

ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ, ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ

Γ. ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ

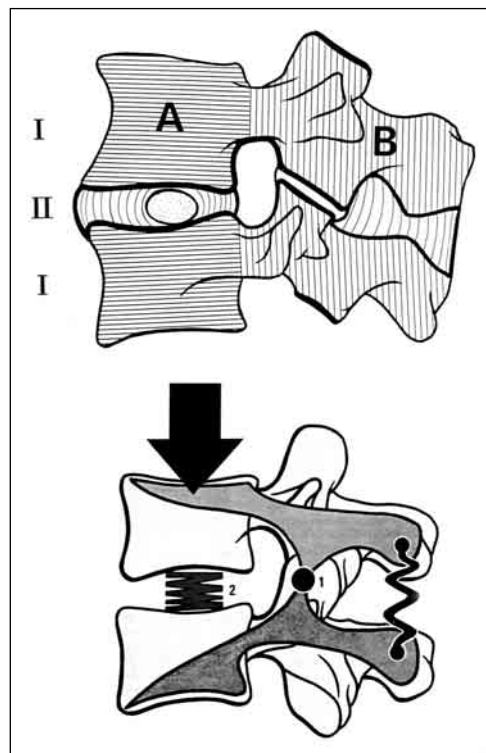
Η βασική κινητική μονάδα της σπονδυλικής στήλης αποτελείται από δύο σπόνδυλους και τους ενδιάμεσους ιστούς (σύστημα F.U.S.). Διαιρείται για σκοπούς μελέτης σε πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα, όπου το πρόσθιο τμήμα (σχήμα 1.A) αποτελείται από το σώμα του σπονδύλου, το μεσοσπονδύλιο δίσκο, τον πρόσθιο και τον οπίσθιο επιμήκη σύνδεσμο, ενώ το οπίσθιο τμήμα (σχήμα 1.B) από τον αυχένα, το σπονδυλικό τόξο, τους συνδέσμους, τις ακανθώδεις και τις ανάντιες και κατάντιες αρθρικές αποφύσεις.

Το σύστημα είναι κατασκευασμένο για να απορροφά τα φορτία με σύστημα μοχλών, καθώς τα σπονδυλικά σώματα απορροφούν την ενέργεια άμεσα και παθητικά, ενώ οι αρθρικές αποφύσεις, δρώντας σαν υπομόχλια, έμμεσα και ενεργητικά (σχήμα 1). Το σύστημα είναι ειδικά κατασκευασμένο ώστε να δέχεται κάθετες φορτίσεις, άρα δύσκολα καταρρίπτεται. Εάν προκύψει, όμως, κάτι τέτοιο, γίνεται αρχικά στην τελική πλάκα, μετά στο σπονδυλικό σώμα και τέλος στο δίσκο.

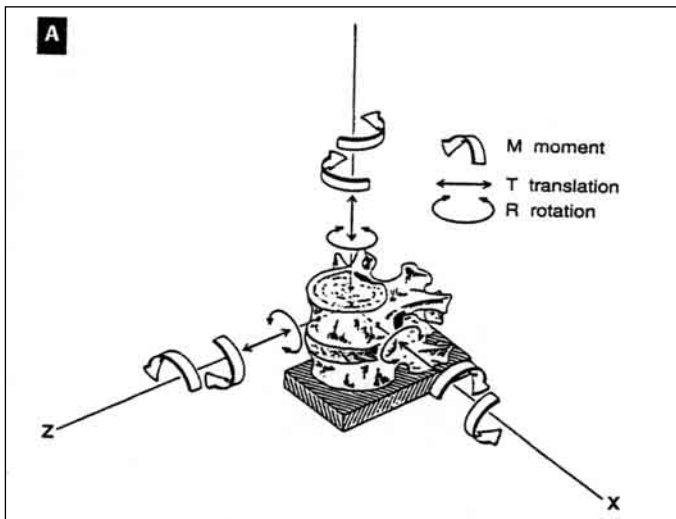
Το σύστημα F.U.S έχει έξι δυνατές κινήσεις, 3 γραμμικές και 3 περιστροφικές. Ο συνδυασμός τους προσφέρει μεγάλο αριθμό κινήσεων στο χώρο (σχήμα 2).

Το σπονδυλικό σώμα είναι ειδικά κατασκευασμένο για να δέχεται κάθετες φορτίσεις. Προοδευτικά τα μεγέθη αυξάνουν από τον αυχένα προς την οσφυ, προκειμένου να δεχθούν και το επιπλέον βάρος του σώματος.

Το σπονδυλικό σώμα μπορούμε να το φανταστούμε σαν ένα αυγό, με το κέλυφος να είναι ο σκληρός φλοιός και το περιεχόμενο το σπογγώδες σώμα. Σε μετωπιαίο επίπεδο οι δοκίδες του σπονδύλου φαίνονται να ενώνουν την πάνω με την κάτω επιφάνεια του σπονδύλου κατά τη φορά των ασκούμενων δυνάμεων, ενώ το ίδιο συμβαίνει με τις πλευρικές επιφάνειες από οριζόντιες σε φορά δοκίδες. Σε οβελιαίο επίπεδο, εκτός από αυτή τη διάταξη υπάρχουν και δύο άλλες δέσμες δοκίδων με διάταξη ριπιδίου. Η πρώτη ξεκινά από την άνω επιφάνεια του σπονδύλου και καταλήγει στις άνω αρθρικές αποφύσεις και στην ακανθώδη απόφυση, ενώ η δεύτερη ξεκινά από την κάτω επιφάνεια



Σχήμα 1. Σύστημα F.U.S.



Σχήμα 2. Δυνατότητες κινήσεως στο χώρο.

του σπονδύλου και καταλήγει στις κάτω αρθρικές αποφύσεις και στην ακανθώδη απόφυση (σχήμα 3).

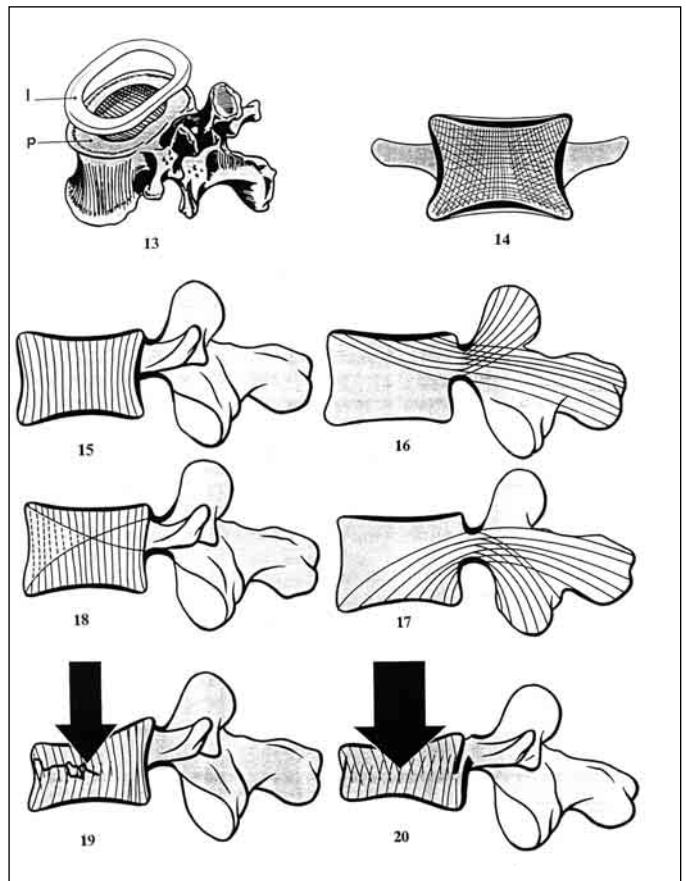
Σκοπός αυτής της διάταξης είναι η μεταφορά φορτίων στο οπίσθιο τμήμα της κινητικής μονάδας της Σ Σ, όπως έχει περιγραφεί προηγουμένως (σχήμα 1). Η διασταύρωση της πορείας των δοκίδων αυτών δημιουργεί περιοχές μέγιστης και ελάχιστης αντοχής. Αυτό εξηγεί το συμπίεστικό κάταγμα του σπονδύλου, όπου υπό κάθετη φόρτιση 600 Kg το πρόσθιο τμήμα του σπονδύλου υποχωρεί οδηγώντας σε συμπίεστικό κάταγμα. Μία όμοια δύναμη της τάξης των 800 Kg επαρκεί για να υποχωρήσει και το οπίσθιο τμήμα και να έχουμε ένα πλήρες κάταγμα (σχήμα 3/20). Δοκιμές συμπίεσεως έδειξαν ότι με την αύξηση της ηλικίας μειώνεται η αντοχή του σώματος στις φορτίσεις. Ιδιαίτερο ρόλο διαδραματίζει και η οστεοπόρωση.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΣΠΟΝΔΥΛΙΟΥ ΔΙΣΚΟΥ

Ο μεσοσπονδύλιος δίσκος, ο οποίος δέχεται, διαμοιράζει φορτία και ανθίσταται στην υπερβολή της κίνησης, έχει μεγάλη μηχανική και λειτουργική σημασία. Η ικανότητά του να εξυπηρετεί διπλό ρόλο οφείλεται στη θέση του μεταξύ των σπονδύλων και στην ιδιαίτερη σύνθεση των έσω και έξω συστατικών του (σχήμα 4).

Το εσωτερικό μέρος του δίσκου, ο πυρήνας, είναι μία ζελατινώδης μάζα, πλούσια σε υδρόφιλες γλυκοζαμινογλυκάνες, χονδροϊτίνη, υαλουρονικό και κερατίνη, ενώ η σύστασή του σε νερό ανέρχεται στο 88% (σχήμα 4/25).

Ο ινώδης δακτύλιος περιβάλλει τον πυρήνα και αποτελείται από ενενήντα (90) φύλλα κολλαγόνου, με ελικοειδή διάταξη γύρω από τον πυρήνα. Τα περιφερικά φύλλα έχουν κάθετη διεύθυνση και όσο πλησιάζουμε

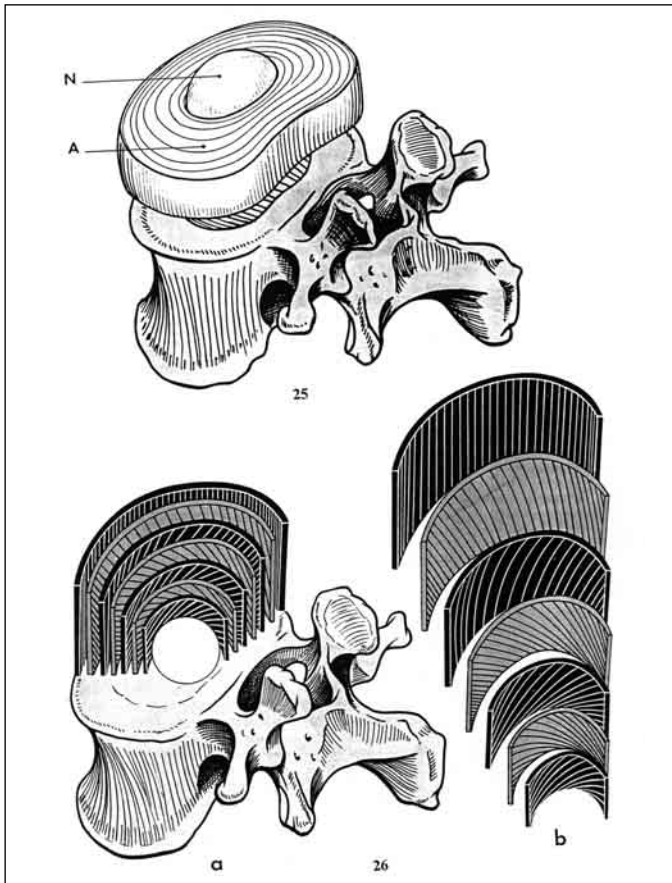


Σχήμα 3. Κατανομή φορτίων στο σπονδυλικό σώμα.

προς τον πυρήνα, γίνονται οριζόντια. Δύο τελικές πλάκες από υαλίνη χωρίζουν το σπονδυλικό δίσκο άνωθεν και κάτωθεν των σπονδυλικών σωμάτων (σχήμα 4a/b).

Ο φυσιολογικός δίσκος είναι ανάγγειος. Τα θρεπτικά συστατικά και το νερό περνούν στο δίσκο από την τελική πλάκα ως μέσο διάχυσης. Μικρά όμως κατάγματα στην περιοχή της τελικής πλάκας προκαλούν αγγειογένεση, με αποτέλεσμα νεοσχηματιζόμενα αγγεία να εισέρχονται στο δίσκο, διαταράσσοντας τη χημική και τη μηχανική συμπεριφορά του. Όμοια αποτελέσματα έχει και το μακροχρόνιο κάπνισμα, όπως και οι συνεχείς μικρές δονήσεις (πολύωρη οδήγηση), με αποτέλεσμα να μειώνεται η ικανότητα θρέψης του δίσκου από την τελική πλάκα.

Ο συνοπτικός ρόλος του δίσκου βασίζεται στην υδροστατική του ικανότητα να απορροφά και ομοιόμορφα να κατανέμει φορτία, δρώντας σαν μαξιλάρι ανάμεσα στα σπονδυλικά σώματα. Ο πυρήνας, με την επίδραση των φορτίων, διογκώνεται και μεταφέρει την τάση στον ινώδη δακτύλιο, ο οποίος προβάλλει ομοιάζων με φουσκωμένο ελαστικό. Ο δίσκος είναι ευκίνητος σε μικρές φορτίσεις, αλλά προβάλλει συνεχώς αυξανόμενη αντίσταση σε υψηλές φορτίσεις (λειτουργία υδραυλικού τιμονιού). Ο πυρήνας του δίσκου δεν έχει ποτέ στο εσωτερικό του μηδενική τάση (ρόλος ωχρού συνδέσμου), αλλά βρίσκε-



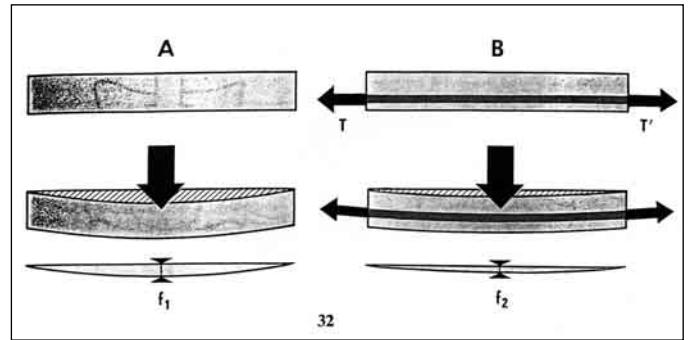
Σχήμα 4. Δομή και λειτουργία του μεσοσπονδυλίου δίσκου.

ται σε μια κατάσταση προφόρτισης (σχήμα 5).

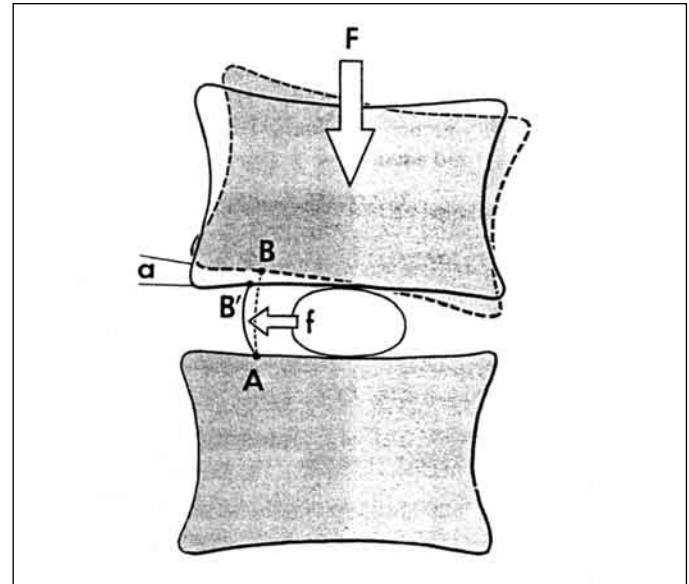
Στην οικοδομική τεχνολογία, η προφόρτιση αναφέρεται σε μία προϋπάρχουσα εφαρμογή τάσης σε ένα υλικό το οποίο πρόκειται να φορτιστεί. Αυτή η ιδιότητα προσδίδει στο δίσκο μεγαλύτερη αντίσταση σε δυνάμεις συμπίεσης και πλάγιας κάμψης. Η προφόρτιση δημιουργείται στο δίσκο με την είσοδο νερού. Αυτό σημαίνει ότι με την πάροδο της ηλικίας ο δίσκος, χάνοντας την ικανότητα να απορροφά νερό, χάνει και την ικανότητα προφορτίου.

Άλλη μια ιδιότητα του δίσκου είναι η αυτοσταθεροποίησή του, που συμβαίνει όταν ένα ασύμμετρο φορτίο επιδράσει πάνω του αξονικά. Στην περίπτωση αυτή, το ζεύγος πυρήνας και δακτυλίου, δρα συνεργικά έτσι ώστε να επαναφέρει το σύστημα στην προτέρα κατάσταση (σχήμα 6).

Ο πυρήνας συνδέεται με την τελική πλάκα μέσω αναρίθμητων μικροσκοπικών πόρων. Κάτω από την επίδραση κάθετων φορτίσεων (ορθοστασία), το νερό που βρίσκεται μέσα στη ζελατινώδη μάζα του πυρήνα, μεταφέρεται στο σώμα του σπονδύλου μέσω αυτών των πόρων (σχήμα 7). Καθώς αυτή η συνεχής φόρτιση διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, τη νύχτα ο πυρήνας δια-



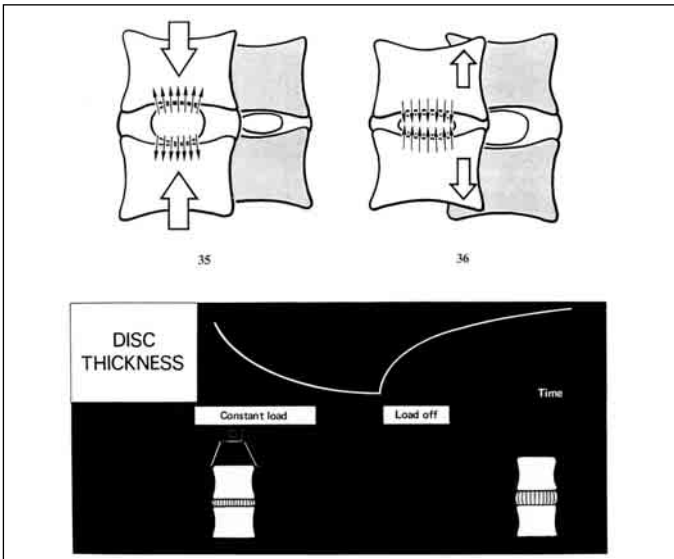
Σχήμα 5. Προφόρτιση πυρήνα του μεσοσπονδυλίου δίσκου.



Σχήμα 6. Συνεργική αντίδραση σε φόρτιση.

θέτει λιγότερο νερό από όσο το πρωί κι έτσι ο δίσκος είναι λεπτότερος. Αντιστρόφως, κατά τη διάρκεια της νύχτας η σπονδυλική στήλη δέχεται λιγότερα φορτία (χάνεται η επίδραση της βαρύτητας και χαλαρώνει ο μυϊκός τόνος). Την ώρα αυτή ο πυρήνας επανακτά νερό από τα σπονδυλικά σώματα και ο δίσκος επανακερδίζει τον όγκο του. Έτσι, ο μέσος όρος των ανθρώπων είναι υψηλότερος το πρωί. Συγκεκριμένα ο ενήλικας κατά 1%, τα παιδιά κατά 2% και ο ηλικιωμένος κατά 0,5%.

Ο Hirsch έδειξε ότι, όταν ένα συνεχές φορτίο επιδρά πάνω στο δίσκο η απώλεια πάχους δεν είναι γραμμική αλλά εκθετική. Όταν το φορτίο αφαιρεθεί, ο δίσκος επανακτά το πάχος του εκθετικά και η επαναφορά στην πρωύτερη κατάσταση απαιτεί άπειρο χρόνο. Εάν τα φορτία εφαρμόζονται και παύονται σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, ο δίσκος δεν έχει το χρόνο να επανακτήσει το αρχικό του πάχος. Ομοίως, εάν τα φορτία εφαρμόζονται και παύονται για μεγάλες περιόδους, ο δίσκος δεν ανακτά το αρχικό του πάχος. Αυτό ισοδυναμεί με μία κατάσταση όμοια με τη γήρανση (σχήμα 7). Ο πάσχω δίσκος είναι ανίκανος να διατηρεί σταθερό μεσοδιάστημα



Σχήμα 7. Ημερήσια διακύμανση όγκου του μεσοσπονδυλίου δίσκου

ανάμεσα στα σπονδυλικά σώματα, με αποτέλεσμα να καταπονούνται οι αρθρώσεις των σπονδύλων και να οδηγούμαστε σε οστεοαρθρίτιδα.

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΙΣΚΟΥ ΣΤΙΣ ΑΠΛΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

Στη θέση ανάπαυσης τα κολλαγόνα ινίδια του δακτυλίου είναι σε τάση, ως αποτέλεσμα της προφόρτισης του πυρήνα (σχήμα 8Α).

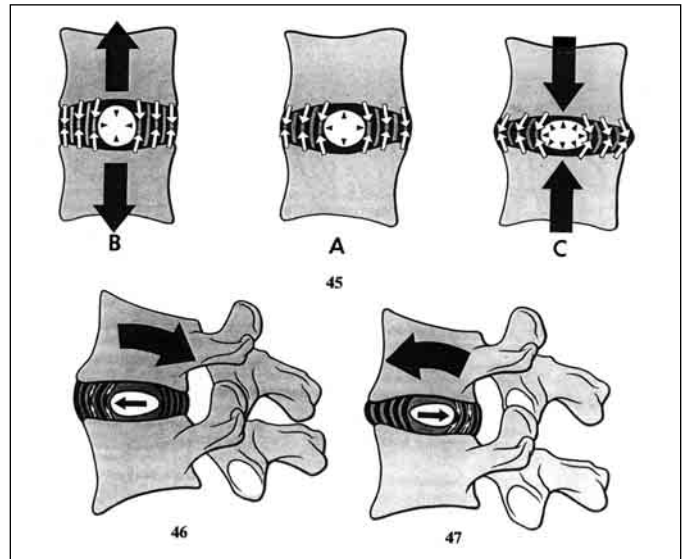
Σε θέση έλξης της ΣΣ, η πίεση του πυρήνα πάνω στα ινίδια ελαπώνεται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αξονική έλξη που εφαρμόζεται στους σπονδύλους (σχήμα 8Β).

Κατά την αξονική συμπίεση ο δίσκος διαπλατύνεται, φορτίζει τα κολλαγόνα ινίδια, τα οποία έλκουν τα σώματα του σπονδύλου, και το σχήμα γίνεται πιο σταθερό (σχήμα 8C). Κατά την κάμψη ο άνω σπόνδυλος κινείται πρόσθια μειώνοντας το χώρο για το δίσκο, του οποίου ο πυρήνας ο οποίος κινείται προς τα πίσω φορτίζοντας τα οπίσθια κολλαγόνα ινίδια και αυξάνοντας έτσι την τάση τους, με αποτέλεσμα να μειώνεται το διάκενο που είχε ήδη δημιουργηθεί (σχήμα 8/47). Το αντίστροφο συμβαίνει στην έκταση (σχήμα 8/46).

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

Οι σύνδεσμοι έχουν έναν ιδιαίτερο ρόλο στη διατήρηση της δομής της σπονδυλικής στήλης. Είναι παθητικά στοιχεία που εμποδίζουν την υπερβολή της κίνησης, καθώς διαθέτουν και αισθητήρες πόνου.

Ο πρόσθιος και ο οπίσθιος επιμήκης σύνδεσμος (σχήμα 9/3) διατηρούν τη συνοχή της ΣΣ.



Σχήμα 8. Αντίδραση του πυρήνα στις κινήσεις της ΣΣ.

Ο ωχρός σύνδεσμος (σχήμα 9/3) προφορτίζει το δίσκο, διατηρώντας τον σε συνεχή τάση και προσδίδοντάς του ελαστικές ιδιότητες.

Ο μεσακάνθιος και ο επακάνθιος σύνδεσμος (σχήμα 9/4/5) λειτουργούν σα μοχλοί και ανθίστανται στην κάμψη της ΣΣ.

Οι πρόσθιοι και οπίσθιοι σύνδεσμοι (σχήμα 9/9).

Οι μεσεγκέρσιοι σύνδεσμοι (σχήμα 5/10).

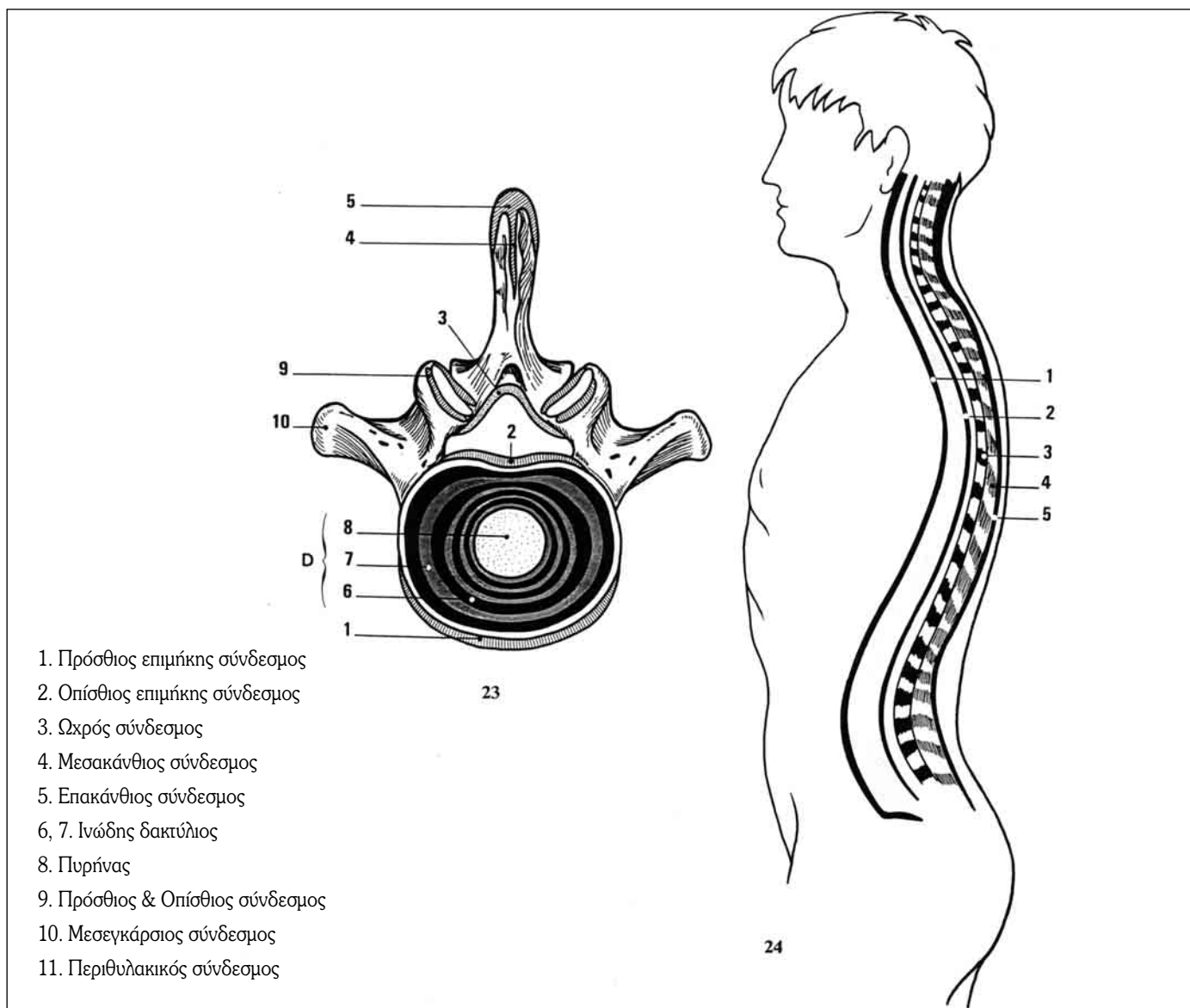
Οι περιθυλακικοί σύνδεσμοι περιορίζουν την κίνηση των φυμάτων (Facets).

Όσον αφορά στον άμεσα λειτουργικό τους ρόλο, κατά την κάμψη της ΣΣ συμμετέχουν και ανθίστανται οι μεσακάνθιοι σύνδεσμοι, οι θυλάκιοι σύνδεσμοι και ο ωχρός σύνδεσμος. Κατά την έκταση της ΣΣ συμμετέχει ο πρόσθιος επιμήκης. Κατά την πλάγια κάμψη της ΣΣ συμμετέχουν οι μεσεγκάρσιοι σύνδεσμοι, οι θυλάκιοι σύνδεσμοι και ο ωχρός σύνδεσμος, ενώ κατά τη στροφή ο θυλάκιοι σύνδεσμος.

ΕΥΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΣ

Το εύρος κίνησης που διαθέτει κάθε τμήμα της σπονδυλικής στήλης καθορίζεται από τη διεύθυνση και τον προσανατολισμό των αρθρώσεων των αναντείς και καταντείς αποφύσεων.

Όσον αφορά την αυχενική μοίρα της ΣΣ, για τον Α1 και τον Α2 σπόνδυλο ο προσανατολισμός είναι παράλληλος στο εγκάρσιο επίπεδο, για τον Α3 και τον Α7 σπόνδυλο είναι υπό γωνία 45° στο εγκάρσιο επίπεδο, ενώ για όλους τους σπονδύλους της αυχενικής μοίρας ο προσανατολισμός είναι παράλληλος στο μετωπιαίο επίπεδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η αυχενική μοίρα να έχει δυνα-



Σχήμα 9. Σύνδεσμοι της ΣΣ.

τότητα κάμψης 40° , έκτασης 75° , στροφής αυχενικής μοίρας - άπλατα μέχρι 90° , αυχενικής μοίρας μέχρι $45^\circ - 50^\circ$ και πλάγιας κάμψης μέχρι $35^\circ - 45^\circ$.

Στη θωρακική μοίρα της ΣΣ ο προσανατολισμός των αρθρώσεων των ανάντις και κατάντις αποφύσεων είναι υπό γωνία 60° στο εγκάρσιο επίπεδο και 20° στο μετωπιαίο επίπεδο (σχήμα 11). Η θωρακική μοίρα έχει δυνατότητα κάμψης 105° , έκτασης 60° , στροφής μέχρι 35° και πλάγιας κάμψης μέχρι 20° .

Στην οσφυϊκή μοίρα της ΣΣ έχουμε προσανατολισμό υπό γωνία 90° στο εγκάρσιο επίπεδο και 45° στο μετωπιαίο επίπεδο (σχήμα 12). Αυτό επιτρέπει κάμψη 60° , έκταση 35° , στροφή μέχρι 5° και πλάγια κάμψη 20° .

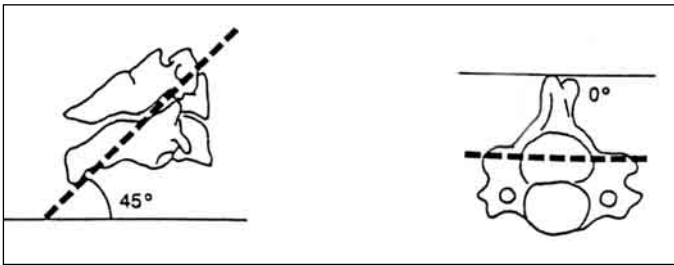
Συνολικά, η σπονδυλική στήλη έχει δυνατότητα κάμψης 110° , έκτασης 140° και πλάγιας κάμψης $75^\circ-85^\circ$. Ο αριθμός των κυρτωμάτων που έχει η ΣΣ, έχει άμεση σχέση

με την αντοχή της στις κάθετες φορτίσεις.

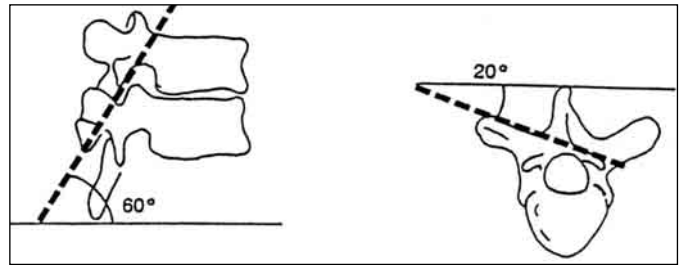
Από την εξίσωση στο σχήμα 16 φαίνεται ότι η αντίσταση αυξάνει με το τετράγωνο του αριθμού των κυρτωμάτων αυξάνοντας κατά ένα ($R = N^2 + 1$). Έτσι, φαίνεται ότι η ανθρώπινη σπονδυλική στήλη με τρία κυρτώματα έχει δεκαπλάσια αντοχή σε κάθετες φορτίσεις από μία υποτιθέμενη σπονδυλική στήλη χωρίς κυρτώματα.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΣΗ ΒΑΡΟΥΣ

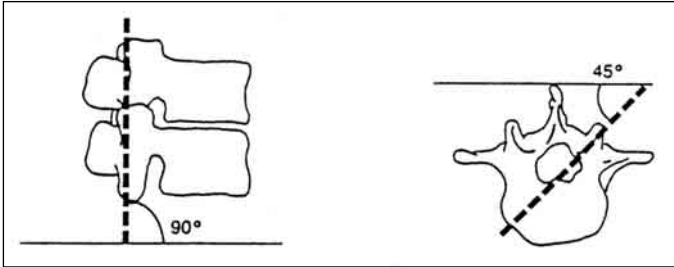
Για να μελετήσουμε την καταπόνηση την οποία δέχεται η σπονδυλική στήλη στις διάφορες θέσεις του σώματος, μετράμε την πίεση την οποία δέχεται ο μεσοσπον-



Σχήμα 10. Εύρος κίνησης αυχενικής μοίρας ΣΣ.

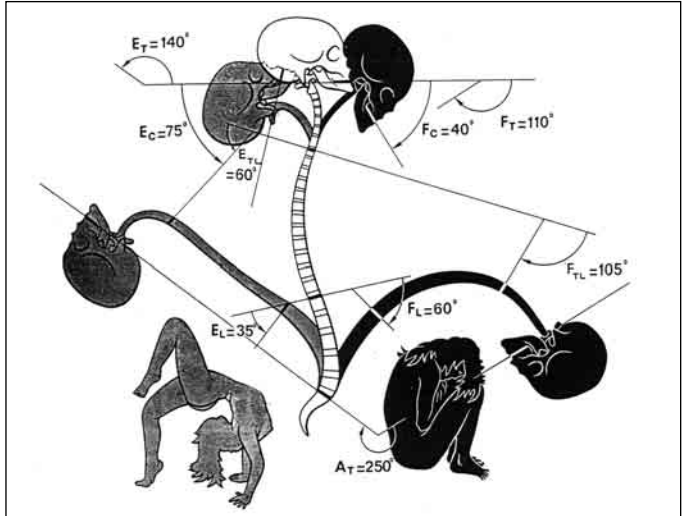


Σχήμα 11. Εύρος κίνησης θωρακικής μοίρας ΣΣ.

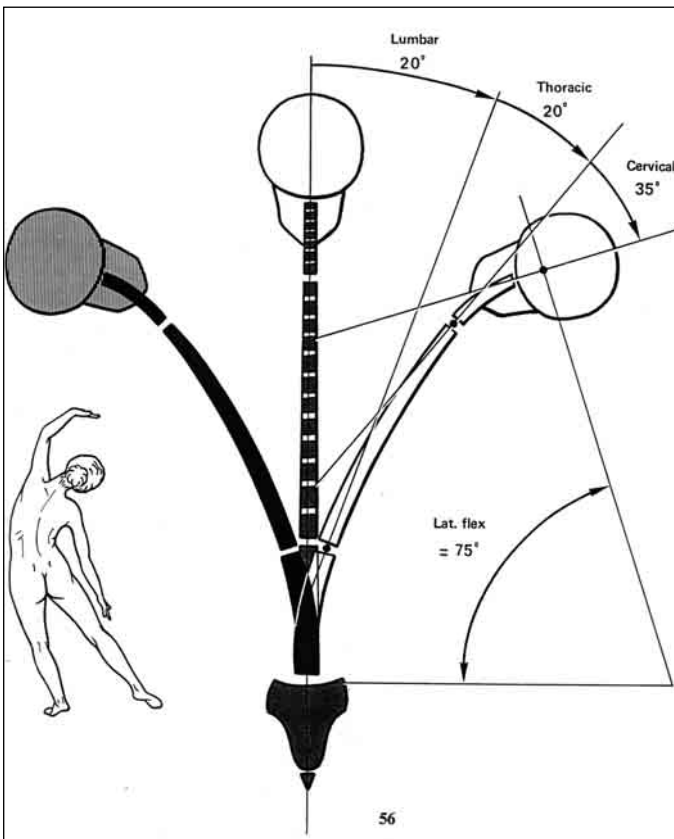


Σχήμα 12. Εύρος κίνησης οσφυϊκής μοίρας ΣΣ.

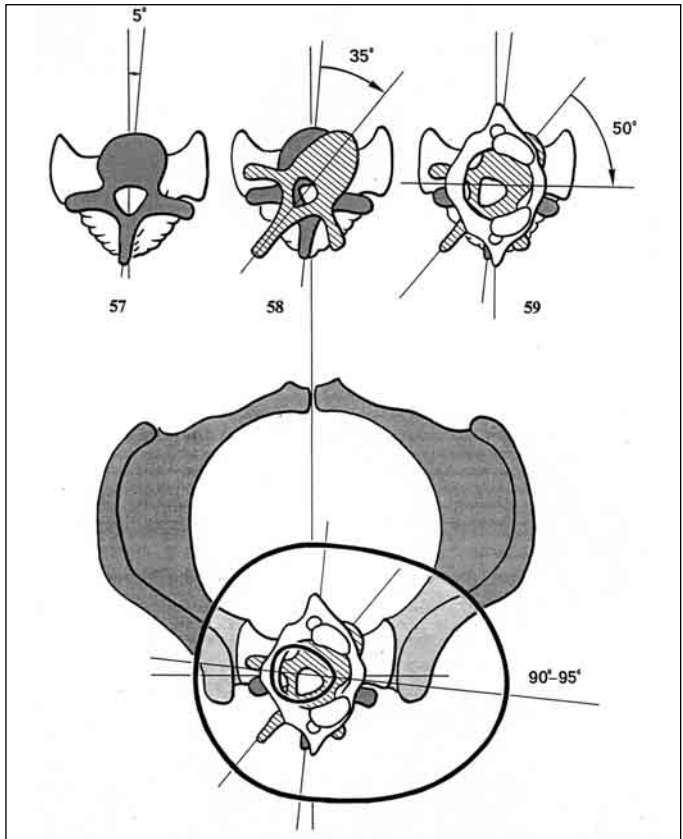
δύλιος δίσκος στο επίπεδο Ο3-Ο4. Από το διάγραμμα στο σχήμα 17 αναδεικνύεται ότι το φορτίο είναι ελάχιστο κατά την κατάκλιση, παραμένει χαμηλό κατά την όρθια στάση, αυξάνει στην καθιστή θέση και ακόμη περισσότερο στη χαλαρή καθιστή θέση και κορυφώνεται στη χα-



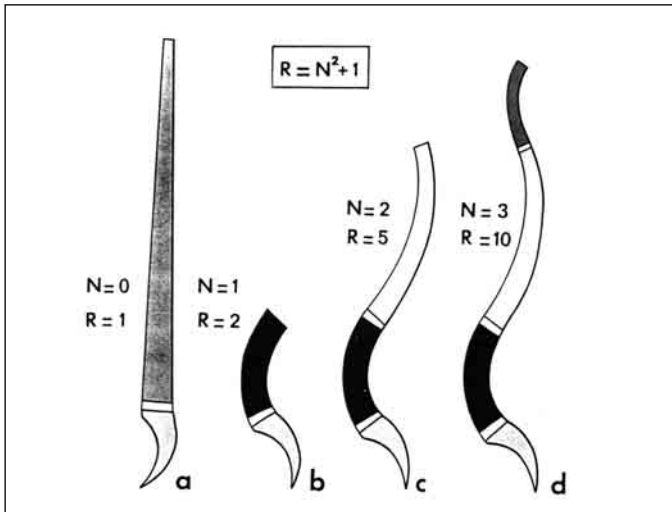
Σχήμα 13. Κάμψη - Έκταση ΣΣ.



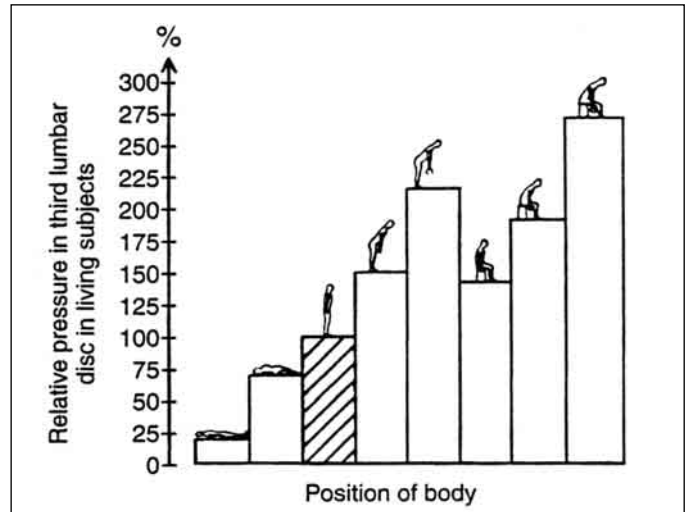
Σχήμα 14. Πλάγια κάμψη ΣΣ.



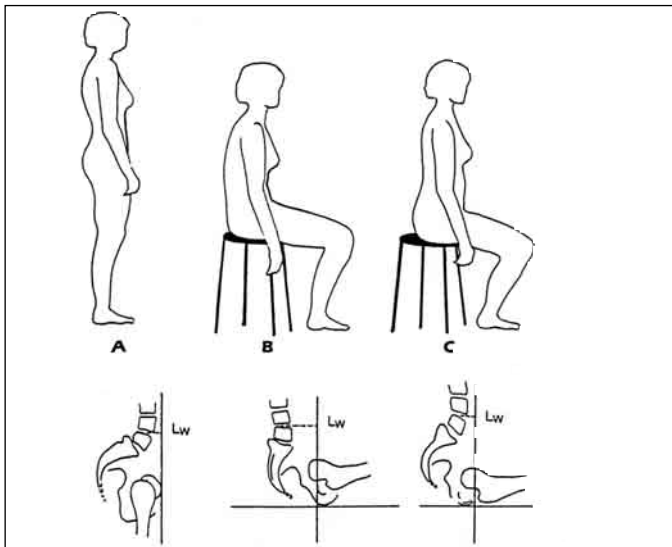
Σχήμα 15. Στροφή ΣΣ.



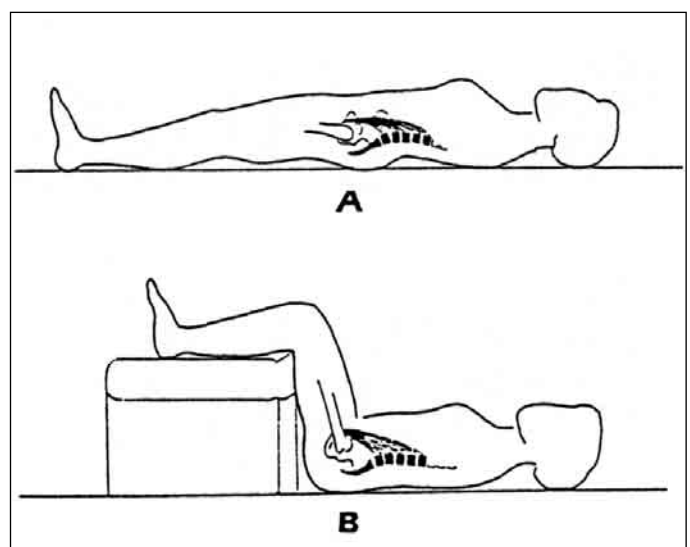
Σχήμα 16. Αριθμός των κυρτωμάτων και αντοχή στην φόρτιση.



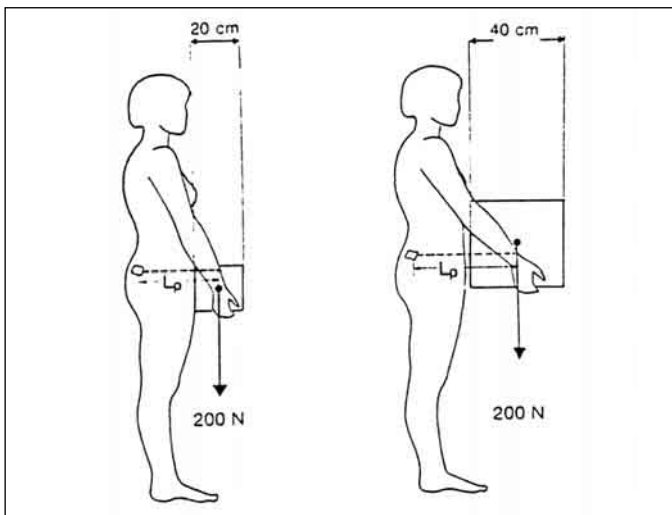
Σχήμα 17. Θέση σώματος και φόρτιση της ΣΣ Α



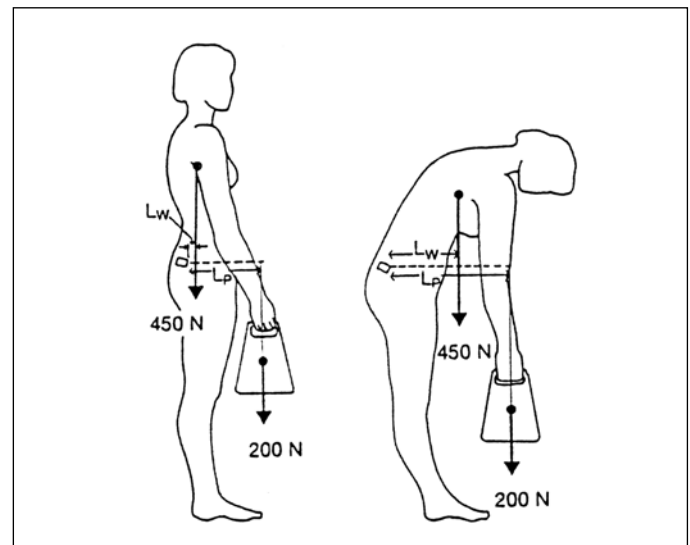
Σχήμα 18. Θέση σώματος και φόρτιση της ΣΣ Β



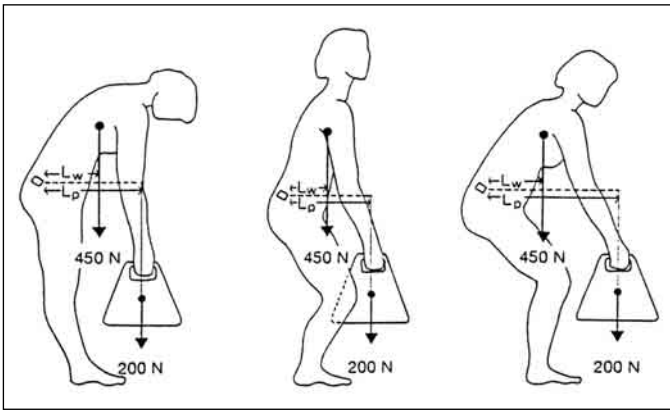
Σχήμα 19. Θέση σώματος και φόρτιση της ΣΣ Γ



Σχήμα 20. Άρση αντικειμενικού ίδιου βάρους και διαφορετικού όγκου.



Σχήμα 21. Άρση βάρους σε όρθια και κεκαμμένη θέση της ΣΣ.



Σχήμα 22. Τεχνική άρσης βάρους.

λαρή καθιστή με άρση βάρους.

Η εξήγηση του φαινομένου αυτού αφορά το μέγεθος του μοχλοβραχίονα που αναπτύσσεται όταν εφαρμόζονται δυνάμεις στη ΣΣ. Στο σχήμα 18Α, στην όρθια θέση υπάρχει μοχλοβραχίονας (L_w) (L_w : η απόσταση του κέντρου βάρους του σώματος από σημείο της σπονδυλικής στήλης πολλαπλασιαζόμενο επί το υπερκείμενο βάρος του σώματος σε σχέση με το σημείο αυτό. Η κάθετος διέρχεται από το κέντρο βάρους του σώματος). Στην καθιστή θέση (σχήμα 18Β) ο μοχλοβραχίονας αυξάνει, ενώ στην καθιστή μη υποστηριζόμενη ο μοχλοβραχίονας γίνεται ακόμη μεγαλύτερος, με αποτέλεσμα την αύξηση των φορτίων στη ΣΣ (σχήμα 18C).

Στην κατακεκλιμένη θέση ο μοχλοβραχίονας είναι αμελητέος και παραμένει ο φοίτης μυς να φορτίζει τη ΣΣ (σχήμα 19Α). Όταν τα ισχία και τα γόνατα καμφθούν και υποστηριχθούν, ο φοίτης μυς χαλαρώνει και τα φορτία μειώνονται (θέση ανάπαυσης στην οσφυαλγία) (σχήμα 19Β).

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΡΣΗΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΣΗ ΤΗΣ ΣΣ

Στο σχήμα 20 έχουμε άρση βάρους διαφορετικού μεγέθους, έτσι ώστε να μεταβάλλει το μοχλοβραχίονα (L_p) (L_p : η απόσταση του κέντρου βάρους του αντικείμενου από την σπονδυλική στήλη πολλαπλασιαζόμενο επί το βάρος του αντικείμενου). Έτσι, στην περίπτωση Α, η δύναμη που αναπτύσσεται είναι $F_A = (L_p \times B)$, $F_A = (0,3 \text{ m} \times 200 \text{ N})$, $F_A = 60 \text{ Nm}$, ενώ στην περίπτωση Β η δύναμη που αναπτύσσεται είναι $F_B = (L_p \times B)$, $F_B = (0,5 \text{ m} \times 200 \text{ N}) = 100 \text{ Nm}$. Είναι, λοιπόν, φανερό ότι τα ογκωδέστερα αντικείμενα καταπονούν περισσότερο τη ΣΣ από ίδια αντικείμενα μικρότερου όγκου.

ΑΡΣΗ ΒΑΡΟΥΣ ΣΕ ΟΡΘΙΑ ΚΑΙ ΚΕΚΑΜΕΝΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΣΣ

Στο σχήμα 21 βλέπουμε το άτομο να κρατάει ίδιο βά-

ρος σε όρθια θέση και σκυμμένη θέση του σώματος. Στην πρώτη περίπτωση η $F_A = (L_w \times B) + (L_p \times B) = (0,02 \text{ m} \times 450 \text{ N}) + (0,03 \text{ m} \times 200 \text{ N}) = 69 \text{ Nm}$. Στη δεύτερη περίπτωση η $F_B = (L_w \times B) + (L_p \times B) = (0,25 \text{ m} \times 450 \text{ N}) + (0,4 \text{ m} \times 200 \text{ N}) = 192,5 \text{ Nm}$ (εδώ συμμετέχει και το βάρος του σώματος). Βλέπουμε πόσο δραματικά αυξάνει το φορτίο στη ΣΣ στην κεκαμμένη θέση.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΡΣΗΣ ΒΑΡΟΥΣ

Στο σχήμα 22Α βλέπουμε ότι η άρση βάρους με κάμψη της ΣΣ προκαλεί φόρτιση $F_A = (L_w \times B_\Sigma) + (L_p \times B) = (0,25 \text{ m} \times 450 \text{ N}) + (0,4 \text{ m} \times 200 \text{ N}) = 192,5 \text{ Nm}$.

Στη δεύτερη περίπτωση (σχήμα 22Β), η άρση βάρους με κάμψη των γονάτων προκαλεί φόρτιση $F_B = (L_w \times B_\Sigma) + (L_p \times B) = (0,35 \text{ m} \times 200 \text{ N}) + (0,18 \text{ m} \times 450 \text{ N}) = 151 \text{ Nm}$. Στην περίπτωση του σχήματος 22Γ εκτελείται μεν άρση του βάρους με κεκαμμένα γόνατα, αλλά το βάρος διατηρείται σε απόσταση από το σώμα. Η φόρτιση $F_\Gamma = (L_w \times B_\Sigma) + (L_p \times B) = (0,5 \text{ m} \times 200 \text{ N}) + (0,25 \text{ m} \times 450 \text{ N}) = 212,5 \text{ Nm}$.

Είναι λοιπόν φανερός ο μεγάλος ρόλος που παίζει η τεχνική που εφαρμόζεται κατά την άρση βάρους, ώστε να αποφύγουμε ανεπιθύμητη και υπερβολική φόρτιση της ΣΣ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η βασική κινητική μονάδα της ΣΣ αποτελείται από δύο σπονδύλους και τους ενδιάμεσους ιστούς. Η μονάδα έχει έξι δυνατότητες κινήσεως, τρεις γραμμικές και τρεις περιστροφικές.

2. Ο μεσοσπονδύλιος δίσκος και ο ινώδης δακτύλιος δρουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σταθεροποιούν τη ΣΣ, αλλά και να την επαναφέρουν σε ισορροπία, ανθιστάμενοι σε οποιαδήποτε μεταβολή της.

3. Η δυνατότητα κίνησης κάθε τμήματος της σπονδυλικής στήλης καθορίζεται από τον προσανατολισμό των αυχένων, των ανάντις και των κατόντις αρθρικών αποφύσεων.

4. Τα φορτία που δέχεται η ΣΣ κατά την άρση βάρους έχουν άμεση σχέση με την απόσταση του κέντρου βάρους του φορτίου από την ίδια τη ΣΣ (μοχλοβραχίονας L_w , και το ίδιο το βάρος του φορτίου. Συνεπώς, η στάση του σώματος και η τεχνική της άρσης βάρους καθορίζουν τη φόρτιση και την καταπόνηση της ΣΣ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kapandji IA. The Physiology of the joints. Volume 3.
2. Keller TS, Hansson TH, Abram AC, et al. Regional variations in the compressive properties of lumbar vertebral trabeculae:

- Effects of disc degeneration. *Spine* 1989, 14:1012-1019.
3. Keller TS, Holm SH, Hansson TH, et al. Volvo Award in experimental studies: The dependence of intervertebral disc mechanical properties on physiologic conditions. *Spine* 1990, 15:751-761.
 4. Mayer TG, Kondraske G, Mooney V, et al. Lumbar myoelectric spectral analysis for endurance assessment: A comparison of normal with deconditioned patients. *Spine* 1989, 14:986-991.
 5. Nachemson A and Morris JM. In vivo measurements of intradiscal pressure. Discometry, a method for the determination of pressure in the lower lumbar discs. *J Bone Joint Surg* 1964, 46A:1077.
 6. Ogston NG, King GJ, Gertzbein SD, et al. Centrode patterns in the lumbar spine: Baseline studies in normal subjects. *Spine* 1986, 11:591-595.
 7. Panjabi M, Aburni K, Duranceau J, et al. Spinal stability and intersegmental muscle forces: A biomechanical model. *Spine* 1989, 14:194-200.
 8. Panjabi M, Dvorak J, Dranceau J, et al. Three - dimensional movements of the upper cervical spine. *Spine* 1988, 13:726-730.
 9. Parnianpour M, Li F, Nordin M, et al. A database of isoinertial trunk strength tests against three resistance levels in sagittal, frontal, and transverse planes in normal male subjects. *Spine* 1989, 14:409-411.
 2. Shapiro I, Franker VM. Biomechanics of the cervical spine.