

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΘΩΡΑΚΙΚΗΣ ΜΟΙΡΑΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ

Π.Ι. ΜΠΟΣΚΑΪΝΟΣ
Π.Ι. ΠΑΠΑΓΓΕΛΟ-
ΠΟΥΛΟΣ
Γ. ΣΑΠΚΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης (ΘΜΣΣ) εμφανίζει μεγαλύτερη ακαμψία και μικρότερο εύρος κίνησης από κάθε άλλη μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Υπάρχει μικρότερος ελεύθερος χώρος και χαμηλότερη αιματική παροχή για το νωτιαίο μυελό, ενώ εμφανίζει μεγαλύτερη σταθερότητα λόγω των πλευροσπονδυλικών αρθρώσεων και του θωρακικού κλωβού. Λόγω αυτών των ανατομικών ιδιοτεροτήτων απαιτούνται μεγαλύτερες δυνάμεις για τη διάσπαση των φυσιολογικών δομών και την εμφάνιση αστάθειας. Η ΘΜΣΣ εμφανίζει φυσιολογική θωρακική κύφωση λόγω της ελαφράς σφηνοειδούς διαμόρφωσης προς τα εμπρός των σπονδυλικών σωμάτων και των μεσοσπονδυλίων δίσκων και για το λόγο αυτό έχει μεγαλύτερη αστάθεια σε κάμψη.

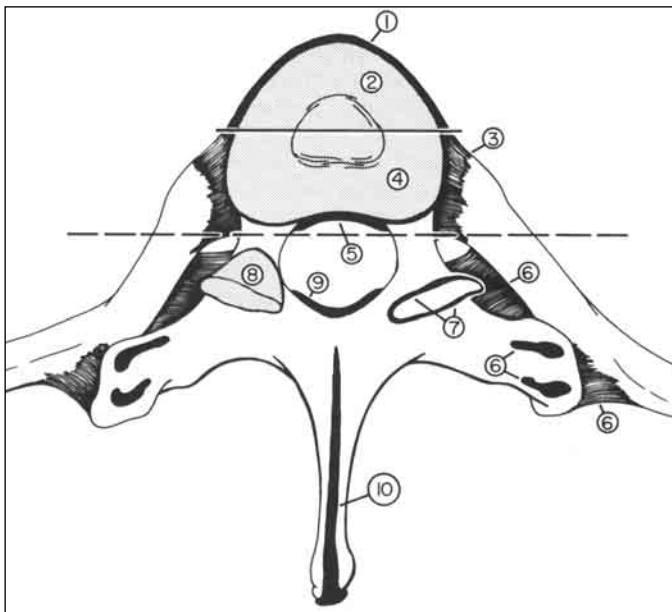
ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (εικόνα 1)

Πρόσθια στοιχεία

Το σώμα των θωρακικών σπονδύλων είναι μεγαλύτερο από αυτό των αυχενικών και μικρότερο από εκείνο των οσφυϊκών σπονδύλων. Ο πρόσθιος επιμήκης σύνδεσμος είναι σαφώς διαφοροποιημένος και ανεπτυγμένος στη ΘΜΣΣ σε σχέση με την αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης (ΑΜΣΣ). Ο ινώδης δακτύλιος είναι από τα ανατομικά στοιχεία, τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση της σταθερότητας της ΘΜΣΣ. Ο οπίσθιος επιμήκης σύνδεσμος παχύνεται και έχει στενή σύνδεση, μέσω διαπλεκομένων ινών, με τον ινώδη δακτύλιο των μεσοσπονδυλίων δίσκων. Στη σταθερότητα συμβάλλουν ο ινώδης δακτύλιος, ο οπίσθιος επιμήκης σύνδεσμος, οι πλευροσπονδυλικές αρθρώσεις, οι ακτινωτοί σύνδεσμοι και οι πλευρεγκάρσιοι σύνδεσμοι.

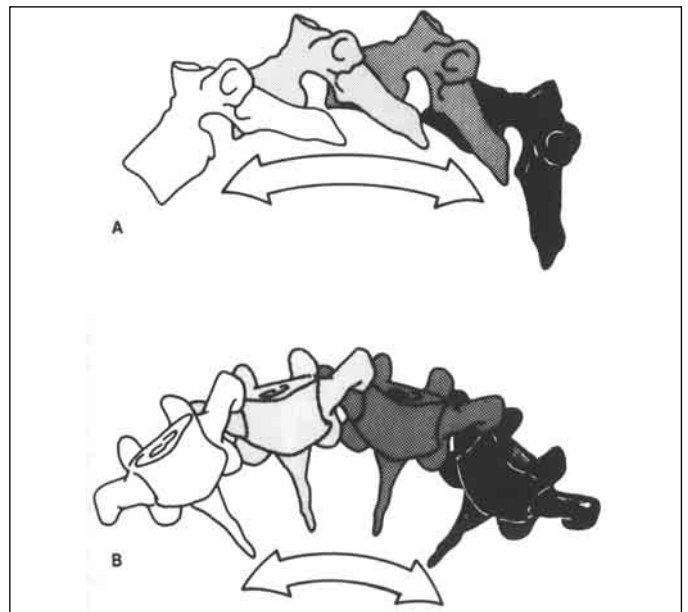
Οπίσθια στοιχεία

Οι ακανθώδεις αποφύσεις είναι μακρύτερες από ότι στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (ΟΜΣΣ). Οι ωχροί σύνδεσμοι είναι παχύτεροι στην ΘΜΣΣ. Οι θυλακικοί σύνδεσμοι σε αντίθεση με την ΑΜΣΣ είναι χαλαροί και λεπτοί. Σε κάμψη αυτές οι συνδεσμικές δομές προβάλλουν ελάχιστη στήριξη και έτσι στην περίπτωση πεταλεκτομών σε συνεχόμενα επίπεδα, όπου αίρεται η στηρικτική δράση του ωχρού συνδέσμου, αναμένεται αστάθεια, εφόσον δεν υπάρξει άλλη σταθεροποίηση. Αυτό το χαρακτηριστικό σε συνδυασμό με τη φυσιολογική κύφωση, προδιαθέτει τη ΘΜΣΣ σε κλινική αστάθεια μετά από πεταλεκτομές σε συνεχόμενα επίπεδα.



Εικόνα 1. Σχηματική αναπαράσταση των κυριότερων συνδέσμων στη ΘΜΣΣ. Πρόσθια στοιχεία: 1. Πρόσθιος επιμήκης σύνδεσμος. 2. Πρόσθιο ήμισυ του ινώδους δακτυλίου. 3. Ακτινωειδής και πρόσθιος πλευρεγκάρσιος σύνδεσμος. 4. Οπίσθιο ήμισυ του ινώδους δακτυλίου. 5. Οπίσθιος επιμήκης σύνδεσμος. Οπίσθια στοιχεία: 6. Οπίσθιος πλευρεγκάρσιος σύνδεσμος και σύνδεσμος του φύματος της πλευράς. 7. Θυλακικοί σύνδεσμοι. 8. Διαζυγοαποφυσιακές αρθρώσεις. 9. Ωχρός σύνδεσμος. 10. Υπερακάνθιος και επακάνθιος σύνδεσμος.

Οι αρθρώσεις των πλευρών συμβάλλουν στη σταθερότητα της ΘΜΣΣ. Οι μεσακάνθιοι σύνδεσμοι είναι λεπτότεροι από ότι στην ΟΜΣΣ και οι υπερακάνθιοι σύνδεσμοι δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα της ΘΜΣΣ. Οι μεσεγκάρσιοι σύνδεσμοι αντικαθιστούν στην

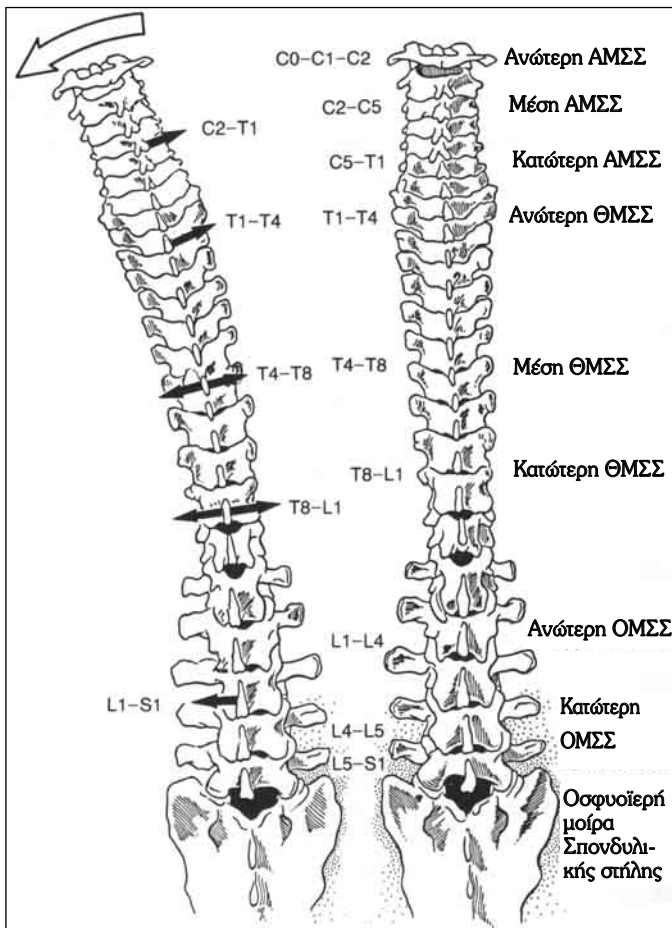


Εικόνα 2. Διάγραμμα του τόξου που διαγράφουν οι θωρακικοί σπόνδυλοι κατά την κίνησή τους σε οβελιαίο (α) και μετωπιαίο επίπεδο (β). Η ακτίνα που αντιστοιχεί στο τόξο κίνησης κατά την κάμψη είναι μεγαλύτερη από εκείνη κατά την αξονική στροφή.

ΘΜΣΣ τους μεσεγκάρσιους μύες και λόγω τις μεγάλης ικανότητας αντίστασης στη διάταση και της μικρής ικανότητας επιμήκυνσης συμβάλλουν στον περιορισμό του εύρους κίνησης της ΘΜΣΣ. Οι πλευρεγκάρσιοι σύνδεσμοι και ο ακτινωτός σύνδεσμος της κεφαλής της πλευράς

Πίνακας 1. Τιμές εύρους κίνησης στη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης

Σπονδυλικό διάστημα	Συνδυασμός κάμψης-έκτασης	Πλάγια κάμψη προς μία πλευρά	Αξονική στροφή προς μία πλευρά
Θ1-Θ2	3-5°	5°	14°
Θ2-Θ3	3-5°	5-7°	4-12°
Θ3-Θ4	2-5°	3-7°	5-11°
Θ4-Θ5	2-5°	5-6°	5-11°
Θ5-Θ6	3-5°	5-6°	5-11°
Θ6-Θ7	2-7°	6°	4-11°
Θ7-Θ8	3-8°	3-8°	4-11°
Θ8-Θ9	3-8°	4-7°	6-7°
Θ9-Θ10	3-8°	4-7°	3-5°
Θ10-Θ11	4-14°	3-10°	2-3°
Θ11-Θ12	6-20°	4-13°	2-3°
Θ12-Ο1	6-20°	5-10°	2-3°



Εικόνα 3. Διαγραμματική απεικόνιση συνδυασμού κινήσεων κατά την πλάγια κάμψη και αξονική στροφή. Με αυτή τη θεωρία μπορεί η σπονδυλική στήλη να διαιρεθεί σε μοίρες ανάλογα με την εμβιομηχανική συμπεριφορά των σπονδύλων ως προς αυτή την ιδιότητα. Η κίνηση αυτή μπορεί να γίνει αντιληπτή από την παρατήρηση της κίνησης των ακανθωδών αποφύσεων. Η μέση και κατώτερη ΑΜΣΣ παρουσιάζουν ανάλογο συνδυασμό κινήσεων σε σχέση με την ανώτερη ΘΜΣΣ. Στη μέση και κατώτερη ΘΜΣΣ η αξονική στροφή μπορεί να εμφανίζεται και προς τις δύο κατευθύνσεις κατά τη διάρκεια της πλάγιας κάμψης. Στην ΟΜΣΣ η αξονική στροφή έχει την ίδια κατεύθυνση με την πλάγια κάμψη.

προσδίδουν σταθερότητα σε κινήσεις πλάγιας κάμψης της ΘΜΣΣ.

Τα οσικά στοιχεία των μεσοσπονδυλίων διαρθρώσεων και οι ινώδεις θύλακοι συνεισφέρουν σημαντικά στην κλινική σταθερότητα της ΘΜΣΣ, όπως και η διαμόρφωση και ο προσανατολισμός στο χώρο των αρθρικών επιφανειών. Στην ανώτερη ΘΜΣΣ και μέση ΘΜΣΣ οι αρθρικές επιφάνειες παίζουν σταθεροποιητικό ρόλο στην πρόσθια μετατόπιση, λόγω του παράλληλου προσανατολισμού τους με το μετωπιαίο επίπεδο. Μεταξύ, όμως, των διαστημάτων Θ9-Θ12 οι αρθρικές επιφάνειες, με την αλ-

λαγή του προσανατολισμού, τους προσφέρουν μικρότερη σταθερότητα σε πρόσθια και οπίσθια μετατόπιση και περισσότερο (αφού είναι προσανατολισμένες παράλληλα προς το οβελιαίο επίπεδο) προσφέρουν σταθερότητα στην αξονική περιστροφή.

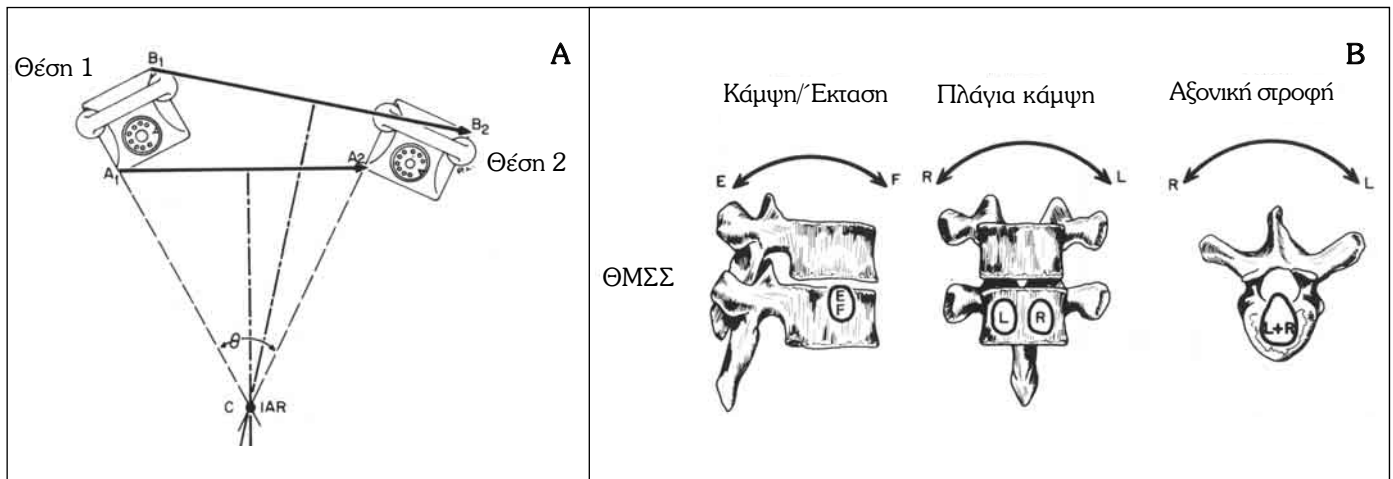
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

Το μέσο εύρος κίνησης στο οβελιαίο επίπεδο (κάμψη / έκταση) της ΘΜΣΣ είναι 4° στο ανώτερο, 6° στο μέσο τμήμα και στο τμήμα Θ11-Θ12 και Θ12-Ο1 είναι 12° για κάθε διάστημα. Συνολικά, η ΘΜΣΣ εμφανίζει κάμψη 30° και έκταση 20°. Στο μετωπιαίο επίπεδο (πλάγια κάμψη) η ΘΜΣΣ εμφανίζει 6° κίνηση στο ανώτερο και 8°-9° κίνηση στο μέσο και κατώτερο τμήμα της. Η συνολική πλάγια κάμψη και προς τις δύο κατευθύνσεις είναι περίπου 40° (2x20°). Στο οριζόντιο επίπεδο (αξονική περιστροφή) η ΘΜΣΣ εμφανίζει 8°-9° κίνηση στο ανώτερο μισό και 2° για κάθε μεσοδιάστημα των τριών τελευταίων σπονδύλων. Η συνολική αξονική περιστροφή και προς τις δύο κατευθύνσεις είναι περίπου 70° (2x35°) (πίνακας 1).

Για την εκτίμηση της κίνησης της ΘΜΣΣ στο οβελιαίο και μετωπιαίο επίπεδο χρησιμοποιείται η μέση κυρτότητα, που ορίζεται ως το αντίστροφο της ακτίνας του τόξου κίνησης. Στο οβελιαίο επίπεδο η μέση κυρτότητα είναι αρκετά μικρή με σχεδόν επίπεδο τόξο κίνησης σε όλο το μήκος της ΘΜΣΣ, ενώ στο μετωπιαίο επίπεδο είναι μεγαλύτερη με κεφαλουραία αύξηση του τόξου κίνησης (από τον Θ1 στον Θ12) (εικόνα 2).

Σημαντικότερο συνδυασμό κινήσεων στην ΘΜΣΣ αποτελεί η πλάγια κάμψη και η αξονική στροφή. Ο συνδυασμός αυτών των κινήσεων γίνεται έτσι ώστε οι ακανθώδεις αποφύσεις να κινούνται προς το κυρτό της καμπύλης της σπονδυλικής στήλης. Ιδιαίτερα για τη ΘΜΣΣ αυτός ο συνδυασμός αποκτά κλινική σημασία σε σκολιωτικές παραμορφώσεις ή εγκατεστημένες συνθήκες αστάθειας (π.χ. μετά από τραύμα). Υπάρχει, όμως, κεφαλουραία απόκλιση του συνδυασμού αυτών των κινήσεων. Στην ανώτερη ΘΜΣΣ οι δύο κινήσεις συνδυάζονται σε μεγάλο βαθμό. Στο μέσο οι ακανθώδεις αποφύσεις στρέφονται περισσότερο προς το κοίλο της καμπύλης, ενώ στο κατώτερο τμήμα της ΘΜΣΣ ο συνδυασμός δεν είναι τόσο ισχυρός, με τις ακανθώδεις αποφύσεις να στρέφονται ακόμα περισσότερο προς το κοίλο της καμπύλης της σπονδυλικής στήλης (εικόνα 3).

Και στην κινηματική της ΘΜΣΣ έχουν μελετηθεί στιγμιαίοι άξονες περιστροφής, η έννοια των οποίων φαίνεται στην εικόνα 4Α. Σε πειραματικό μοντέλο με πτωματικές ΘΜΣΣ καθορίστηκε η τοπογραφία των κέντρων περιστροφής από την εφαρμογή 4 διαφορετικών φορτίων, που προκαλούσαν κινήσεις κάμψης - έκτασης. Τόσο στην κάμψη όσο και στην έκταση οι στιγμιαίοι άξονες περι-



Εικόνα 4Α. Σχηματική παράσταση του στιγμιαίου άξονα περιστροφής (IAR) σε κίνηση σε ένα επίπεδο. Ο στιγμιαίος άξονας περιστροφής ορίζεται ως το σημείο τομής των καθέτων των διαστημάτων A_1A_2 και B_1B_2 , που αναπαριστούν τα ανύσματα μετατόπισης δύο σταθερών σημείων του αντικειμένου. Η γωνία θ που σχηματίζεται ονομάζεται γωνία περιστροφής. **Β.** Η κατά προσέγγιση θέση των στιγμιαίων αξόνων περιστροφής στη ΘΜΣΣ. Στο σημείο E συγκεντρώνονται οι άξονες περιστροφής κατά την έκταση και στο σημείο F κατά την κάμψη. Στο σημείο L συγκεντρώνονται οι άξονες κατά την αριστερή πλάγια κάμψη ή αριστερή αξονική στροφή και στο σημείο R κατά τη δεξιά πλάγια κάμψη ή αξονική στροφή.

στροφής εντοπίζονται στην άνω τελική πλάκα του υποκείμενου σπονδύλου της σπονδυλικής μονάδας (εικόνα 4B).

Η λειτουργική συνεισφορά των επιμέρους ανατομικών στοιχείων στην κινηματική της ΘΜΣΣ έχει μελετηθεί επαρκώς και ιδιαίτερα η επίδραση της αφαίρεσης όλων των οπίσθιων στοιχείων σε διάφορα επίπεδα. Με την αφαίρεση των στοιχείων αυτών υπάρχει μία στατιστικά σημαντική, μεγάλη αύξηση στην έκταση, η οποία οφείλεται στο ότι οι μεσοσπονδύλιες διαρθρώσεις και οι ακανθώδεις αποφύσεις περιορίζουν την έκταση. Επίσης, υπάρχει μία στατιστικά σημαντική αύξηση κίνησης και στο οριζόντιο επίπεδο. Λόγω της διαμόρφωσης στο χώρο των μεσοσπονδυλίων διαρθρώσεων δε θεωρείται ότι συμβαίνει οστική πρόσκρουση, η οποία εμποδίζει την αξονική στροφή. Οι οπίσθιοι σύνδεσμοι και ιδιαίτερα οι ωχροί καθώς και οι θύλακοι των μεσοσπονδυλίων διαρθρώσεων είναι μάλλον οι κύριοι παράγοντες οι οποίοι ανθίστανται στην αξονική στροφή. Η αντίσταση αυτή επέρχεται ως αποτέλεσμα ανάπτυξης τάσης στα σπονδυλικά στοιχεία. Μετά την αφαίρεση των οπίσθιων στοιχείων η κίνηση περιορίζεται μόνο από τον ινώδη δακτύλιο και τους μύες.

ΑΣΤΑΘΕΙΑ

Η επίδραση του θωρακικού κλωβού στη σταθερότητα της ΘΜΣΣ

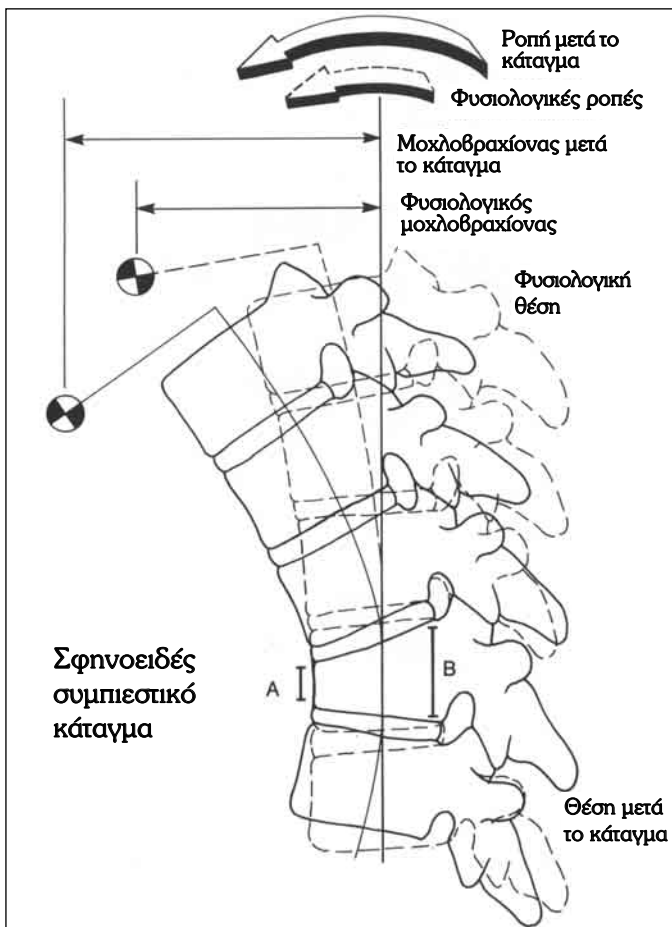
Υπάρχουν δύο μηχανισμοί με τους οποίους οι πλευ-

ρές αυξάνουν τη σταθερότητα της ΘΜΣΣ. Ο πρώτος αφορά στην άρθρωση της κεφαλής της πλευράς με τις αρθρικές επιφάνειες των μεσοσπονδυλίων διαρθρώσεων των παρακείμενων σπονδύλων και ο δεύτερος σχετίζεται με την ύπαρξη του θωρακικού κλωβού. Ο θωρακικός κλωβός αυξάνει τις εγκάρσιες διαστάσεις της σπονδυλικής κατασκευής. Έτσι, αυξάνεται η αδράνεια της ΘΜΣΣ, που οδηγεί σε αυξημένη αντίσταση σε πρόσθια κάμψη και έκταση καθώς και σε αντίσταση στην αξονική περιστροφή.

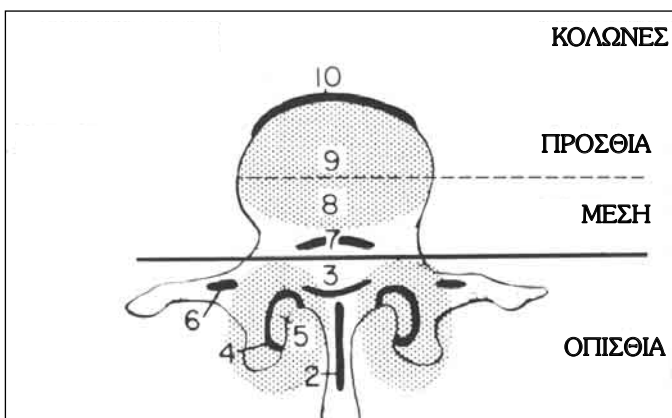
Εμβιομηχανική μελέτη της σταθερότητας (εικόνα 5)

Εμβιομηχανικές αναλύσεις έχουν δείξει ότι το εύρος των κινήσεων μεταξύ των θωρακικών σπονδύλων διαφοροποιείται μετά την αφαίρεση των οπίσθιων στοιχείων. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση του βαθμού κάμψης-έκτασης και αξονικής περιστροφής μετά την αφαίρεση των οπίσθιων στοιχείων.

Έχουν γίνει εμβιομηχανικές μελέτες της ΘΜΣΣ, όπου εξετάζονται σπονδυλικές μονάδες με ανέπαφες τις αρθρώσεις των πλευρών. Προσομοιάζονται κινήσεις κάμψης και έκτασης με αυξανόμενα φορτία έως και 50% του σωματικού βάρους. Τα ανατομικά στοιχεία στη συνέχεια αφαιρούνται από εμπρός προς τα πίσω και αντίστροφα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι με την αφαίρεση όλων των οπίσθιων στοιχείων η σπονδυλική μονάδα παραμένει σταθερή σε κάμψη, μέχρι τη διάσπαση της πλευροσπονδυ-



Εικόνα 5. Η διακεκομμένη γραμμή παριστά τη φυσιολογική ΘΜΣΣ. Η φυσιολογική ροπή στην όρθια θέση αναπαριστάται με το διακεκομμένο βέλος και το σημείο εφαρμογής της βαρύτητας με τον κύκλο στο μικρότερο μοχλοβραχίονα. Με τη συμπαγή γραμμή αναπαριστάται η ΘΜΣΣ με συμπίεστικό κάταγμα, ο μεγαλύτερος μοχλοβραχίονας και ροπή. Με την αύξηση της γωνίας του συμπίεστικού κατάγματος κατά το οβελιαίο επίπεδο (διαφορά πρόσθιου και οπισθίου ύψους σπονδυλικού σώματος) τα μεγέθη αυξάνονται αντίστοιχα, οδηγώντας σε μεγαλύτερη αστάθεια.



Εικόνα 6. Η θεωρία των τριών κολώνων του Dennis.

λικής διάρθρωσης. Για να υπάρχει αστάθεια σε έκταση πρέπει να αφαιρεθούν όλοι οι πρόσθιοι σύνδεσμοι με επιπλέον αφαίρεση ενός οπίσθιου στοιχείου. Με ανέπαφο μόνο τον πρόσθιο επιμήκη σύνδεσμο έχουμε σταθερότητα σπονδυλικής μονάδας σε έκταση. Με ανέπαφο μόνο τον οπίσθιο επιμήκη και τα πρόσθια στοιχεία έχουμε σταθερότητα σπονδυλικής μονάδας σε κάμψη. Η μέγιστη φυσιολογική μετατόπιση στο οβελιαίο επίπεδο ήταν 2,5 mm και η μέγιστη γωνία 5°.

Μοντέλα αστάθειας

Κατά καιρούς έχουν περιγραφεί διάφορα θεωρητικά μοντέλα τα οποία προσομοιάζουν στην εμβιομηχανική συμπεριφορά της ΘΜΣΣ. Από τη μελέτη της συμπεριφοράς της ΘΜΣΣ σε διάφορους τύπους κακώσεων ο Denis περιέγραψε τη θεωρία των τριών κολώνων της σπονδυλικής μονάδας. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, η πρόσθια κολώνα απαρτίζεται από τα πρόσθια 2/3 του σπονδυλικού σώματος και του μεσοσπονδυλίου δίσκου καθώς και τον πρόσθιο επιμήκη σύνδεσμο. Η μέση κολώνα αποτελείται από το οπίσθιο 1/3 του σπονδυλικού σώματος και του μεσοσπονδυλίου δίσκου καθώς και τον οπίσθιο επιμήκη σύνδεσμο. Η οπίσθια κολώνα περιλαμβάνει τα υπόλοιπα ανατομικά στοιχεία (εικόνα 6).

Στη ΘΜΣΣ τα ακτινολογικά κριτήρια αστάθειας είναι διαφορετικά και συμπεριλαμβάνουν:

- 1) Πρόσθια επιφάνεια σπονδυλικού σώματος μικρότερη των 2/3 της οπίσθιας.
- 2) Γωνία σφηνοειδούς παραμόρφωσης του σώματος > 15° ή μεγαλύτερη.
- 3) Απώλεια ύψους μεγαλύτερη του 3,75 σύμφωνα με τη σχέση $\Gamma/(B-A) > 3,75$, όπου:

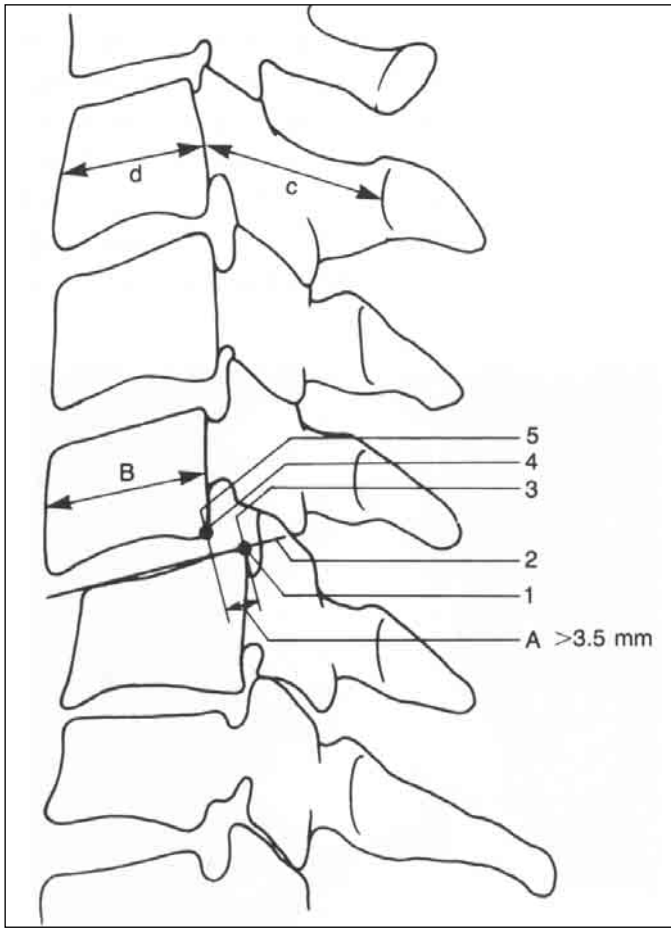
Γ: η κάτω επιφάνεια του παραμορφωμένου σπονδύλου,

B: το μήκος του οπισθίου τοιχώματος του παραμορφωμένου σπονδύλου και

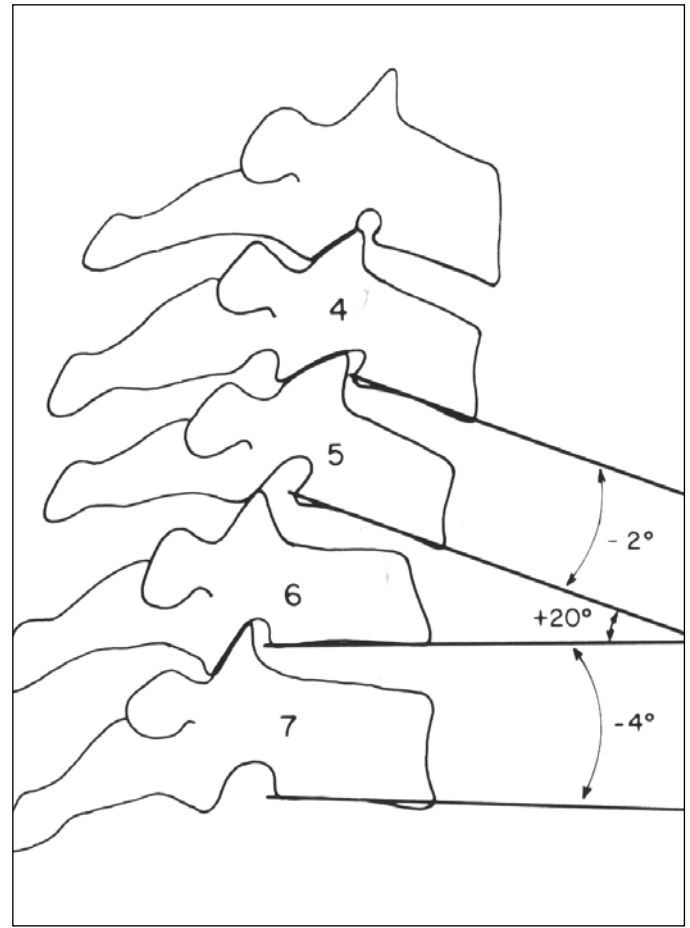
A: το μήκος του πρόσθιου τοιχώματος του παραμορφωμένου σπονδύλου (πίνακας 2).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bay BK, Yerby SA, McLain RF, Toh E. Measurement of strain distributions within vertebral body sections by texture correlation. Spine 1999, 24:10-17.
2. Edmondston SJ, Allison GT, Althorpe BM, McConnell DR, Samuel KK. Comparison of ribcage and posteroanterior thoracic spine stiffness: an investigation of the normal response. Man Ther 1999, 4:157-162.
3. Edmondston SJ, Singer KP. Thoracic spine: anatomical and biomechanical considerations for manual therapy. Man Ther 1997, 2:132-143.



Εικόνα 7. Τρόπος μέτρησης της προσθιολίσθησης. (1). Σημειώνεται η οπίσθια-άνω γωνία του υποκειμένου σπονδύλου της υπό μελέτη σπονδυλικής μονάδας, όπως αυτή φαίνεται στην πλάγια ακτινογραφία. (2). Σχεδιάζεται γραμμή κατά μήκος της άνω τελικής πλάκας του υποκειμένου σπονδύλου. (3). Στο σημείο όπου αυτή η γραμμή συναντά την οπίσθια-άνω γωνία σχεδιάζεται μία κάθετη γραμμή. (4). Σημειώνεται η οπίσθια-κάτω γωνία του υπερκειμένου σπονδύλου της υπό μελέτης σπονδυλικής μονάδας. (5). Από αυτό το σημείο χαράσσεται κάθετη γραμμή προς τη γραμμή 2. Η απόσταση μεταξύ των δύο καθέτων (3 και 5) αποτελεί και τη μετατόπιση στον οβελιαίο άξονα.



Εικόνα 8. Τρόπος μέτρησης της σχετικής γωνίωσης μεταξύ δύο σπονδύλων κατά το οβελιαίο επίπεδο. Η σχετική γωνία μεταξύ του 5^{ου} και 6^{ου} σπονδύλου υπολογίζεται από τις νοτιές γραμμές που διέρχονται κατά μήκος των κάτω τελικών πλακών των δύο σπονδύλων. Στη ΘΜΣΣ κάθε γωνία πάνω από 5° αποτελεί ακτινολογική ένδειξη αστάθειας.

Πίνακας 2. Κλινική εκτίμηση αστάθειας

Στοιχεία	Βαθμός
Καταστροφή προσθίων ανατομικών στοιχείων	2
Καταστροφή οπισθίων ανατομικών στοιχείων	2
Διάσπαση πλευροσπονδυλικών αρθρώσεων	1
Ακτινολογικά κριτήρια	4
Πρόσθια ολίσθηση μεγαλύτερη των 2,5 mm (εικόνα 7)	(2)
Γωνίωση στο οβελιαίο επίπεδο > 5° (εικόνα 8)	(2)
Βλάβη - κάκωση νωπιαίου μυελού	2
Αναμενόμενη επικίνδυνη φόρτιση ΣΣ	1
Δθροισμα ≥ 5 δηλώνει αστάθεια	

4. Frymoyer JW (ed). The adult spine. Principles and practice. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 1997.
5. Gregersen GG, Lucas DB. An in vivo study of the axial rotation of the human thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg* 1967, 49A:247-262.
6. Hirsch C, White AA. Characteristics in the thoracic spine motion. Studies on autopsy specimens. *Clin Orthop* 1971 Mar-Apr, 75:156-63.
7. Lord MJ, Ogden JA, Ganey TM. Postnatal development of the thoracic spine. *Spine* 1995, 20:1692-1698.
8. McGowan DP, Hipp JA, Takeuchi T, White AA 3rd, Hayes WC. Strength reductions from trabecular destruction within thoracic vertebrae. *J Spinal Disord* 1993, 6:130-136.
9. Norlander S, Aste-Norlander U, Nordgren B, Sahlstedt B. A clinical method for measuring segmental flexion mobility in the cervico-thoracic spine and a model for classification. *Scand J Rehabil Med* 1995, 27:89-98.
10. Panjabi MM, Brand RA, White AA. Three dimensional flexibility and stiffness properties of the human thoracic spine. *J Biomech* 1976, 9:185-192.
11. Panjabi MM, Brand RA, White AA. Mechanical properties of the human thoracic spine as shown by three-dimensional load-displacement curves. *J Bone Joint Surg* 1976, 58A:642-652.
12. Panjabi MM, Hausfeld JN, White AA 3rd. A biomechanical study of the ligamentous stability of the thoracic spine in man. *Acta Orthop Scand* 1981, 52:315-326.
13. Panjabi MM, O'Holleran JD, Crisco JJ 3rd, Kothe R. Complexity of the thoracic spine pedicle anatomy. *Eur Spine* 1997, J 6:19-24.
14. Panjabi MM, Krag MH, Dimnet JC, Walter SD, Brand RA. Thoracic spine centers of rotation in the sagittal plane. *J Orthop Res* 1984, 1:387-394.
15. Panjabi MM, Takata K, Goel V, Federico D, Oxland T, Duranceau J, Krag M. J Thoracic human vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy. *Spine* 1991, 16:888-901.
16. Rab GT. Muscle forces in the posterior thoracic spine. *Clin Orthop* 1979, 139:28-32.
17. Toh E, Yerby SA, Bay BK, McLain RF, Benson DR, Mochida J. The effect of anterior osteophytes and flexural position on thoracic trabecular strain. *Spine* 2001, 26:22-26.
18. White AA 3rd, Hirsch C. The significance of the vertebral posterior elements in the mechanics of the thoracic spine. *Clin Orthop* 1971, 81:2-14.
19. White AA and Panjabi MM (eds.): Clinical biomechanics of the spine (2nd ed.). J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1990.
20. Yerby SA, Bay BK, Toh E, McLain RF, Drews MJ. The effect of boundary conditions on experimentally measured trabecular strain in the thoracic spine. *Biomech* 1998, 31:891-897.
21. Σάπκας Γ. Θέματα εμβιομηχανικής σπονδυλικής στήλης, Ιατρικές εκδόσεις Κραυκάς, Αθήνα 1997.