέτρησης κορμού με το σύστημα Formetrics 4D. Με τα κάτω άκρα σε ουδέτερη θέση και σε όρθια στάση, με τον κορμό ελεύθερο ενδυμάτων από την ανώτερη αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης έως και την μεσότητα των γλουτών και σε πλήρη ακινησία, λαμβάνει χώρα η μέτρηση.



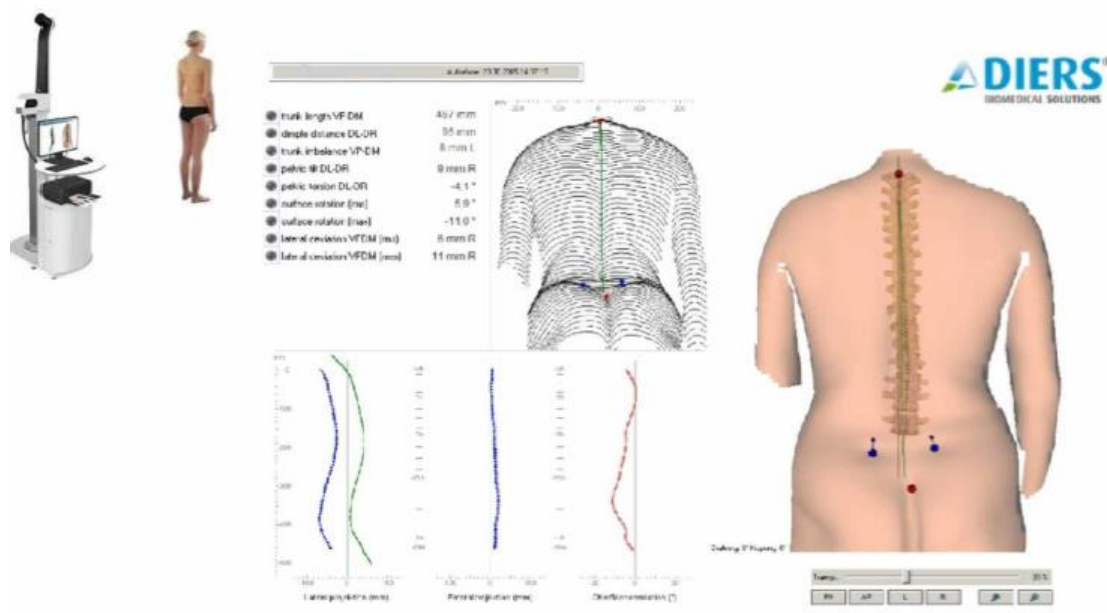
Εικόνα 9. Διαδικασία μέτρησης σκολίωσης με το σκολιόμετρο Bunnell.

Το σύστημα Formetrics 4D προβάλλει οριζόντιες ρίγες λευκού φωτός (raster lines) στην οπίσθια επιφάνεια του κορμού ασθενούς, καταγράφει φωτογραφικά τα δεδομένα και μετά το πέρας ολίγων δευτερολέπτων παρουσιάζει τα αποτελέσματα. Δίδεται η δυνατότητα στον εξεταστή να κάνει μετρήσεις σκολίωσης, κύφωσης,

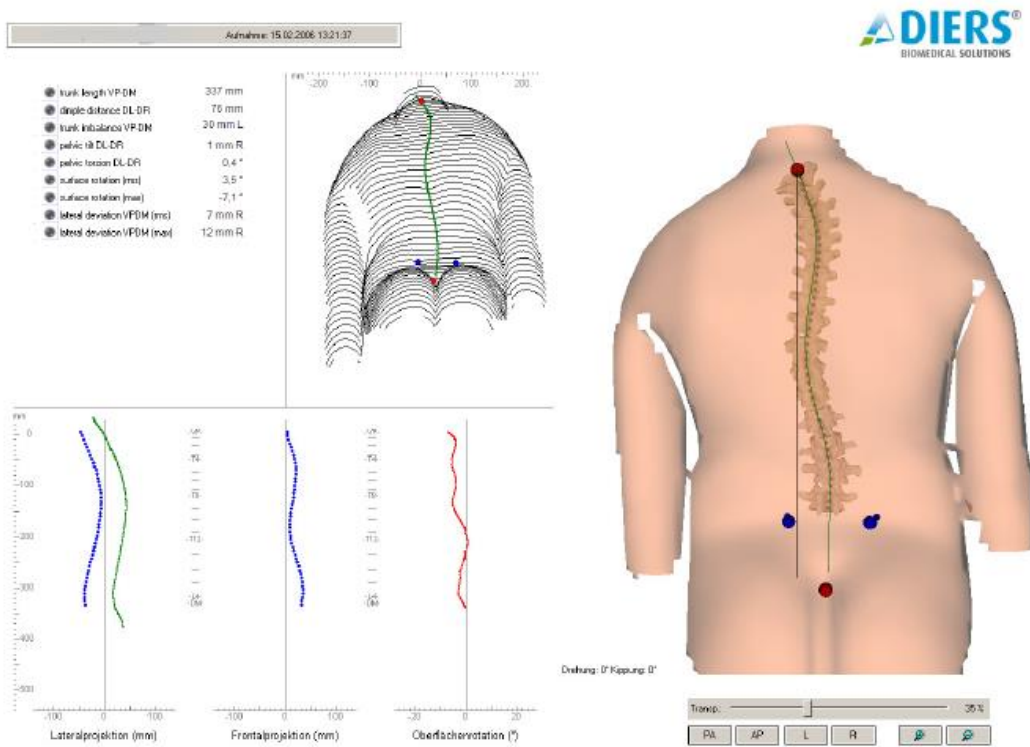
λόρδωσης, να παρατηρήσει τοπογραφία οπίσθιου κορμού σε τρισδιάστατη απεικόνιση, στροφικές παραμορφώσεις, το οβελιαίο προφίλ κλπ. (εικόνες 10, 11). Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες κρίνεται απαραίτητο, διενεργείται ακτινολογικός έλεγχος του ασθενή με σκοπό τη μέτρηση της γωνίας Cobb και περαιτέρω έλεγχο της ασυμμετρίας κορμού.

Τα δεδομένα των μετρήσεων καταγράφονται με σκοπό τη σύγκριση και μελέτη τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με την μελέτη. Επίσης ένας από τους στόχους της έρευνας αυτής είναι η διαπίστωση του βαθμού της συμφωνίας της μετρούμενης ασυμμετρίας με το σκολιόμετρο (σε θέση κάμψης του κορμού) και το μηχάνημα 4D- Formetric (σε όρθια στάση). Τοιουτοτρόπως επισκοπείται η μελέτη της «κορμικής δυναμικής – torso dynamics»

Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν σε τρεις ανατομικές περιοχές της σπονδυλικής στήλης (μέση θωρακική μοίρα, θωρακοσφυϊκή μοίρα και οσφυϊκή μοίρα) μοίρες σκολίωσης και πλευρά παραμόρφωσης, αστάθεια στο στεφανιαίο επίπεδο, πνευλική λοξότητα και πνευλική στροφή, στροφή των σπονδύλων καθώς και μέτρηση της γωνίας κύφωσης και λόρδωσης. Για τις ανάγκες της στατιστικής μελέτης των δεδομένων οι ασθενείς χωρίζονται σε ομάδες ανά φύλο και ανατομική περιοχή.



Εικόνα 10. Μέτρηση της ασυμμετρίας του κορμού σε εφήβους με ιδιοπαθή σκολίωση με τη χρήση του συστήματος Diers Formetrics 4D.



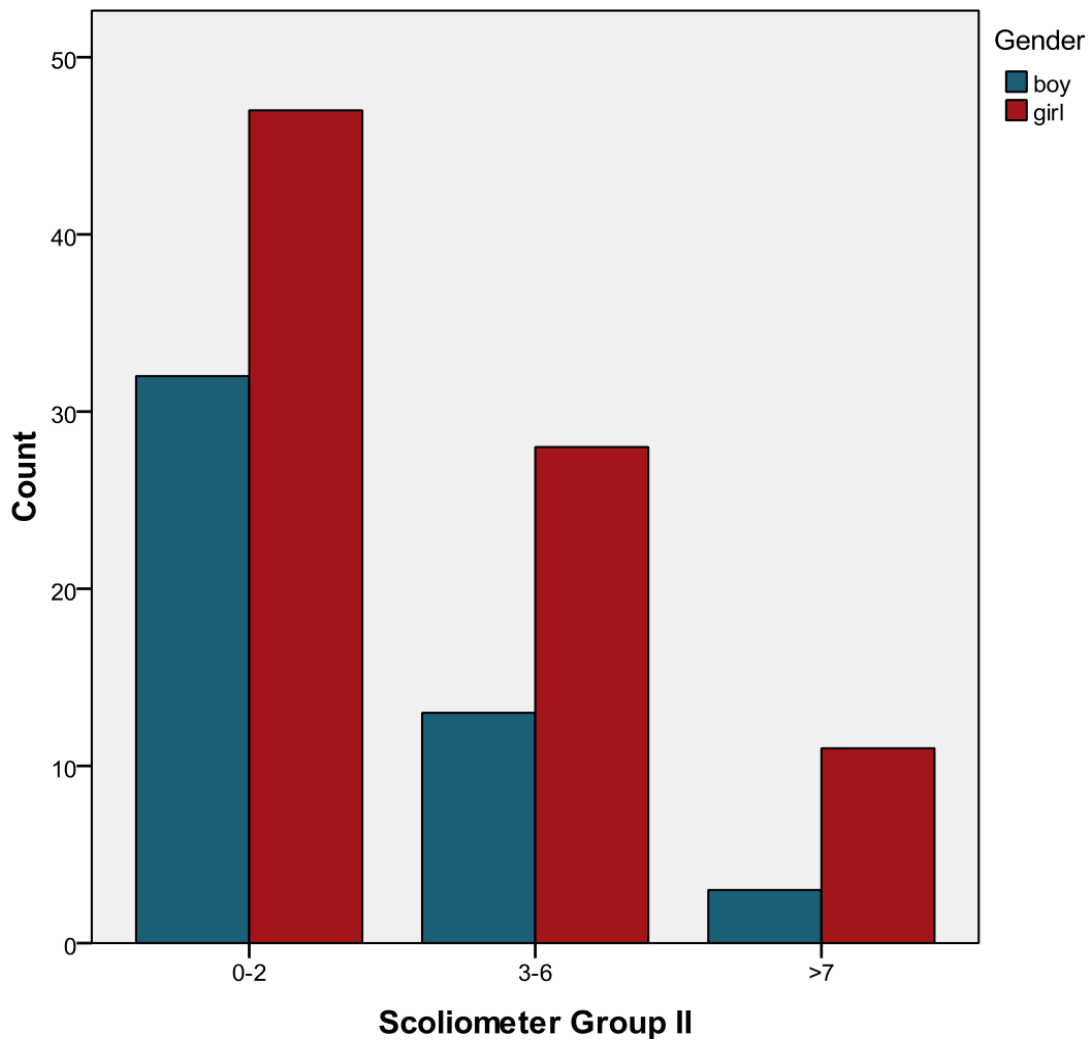
Εικόνα 11. Μέτρηση της ασυμμετρίας του κορμού σε εφήβους με ιδιοπαθή σκολίωση με τη χρήση του συστήματος Diers Formetrics 4D.

3.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα **IBM SPSS v20** (Armonk, NY, USA). Αρχικά υπολογίστηκαν τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος. Για τις ποσοτικές μεταβλητές υπολογίστηκαν η μέση τιμή και η σταθερή απόκλιση (standard deviation, SD). Οι τιμές p – values υπολογίστηκαν με τη δοκιμασία Wilcoxon και τον μη παραμετρικό συντελεστή του Spearman. Ως στατιστικά σημαντικές θεωρήθηκαν οι τιμές $p < 0.05$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην πρώτη ομάδα, τα εξεταζόμενα άτομα ήταν συμμετρικά (0° - 2°). Στη δεύτερη ομάδα, η ασυμμετρία ήταν 2° - 6° , και στην τρίτη ομάδα, η ασυμμετρία ήταν μεγαλύτερη από 7° (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Διαχωρισμός του πληθυσμού μελέτη ανάλογα με το φύλο και τις ομάδες ασυμμετρίας

Όπως φαίνεται και στους πίνακες 1 - 2, στο δείγμα μας, η μέση συχνότητα συμμετρίας ($0^\circ - 2^\circ$) σε αγόρια και κορίτσια ήταν 37% και 63%, αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας το σκολιόμετρο και 28% και 72% χρησιμοποιώντας το Formetrics 4D. Η μέση συχνότητα ασυμμετρίας ($2^\circ - 6^\circ$) για τα αγόρια ήταν 38% και για τα κορίτσια ήταν 62% χρησιμοποιώντας το σκολιόμετρο και 35% για τα αγόρια και 65% για τα κορίτσια που χρησιμοποιούν το Formetrics 4D. Η μέση συχνότητα ασυμμετρίας 7° ή περισσότερο ήταν 23% για τα αγόρια και 77% για τα κορίτσια που χρησιμοποιούν το σκολιόμετρο και 37% για τα αγόρια και 63% για τα κορίτσια που χρησιμοποιούν το Formetrics 4D.

Ασυμμετρία	Σκολιόμετρο	Formetric
$0^\circ - 2^\circ$	37%	28%
$2^\circ - 6^\circ$	38%	35%
$\geq 7^\circ$	23%	37%

Πίνακας 1. Μέση συχνότητα ασυμμετρίας στις 3 ομάδες αγοριών

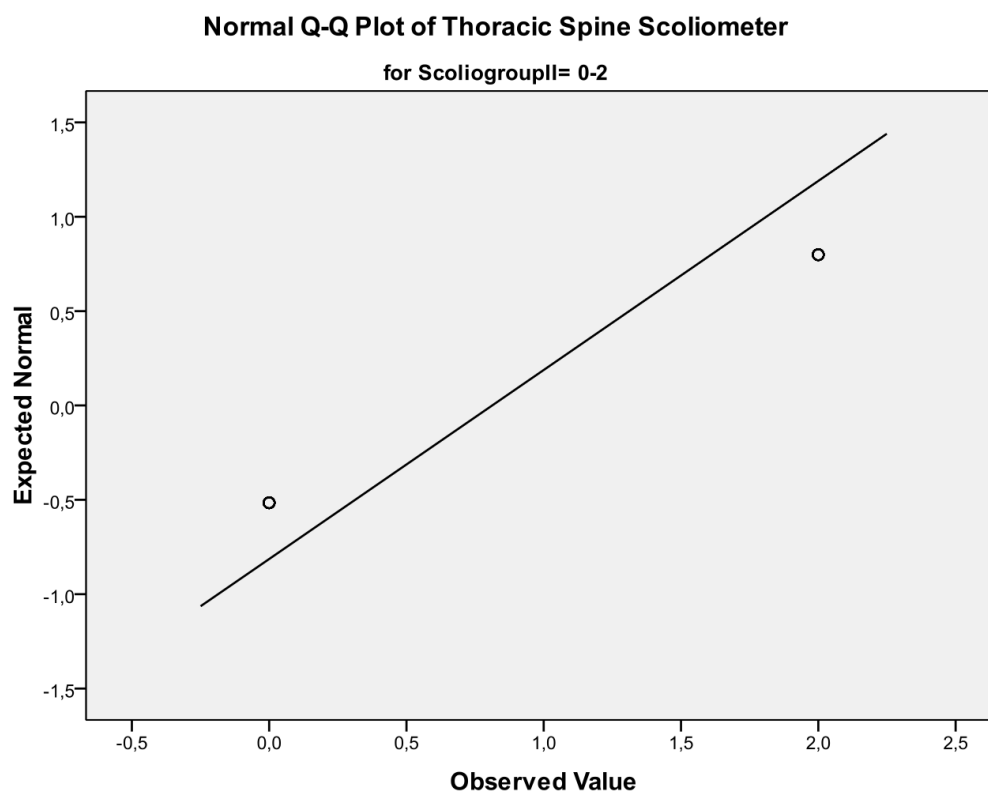
Ασυμμετρία	Σκολιόμετρο	Formetric
$0^\circ - 2^\circ$	63%	72%
$2^\circ - 6^\circ$	62%	65%
$\geq 7^\circ$	77%	63%

Πίνακας 2. Μέση συχνότητα ασυμμετρίας στις 3 ομάδες κοριτσιών

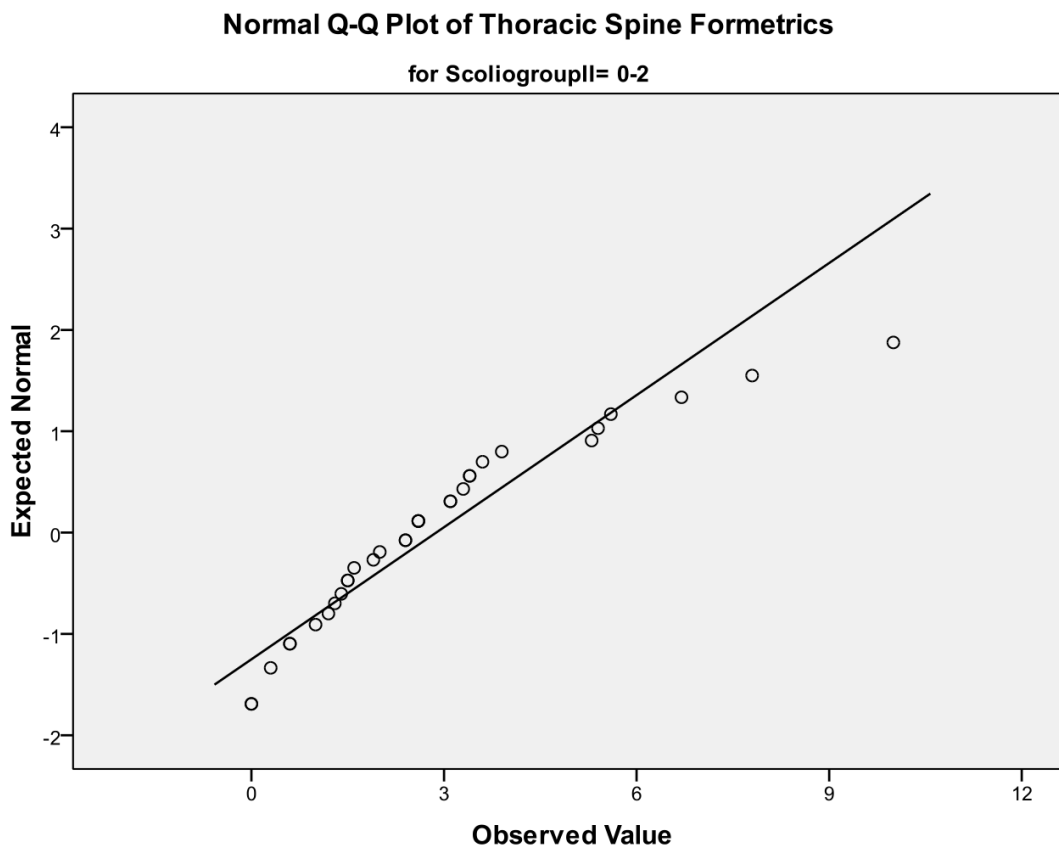
4.1 ΜΕΣΟ ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΜΟΙΡΑΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ

4.1.1 Αγόρια

Στο μέσο επίπεδο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα 1 ($0^\circ - 2^\circ$), για τα αγόρια ($n = 32$), η τιμή p ήταν 0.451 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν -0.138 (πίνακας 3, διαγράμματα 2 - 3). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία $0^\circ - 2^\circ$, δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση



Διάγραμμα 2. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $0^\circ - 2^\circ$ (σκολιόμετρο)

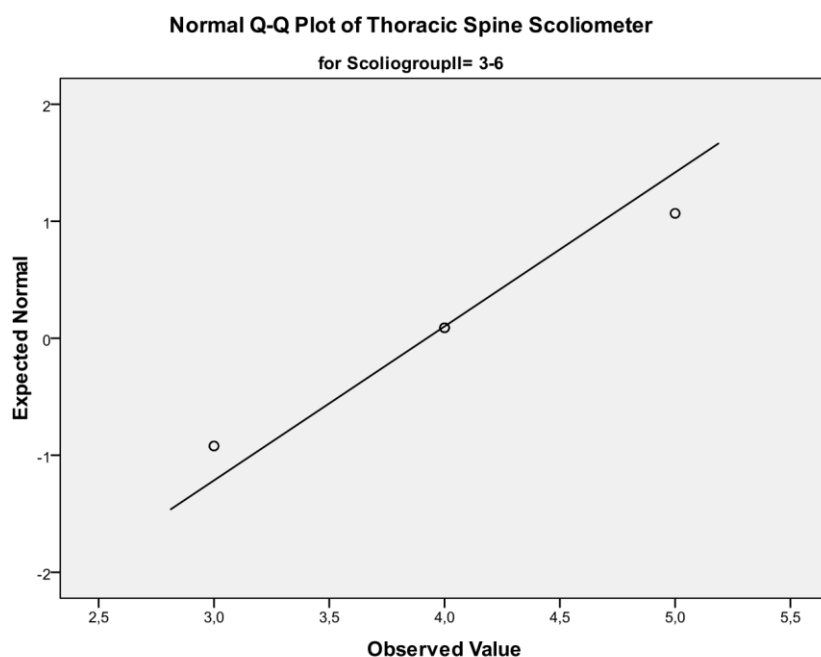


Διάγραμμα 3. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$ (Formetrics)

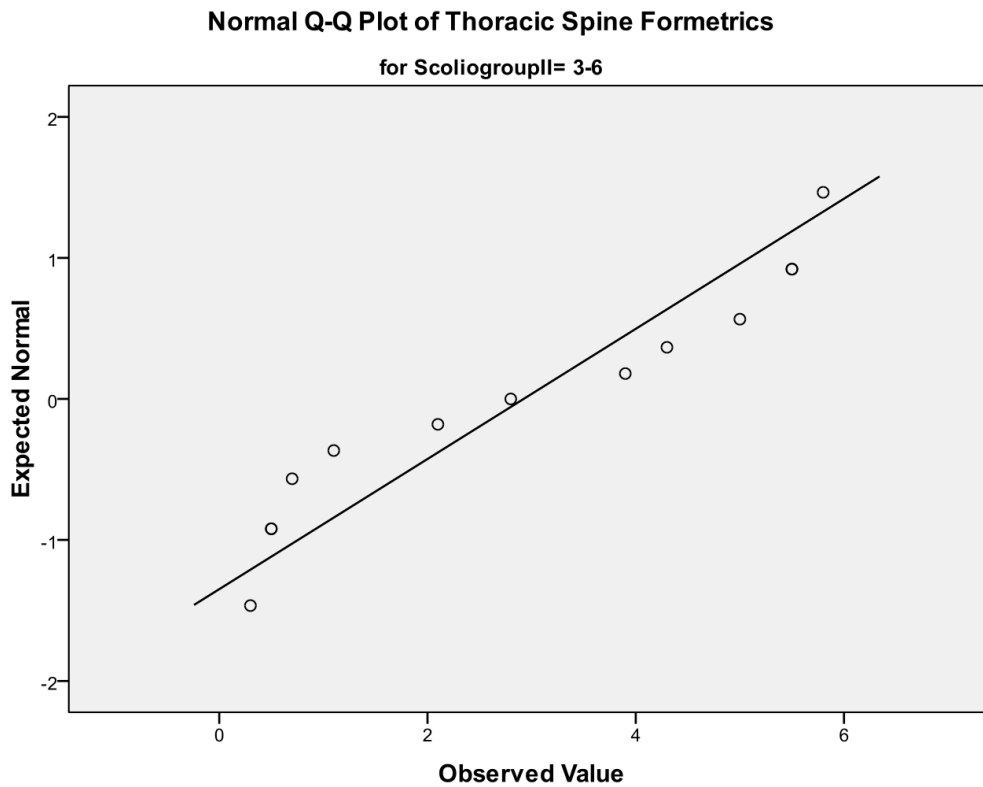
		Thoracic Spine Scoliometer	Thoracic Spine Formetrics
Thoracic Spine Scoliometer	rho	1	-0,138
	p-value	.	0,451
Thoracic Spine Formetrics	rho	-0,138	1
	p-value	0,451	.

Πίνακας 3. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρον και Formetrics στο μέσο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$.

Στην ομάδα 2 (2° - 6°), για τα αγόρια ($n = 13$), η τιμή p ήταν 0,503 και ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0,204 (πίνακας 4, διαγράμματα 4 – 5). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία 2° - 6° , δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 4. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 3° – 6° (σκολιόμετρο)

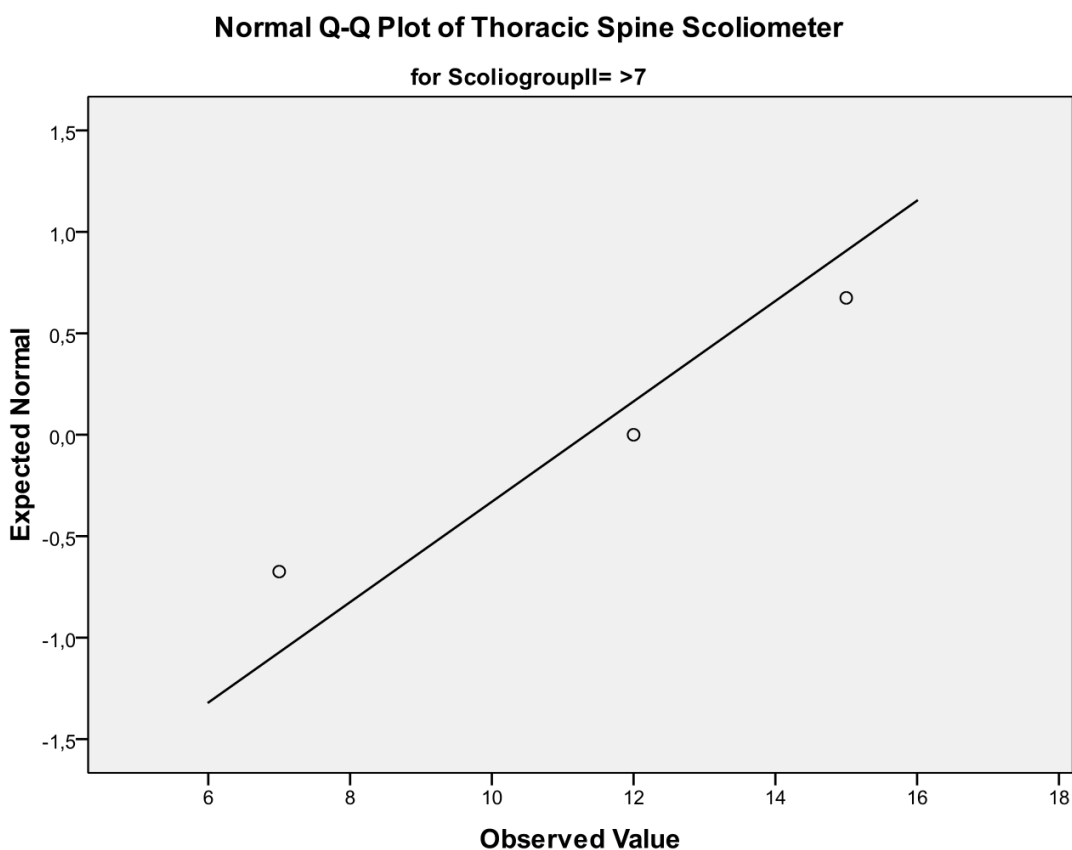


Διάγραμμα 5. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 3° – 6° (Formetrics)

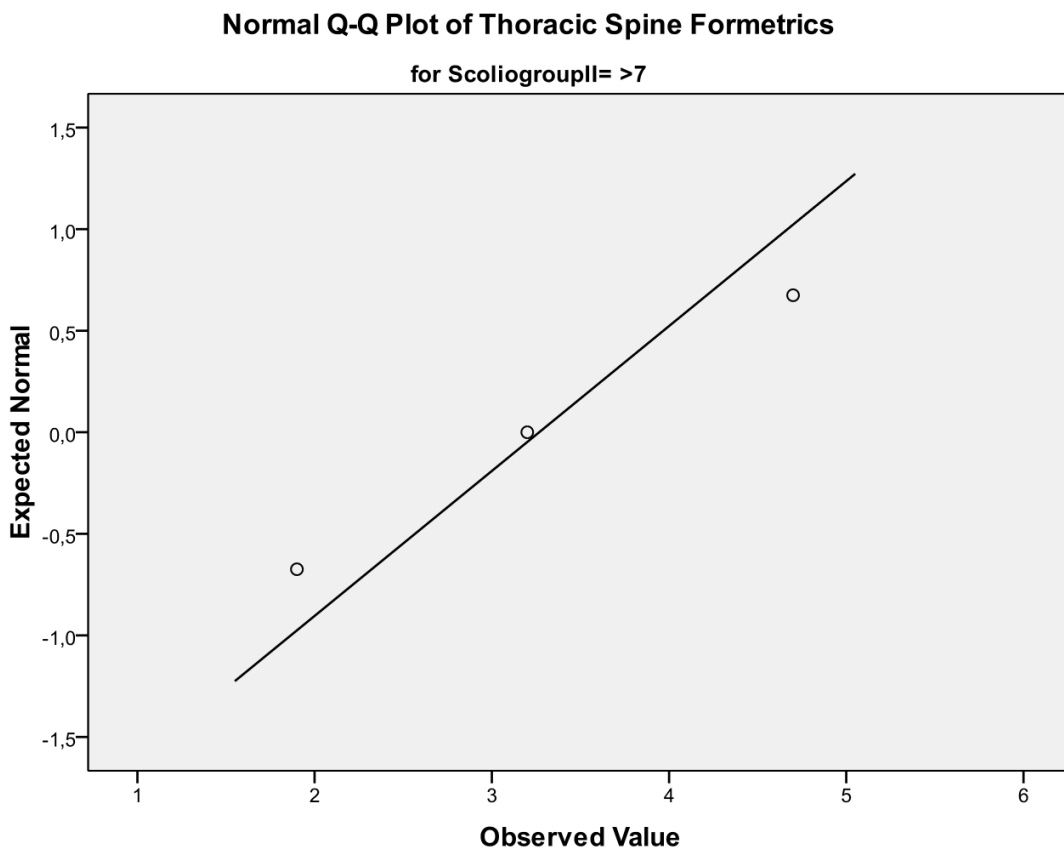
		Thoracic Spine Scoliometer	Thoracic Spine Formetrics
Thoracic Spine Scoliometer	rho	1	0,204
	p-value	.	0,503
Thoracic Spine Formetrics	rho	0,204	1
	p-value	0,503	.

Πίνακας 4. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρον και Formetrics στο μέσο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια με ασυμμετρία 2° – 6°.

Για τα αγόρια στην ομάδα 3 ($\geq 7^\circ$) ($n = 3$), η τιμή p ήταν 0.667 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0.500 (πίνακας 5, διαγράμματα 6 – 7). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία $> 7^\circ$, δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 6. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (σκολιόμετρο)

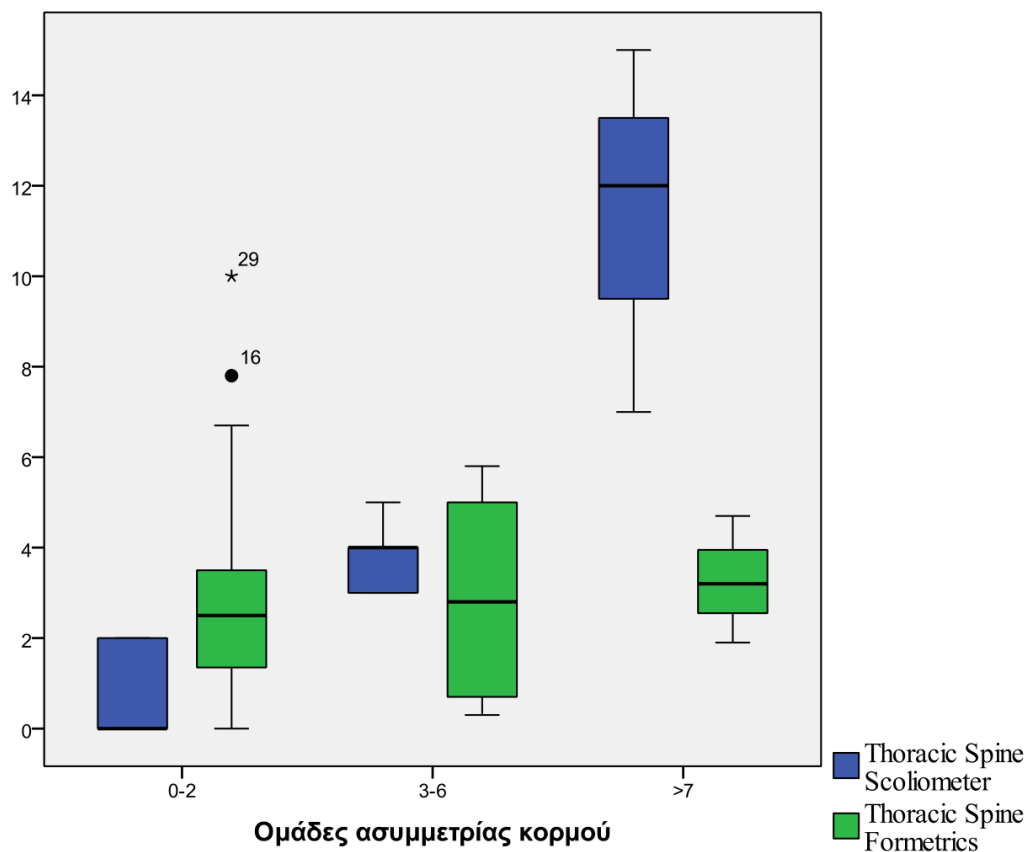


Διάγραμμα 7. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (Formetrics)

		Thoracic Spine Scoliometer	Thoracic Spine Formetrics
Thoracic Spine Scoliometer	rho	1	0,500
	p-value	.	0,667
Thoracic Spine Formetrics	rho	0,500	1
	p-value	0,667	.

Πίνακας 5. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στο μέσο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια με ασυμμετρία $> 7^\circ$.

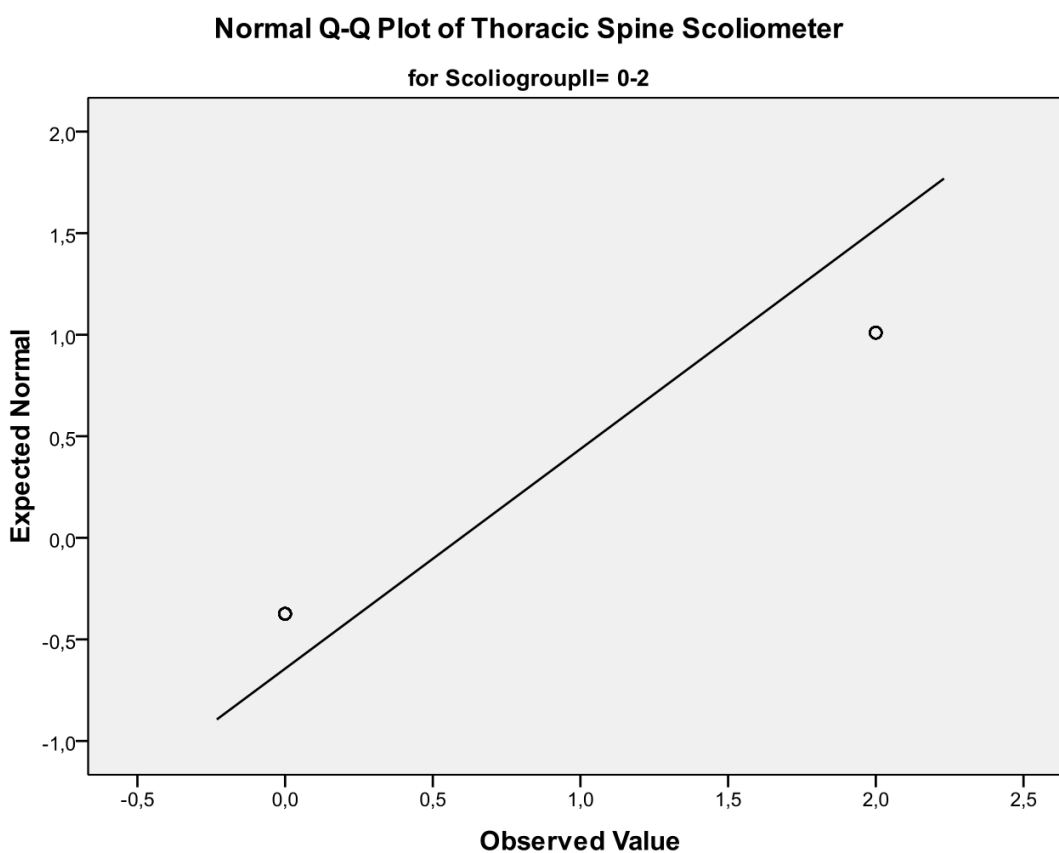
Στο διάγραμμα 8 απεικονίζονται οι γωνίες κλίσης όπως μετρώνται με το σκολιόμετρο σε θέση πρόσθιας κάμψης (μπλε) και με το Formetrics σε όρθια θέση (πράσινο). Παρατηρείται η έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των μετρήσεων, στα αγόρια, στο μέσο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Ειδικά για την ομάδα ασυμμετρίας $> 7^\circ$, φαίνεται ότι το Formetrics τείνει να υποεκτιμά την γωνία κλίσης του κορμού, σε σχέση με το γωνιόμετρο.



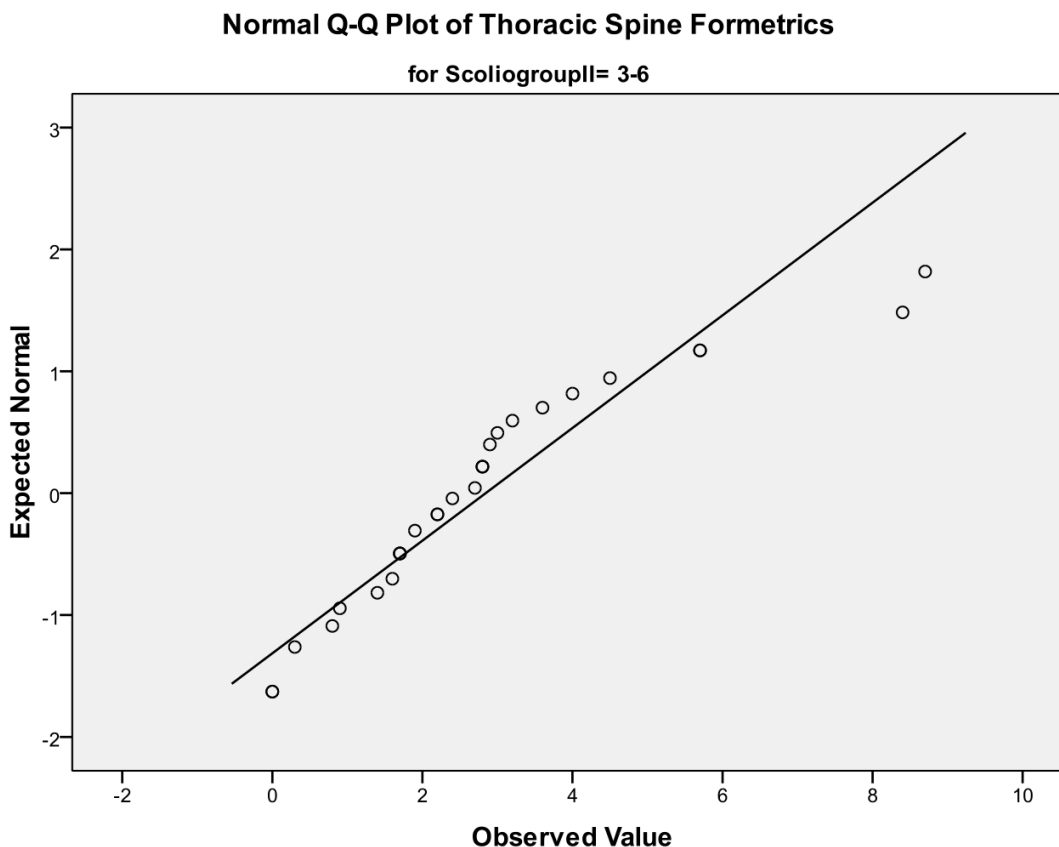
Διάγραμμα 8. Ομάδες ασυμμετρίας κορμού (αγόρια) στη μεσότητα της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Boxplot)

4.1.2. Κορίτσια

Στη μεσότητα της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα 1 (0° - 2°), για τα κορίτσια ($n = 47$), η p-value ήταν 0.982, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0.003 (πίνακας 6, διαγράμματα 9 – 10). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία 0° - 2° , δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού και της γωνίας κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 9. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 0° - 2° (σκολιόμετρο)

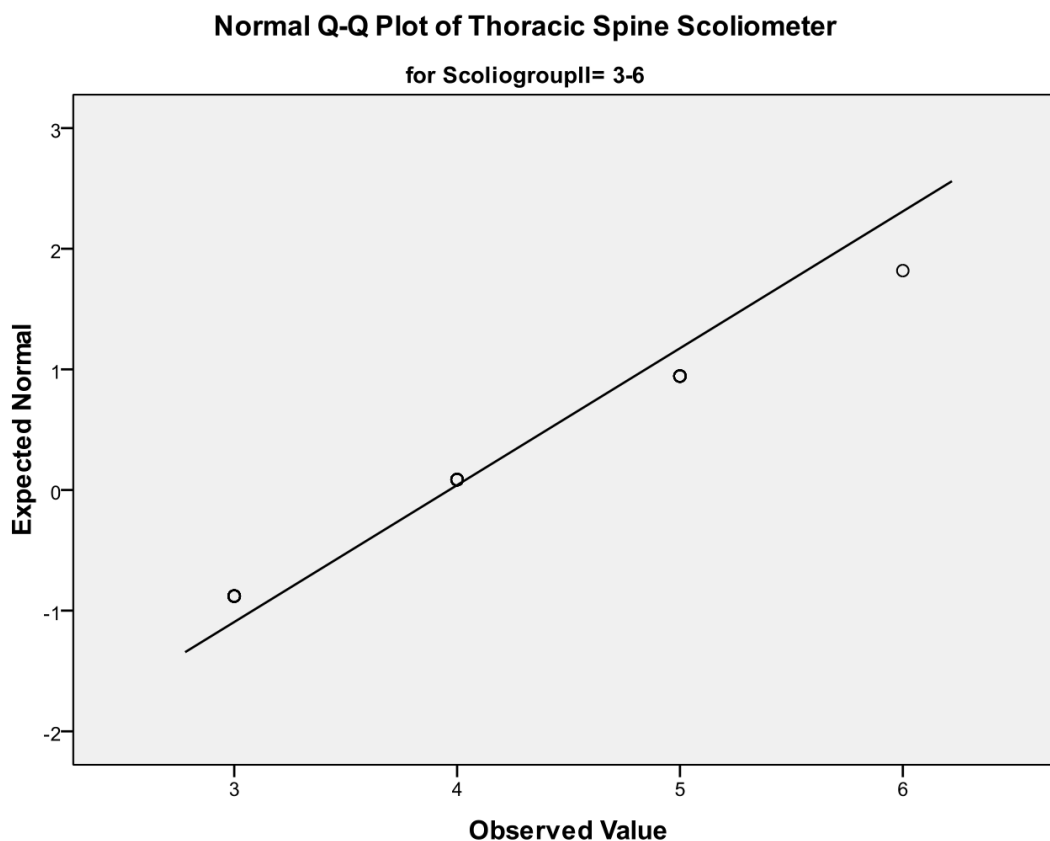


Διάγραμμα 10. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$ (Formetrics)

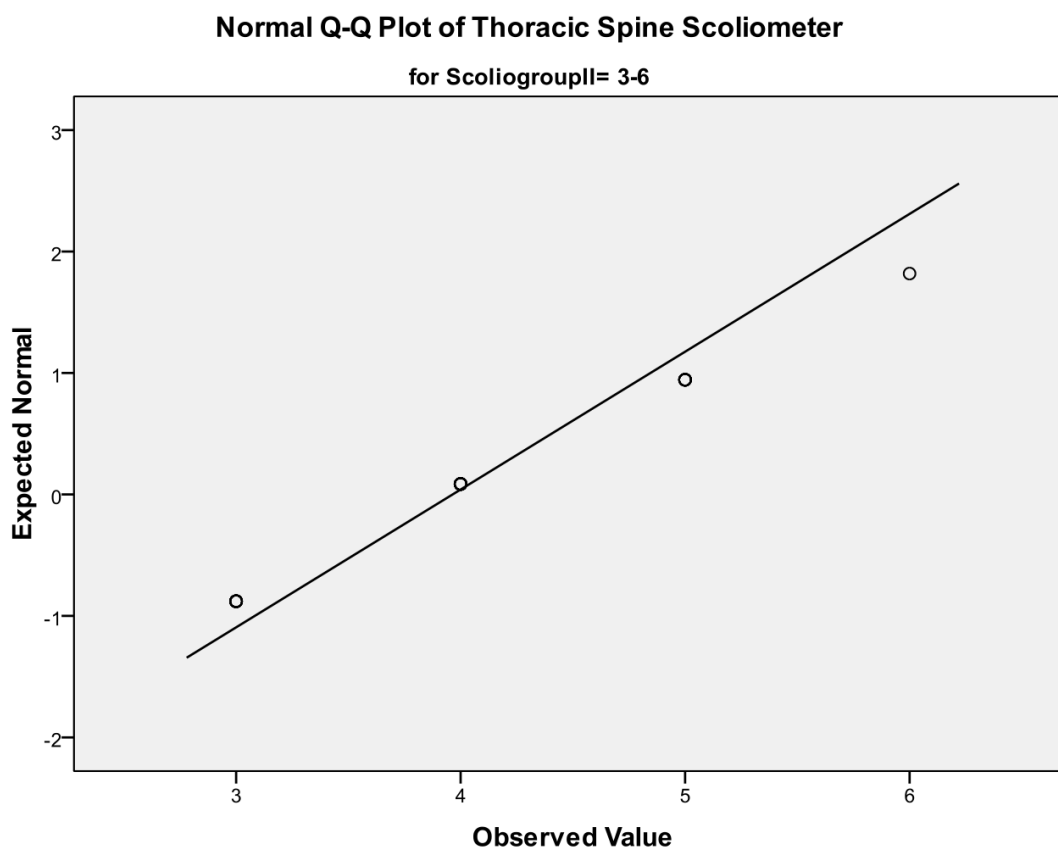
		Thoracic Spine Scoliometer	Thoracic Spine Formetrics
Thoracic Spine Scoliometer	rho	1	0,500
	p-value	.	0,667
Thoracic Spine Formetrics	rho	0,500	1
	p-value	0,667	.

Πίνακας 6. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στο μέσο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$.

Στη μεσότητα της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 2 (2° - 6°), για τα κορίτσια ($n = 28$) η τιμή p ήταν 0,819, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν -0,045 (πίνακας 7, διαγράμματα 11 – 12). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία 2° - 6° , δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού και της γωνίας κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 11. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 2° – 6° (σκολιόμετρο)

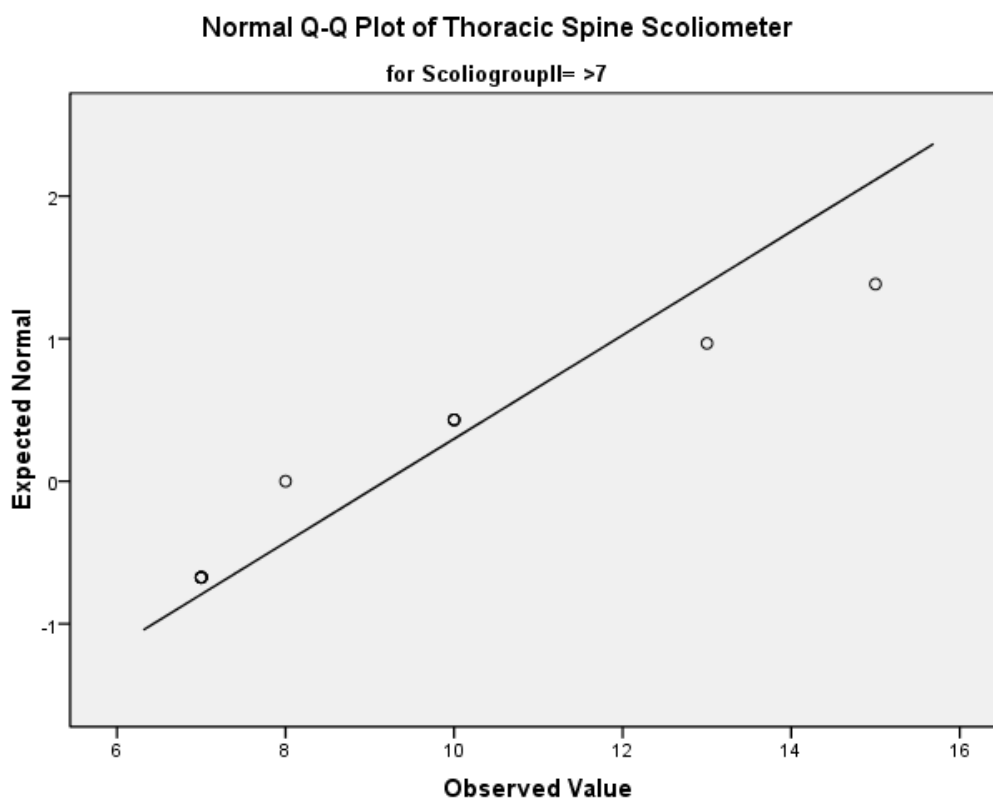


Διάγραμμα 12. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 2° – 6° (Formetrics)

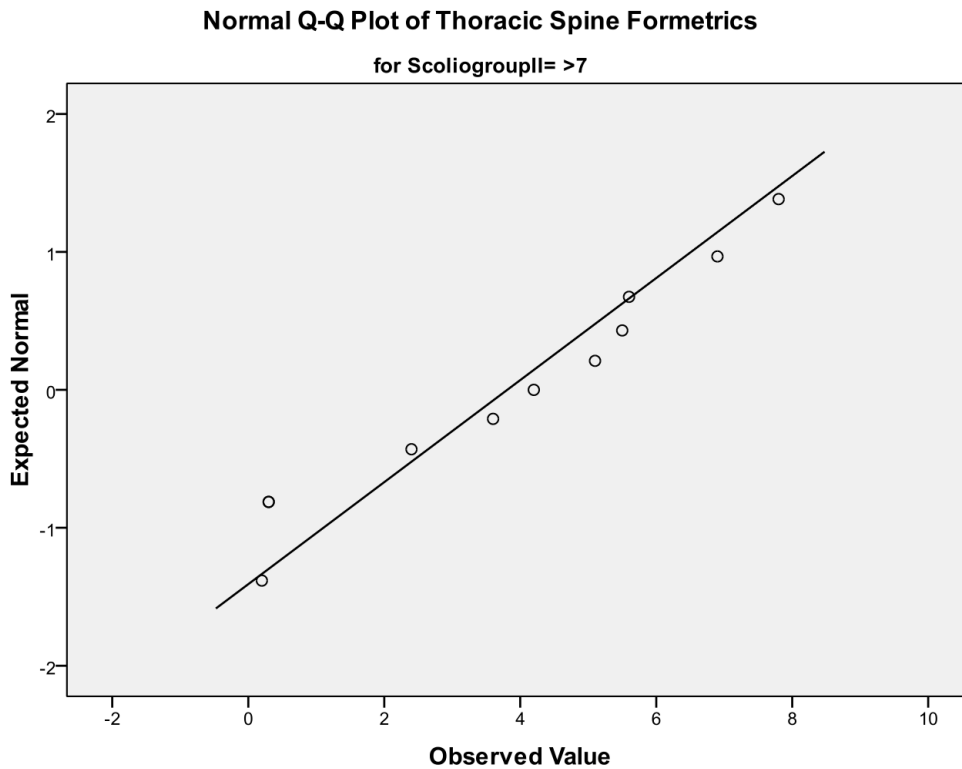
		Thoracic Spine Scoliometer	Thoracic Spine Formetrics
Thoracic Spine Scoliometer	rho	1	-0,045
	p-value	.	0,819
Thoracic Spine Formetrics	rho	-0,045	1
	p-value	0,819	.

Πίνακας 7. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρον και Formetrics στο μέσο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια με ασυμμετρία 2° – 6°.

Στη μεσότητα της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 3 ($\geq 7^\circ$), για τα κορίτσια ($n = 11$), η τιμή p ήταν 0,033 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0,642 (πίνακας 8, διαγράμματα 13 – 14). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία $> 7^\circ$, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού και της γωνίας κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 13. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (σκολιόμετρο)

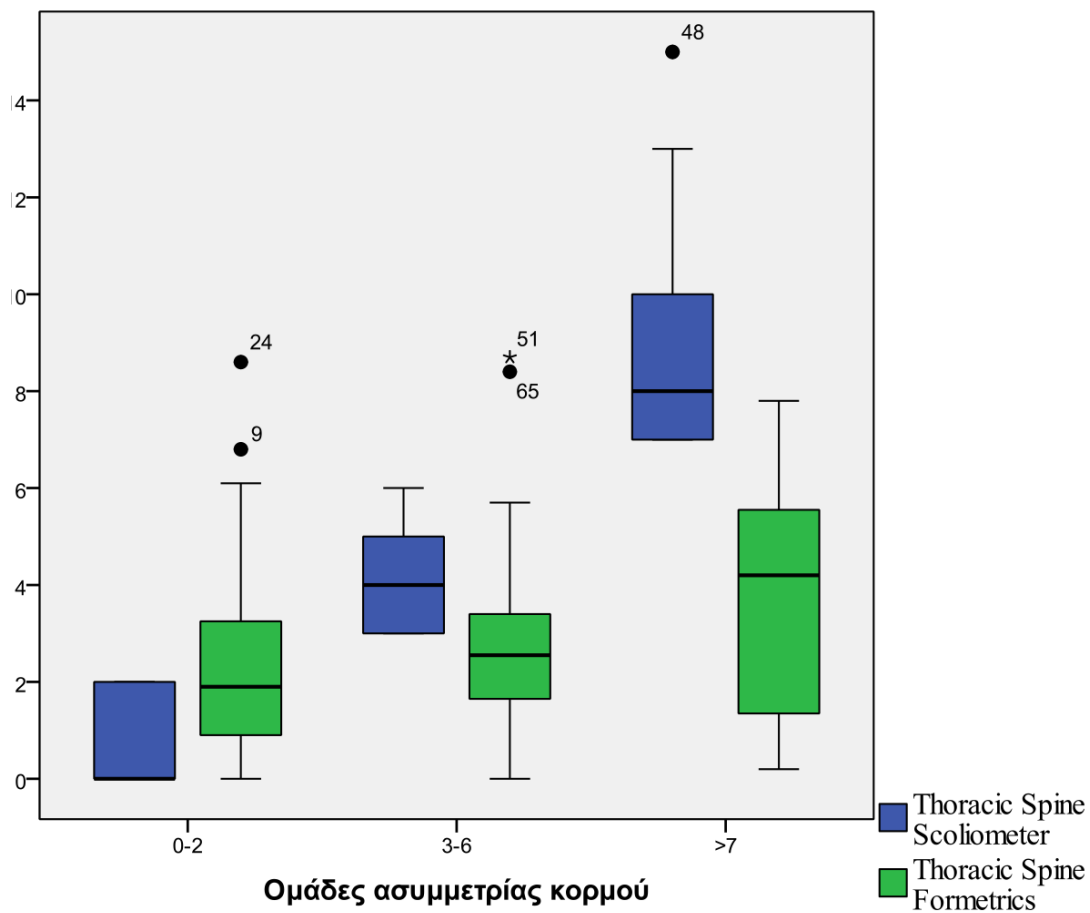


Διάγραμμα 14. Q-Q plot για τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (Formetrics)

		Thoracic Spine Scoliometer	Thoracic Spine Formetrics
Thoracic Spine Scoliometer	rho	1	0,642
	p-value	.	0,033
Thoracic Spine Formetrics	rho	0,642	1
	p-value	0,033	.

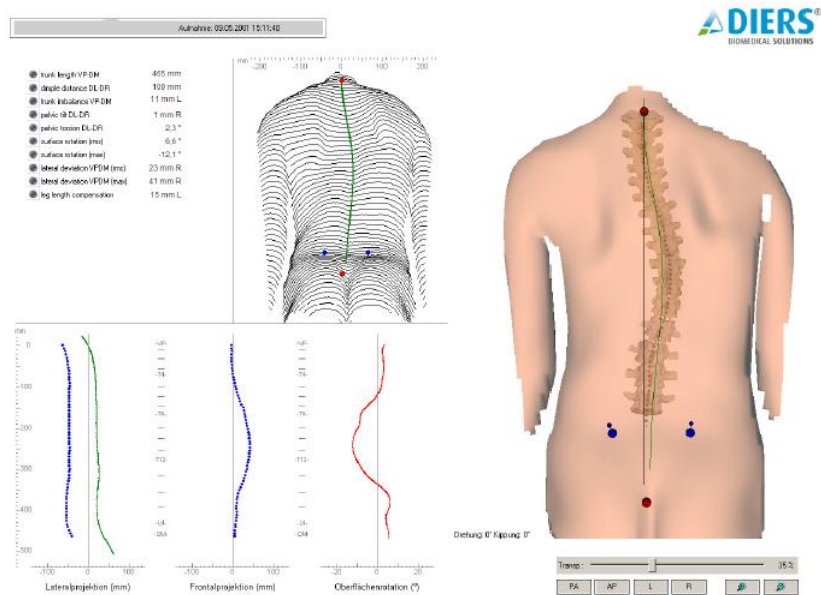
Πίνακας 8. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στο μέσο της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια με ασυμμετρία $> 7^\circ$.

Στο διάγραμμα 15 απεικονίζονται οι γωνίες κλίσης όπως μετρώνται με το σκολιόμετρο σε θέση πρόσθιας κάμψης (μπλε) και με το Formetrics σε όρθια θέση (πράσινο).

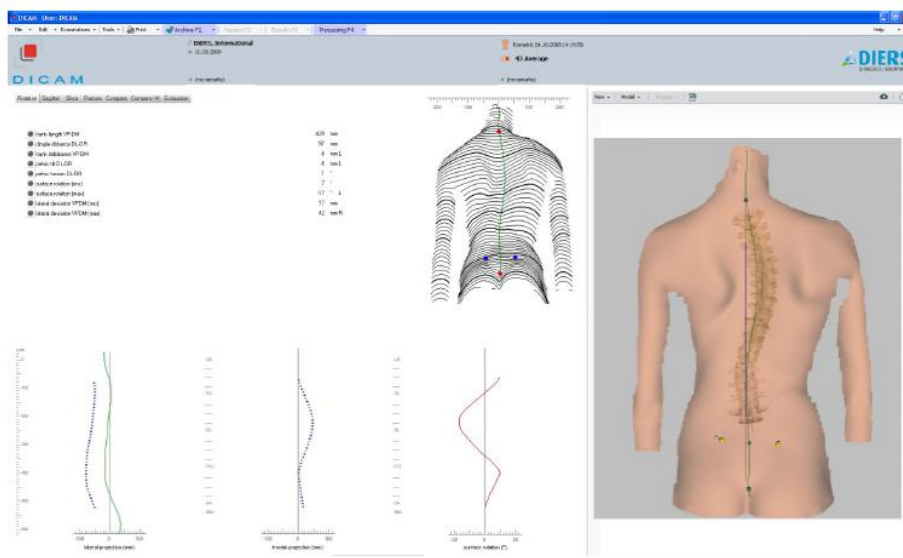


Διάγραμμα 15. Ομάδες ασυμμετρίας κορμού (κορίτσια) στη μεσότητα της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Boxplot)

4.2 ΘΩΡΑΚΟΟΣΦΥΪΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ



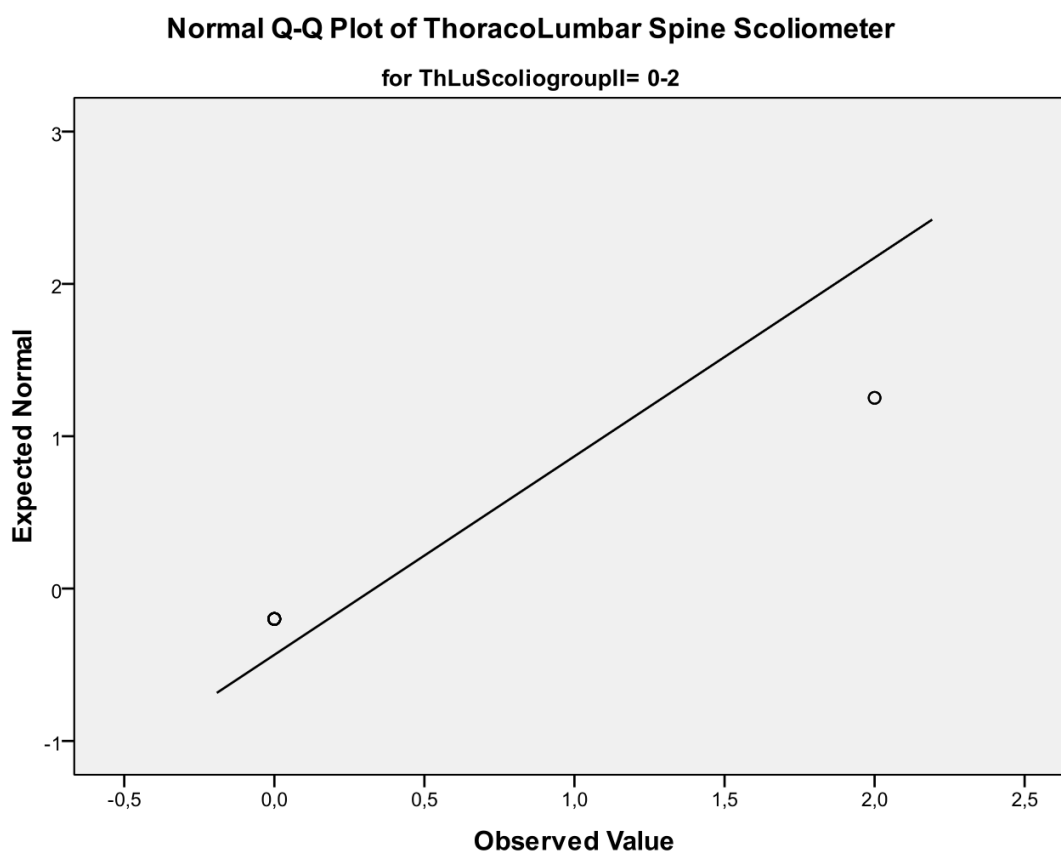
Εικόνα 12. Ασθενής με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση και την κορυφή του κυρτώματος στον Θ11.



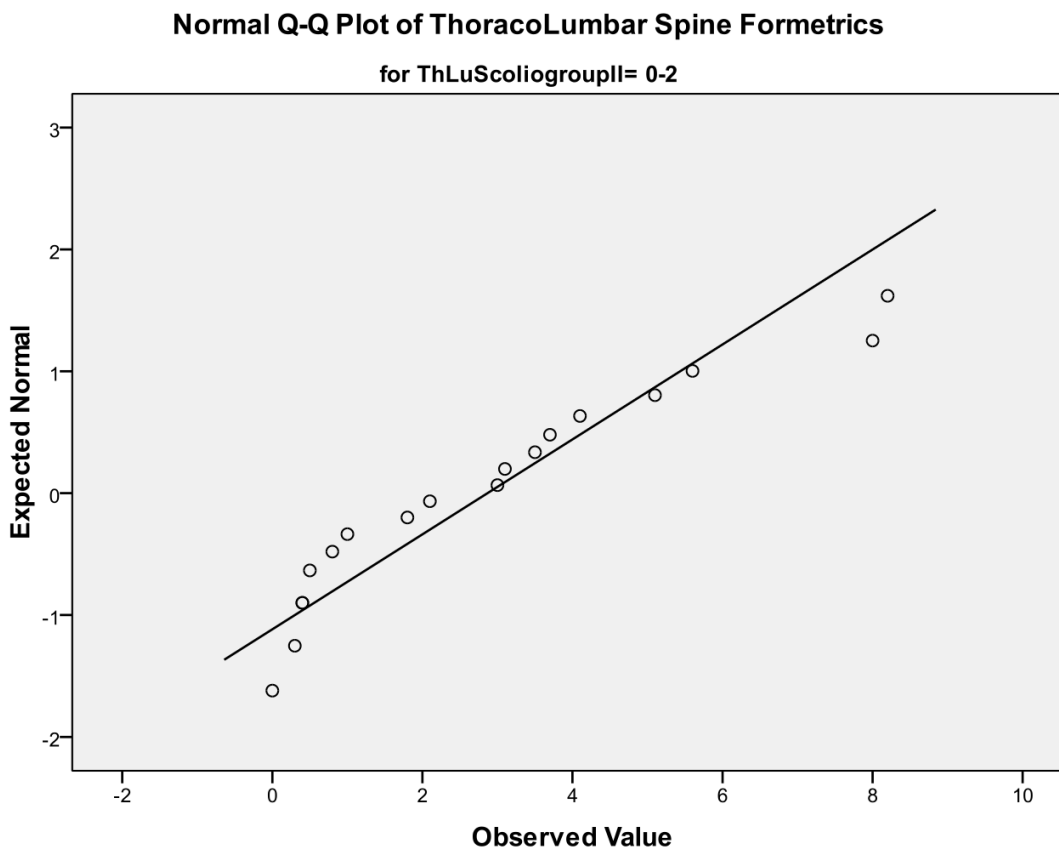
Εικόνα 13. Απεικόνιση διπλού θωρακοσφυϊκού σκολιωτικού κυρτώματος

4.2.1 Αγόρια

Στο θωρακοσφυϊκό επίπεδο της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα 1 (0° - 2°), για τα αγόρια ($n = 18$), η τιμή p ήταν 0,028 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν -0,517 (πίνακας 9, διαγράμματα 16 – 17). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία 0° - 2° , υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 16. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 0° - 2° (σκολιόμετρο)

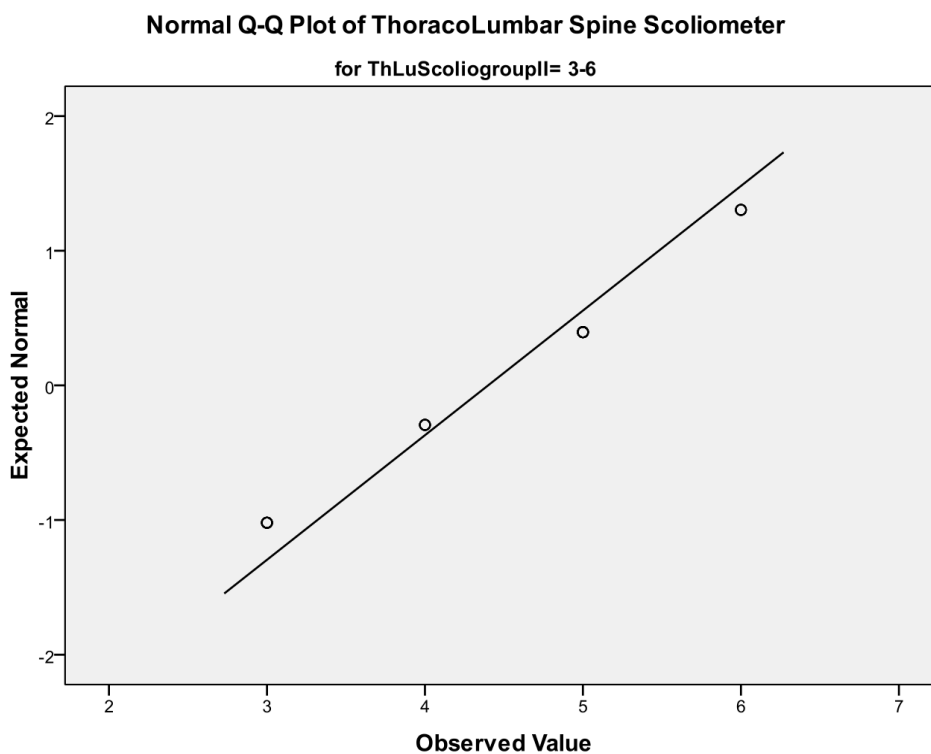


Διάγραμμα 17. Q-Q plot για τη θωρακοσφνική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$ (Formetrics)

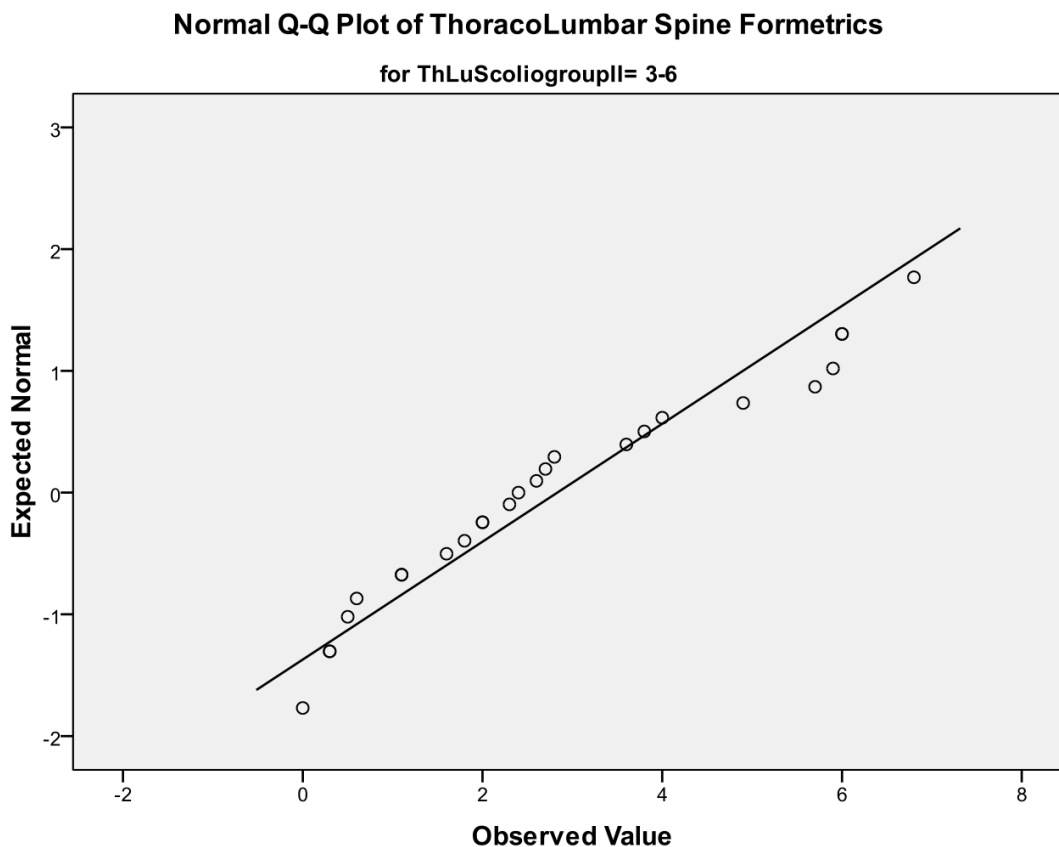
		ThoracoLumbar Spine Scoliometer	ThoracoLumbar Spine Formetrics
ThoracoLumbar Spine Scoliometer	rho	1	-0,517
	p-value	.	0,028
ThoracoLumbar Spine Formetrics	rho	-0,517	1
	p-value	0,028	.

Πίνακας 9. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στη θωρακοσφνική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$.

Στο θωρακοσφυϊκό επίπεδο της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 2 (2° - 6°), για τα αγόρια ($n = 25$) η τιμή p ήταν 0,999 και ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0,000 (πίνακας 10, διαγράμματα 18 – 19). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία 2° - 6° , δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 18. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 2° - 6° (σκολιόμετρο)

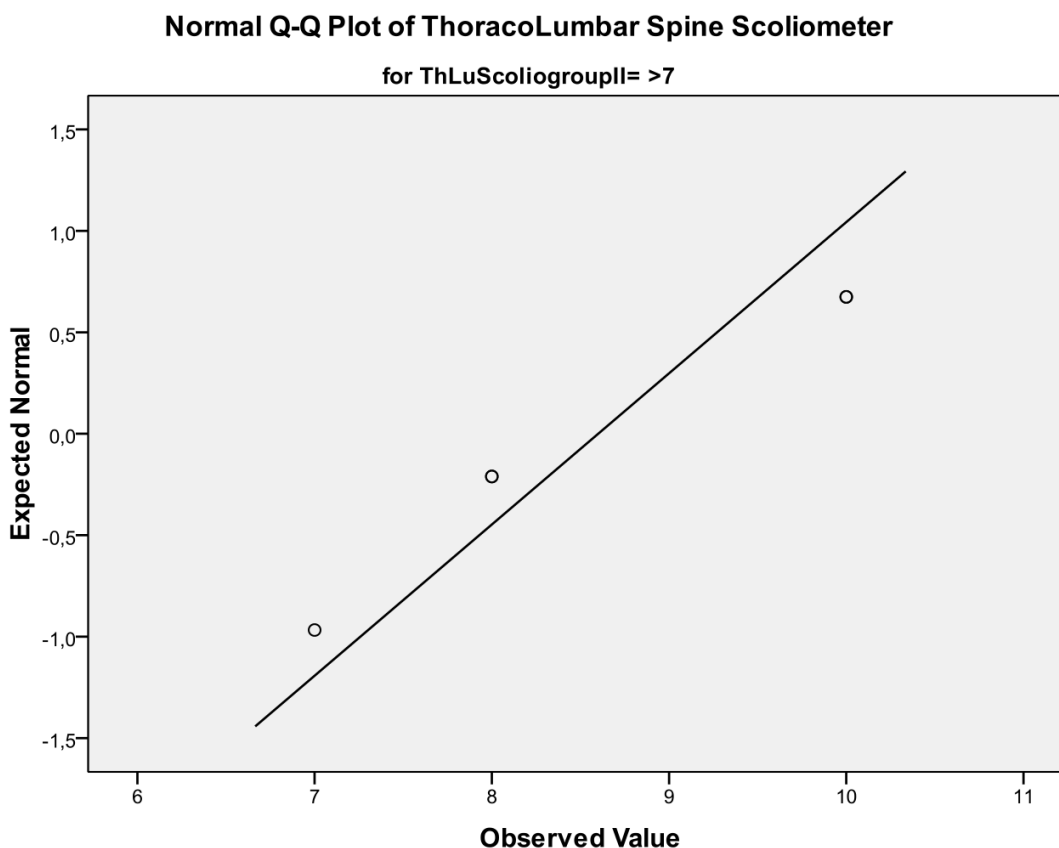


Διάγραμμα 19. Q-Q plot για τη θωρακοσφνική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 2° – 6° (Formetrics)

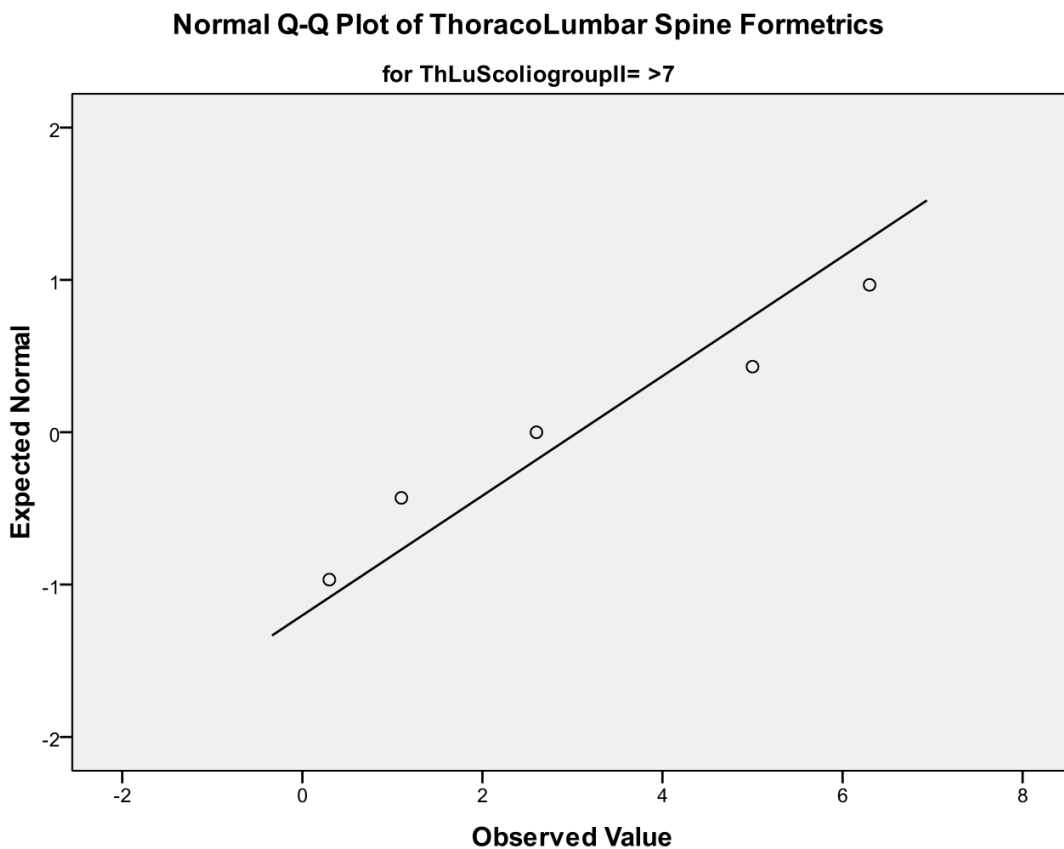
		ThoracoLumbar Spine Scoliometer	ThoracoLumbar Spine Formetrics
ThoracoLumbar Spine Scoliometer	rho	1	0,000
	p-value	.	0,999
ThoracoLumbar Spine Formetrics	rho	0,000	1
	p-value	0,999	.

Πίνακας 10. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στη θωρακοσφνική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια με ασυμμετρία 2° - 6°.

Στο θωρακοσφυϊκό επίπεδο της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 3 ($\geq 7^\circ$), για τα αγόρια ($n = 5$), η p - value ήταν 0.933 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0.053 (πίνακας 11, διαγράμματα 20 – 21). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία $\geq 7^\circ$, δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 20. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (σκολιόμετρο)

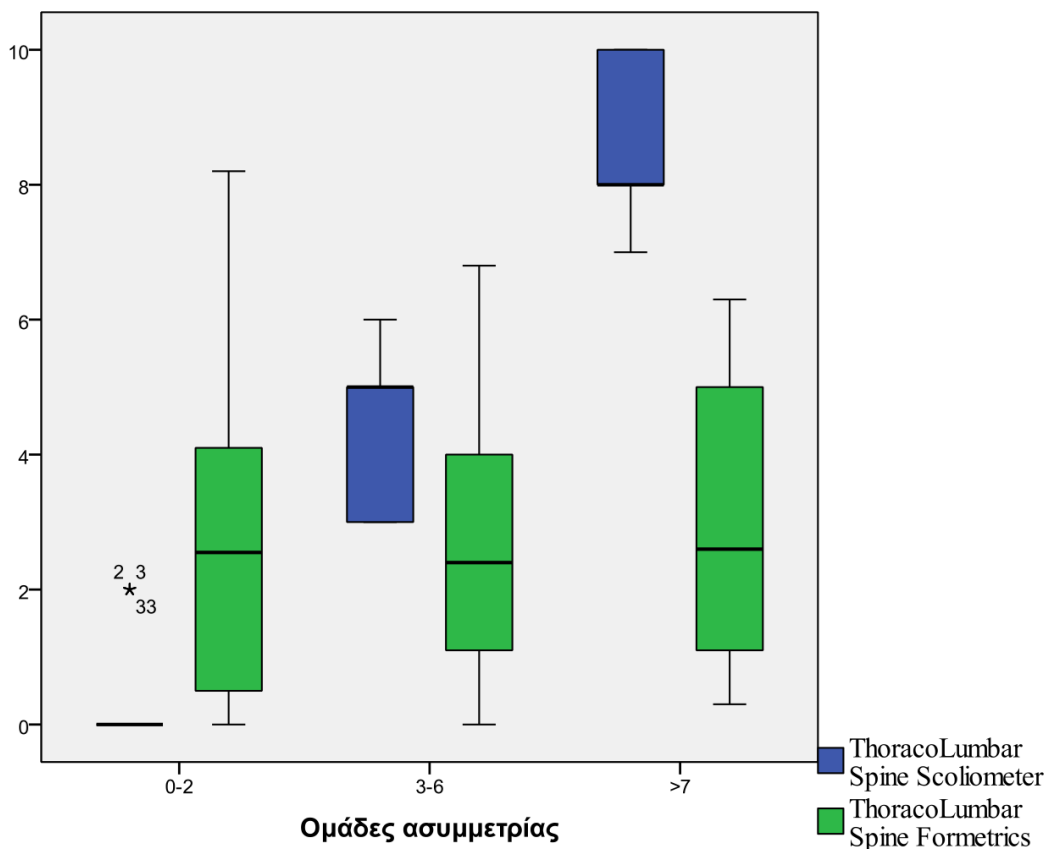


Διάγραμμα 21. Q-Q plot για τη θωρακοσφνική μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (Formetrics)

		ThoracoLumbar Spine Scoliometer	ThoracoLumbar Spine Formetrics
ThoracoLumbar Spine Scoliometer	rho	1	0,053
	p-value	.	0,933
ThoracoLumbar Spine Formetrics	rho	0,053	1
	p-value	0,933	.

Πίνακας 11. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στη θωρακοσφνική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$.

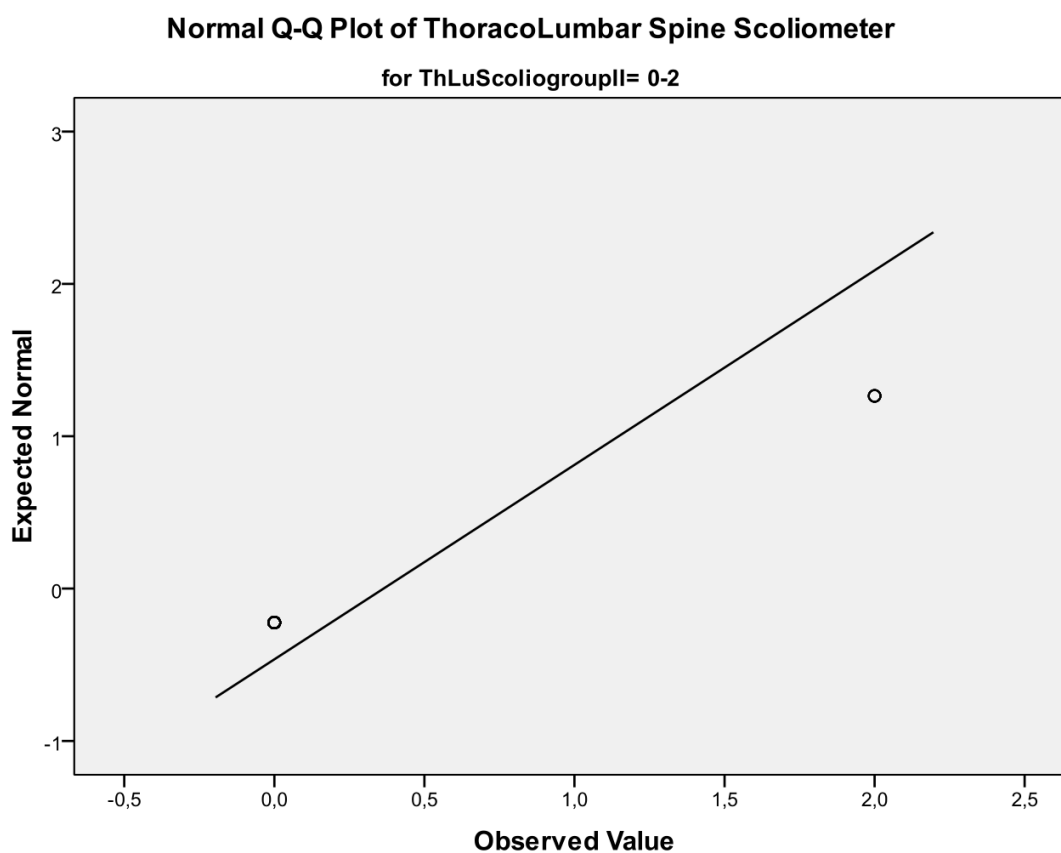
Στο διάγραμμα 22 απεικονίζονται οι γωνίες κλίσεις όπως μετρώνται με το σκολιόμετρο σε θέση πρόσθιας κάμψης (μπλε) και με το Formetrics σε όρθια θέση (πράσινο). Με εξαίρεση την ομάδα 1 των $0^{\circ} - 2^{\circ}$, παρατηρείται η έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των μετρήσεων, στα αγόρια, στη θωρακοσφυϊκή συμβολή της σπονδυλικής στήλης. Ειδικά για την ομάδα ασυμμετρίας $> 7^{\circ}$, φαίνεται ότι το Formetrics τείνει να υποεκτιμά την γωνία κλίσης του κορμού, σε σχέση με τογωνιόμετρο.



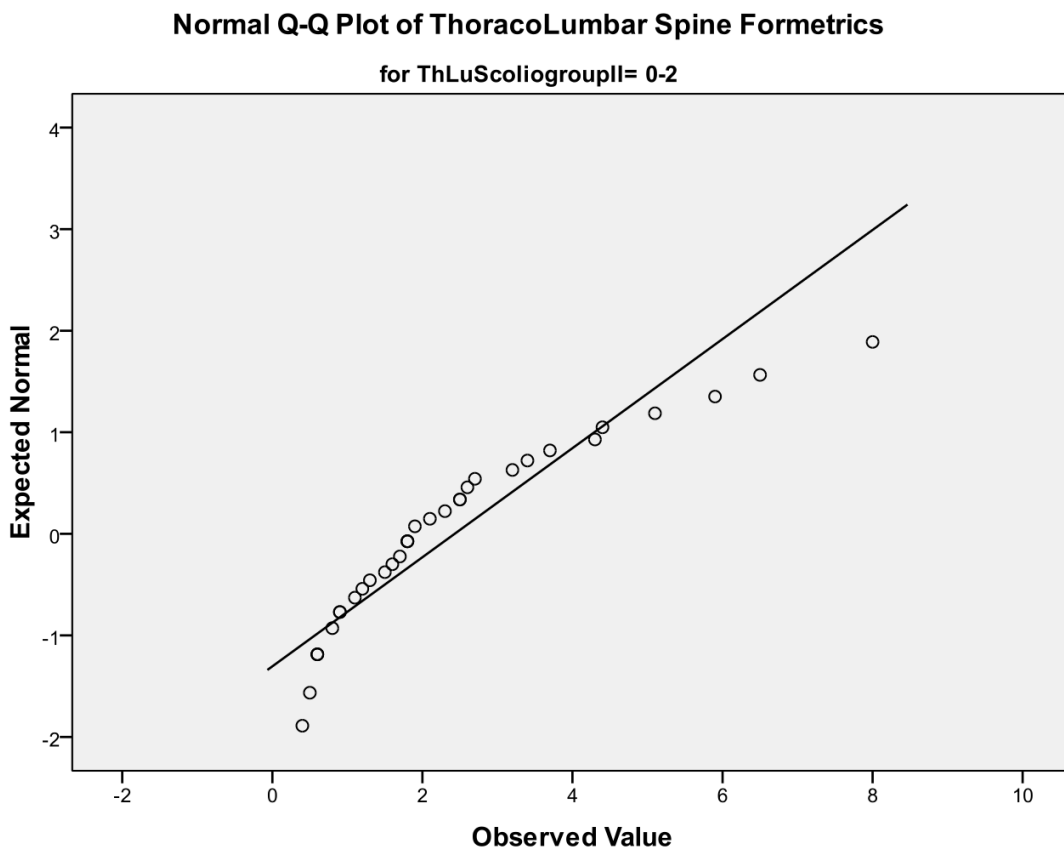
Διάγραμμα 22. Ομάδες ασυμμετρίας κορμού (αγόρια) στη θωρακοσφυϊκή συμβολή της σπονδυλικής στήλης (Boxplot)

4.2.2 Κορίτσια

Στο επίπεδο της θωρακοσφυϊκής συμβολής, στην ομάδα 1 (0° - 2°), για τα κορίτσια ($n = 33$), η τιμή p ήταν 0.599, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν -0.095 (πίνακας 12, διαγράμματα 23 – 24). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία 0° - 2° , δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 23. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 0° – 2° (σκολιόμετρο)

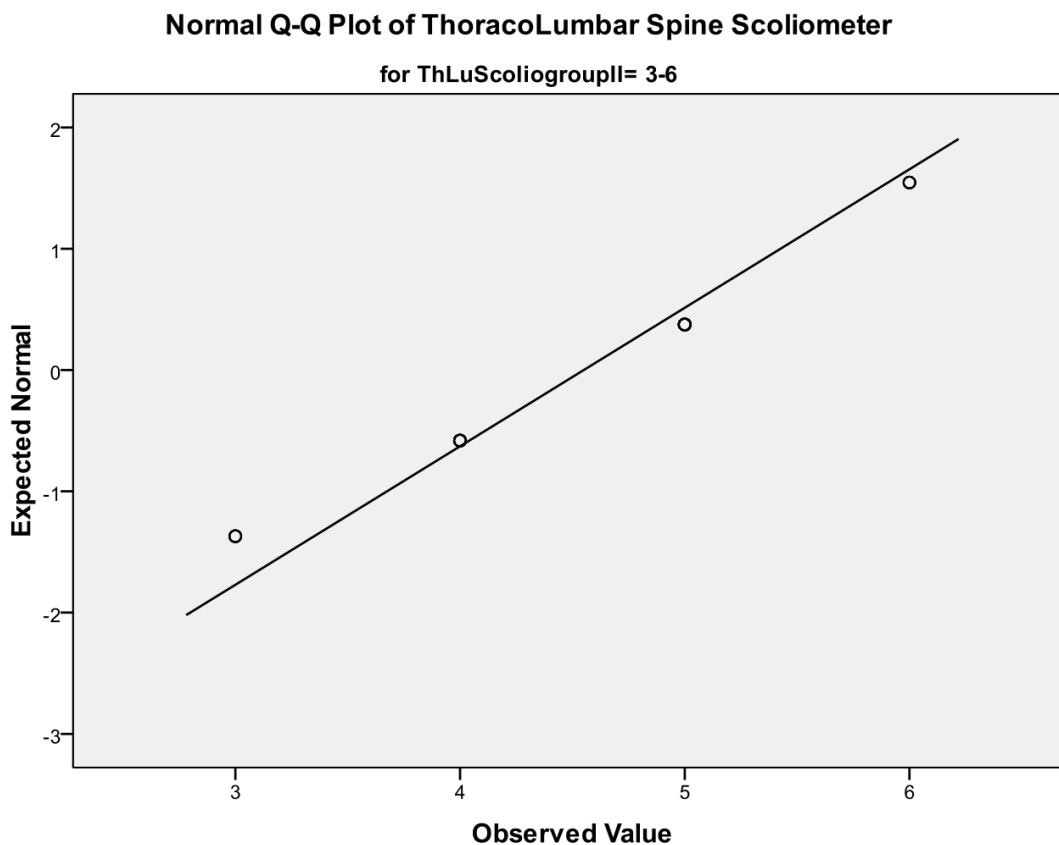


Διάγραμμα 24. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$ (Formetrics)

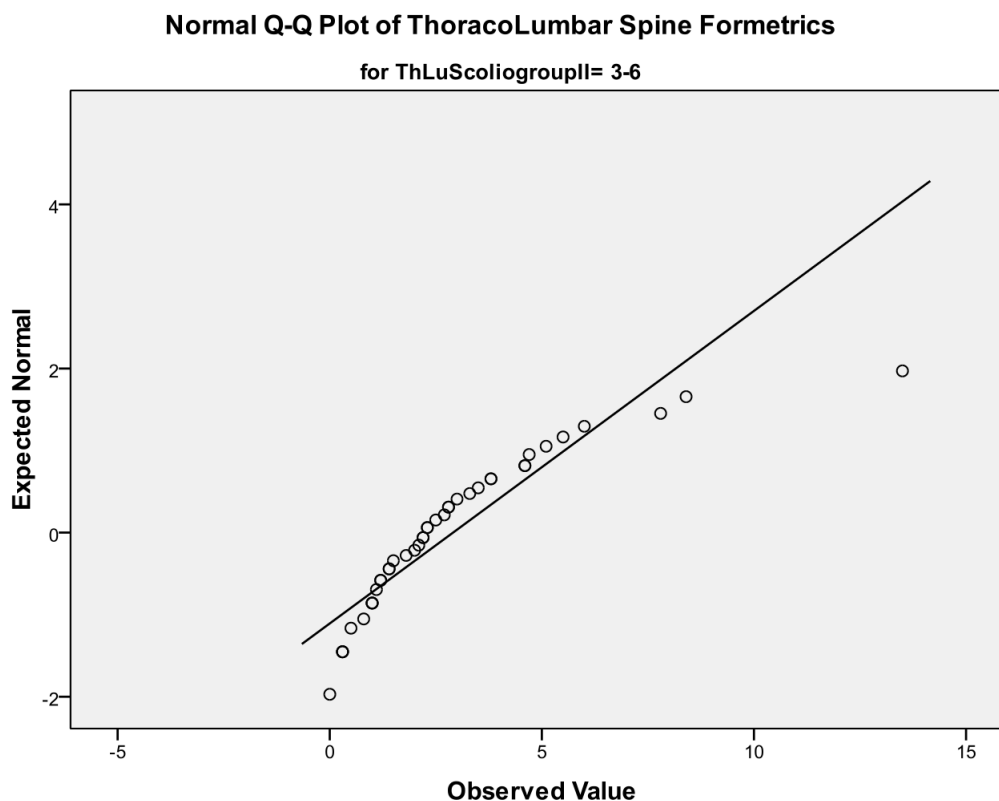
		ThoracoLumbar Spine Scoliometer	ThoracoLumbar Spine Formetrics
ThoracoLumbar Spine Scoliometer	rho	1	-0,095
	p-value	.	0,599
ThoracoLumbar Spine Formetrics	rho	-0,095	1
	p-value	0,599	.

Πίνακας 12. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια, με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$.

Στο επίπεδο της θωρακοσφυϊκής συμβολής, στην ομάδα 2 (2° - 6°), για τα κορίτσια ($n = 40$), η τιμή p ήταν 0.291 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν -0.171 (πίνακας 13, διαγράμματα 25 – 26). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία 2° - 6° , δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 25. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 2° – 6° (σκολιόμετρο)

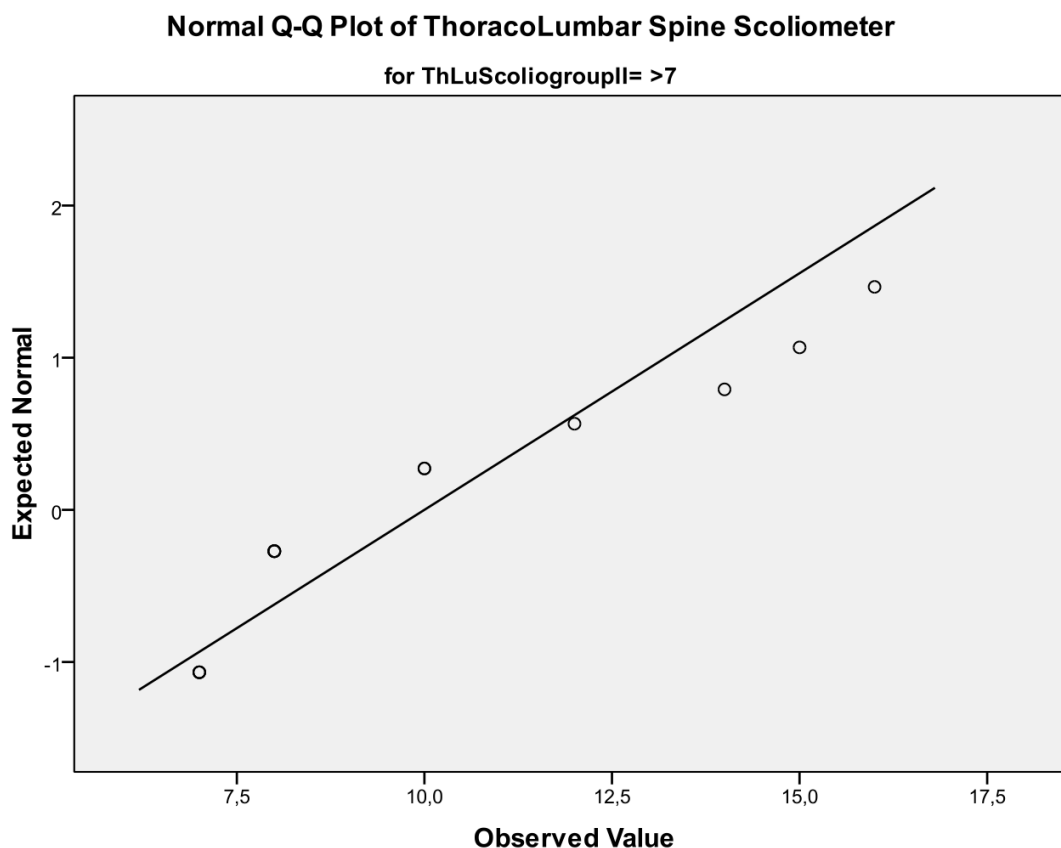


Διάγραμμα 26. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 2° – 6° (Formetrics)

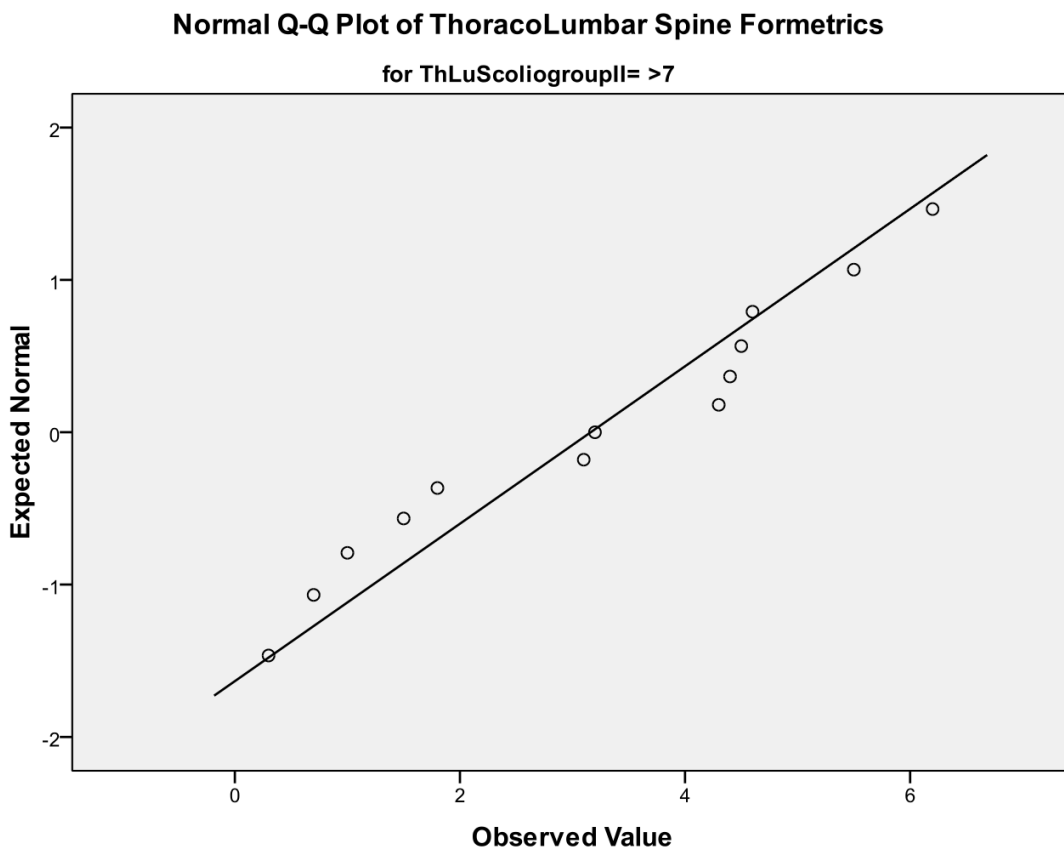
		ThoracoLumbar Spine Scoliometer	ThoracoLumbar Spine Formetrics
ThoracoLumbar Spine Scoliometer	rho	1	-0,171
	p-value	.	0,291
ThoracoLumbar Spine Formetrics	rho	-0,171	1
	p-value	0,291	.

Πίνακας 13. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια, με ασυμμετρία 2° - 6°.

Στο επίπεδο της θωρακοσφυϊκής συμβολής, στην ομάδα 3 ($\geq 7^\circ$), για τα κορίτσια ($n = 13$), η τιμή p ήταν 0.792 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν -0.081 (πίνακας 14, διαγράμματα 27 – 28). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία $\geq 7^\circ$, δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 27. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (σκολιόμετρο)

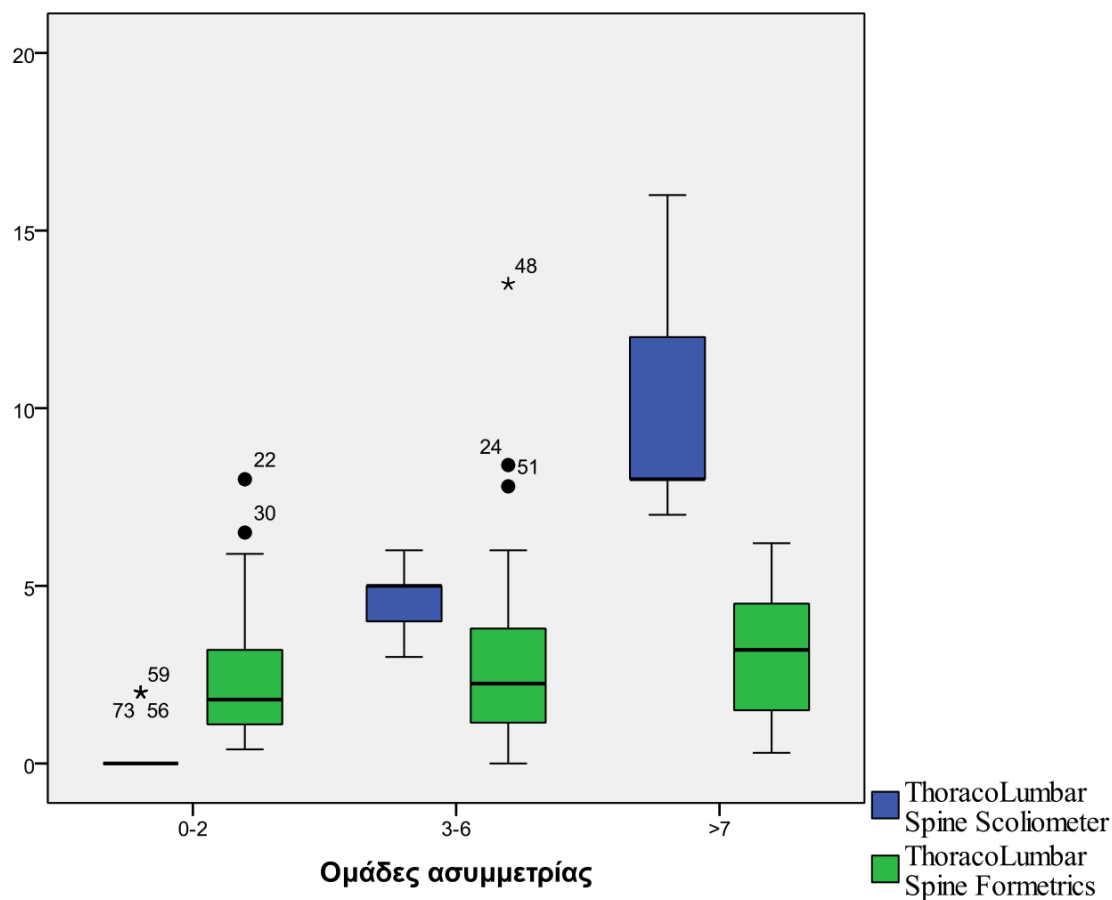


Διάγραμμα 28. Q-Q plot για τη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (Formetrics)

		ThoracoLumbar Spine Scoliometer	ThoracoLumbar Spine Formetrics
ThoracoLumbar Spine Scoliometer	rho	1	-0,081
	p-value	.	0,792
ThoracoLumbar Spine Formetrics	rho	-0,081	1
	p-value	0,792	.

Πίνακας 14. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια, με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$.

Στο διάγραμμα 29 απεικονίζονται οι γωνίες κλίσεις όπως μετρώνται με το σκολιόμετρο σε θέση πρόσθιας κάμψης (μπλε) και με το Formetrics σε όρθια θέση (πράσινο). Παρατηρείται η έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των μετρήσεων, στα κορίτσια, στη θωρακοσφυϊκή συμβολή της σπονδυλικής στήλης. Ειδικά για την ομάδα ασυμμετρίας > 7°, φαίνεται ότι το Formetrics τείνει να υποεκτιμά την γωνία κλίσης του κορμού, σε σχέση με το γωνιόμετρο.

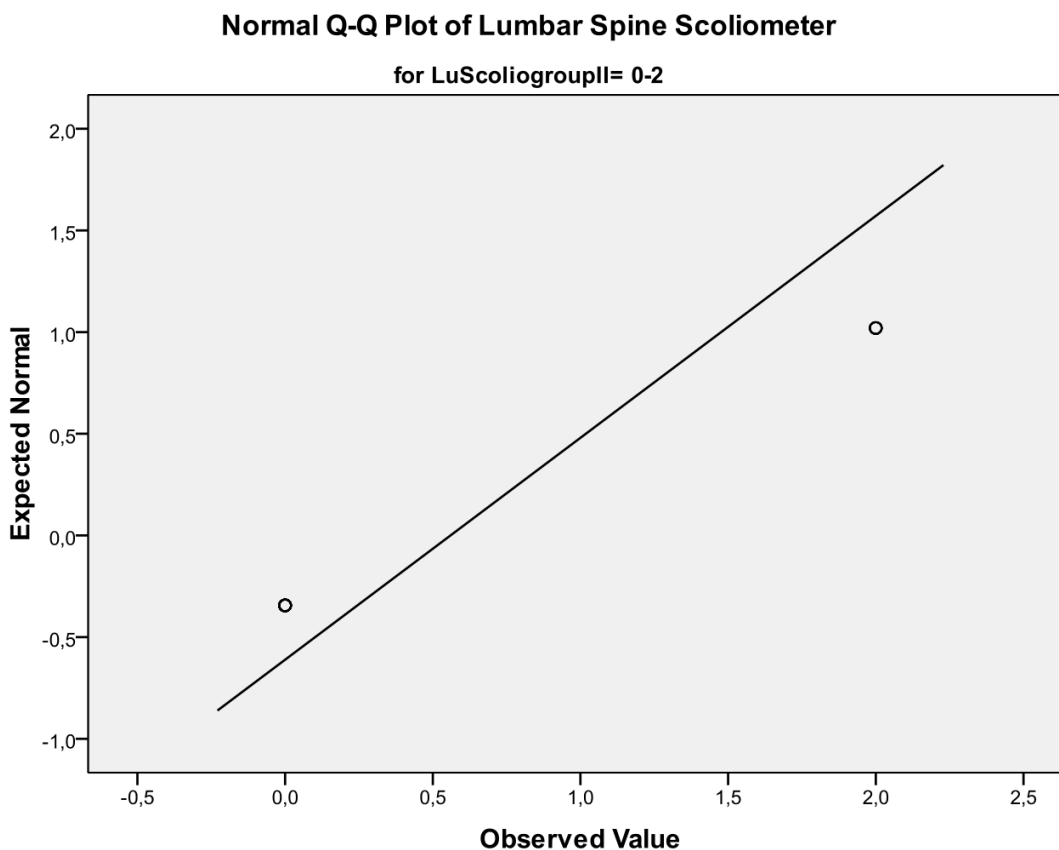


Διάγραμμα 29. Ομάδες ασυμμετρίας κοριτσιών στη θωρακοσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (Boxplot)

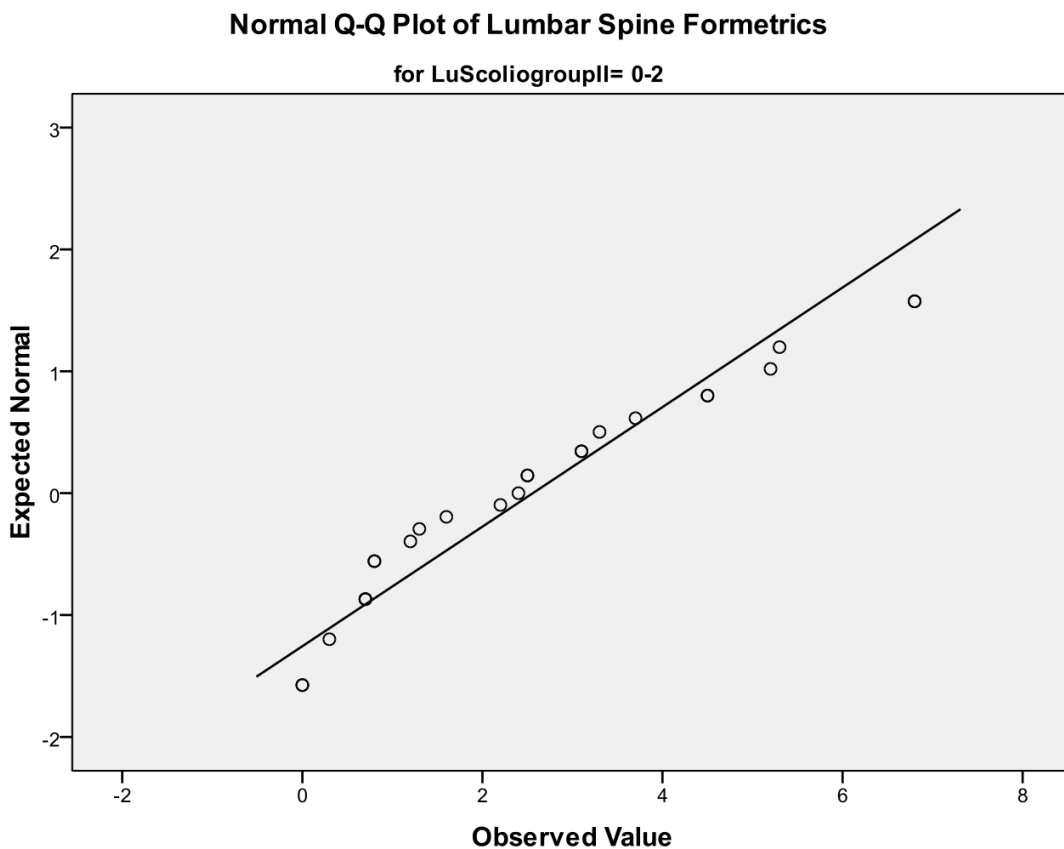
4.3. ΟΣΦΥΪΚΗ ΜΟΙΡΑ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ

4.3.1. Αγόρια

Στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα 1 (0° - 2°), για τους άνδρες ($n = 25$), η τιμή p ήταν 0,479, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0,149 (πίνακας 15, διαγράμματα 30 – 31). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία 0° - 2° , δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 30. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 0° – 2° (σκολιόμετρο)

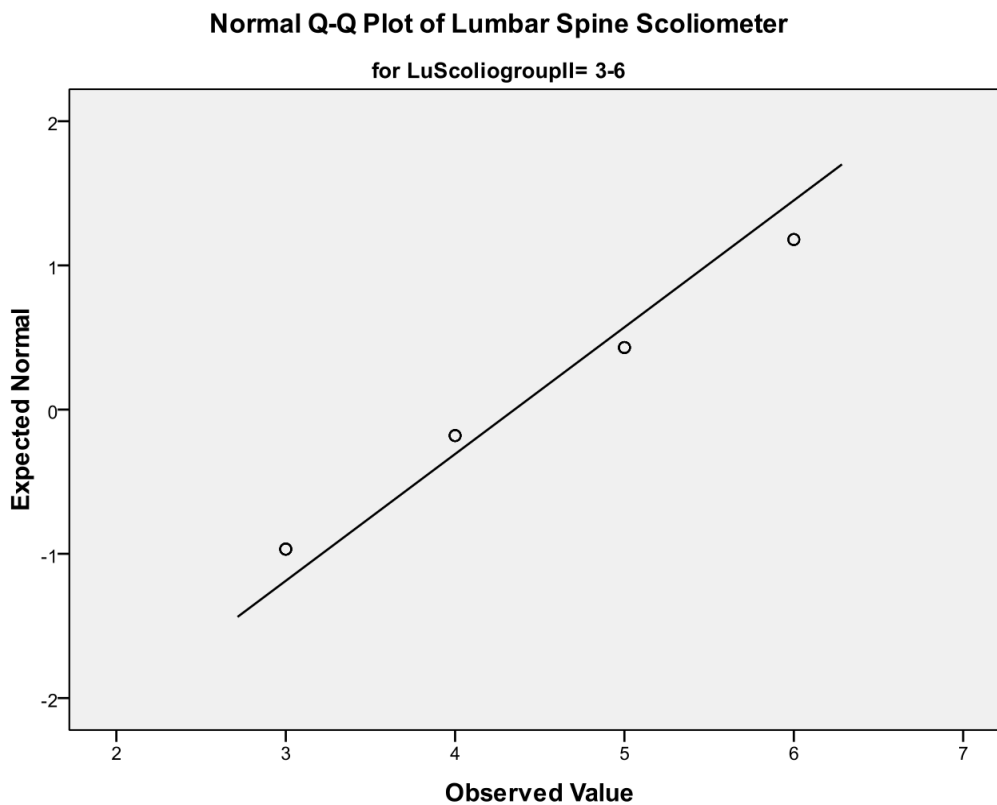


Διάγραμμα 31. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$ (Formetrics)

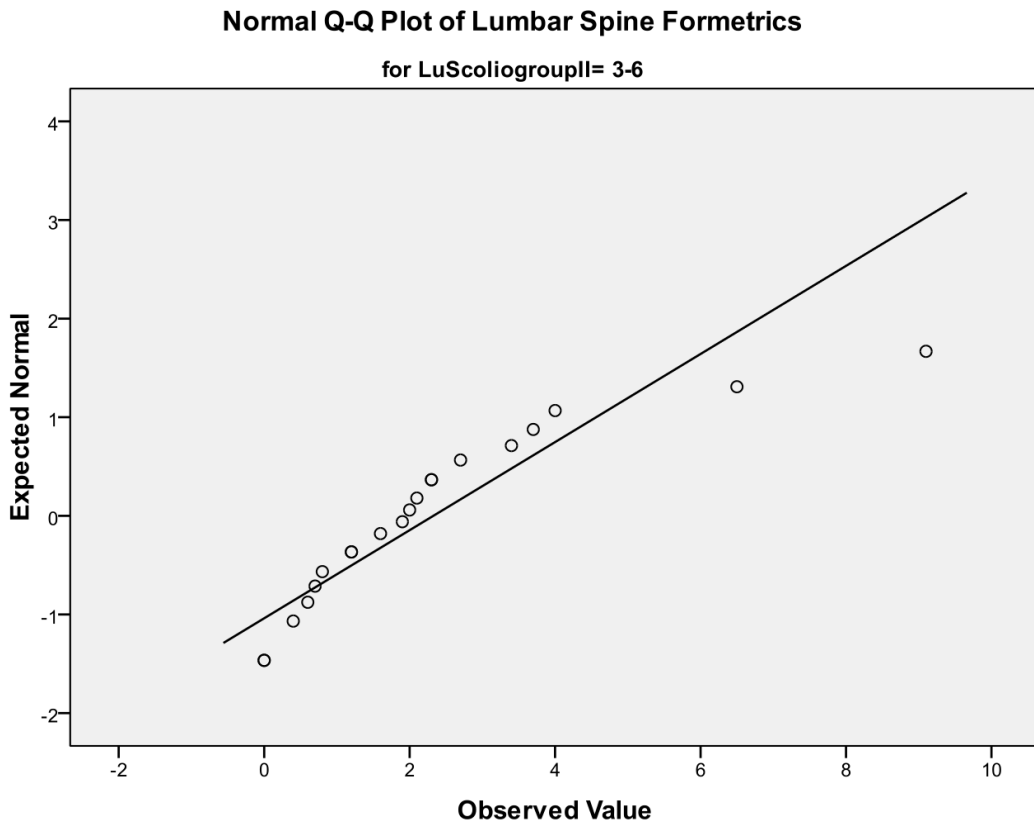
		Lumbar Spine Scoliometer	Lumbar Spine Formetrics
Lumbar Spine Scoliometer	rho	1	0,149
	p-value	.	0,479
Lumbar Spine Formetrics	rho	0,149	1
	p-value	0,479	.

Πίνακας 15. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια, με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$.

Στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 2 (2°-6°), για τα αγόρια (n = 20), η τιμή p ήταν 0,106 και ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0,373 (πίνακας 16, διαγράμματα 32 – 33). Αυτό σημαίνει ότι, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία 2°-6°, δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 32. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 3° – 6° (σκολιόμετρο)

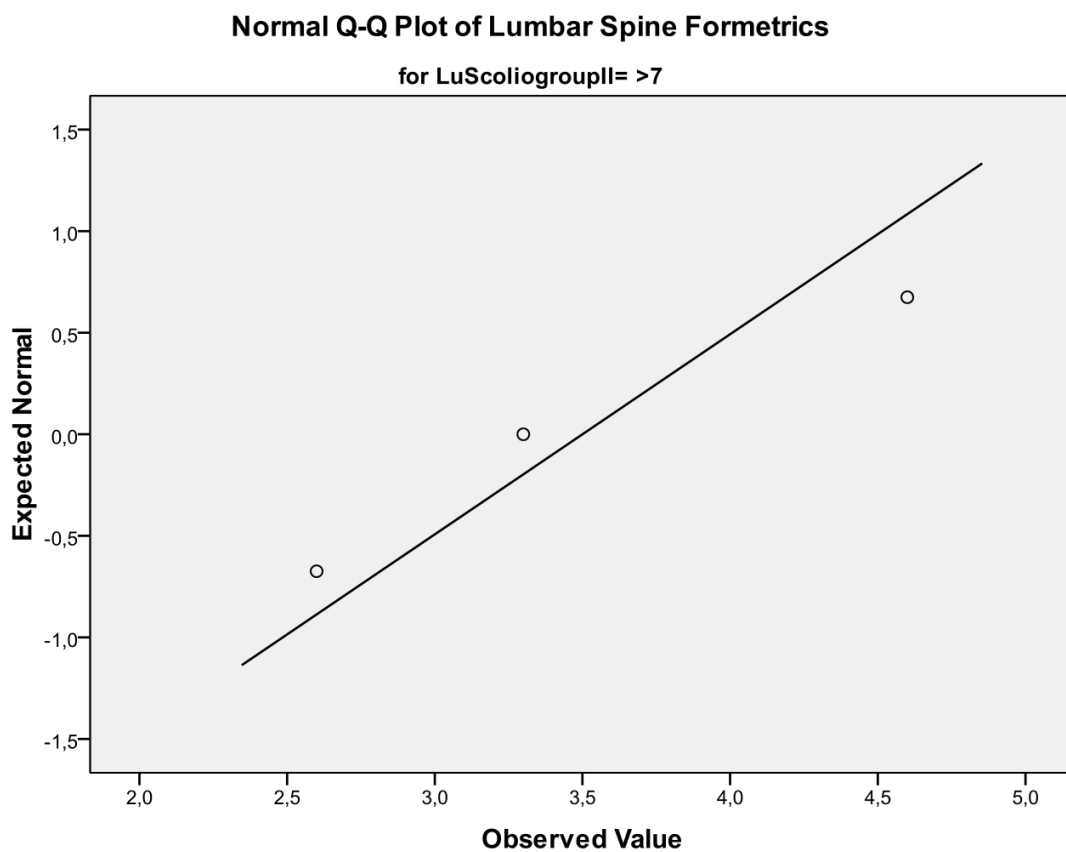


Διάγραμμα 33. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία 3° – 6° (Formetrics)

		Lumbar Spine Scoliometer	Lumbar Spine Formetrics
Lumbar Spine Scoliometer	rho	1	0,373
	p-value	.	0,106
Lumbar Spine Formetrics	rho	0,373	1
	p-value	0,106	.

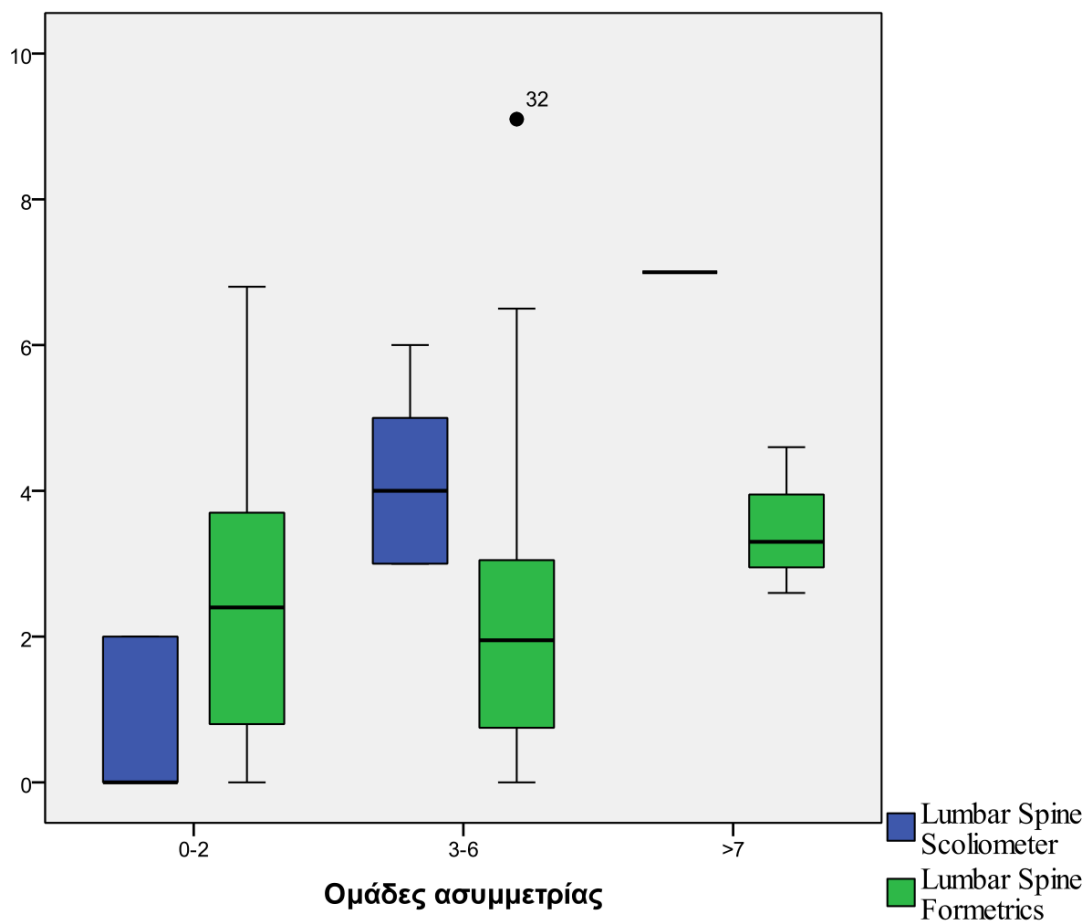
Πίνακας 16. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε αγόρια, με ασυμμετρία 2° – 6°.

Στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 3 ($\geq 7^\circ$), στα αγόρια ($n = 3$), η τιμή p και ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho δεν μπορούσαν να υπολογιστούν λόγω μικρού στατιστικού δείγματος.



Διάγραμμα 34. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα αγόρια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (σκολιόμετρο)

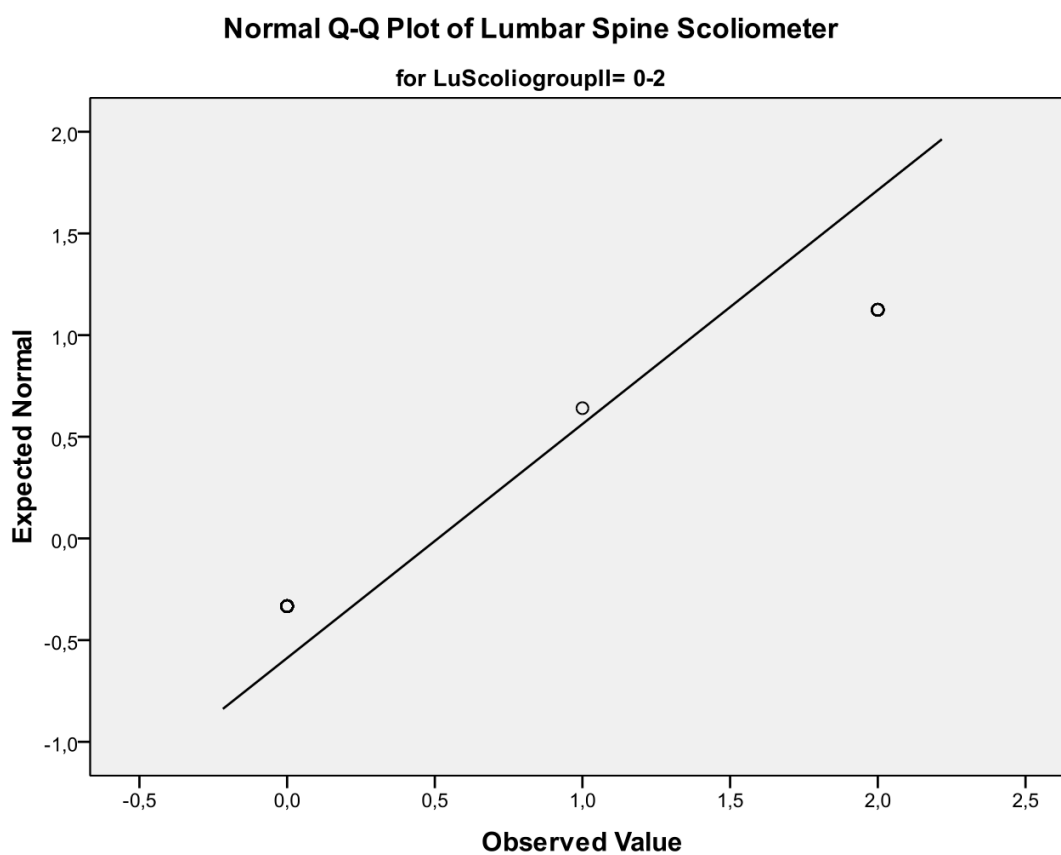
Στο διάγραμμα 35 απεικονίζονται οι γωνίες κλίσεις όπως μετρώνται με το σκολιόμετρο σε θέση πρόσθιας κάμψης (μπλε) και με το Formetrics σε όρθια θέση (πράσινο). Παρατηρείται η έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των μετρήσεων, στα αγόρια, στην οσφυϊκή συμβολή της σπονδυλικής στήλης.



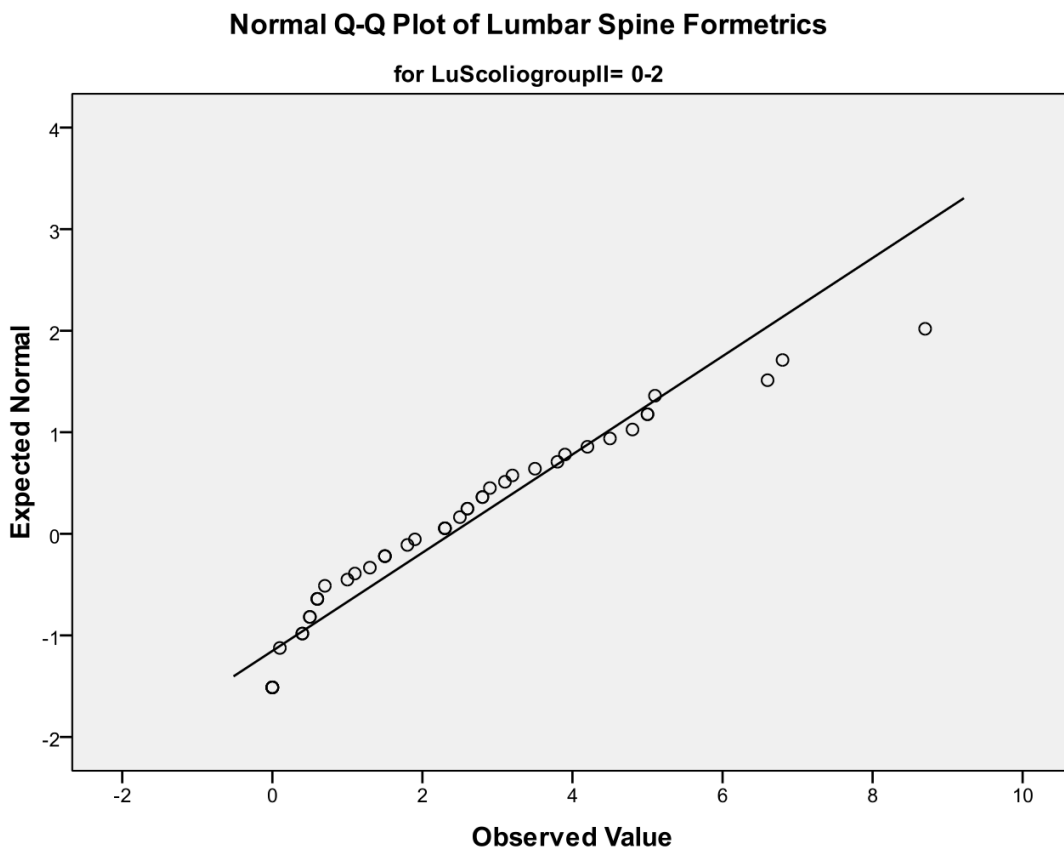
Διάγραμμα 35. Ομάδες ασυμμετρίας αγοριών στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (Boxplot)

4.3.2 Κορίτσια

Στο επίπεδο της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα 1 (0° - 2°), για τα κορίτσια ($n = 45$), η τιμή p ήταν 0,693, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν -0.072 (πίνακας 17, διαγράμματα 36 – 37). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία 0° - 2° , δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 36. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 0° – 2° (σκολιόμετρο)

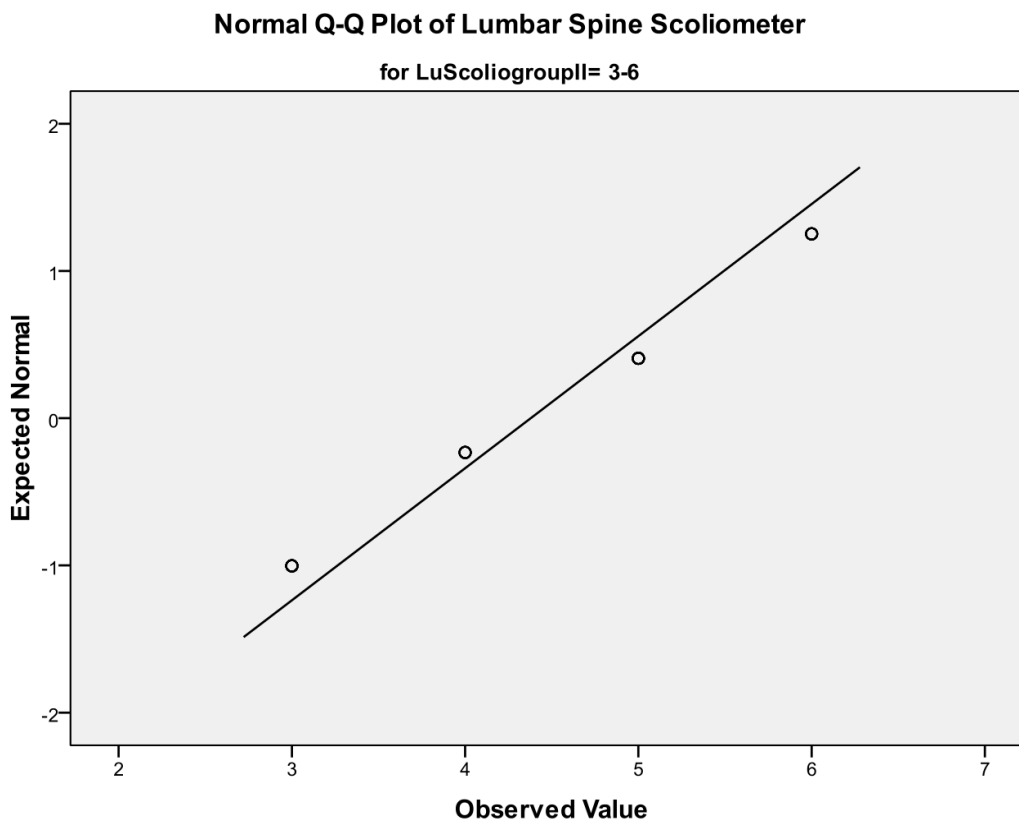


Διάγραμμα 37. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$ (Formetrics)

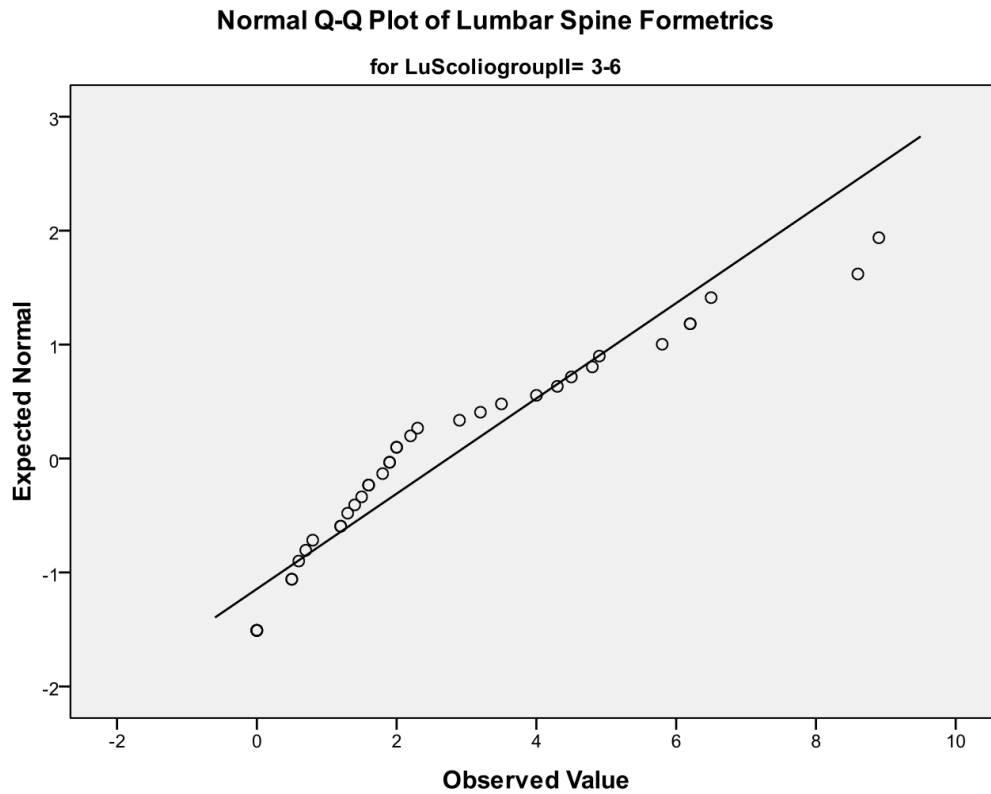
		Lumbar Spine Scoliometer	Lumbar Spine Formetrics
Lumbar Spine Scoliometer	rho	1	-0,072
	p-value	.	0,639
Lumbar Spine Formetrics	rho	-0,072	1
	p-value	0,639	.

Πίνακας 17. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια, με ασυμμετρία $0^{\circ} - 2^{\circ}$.

Στο επίπεδο της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 2 (2° - 6°), για τα κορίτσια ($n = 37$), η τιμή p ήταν 0.321 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0,168 (πίνακας 18, διαγράμματα 38 – 39). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία 2° - 6° , δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 38. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 3° – 6° (σκολιόμετρο)

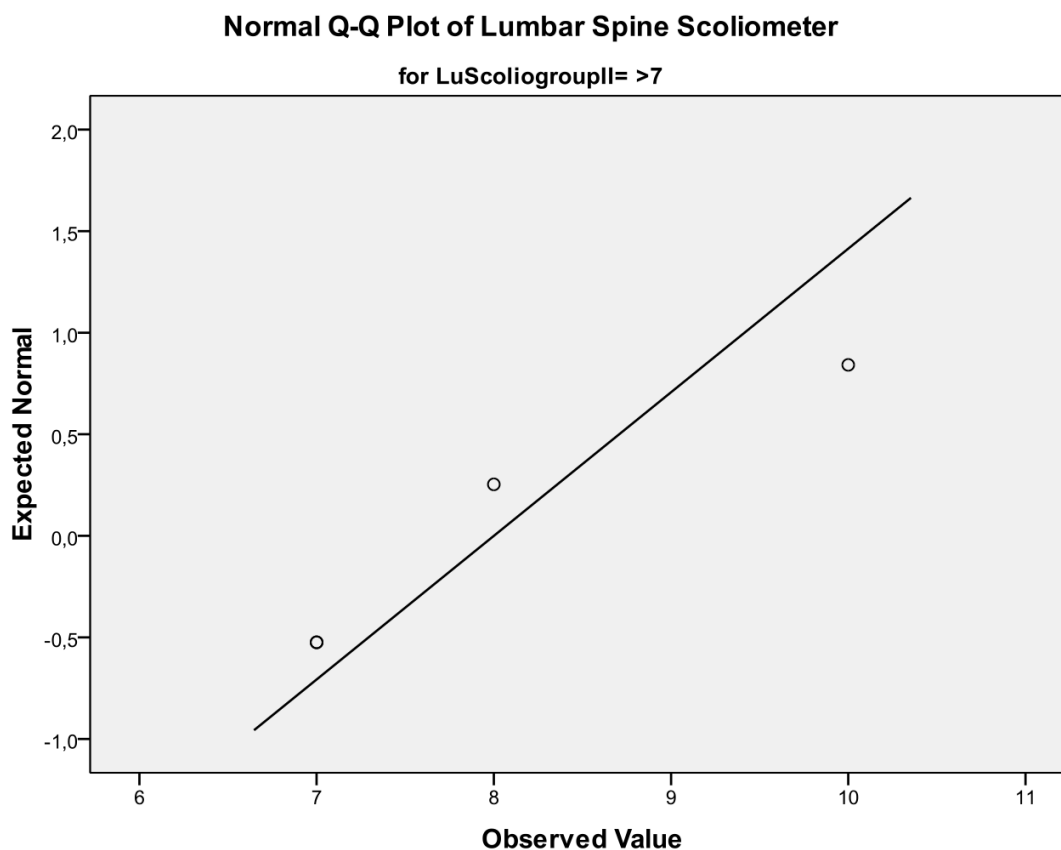


Διάγραμμα 39. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία 3° – 6° (Formetrics)

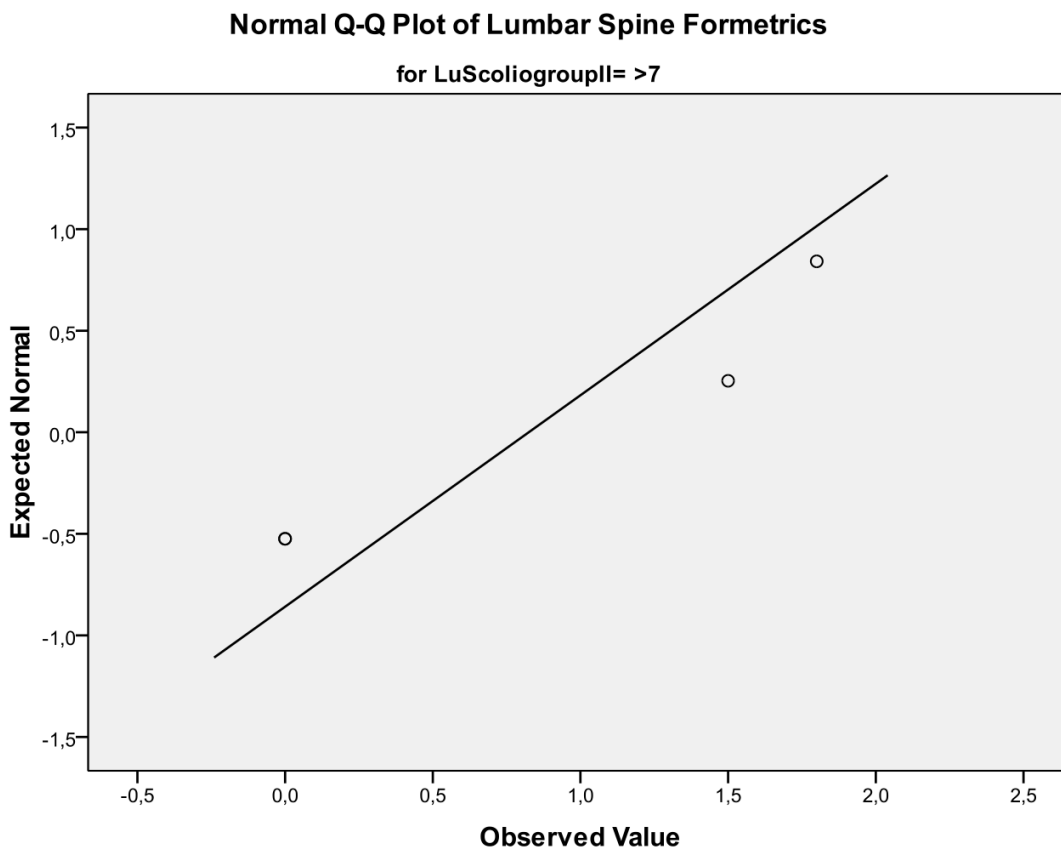
		Lumbar Spine Scoliometer	Lumbar Spine Formetrics
Lumbar Spine Scoliometer	rho	1	0,168
	p-value	.	0,321
Lumbar Spine Formetrics	rho	0,168	1
	p-value	0,321	.

Πίνακας 18. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια, με ασυμμετρία 2° – 6°.

Στο επίπεδο της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, στην ομάδα 3 ($\geq 7^\circ$), στα κορίτσια ($n = 4$), η τιμή p ήταν 0,500 ενώ ο συντελεστής συσχέτισης Spearman Rho ήταν 0,500 (πίνακας 19, διαγράμματα 40 – 41). Αυτό σημαίνει ότι, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία $\geq 7^\circ$, δεν υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση.



Διάγραμμα 40. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (σκολιόμετρο)

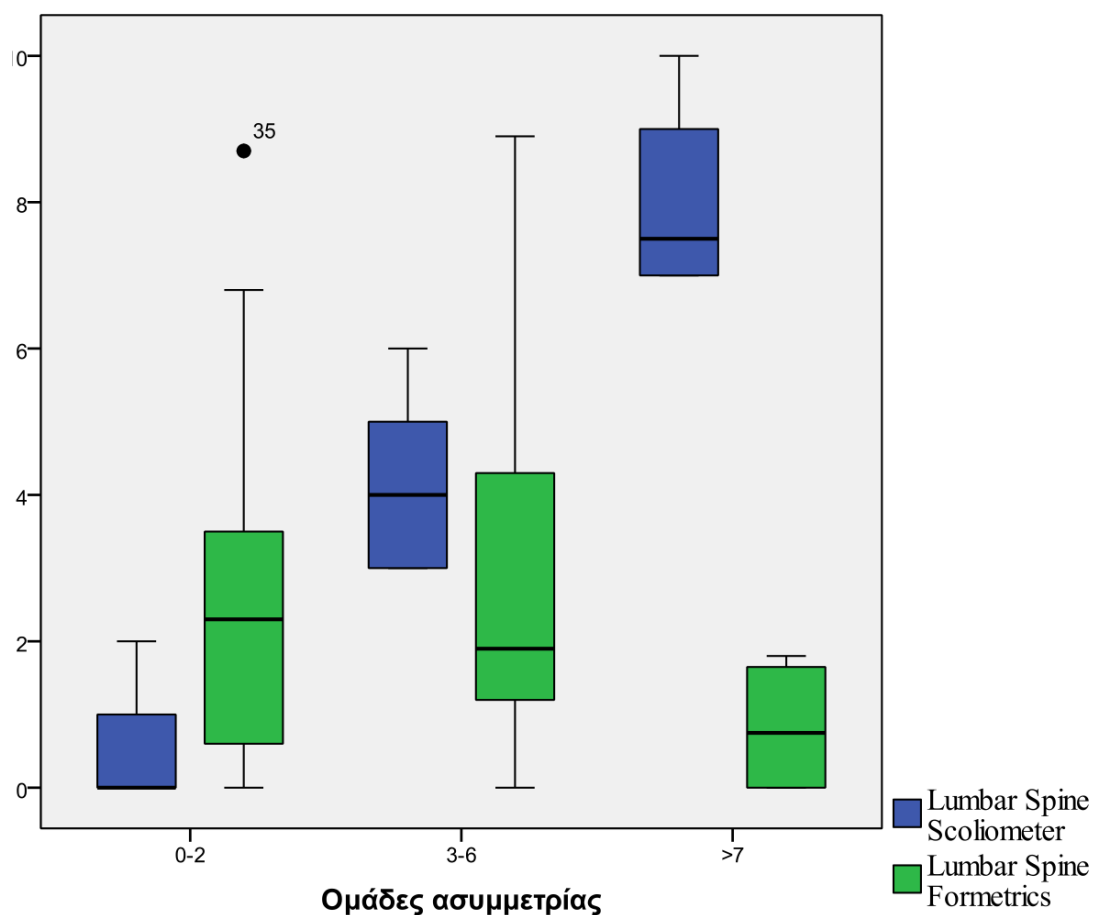


Διάγραμμα 41. Q-Q plot για την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στα κορίτσια με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$ (Formetrics)

		Lumbar Spine Scoliometer	Lumbar Spine Formetrics
Lumbar Spine Scoliometer	rho	1	0,500
	p-value	.	0,500
Lumbar Spine Formetrics	rho	0,500	1
	p-value	0,500	.

Πίνακας 19. Συσχέτιση μετρήσεων σκολιόμετρου και Formetrics στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, σε κορίτσια, με ασυμμετρία $\geq 7^\circ$.

Στο διάγραμμα 42 απεικονίζονται οι γωνίες κλίσεις όπως μετρώνται με το σκολιόμετρο σε θέση πρόσθιας κάμψης (μπλε) και με το Formetrics σε όρθια θέση (πράσινο). Παρατηρείται η έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των μετρήσεων, στα κορίτσια, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Ειδικά για την ομάδα ασυμμετρίας > 7°, φαίνεται ότι το Formetrics τείνει να υποεκτιμά την γωνία κλίσης του κορμού, σε σχέση με το γωνιόμετρο.



Διάγραμμα 42. Ομάδες ασυμμετρίας κοριτσιών στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (Boxplot)

4.4. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Όπως προέκυψε από τις αναλύσεις συσχετίσεων, σε αγόρια και κορίτσια, που χωρίστηκαν σε 3 ομάδες ασυμμετρίας κορμού (1: $0^\circ - 2^\circ$, 2: $3^\circ - 7^\circ$, 3: $> 7^\circ$), δεν παρατηρήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού και της γωνίας κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση, με τις εξής δυο εξαιρέσεις:

- Στο θωρακοσφυϊκό επίπεδο της σπονδυλικής στήλης, για τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία $0^\circ - 2^\circ$, υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση ($p - \text{value} = 0,028$, $\rho = -0.517$).
- Στη μεσότητα της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, για τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία $> 7^\circ$, υπάρχει συσχέτιση της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού με τη γωνία κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση ($p - \text{value} = 0,033$, $\rho = 0.642$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας και της γνώσης της επιφανειακής τοπογραφίας. Η αξιοπιστία των μετρήσεων έχει διερευνηθεί ευρέως και πολλές μελέτες έχουν δημοσιευτεί σε όλη τη βιβλιογραφία. Από την άλλη πλευρά, το σκολιόμετρο έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως μετά από την εφεύρεσή του από τον W.P. Bunnel το 1984 κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης της σκολίωσης. Το βασικό σημείο της συγκριτικής μελέτης των μετρήσεων είναι η στάση του σώματος. Η παρούσα μελέτη διαπίστωσε ότι και στις τρεις ανατομικές περιοχές της σπονδυλικής στήλης, τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια, η αλλαγή από μια θέση επίκυψης προς μια όρθια θέση δείχνει μείωση της μέσης ασυμμετρίας.

Από την εφεύρεση του *σκολιόμετρου*, υπήρξε ώθηση προς την εύρεση ενός αξιόπιστου και αποτελεσματικού μέσου αξιοποίησης της επιφανειακής τοπογραφίας για την παρακολούθηση της εξέλιξης του σπονδυλικού κυρτώματος σε ασθενείς με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούν επιφανειακή τοπογραφία, χωρίς κάποια να έχει αποκτήσει ευρεία αποδοχή. Συχνά, οι ορθοπαιδικοί μπορεί να διστάζουν να βασίζονται σε μια εναλλακτική λύση από την ακτινογραφία για τη λήψη δεδομένων που καθορίζουν μια απόφαση χειρουργικής επέμβασης. Αυτό πιθανόν οφείλεται στην έλλειψη σταθερής αναπαραγωγιμότητας και συγκρισιμότητας που διαπιστώθηκε προηγουμένως σε μελέτες που αξιολόγησαν συσκευές σπονδυλικής απεικόνισης που χρησιμοποιούν επιφανειακή τοπογραφία.

Η αξιοπιστία και η εγκυρότητα του *σκολιόμετρου* έχουν μελετηθεί ευρέως. Οι Amendt et al διεξήγαγαν την πρώτη ανάλυση αξιοπιστίας του σκολιόμετρου σε άτομα με σκολίωση και ανέφερε ότι οι συντελεστές αξιοπιστίας παρατηρητών του σκολιόμετρου ήταν υψηλοί ($r = 0,86 - 0,97$) γεγονός που δείχνει καλή αναπαραγωγικότητα των μετρήσεων (42). Οι Cote et al διεξήγαγαν μια πιο περιεκτική μελέτη που διαστρωμάτιζε τα αποτελέσματα ανά περιφέρειες που έδειξαν αξιοπιστία 0.91 για τη θωρακική περιοχή και 0.74 για την οσφυϊκή περιοχή (41). Σε μια πρόσφατη μελέτη, οι Bonagamba et al μέτρησαν τη στροφή του κορμού σε κάθε επίπεδο της σπονδυλικής στήλης από Θ1 έως Ο5 η οποία έδειξε ότι τόσο η αξιοπιστία των μετρήσεων ήταν χαμηλότερη στην ανώτερη

θωρακική περιοχή (Θ1 έως Θ4) και υψηλότερη στη χαμηλότερη θωρακική περιοχή (Θ9 έως Θ12). Η χαμηλή αξιοπιστία αποδόθηκε στην επίδραση της στροφής της αυχενικής μοίρας στη μέτρηση ώστε οποιαδήποτε μετακίνηση της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης να μεταβάλλει το σχήμα της θωρακικής περιοχής της σπονδυλικής στήλης, εισάγοντας έτσι μεροληψία στην αξιολόγηση (69). Υπάρχει η υποψία ότι η διαφορά αξιοπιστίας μεταξύ των διαφορετικών περιοχών μπορεί να οφείλεται σε διαφορετικές γωνίες Cobb σε αυτές τις περιοχές. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες περιελάμβαναν ασθενείς με θωρακικό κύρτωμα, το οποίο ήταν μεγαλύτερο από το οσφυϊκό κύρτωμα. Δεδομένου ότι στη θωρακική μοίρα, οι γωνίες Cobb είναι μεγαλύτερες, ο ύψος προέχει περισσότερο, και η ταυτοποίηση του σημείου μέτρησης είναι ευκολότερη, δεν αποτελεί έκπληξη η καλύτερη αξιοπιστία στην θωρακική περιοχή στις μελέτες αυτές (42, 70). Η μειωμένη αξιοπιστία του σκολιόμετρου ενδεχομένως οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο προσδιορισμού της κορυφής του κυρτώματος ανάμεσα στους εξεταστές, το οποίο επηρεάζει την τοποθέτηση του οργάνου, που με τη σειρά του εισάγει διακυμάνσεις στις μετρήσεις.

Ο σκοπός της ανάπτυξης μιας μη επεμβατικής μεθόδου για τη διάγνωση της σκολίωσης είναι κυρίως η μείωση του αριθμού των απαιτούμενων ακτινογραφιών. Επειδή οι συνέπειες της λανθασμένης διάγνωσης μιας σκολίωσης με γωνία Cobb > 20° μπορεί να είναι καταστροφικές για τη μελλοντική υγεία ενός σκελετικά ανώριμου ασθενούς, μια μη επεμβατική δοκιμασία πρέπει να είναι πολύ ευαίσθητη. Συνεπώς, μια έγκυρη δοκιμασία πρέπει να είναι αποτελεσματική στην ανίχνευση καμπυλών με γωνίες Cobb > 20° και να αποφέρει λίγα ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα. Με άλλα λόγια, εάν αυτή η μη επεμβατική δοκιμασία είναι θετική, θα χρειαστεί ακτινογραφία όλης της σπονδυλικής στήλης. Έτσι, το σκολιόμετρο πρέπει να είναι τουλάχιστον 90% ευαίσθητο στην ανίχνευση κυρτωμάτων με γωνία Cobb > 20°.

Υπάρχουν μελέτες που υποδεικνύουν ότι το σκολιόμετρο παρουσιάζει εξαιρετική συμφωνία μεταξύ των αξιολογητών για την αξιολόγηση της αξονικής στροφής του κορμού στη θωρακική και οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Ωστόσο, η παρουσία μεθοδολογικών και αναλυτικών ελαττωμάτων περιορίζει τη γενικευσιμότητα αυτών των μελετών. Οι Murrell et al, σε μια μελέτη που διεξήχθη σε ένα μικρό δείγμα 22 γυναικών εφήβων, δεν ανέφεραν τα χαρακτηριστικά των υποκειμένων τους, περιορίζοντας έτσι την

εξωτερική εγκυρότητα των ευρημάτων τους (71). Ο Korovessis και ο Stamatakis αξιολόγησαν την αξιοπιστία των αλληλεπιδράσεων των τιμών μέτρησης της σκολίωσης, αναφερόμενες στο σπονδυλικό επίπεδο με τη μεγαλύτερη ασυμμετρία του κορμού, και διαπίστωσαν τιμές αξιοπιστίας κυμαινόμενες μεταξύ 0,64 και 0,92 (72). Παρόλο που υπάρχουν αμφιλεγόμενες ενδείξεις σχετικά με την αξιοπιστία και την εγκυρότητα του σκολιόμετρου, συνιστάται ως επαρκές κλινικό εργαλείο στη μέτρηση αποτελεσμάτων για την έρευνα της σκολίωσης.

Το σύστημα *Formetric 4D* μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα στην παρακολούθηση ασθενών με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση. Ωστόσο, είναι απαραίτητες περαιτέρω μελέτες για να επιβεβαιωθεί η μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα της χρήσης του Formetric 4D στην λήψη κλινικών αποφάσεων. Η επιφανειακή τοπογραφία δε θα αντικαταστήσει πλήρως το ρόλο της ακτινογραφίας στην παρακολούθηση ασθενών με ιδιοπαθή εφηβική σκολίωση, καθώς δεν μπορεί να αξιολογήσει την πραγματική μορφολογία των οστών όπως μπορεί να κάνει μια ακτινογραφία. Ωστόσο, έχει προφανή πλεονεκτήματα έναντι των επαναλαμβανόμενων ακτινογραφιών στον έφηβο πληθυσμό, κυρίως μέσω της μείωσης της έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία. Αν μπορεί να αποδώσει αξιόπιστα και συγκρίσιμα αποτελέσματα, τότε θα πρέπει να αντικαταστήσει τις ακτινογραφίες όταν είναι απαραίτητη η κλινική παρακολούθηση του κυρτώματος, αλλά η έκθεση στην ακτινοβολία μπορεί να αποφευχθεί. Οι προσδιορισμένες τοπογραφικές μεταβολές μπορούν στη συνέχεια να ακολουθηθούν από ακτινογραφική απεικόνιση για να επιβεβαιωθεί η εξέλιξη του κυρτώματος και να καθοριστεί η θεραπευτική παρέμβαση. Παρόλο που αυτή η συσκευή Formetric 4D δεν προβλέπει ακριβώς το μέγεθος του κυρτώματος, δεν είναι απαραίτητο οι επιφανειακές τοπογραφίες και οι ακτινογραφικές μετρήσεις να είναι ίδιες, καθώς ο σκοπός της τοπογραφίας είναι κυρίως να προσδιορίσει τη μεταβολή, η οποία θα προειδοποιήσει για την πιθανότητα εξέλιξης στο πραγματικό σκολιωτικό κύρτωμα.

Είναι προφανές ότι και στις τρεις ανατομικές περιοχές της σπονδυλικής στήλης τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες, η αλλαγή από μια θέση πρόσθιας κάμψης σε μια όρθια θέση δείχνει μια μείωση της μέσης ασυμμετρίας κορμού, πιθανώς λόγω των μεταβολών της σχέσης των σπονδύλων κατά τη διάρκεια της αλλαγής της θέσης (73).

Γνωρίζουμε ήδη από παλαιότερες κλινικές μελέτες ότι τα τρία κύρια μηχανικά συστατικά μιας δομικής σκολιωτικής καμπύλης είναι η στροφή, η πλάγια κλίση και η λόρδωση. Το αρχικό συμβάν είναι συνήθως μια αποτυχία του ελέγχου της στροφής στη σπονδυλική στήλη. Αυτό αναπτύσσεται κατά κύριο λόγο κατά τη διάρκεια της βάδισης λόγω ασύμμετρων δυνάμεων που προκύπτουν από την ασυμμετρία της γωνίας πλευρών-σπονδύλων, η οποία, με τη σειρά της, προκαλείται από μη φυσιολογικούς αναπτυξιακούς μηχανισμούς στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Οι μεταβολές της πλάγιας σπονδυλικής κλίσης στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο της σπονδυλικής στήλης είναι συνήθως δευτεροπαθείς λόγω της στροφής των σπονδύλων (74).

Το 1865, ο Adams δημοσίευσε την υπόθεση ότι η στροφή των σπονδύλων προκαλεί λόρδωση και πλάγια καμπύλη. Στα άκρα της σπονδυλικής καμπύλης, οι θωρακικοί σπόνδυλοι στρέφονται γύρω από ένα φυσιολογικό πρόσθιο άξονα στροφής. Αντίθετα, στην κορυφή της καμπύλης, οι θωρακικοί σπόνδυλοι περιστρέφονται γύρω από έναν μη φυσιολογικό οπίσθιο άξονα στροφής, όπως συμβαίνει σε έναν οσφυϊκό σπόνδυλο. Πρέπει επίσης να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι υπάρχει η λεγόμενη ενδοσπονδυλική και δισκοειδής στροφή, η οποία υπάρχει κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης και ελαχιστοποιείται στην κορυφή της καμπύλης (75).

Ορισμένοι μύες, (λαγονοπλευρικός, ανελκτήρας της ωμοπλάτης, ρομβοειδείς, πρόσθιος οδοντωτός, έσω / έξω λοξός, κλπ.), μέσω του κεντρικού νευρικού συστήματος παίζουν ρόλο στη στροφή του κορμού και τη βάδιση, ανυψώνοντας τις ανώτερες πλευρές για να αλλάξουν την πλευροσπονδυλική γωνία, από έναν θώρακα σε σχήμα χοάνης κατά τη γέννηση σε πιο ευρύμορφο θώρακα στην εφηβεία (34).

Η οβελιαία διαμόρφωση του σπονδυλοπυελικού συμπλέγματος (σημαντικά διαφορετική μεταξύ των ανθρώπων και των άλλων σπονδυλωτών) έχει προφανείς συνέπειες για την εμβιομηχανική του φόρτιση, αλλά οι συχνά χρησιμοποιούμενες παράμετροι όπως η θωρακική κύφωση και η οσφυϊκή λόρδωση δεν έχουν μεγάλη χρησιμότητα για την κατανόηση της εμβιομηχανικής φόρτισης δεδομένου ότι η ίδια αριθμητική τιμή για την κύφωση διαφέρει σε σχέση με τη βαρύτητα. Είναι ευρέως κατανοητό ότι στην όρθια θέση και στη θέση πρόσθιας κάμψης, όλα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά της σπονδυλικής στήλης και του θωρακικού κλωβού υφίστανται αλλαγές, γεγονός που εξηγεί τα ευρήματα αυτής της μελέτης.

Η αναγκαιότητα της αξιολόγησης της σκολίωσης οδήγησε στο σχολικό πρόγραμμα προσυμπτωματικού ελέγχου στο οποίο μαθητές από όλη τη χώρα εξετάζονται και στις τρεις ανατομικές περιοχές της σπονδυλικής στήλης (θωρακική - θωρακοσφυϊκή - οσφυϊκή) και στις δύο θέσεις. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι στο μέλλον, λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης των συσκευών επιφανειακής τοπογραφίας και της ευρείας χρήσης των υπολογιστών στην καθημερινή ζωή και στην ιατρική πρακτική, η σκολίωση θα εκτιμάται τόσο στη θέση πρόσθιας κάμψης όσο και στην όρθια στάση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σκολίωση είναι μια σχετικά κοινή πάθηση με παθολογικές παραμορφώσεις της ΣΣ άνω των 20μοιρών, η οποία συναντάται στο 2-4% των παιδιών και εφήβων ηλικίας 6 - 14 ετών. Ακόμα και σήμερα το gold standard - η εξέταση εκλογής για τη διάγνωση και παρακολούθηση της ιδιοπαθούς σκολίωσης αποτελούν οι απλές ακτινογραφίες. Για το λόγο αυτό έχουν εκπονηθεί αρκετές μελέτες στην προσπάθεια της συσχέτισης των δόσεων ακτινοβολίας που λαμβάνονται κατά τη διενέργεια ακτινογραφιών και της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου. Οι Ronckers και συνεργάτες δημοσίευσαν μελέτη το 2010 με 5.513 θήλεις στις οποίες διενεργήθηκαν κατά μέσο όρο 22,9 ακτινογραφίες ανά άτομο, κατά τη διάρκεια της διάγνωσης και θεραπευτικής προσέγγισης της ιδιοπαθούς σκολιώσεως κατά τα έτη 1912 - 1965. Συνολικά η πιθανότητα θανάτου ήταν 46% μεγαλύτερη από τον γενικό πληθυσμό και αυτό λόγω αυξημένης εμφάνισης καρκίνου του μαστού και σε μικρότερα ποσοστά καρκίνο θυρεοειδούς και πνεύμονος. Εν κατακλείδι, η μελέτη υποστηρίζει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ αυξημένης δόσης ακτινοβολίας και αυξημένων πιθανοτήτων εμφάνισης καρκίνου (76). Άλλη μελέτη κλειδί με σημαντικά ευρήματα είναι εκείνη των Nash και συνεργατών του 1979, η οποία κατόπιν μελέτης 13 γυναικών με ιδιοπαθή σκολίωση και την έκθεσή τους για 3 έτη σε follow up με προσθιοπίσθιες και πλάγιες ακτινογραφίες, επισημαίνει την αυξημένη κατά 3,4% πιθανότητα εμφάνισης λευχαιμίας, κατά 1,3% πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου στομάχου και ανωτέρου πεπτικού, κατά 7,5% καρκίνου πνεύμονα και κατά 110% πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου μαστού. Αξιοσημείωτο στη μελέτη αυτή αποτελεί το γεγονός ότι η πιθανότητα αυτή μειώθηκε στο 3,8% απλώς αλλάζοντας τα δεδομένα και τη σχέση ασθενούς και δέσμης ακτινοβολίας διενεργώντας απλώς οπισθοπρόσθιες ακτινογραφίες (77). Οι Γιαλούσης και συνεργάτες επίσης απέδειξαν ότι είναι δυνατόν να μειωθούν τα ποσοστά εμφάνισης καρκίνου του μαστού με τη διενέργεια οπισθοπρόσθιων ακτινογραφιών σε θήλεις που ελέγχονται για ιδιοπαθή σκολίωση (78).

Επίσης οι Doody και συνεργάτες μελετώντας 5.573 ασθενείς με ιδιοπαθή σκολίωση, απέδειξαν ότι στις γυναίκες υπάρχει όντως αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου του μαστού (50). Ανασκοπώντας λοιπόν τις παραπάνω μελέτες, μεταξύ άλλων καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα. Οι προσθιοπίσθιες ακτινογραφίες πρέπει να αντικατασταθούν από οπισθοπρόσθιες, όταν αυτό είναι εφικτό, έτσι ώστε να μειώνεται η προσλαμβάνουσα ακτινοβολία από το μαζικό και θυρεοειδή αδένες. Οι περισσότερες μελέτες διενεργήθηκαν χρησιμοποιώντας ξεπερασμένη πλέον τεχνολογία σε ό,τι αφορά τον ακτινολογικό εξοπλισμό. Τα νεότερα μηχανήματα λήψης ακτινογραφιών έχουν σαφώς μικρότερη δόση ακτινοβολίας, γεγονός που τα καθιστά ασφαλέστερα σε σχέση με τα παλαιότερης τεχνολογίας μηχανήματα. Όσο μικρότερης ηλικίας είναι ο εξεταζόμενος ασθενής τόσο αυξημένος είναι ο κίνδυνος από την έκθεση στην ακτινοβολία. Από την άλλη μεριά όμως, η καθυστερημένη διάγνωση της ιδιοπαθούς σκολίωσης δυσχεραίνει το θεραπευτικό έργο και τα αποτελέσματα είναι σαφώς χειρότερα σε παραμελημένες περιπτώσεις. Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα μόνο οι απαραίτητες ακτινογραφίες, βάσει πρωτοκόλλου, προσπαθώντας να διατηρηθεί η ισορροπία μεταξύ των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της μεθόδου.

Το 1984, ο William P Bunnell εισαγάγει στην μελέτη της σκολίωσης το Σκολιόμετρο. Στη μελέτη του ο Bunnell υποστηρίζει πως η ασυμμετρία του κορμού, η οποία οφείλεται σε στροφική παραμόρφωση των σπονδύλων του θωρακικού κλωβού, σχετίζεται άμεσα με την κύρτωση της σκολιώσεως με τη χρήση του σκολιόμετρου. Παρόλα αυτά, με τη χρήση του σκολιόμετρου δεν είναι δυνατή η άμεση μέτρηση της σκολιωτικής κύρτωσης, η οποία παραδοσιακά εκτιμάται από τον υπολογισμό της γωνιάς Cobb, από την παρουσίαση της μεθόδου από τον John Robert Cobb σε instructional course της Αμερικανικής Ακαδημίας Ορθοπαιδικών Χειρουργών το 1948 (40). Οι Murrell και συνεργάτες σε μελέτη του 1993 αναφέρουν ότι το Σκολιόμετρο μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο κατά τη χρήση του από εκπαιδευμένο ιατρό - εξεταστή για τη μέτρηση της στροφής του κορμού και σημειώνουν ότι χρησιμοποιούν το σκολιόμετρο σε κάθε εξεταζόμενο ασθενή για σκολίωση(71). Η μέθοδος ελέγχου της αξιοπιστίας του σκολιομέτρου δημοσιεύεται σε μελέτη του κυρίου Θ.Β.Γρίβα και συνεργατών το 2006(79). Επίσης οι Amendt και

συνεργάτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η χρήση του Σκολιόμετρου δεν αρκεί ως μόνη μέθοδος αξιολόγησης της σκολίωσης. Παρόλα αυτά η χρήση του ως εργαλείο screening κρίνεται απαραίτητη(42).

Λόγω λοιπόν των όσων προαναφέρθηκαν, έχουν γίνει πολυάριθμες προσπάθειες αντικατάστασης των ακτινολογικών μεθόδων αξιολόγησης της σκολίωσης σε ό,τι αφορά την επιφανειομέτρηση και την παρακολούθηση αυτής. Η πρώτη προσπάθεια έγινε το 1970 από τον Takasaki ο οποίος εισήγαγε στην τοπογραφική μελέτη και επιφανειομέτρηση την MOIRE topography(80). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο φαινόμενο MOIRE το οποίο συναντάται στα μαθηματικά, τη φυσική και την τέχνη. Το “μοτίβο” διαφορετικά MOIRE αποτελεί ουσιαστικά μια αναπάντεχη εικόνα η οποία προκύπτει από τη συμβολή - το πάντρεμα δύο μοτίβων. Με αφετηρία δύο πλέγματα ποικίλων γραμμών τα οποία επιπροβάλλουν, αναδύεται μια εντελώς διαφορετική και καινούργια εικόνα η οποία δίνει την αίσθηση του τρισδιάστατου. Σε αυτό το φαινόμενο στηρίζεται η MOIRE topography την οποία όπως προαναφέρθηκε εισήγαγε ο Takasaki και μελέτησε στη συνέχεια πληθώρα μελετητών οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, λόγω στατιστικών σφαλμάτων, αρκετών ψευδώς - αρνητικών αποτελεσμάτων, μεγάλου χρόνου επεξεργασίας αλλά και έντονου θορύβου, η MOIRE topography δεν επαρκεί ως μόνη μέθοδος στη μελέτη της σκολίωσης, αλλά ως επικουρική. Στηριζόμενοι στην ήδη υπάρχουσα τεχνογνωσία από την MOIRE topography, οι Dregur και Hierholzer το 1980 και ο Ian Stokes από το Πανεπιστήμιο του Βερμόντ το 1988 ανέπτυξαν την Raster Stereography(81). Με τη μέθοδο αυτή, προτζέκτορας προέβαλλε λεπτές μαύρες και λευκές γραμμές στην οπίσθια επιφάνεια του κορμού του ασθενούς και μέσω φωτογραφικών ή κινηματογραφικών συσκευών και τη χρήση υπολογιστή ψηφιοποιούσαν τα δεδομένα για τον υπολογισμό τρισδιάστατων συντεταγμένων. Η υιοθέτηση της Raster τεχνολογίας αντικατέστησε σταδιακά την MOIRE topography, πάνω στην οποία βασίζουν τη λειτουργία τους οι περισσότερες μη ακτινολογικές μέθοδοι ελέγχου της σκολίωσης ακόμη και σήμερα. Με βάση λοιπόν την Raster τεχνολογία και περνώντας από διάφορα στάδια τεχνολογικής εξέλιξης (ISIS1 - ISIS2 - InSpeck - Quantec) φτάνουμε στο σύστημα Formetric 4D DIERS με τη χρήση του οποίου διενεργήθηκε η παρούσα μελέτη.

Συνοψίζοντας λοιπόν, υπάρχουν αρκετά συστήματα επιφανειομέτρησης μέχρι σήμερα τα οποία δεν περιλαμβάνουν ακτινοβολία στην τεχνολογία τους. Πληθώρα μελετών και δημοσιεύσεων υποστηρίζουν την ακρίβεια στις μετρήσεις και τα αποτελέσματα αυτών. Ο υπολογισμός της γωνίας Cobb ή ισοδύναμών της βρίσκεται πολύ κοντά στις πραγματικές μετρήσεις, γεγονός που τοποθετεί τις συσκευές επιφανειομέτρησης στην πρώτη γραμμή αξιολόγησης και επανεξέτασης της σκολίωσης.

Τα αποτελέσματα της μελέτης μας δείχνουν ότι η ασυμμετρία του κορμού στα παιδιά και τους εφήβους δεν είναι όμοια στις θέσεις πρόσθιας κάμψης και στην όρθια στάση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην περίπλοκη περίμετρο της σπονδυλικής στήλης (σπονδυλική, θωρακική και πυελική) και τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, σε συνδυασμό με την εξέλιξη της τεχνολογίας επιφανειομέτρησης κορμού ως ανωτέρω αναφέρθηκε, μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμη βάση για την περαιτέρω κατανόηση της δυναμικής του κορμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο. ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ

7.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ

Εισαγωγή

Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αξιολογήσει τις επιδράσεις της δοκιμασίας επίκυψης έναντι της όρθιας θέσης στην ασυμμετρία του κορμού. Αξιολογήθηκαν οι μετρήσεις του σκολιόμετρου σε θέση επίκυψης και του 4D Formetric (4DF, Diers International, Schlangenbad, Germany) στην όρθια θέση.

Μέθοδοι

Η γωνία κλίσης του κορμού μετρήθηκε στα επίπεδα της μέσης θωρακικής, της θωρακοσφυϊκής και της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης χρησιμοποιώντας το σκολιόμετρο στη θέση επίκυψης και το 4DF στην όρθια θέση. Συνολικά αξιολογήθηκαν 134 άτομα (86 κορίτσια και 48 αγόρια), ηλικίας από 7 έως 18 ετών. Τα παιδιά και οι έφηβοι χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με τη σοβαρότητα της ασυμμετρίας του κορμού: ομάδα 1 (0° - 2°), ομάδα 2 (2° - 6°) και ομάδα 3 με ασυμμετρία $\geq 7^{\circ}$. Τα παιδιά με ανισοσκελία εξαιρέθηκαν από τη μελέτη. Το στατιστικό πακέτο IBM SPSS v.20 (IBM Corp., Armonk, NY) χρησιμοποιήθηκε για ανάλυση.

Αποτελέσματα

Στο μεσοθωρακικό επίπεδο που συνέκρινε το σκολιόμετρο με τις μετρήσεις 4DF σε άνδρες στην ομάδα 1, η δοκιμασία Wilcoxon έδειξε $p = 0,451$ ενώ ο Spearman Rho ήταν $-0,138$. στην ομάδα 2, $p = 0,184$ και $Rho = 0,204$. και στην ομάδα 3, $p = 0,109$ και $Rho = 0,500$. Για τα κορίτσια στην ομάδα 1, $p = 0,000$ ενώ $Rho = 0,003$; στην ομάδα 2, $p = 0,008$ και $Rho = 0,000$, και στην ομάδα 3, $p = 0,003$ ενώ $Rho = \mathbf{0,642}$.

Στο επίπεδο του θωρακοσφυϊκής συμβολής σε άνδρες για την ομάδα 1, $p = 0,004$ και $Rho = -0,517$. στην ομάδα 2, $p = 0,006$ και $Rho = 0,000$. και στην ομάδα 3, $p = 0,043$ ενώ $Rho = 0,053$. Για τις γυναίκες της ομάδας 1, $p = 0,000$ και $Rho = -0,095$. στην ομάδα 2, $p = 0,000$ και $Rho = -0,171$. στην ομάδα 3, $p = 0,001$ ενώ $Rho = -0,081$. Στο οσφυϊκό επίπεδο για τους άνδρες στην ομάδα 1 $p = 0,000$ ενώ $Rho = 0,149$. στην ομάδα 2, $p = 0,003$ και $Rho = 0,373$. ενώ στην ομάδα 3, $p = 0,109$ και $Rho = (-)$. Για τα κορίτσια στην ομάδα 1, $p = 0,000$ ενώ $Rho = -0,072$. στην ομάδα 2, $p = 0,001$ και $Rho = 0,168$. και στην ομάδα 3, $p = 0,068$ ενώ $Rho = 0,500$. Οι παραπάνω τιμές δείχνουν ότι δεν παρατηρήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ της γωνίας κλίσης όπως μετράται με το σκολιόμετρο σε όρθια πρόσθια κάμψη του κορμού και της γωνίας κλίσης που μετράται με το Formetrics σε όρθια θέση, με τις εξής δυο εξαιρέσεις: Τα αγόρια με κορμική ασυμμετρία $0^\circ - 2^\circ$, στο θωρακοσφυϊκό επίπεδο της σπονδυλικής στήλης και τα τα κορίτσια με κορμική ασυμμετρία $> 7^\circ$, στη μεσότητα της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι η ασυμμετρία της ράχης στα παιδιά και τους εφήβους δεν είναι παρόμοιες στην όρθια θέση και σε θέση επίκυψης. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην περίπλοκη ανατομία του κορμού (σπονδυλική, θωρακική και πυελική) και τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χρήσιμο θεμέλιο για την περαιτέρω κατανόηση της δυναμικής του κορμού.

7.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ

Background

The purpose of this study is to evaluate the effects of the forward bending (FB) test versus the standing erect (SE) position on back trunk asymmetry (TA). The Scoliometer in the FB position and the 4D Formetric (4DF; Diers International, Schlangenbad, Germany) readings in the SE position were assessed.

Method

The angle of trunk inclination (ATI) was measured at the midthoracic, thoracolumbar, and lumbar levels using the Scoliometer in the FB position and the 4DF in the SE position. A total of 134 subjects attending the scoliosis clinic (86 girls and 48 boys), age ranging from seven to 18 years, were assessed. The children and adolescents were divided into three groups according to the severity of TA, symmetric group 1 (0-2 degrees), asymmetry group 2 (2 to 6 degrees), and group 3 having asymmetry of seven or more degrees. Children with leg length discrepancy were excluded from the study. The IBM SPSS v.20 package (IBM Corp., Armonk, NY) was used for analysis.

Results

At the midthoracic level comparing the Scoliometer to 4DF readings in males in group 1, the Wilcoxon signed ranks test was $p=0.451$ while for the Spearman's Rho, it was -0.138 ; in group 2, $p=0.184$ and $Rho=0.204$; and in group 3, $p=0.109$ and $Rho=0.500$. For females in group 1, $p=0.000$ while $Rho=0.003$; in group 2, $p=0.008$ and $Rho=0.000$, and in group 3, $p=0.003$ while $Rho=0.642$. At the thoracolumbar level in males for group 1, $p=0.004$ and $Rho=-0.517$; in group 2, $p=0.006$ and $Rho=0.000$; and in group 3, $p=0.043$ while Spearman's $Rho=0.053$. For females in group 1, $p=0.000$ and $Rho=-0.095$; in group 2, $p=0.000$ and $Rho=-0.171$; in group 3, $p=0.001$ while $Rho=-0.081$. At the lumbar level for males in group 1 $p=0.000$ while

Rho=0.149; in group 2, $p=0.003$ and Rho=0.373; while in group 3, $p=0.109$ and Rho=(-). For females in group 1, $p=0.000$ while Rho=-0.072; in group 2, $p=0.001$ and Rho=0.168; and in group 3, $p=0.068$ while Rho=0.500. The above values show that no correlations were observed between ATI as measured by the scoliometer in FB position and the ATI measured by the Formetrics in the SE position, with the following two exceptions: Boys with TA $0^{\circ} - 2^{\circ}$, at the thoracic spine level and girls with TA $> 7^{\circ}$, in the middle of the thoracic spine.

Conclusion

The results of this study show that the back TA in children and adolescents is not similar in the FB and SE positions. This phenomenon probably is attributed to the complicated trunkal (spinal, thoracic, and pelvic) anatomy, and the results of this study may be used as a useful foundation for further understanding of torso dynamics.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2015 Sep 24;1:15030.
2. Shakil H, Iqbal ZA, Al-Ghadir AH. Scoliosis: review of types of curves, etiological theories and conservative treatment. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2014;27(2):111-5.
3. Yang S, Andras LM, Redding GJ, Skaggs DL. Early-Onset Scoliosis: A Review of History, Current Treatment, and Future Directions. *Pediatrics*. 2016 Jan;137(1).
4. Trontelj JV, Pecak F, Dimitrijevic MR. Segmental neurophysiological mechanisms in scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 1979 Aug;61-B(3):310-3.
5. Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V, Mihas C, Koufopoulos G. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis*. 2006 May 23;1:9.
6. Fong DY, Lee CF, Cheung KM, Cheng JC, Ng BK, Lam TP, et al. A meta-analysis of the clinical effectiveness of school scoliosis screening. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 May 1;35(10):1061-71.
7. Luk KD, Lee CF, Cheung KM, Cheng JC, Ng BK, Lam TP, et al. Clinical effectiveness of school screening for adolescent idiopathic scoliosis: a large population-based retrospective cohort study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Aug 1;35(17):1607-14.
8. Ueno M, Takaso M, Nakazawa T, Imura T, Saito W, Shintani R, et al. A 5-year epidemiological study on the prevalence rate of idiopathic scoliosis in Tokyo: school screening of more than 250,000 children. *J Orthop Sci*. 2011 Jan;16(1):1-6.
9. Asher MA, Burton DC. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. *Scoliosis*. 2006 Mar 31;1(1):2.
10. Lee CF, Fong DY, Cheung KM, Cheng JC, Ng BK, Lam TP, et al. A new risk classification rule for curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J*. 2012 Nov;22(11):989-95.

11. Burwell RG, Dangerfield PH, Moulton A, Grivas TB, Cheng JC. Whither the etiopathogenesis (and scoliogeny) of adolescent idiopathic scoliosis? Incorporating presentations on scoliogeny at the 2012 IRSSD and SRS meetings. *Scoliosis*. 2013 Feb 28;8(1):4.
12. Lowe TG, Edgar M, Margulies JY, Miller NH, Raso VJ, Reinker KA, et al. Etiology of idiopathic scoliosis: current trends in research. *J Bone Joint Surg Am*. 2000 Aug;82(8):1157-68.
13. Wynne-Davies R. Familial (idiopathic) scoliosis. A family survey. *J Bone Joint Surg Br*. 1968 Feb;50(1):24-30.
14. Kesling KL, Reinker KA. Scoliosis in twins. A meta-analysis of the literature and report of six cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997 Sep 1;22(17):2009-14; discussion
15. Grauers A, Rahman I, Gerdhem P. Heritability of scoliosis. *Eur Spine J*. 2012 Jun;21(6):1069-74.
16. Ward K, Ogilvie J, Argyle V, Nelson L, Meade M, Braun J, et al. Polygenic inheritance of adolescent idiopathic scoliosis: a study of extended families in Utah. *Am J Med Genet A*. 2010 May;152A(5):1178-88.
17. Kruse LM, Buchan JG, Gurnett CA, Dobbs MB. Polygenic threshold model with sex dimorphism in adolescent idiopathic scoliosis: the Carter effect. *J Bone Joint Surg Am*. 2012 Aug 15;94(16):1485-91.
18. Londono D, Kou I, Johnson TA, Sharma S, Ogura Y, Tsunoda T, et al. A meta-analysis identifies adolescent idiopathic scoliosis association with LBX1 locus in multiple ethnic groups. *J Med Genet*. 2014 Jun;51(6):401-6.
19. Sharma S, Londono D, Eckalbar WL, Gao X, Zhang D, Mauldin K, et al. A PAX1 enhancer locus is associated with susceptibility to idiopathic scoliosis in females. *Nat Commun*. 2015 Mar 18;6:6452.
20. Buchan JG, Alvarado DM, Haller GE, Cruchaga C, Harms MB, Zhang T, et al. Rare variants in FBN1 and FBN2 are associated with severe adolescent idiopathic scoliosis. *Hum Mol Genet*. 2014 Oct 1;23(19):5271-82.
21. Chen Z, Qiu Y, Ma W, Qian B, Zhu Z. Comparison of somatosensory evoked potentials between adolescent idiopathic scoliosis and congenital scoliosis without neural axis abnormalities. *Spine J*. 2014 Jul 1;14(7):1095-8.

22. Lao ML, Chow DH, Guo X, Cheng JC, Holmes AD. Impaired dynamic balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and abnormal somatosensory evoked potentials. *J Pediatr Orthop*. 2008 Dec;28(8):846-9.
23. Chu WC, Man GC, Lam WW, Yeung BH, Chau WW, Ng BK, et al. Morphological and functional electrophysiological evidence of relative spinal cord tethering in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 Mar 15;33(6):673-80.
24. Wang D, Shi L, Liu S, Hui SC, Wang Y, Cheng JC, et al. Altered topological organization of cortical network in adolescent girls with idiopathic scoliosis. *PLoS One*. 2013;8(12):e83767.
25. Normelli H, Sevastik J, Akrivos J. The length and ash weight of the ribs of normal and scoliotic persons. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985 Jul-Aug;10(6):590-2.
26. Ramirez M, Martinez-Llorens J, Sanchez JF, Bago J, Molina A, Gea J, et al. Body composition in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2013 Feb;22(2):324-9.
27. Clark EM, Taylor HJ, Harding I, Hutchinson J, Nelson I, Deanfield JE, et al. Association between components of body composition and scoliosis: a prospective cohort study reporting differences identifiable before the onset of scoliosis. *J Bone Miner Res*. 2014 Aug;29(8):1729-36.
28. Tam EM, Liu Z, Lam TP, Ting T, Cheung G, Ng BK, et al. Lower Muscle Mass and Body Fat in Adolescent Idiopathic Scoliosis Are Associated With Abnormal Leptin Bioavailability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Jun;41(11):940-6.
29. Liu Z, Tam EM, Sun GQ, Lam TP, Zhu ZZ, Sun X, et al. Abnormal leptin bioavailability in adolescent idiopathic scoliosis: an important new finding. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012 Apr 1;37(7):599-604.
30. Hung VW, Qin L, Cheung CS, Lam TP, Ng BK, Tse YK, et al. Osteopenia: a new prognostic factor of curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2005 Dec;87(12):2709-16.
31. Kouwenhoven JW, Castelein RM. The pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 Dec 15;33(26):2898-908.
32. Schlosser TP, Janssen MM, Vrtovec T, Pernus F, Oner FC, Viergever MA, et al. Evolution of the ischio-iliac lordosis during natural growth and its relation with the pelvic incidence. *Eur Spine J*. 2014 Jul;23(7):1433-41.

33. Kouwenhoven JW, Smit TH, van der Veen AJ, Kingma I, van Dieen JH, Castelein RM. Effects of dorsal versus ventral shear loads on the rotational stability of the thoracic spine: a biomechanical porcine and human cadaveric study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Nov 1;32(23):2545-50.
34. Schlosser TP, Vincken KL, Rogers K, Castelein RM, Shah SA. Natural sagittal spinopelvic alignment in boys and girls before, at and after the adolescent growth spurt. *Eur Spine J*. 2015 Jun;24(6):1158-67.
35. Lombardi G, Akoume MY, Colombini A, Moreau A, Banfi G. Biochemistry of adolescent idiopathic scoliosis. *Adv Clin Chem*. 2011;54:165-82.
36. Qiu Y, Sun X, Qiu X, Li W, Zhu Z, Zhu F, et al. Decreased circulating leptin level and its association with body and bone mass in girls with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Nov 15;32(24):2703-10.
37. Alonso-Vale MI, Andreotti S, Peres SB, Anhe GF, das Neves Borges-Silva C, Neto JC, et al. Melatonin enhances leptin expression by rat adipocytes in the presence of insulin. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005 Apr;288(4):E805-12.
38. Perdriolle R, Vidal J. Morphology of scoliosis: three-dimensional evolution. *Orthopedics*. 1987 Jun;10(6):909-15.
39. Nault ML, Mac-Thiong JM, Roy-Beaudry M, Turgeon I, Deguise J, Labelle H, et al. Three-dimensional spinal morphology can differentiate between progressive and nonprogressive patients with adolescent idiopathic scoliosis at the initial presentation: a prospective study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014 May 1;39(10):E601-6.
40. Bunnell WP. An objective criterion for scoliosis screening. *J Bone Joint Surg Am*. 1984 Dec;66(9):1381-7.
41. Cote P, Kreitz BG, Cassidy JD, Dzus AK, Martel J. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Apr 1;23(7):796-802; discussion 3.
42. Amendt LE, Ause-Ellias KL, Eybers JL, Wadsworth CT, Nielsen DH, Weinstein SL. Validity and reliability testing of the Scoliometer. *Phys Ther*. 1990 Feb;70(2):108-17.
43. Horne JP, Flannery R, Usman S. Adolescent idiopathic scoliosis: diagnosis and management. *Am Fam Physician*. 2014 Feb 1;89(3):193-8.

44. He JW, Yan ZH, Liu J, Yu ZK, Wang XY, Bai GH, et al. Accuracy and repeatability of a new method for measuring scoliosis curvature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Apr 20;34(9):E323-9.
45. Frerich JM, Hertzler K, Knott P, Mardjetko S. Comparison of radiographic and surface topography measurements in adolescents with idiopathic scoliosis. *Open Orthop J*. 2012;6:261-5.
46. Kim H, Kim HS, Moon ES, Yoon CS, Chung TS, Song HT, et al. Scoliosis imaging: what radiologists should know. *Radiographics*. 2010 Nov;30(7):1823-42.
47. Oakley PA, Ehsani NN, Harrison DE. The Scoliosis Quandary: Are Radiation Exposures From Repeated X-Rays Harmful? Dose Response. 2019 Apr-Jun;17(2):1559325819852810.
48. Harrison DE, Betz JW, Cailliet R, Colloca CJ, Harrison DD, Haas JW, et al. Radiographic pseudoscoliosis in healthy male subjects following voluntary lateral translation (side glide) of the thoracic spine. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006 Jan;87(1):117-22.
49. Hoffman DA, Lonstein JE, Morin MM, Visscher W, Harris BS, 3rd, Boice JD, Jr. Breast cancer in women with scoliosis exposed to multiple diagnostic x rays. *J Natl Cancer Inst*. 1989 Sep 6;81(17):1307-12.
50. Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Aug 15;25(16):2052-63.
51. Simony A, Hansen EJ, Christensen SB, Carreon LY, Andersen MO. Incidence of cancer in adolescent idiopathic scoliosis patients treated 25 years previously. *Eur Spine J*. 2016 Oct;25(10):3366-70.
52. Levy AR, Goldberg MS, Mayo NE, Hanley JA, Poitras B. Reducing the lifetime risk of cancer from spinal radiographs among people with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996 Jul 1;21(13):1540-7; discussion 8.
53. Bunnell WP. Outcome of spinal screening. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993 Sep 15;18(12):1572-80.
54. Sanders JO, Khoury JG, Kishan S, Browne RH, Mooney JF, 3rd, Arnold KD, et al. Predicting scoliosis progression from skeletal maturity: a simplified classification during adolescence. *J Bone Joint Surg Am*. 2008 Mar;90(3):540-53.

55. Hacquebord JH, Leopold SS. In brief: The Risser classification: a classic tool for the clinician treating adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 2012 Aug;470(8):2335-8.
56. Ascani E, Bartolozzi P, Logroscino CA, Marchetti PG, Ponte A, Savini R, et al. Natural history of untreated idiopathic scoliosis after skeletal maturity. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986 Oct;11(8):784-9.
57. Weinstein SL, Ponseti IV. Curve progression in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1983 Apr;65(4):447-55.
58. Lonstein JE, Carlson JM. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *J Bone Joint Surg Am.* 1984 Sep;66(7):1061-71.
59. Picault C, deMauroy JC, Mouilleseaux B, Diana G. Natural history of idiopathic scoliosis in girls and boys. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986 Oct;11(8):777-8.
60. Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF, Peterson KK, Spoonamore MJ, Ponseti IV. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study. *JAMA.* 2003 Feb 5;289(5):559-67.
61. Parent S, Newton PO, Wenger DR. Adolescent idiopathic scoliosis: etiology, anatomy, natural history, and bracing. *Instr Course Lect.* 2005;54:529-36.
62. Richards BS, Bernstein RM, D'Amato CR, Thompson GH. Standardization of criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005 Sep 15;30(18):2068-75; discussion 76-7.
63. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Design of the Bracing in Adolescent Idiopathic Scoliosis Trial (BrAIST). *Spine (Phila Pa 1976).* 2013 Oct 1;38(21):1832-41.
64. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet.* 2008 May 3;371(9623):1527-37.
65. Coe JD, Arlet V, Donaldson W, Berven S, Hanson DS, Mudiyan R, et al. Complications in spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. A report of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006 Feb 1;31(3):345-9.
66. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. *N Engl J Med.* 2013 Oct 17;369(16):1512-21.

67. Knott P, Mardjetko S, Rollet M, Baute S, Riemenschneider M, Muncie L. Evaluation of the reproducibility of the formetric 4D measurements for scoliosis. *Scoliosis*. 2010;5(10).
68. Patias P, Grivas TB, Kaspiris A, Aggouris C, Drakoutos E. A review of the trunk surface metrics used as Scoliosis and other deformities evaluation indices. *Scoliosis*. 2010 Jun 29;5:12.
69. Bonagamba GH, Coelho DM, Oliveira AS. Inter and intra-rater reliability of the scoliometer. *Rev Bras Fisioter*. 2010 Sep-Oct;14(5):432-8.
70. Grossman TW, Mazur JM, Cummings RJ. An evaluation of the Adams forward bend test and the scoliometer in a scoliosis school screening setting. *J Pediatr Orthop*. 1995 Jul-Aug;15(4):535-8.
71. Murrell GA, Coonrad RW, Moorman CT, 3rd, Fitch RD. An assessment of the reliability of the Scoliometer. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993 May;18(6):709-12.
72. Korovessis PG, Stamatakis MV. Prediction of scoliotic cobb angle with the use of the scoliometer. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996 Jul 15;21(14):1661-6.
73. Burwell RG, Cole AA, Cook TA, Grivas TB, Kiel AW, Moulton A, et al. Pathogenesis of idiopathic scoliosis. The Nottingham concept. *Acta Orthop Belg*. 1992;58 Suppl 1:33-58.
74. Cook TA, Burwell RG, Wemyss-Holden SA, Webb JK. A segmental study of iliocostalis: functional and clinical implications. *Clin Anat*. 1991;4:387.
75. Keller TS, Colloca CJ, Harrison DE, Harrison DD, Janik TJ. Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. *Spine J*. 2005 May-Jun;5(3):297-309.
76. Ronckers CM, Land CE, Miller JS, Stovall M, Lonstein JE, Doody MM. Cancer mortality among women frequently exposed to radiographic examinations for spinal disorders. *Radiat Res*. 2010 Jul;174(1):83-90
77. C L Nash Jr, E C Gregg, R H Brown, K Pillai Risks of exposure to X-rays in patients undergoing long-term treatment for scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1979 Apr;61(3):371-4
78. G Gialousis, E Yakoumakis, D Papadopoulou, T Makri, N Yakoumakis, P Dimitriou, E Georgiou Differences in effective dose and energy imparted estimation from PA-AP, RLAT-LLAT projections in pediatric full spine x-ray examination using the Monte Carlo technique. *Phys Med Biol* 2006 Jan 21;51(2):287-97.

79. Grivas TB, Vasiliadis ES, Polyzois VD, Mouzakis V. Trunk asymmetry and handedness in 8245 school children. *Pediatr Rehabil.* 2006 Jul-Sep;9(3):259-66.
80. Takasaki H. Moire topography. *Appl Opt.* 1970 Jun 1;9(6):1467-72
81. Stokes IA, Shuma-Hartswick D, Moreland MS. Spine and back-shape changes in scoliosis. *Acta Orthop Scand.* 1988 Apr;59(2):128-33.

