

ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΣΠΟΝΔΥΛΙΟΥ ΔΙΣΚΟΥ

Γ.Λ. ΚΟΥΝΤΗΣ
Γ. ΣΑΠΚΑΣ

Η σύνταξη των σπονδυλικών σωμάτων γίνεται με αμφιαρθρώσεις, στις οποίες παρεμβάλλονται οι ινοχόνδρινοι ελαστικοί μεσοσπονδύλιοι δίσκοι. Το σχήμα τους είναι ανάλογο με το σχήμα των συντασσόμενων επιφανειών. Επομένως, οι επιφάνειες των μεσοσπονδύλιων δίσκων είναι υπόκυρτες, εφόσον οι επιφάνειες των σωμάτων των σπονδύλων είναι υπόκοιλες (εικόνα 1). Οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι αποτελούνται από έναν κεντρικό ανάγγειο πηκτοειδή πυρήνα, ο οποίος περιβάλλεται από συγκεντρικά στρώματα ινώδους ιστού, τον ινώδη δακτύλιο (εικόνα 2).

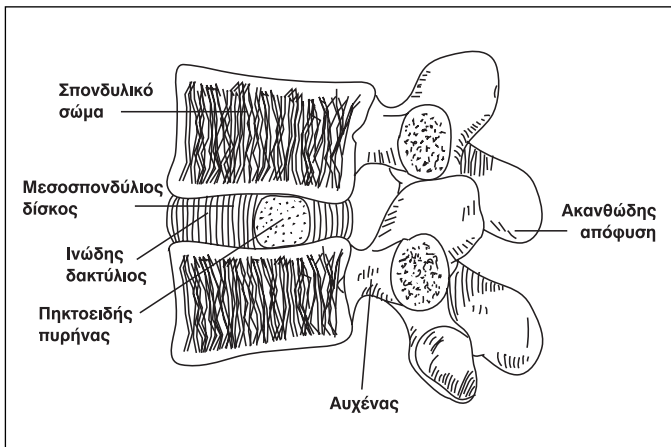
Ο πηκτοειδής πυρήνας είναι μια υδρόφιλη γέλη που αποτελείται από έναν πρωτεϊνικό πολυσακχαρίτη, ίνες κολλαγόνου, διάχυτα χονδροειδή κύτταρα και νερό κατά 88%. Εάν η φυσικοχημική κατάσταση του πηκτοειδούς πυρήνα είναι φυσιολογική, ο δίσκος μπορεί να αντέξει σχεδόν κάθε φορτίο που οι μύες μπορούν να υποστηρίξουν. Ενώ εάν είναι παθολογική, τότε ακόμη και μια μικρή αύξηση του φορτίου μπορεί να παράγει δυνάμεις ικανές να διασπασούν τον ινώδη δακτύλιο.

Οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι καταλαμβάνουν περίπου το 1/3 της ΣΣ και είναι μια εξειδικευμένη συνδετική κατασκευή, σχεδιασμένη να εξασφαλίζει σταθερότητα και ευκινησία. Για να επιτελέσει τη φυσιολογική λειτουργία του ο μεσοσπονδύλιος δίσκος πρέπει να διατηρεί όλες τις ελαστικές και κολλώδεις ιδιότητές του. Οποιαδήποτε αλλαγή της δομής του είναι υπεύθυνη για τις τυχόν βλάβες που θα προκύψουν από τη μη ορθή εξισορρόπηση και απόσβεση των διαφόρων δυνάμεων που ασκούνται στη σπονδυλική στήλη. Επειδή ο μεσοσπονδύλιος δίσκος προσδίδει στη ΣΣ ευκαμψία και δρα ως “αμορπισέρ” ανάμεσα στους σπονδύλους, η συμπεριφορά του ασκεί μεγάλη επίδραση σε ολόκληρη τη ΣΣ (εικόνα 3). Ο πηκτοειδής πυρήνας καταλαμβάνει το 40-60% του όγκου του δίσκου και στο “νεαρό” σκελετό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, είναι μαλακός και διαφανής.

Η κύρια δομική μεγαλομοριακή σύνθεση του ΜΔ είναι το κολλαγόνο και οι πρωτεογλυκάνες. Έχουν διαπιστωθεί και άλλες γλυκοπρωτεΐνες, ελαστίνη και πρωτεΐνες ορού, σε μικρότερες όμως περιεκτικότητες. Ο μεσοσπονδύλιος δίσκος δρα μηχανικά σαν συμπυκνωμένο διάλυμα από πρωτεογλυκάνες, το οποίο συγκρατείται από ένα δίκτυο κολλαγόνου.

ΠΡΩΤΕΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

Το σύνολο των πρωτεογλυκανών προσδίδει στον υαλώδη χόνδρο σκληρότητα και ελαστικότητα. Οι πρωτεογλυκάνες αποτελούνται από μια πρωτεΐνη στο κέντρο, και στα άκρα συνδέονται με γλυκοζαμινογλυκάνες, οι οποίες είναι πολυσακχαρίτες, γνωστοί και ως βλενοπολυσακχαρίτες. Οι γλυκοζαμινογλυκάνες αποτελούνται από θειικό άλας κερατίνης και θειικά άλατα του χονδροϊτίνικου οξέος. Ο σχηματισμός αυτός είναι άφθονος στα παιδιά,



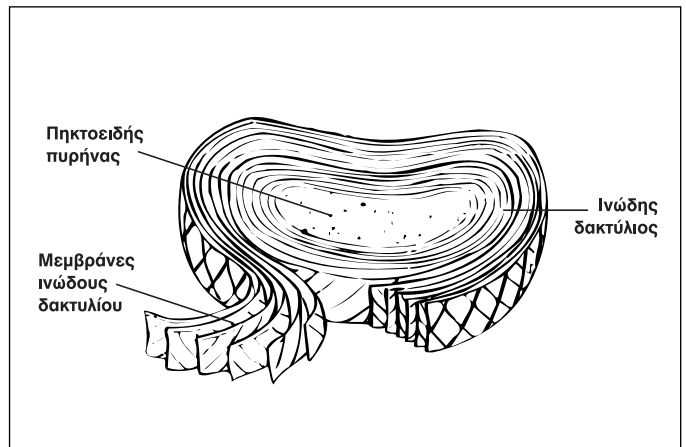
Εικόνα 1. Σπονδυλική μονάδα.

ενώ σε μεγάλη ηλικία αυξάνει σε περιεκτικότητα στον ελαστικό χόνδρο. Το θειικό άλας κερατίνης είναι γνωστό και ως πρωτεΐνη σύνδεσης, η οποία δημιουργεί το σύνολο της υαλουρονίνης. Το σύνολο των πρωτεογλυκανών συνάπτεται κατά φυσιολογικά διαστήματα με την υαλουρονίνη και η δομή αυτή ομοιάζει με πέλος από ένα βουρτσάκι. Κάθε μόριο έχει μοριακό βάρος 106 ή και περισσότερο.

Αυτό το μεγάλο μόριο πρωτεογλυκανών - υαλουρονίνης δημιουργεί μια κολλώδη και γλοιώδη γέλη. Οι πρωτεογλυκάνες είναι αρνητικά φορτισμένες και μπορούν να ενωθούν με μόρια νερού έως και 50 φορές το βάρος τους. Έτσι, εφοδιάζουν τον υαλώδη χόνδρο με υψηλής περιεκτικότητας σε νερό θεμέλια ουσία, η οποία διαχωρίζεται από τις ίνες κολλαγόνου. Με αυτό τον τρόπο, η ειδική οικογένεια των γλυκοπρωτεϊνών που καλούνται πρωτεογλυκάνες, προσδίδει ελαστικότητα αντίστασης στη συμπίεση του υαλώδους χόνδρου.

ΚΟΛΛΑΓΟΝΟ

Το κολλαγόνο είναι η σημαντικότερη πρωτεΐνη του συνδετικού ιστού. Υπολογίζεται ότι το 1/3 περίπου του συνόλου των πρωτεϊνών του ανθρώπου ανήκει σε εκείνες τις πρωτεΐνες που εμφανίζουν σε μεγάλο τμήμα του μορίου τους περιοδικότητα, και επαναλαμβάνεται πολύ συχνά η αλληλουχία Gly-Pro-Hyp. Το μόριο του κολλαγόνου παρουσιάζεται ως μία άκαμπτη έλικα αποτελούμενη από τρεις αλυσίδες. Η κωροδιάταξη του μορίου απαιτεί κάθε τρίτο αμινοξύ να είναι γλυκίνη, αλλιώς δεν είναι δυνατός ο σχηματισμός της τριπλής έλικας. Γνωρίζουμε πολλούς τύπους κολλαγόνου που διαφέρουν στη δομή και στην αλληλουχία των αμινοξέων. Το πρότυπο του κολλαγόνου είναι χαρακτηριστικό για κάθε ιστό.



Εικόνα 2. Ανατομική μεσοσπονδύλιου δίσκου.

ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΣΠΟΝΔΥΛΙΟΥ ΔΙΣΚΟΥ

Ο ΜΔ είναι η μεγαλύτερη ανάγγειος μονάδα του ανθρώπινου σώματος.

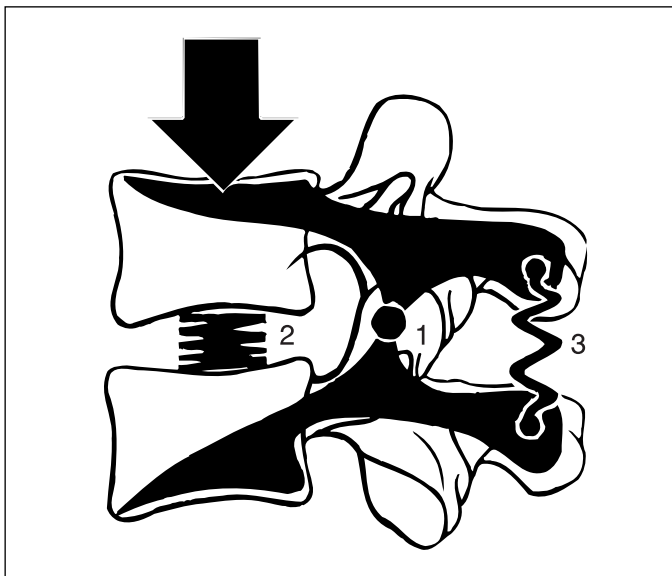
Εάν εξαιρέσουμε τα αγγεία του ινώδους δακτυλίου, κανένα άλλο αγγειακό στοιχείο δεν παρατηρείται στον ενήλικα δίσκο, εκτός από τους δίσκους εκείνους που έχουν υποστεί τραυματισμό.

Έτσι, λοιπόν, η διατροφή του ΜΔ εξαρτάται αποκλειστικά από τη διάχυση, η οποία επηρεάζεται από ενδογενή ή εξωγενή “stress”, από τοξικές ουσίες και από την ηλικιακή εκφύλιση. Δύο θρεπτικές οδοί έχουν αναγνωριστεί σε έρευνες βασισμένες σε ραδιοϊσοτοπικούς προσδιορισμούς. Η πρώτη - και λιγότερο σημαντική - οδός είναι από την περιφέρεια, με διάχυση που διαπερνά τον ινώδη δακτύλιο.

Η δεύτερη οδός διατροφής είναι από τις παρακείμενες σπονδυλικές τελικές πλάκες. Αυτή η οδός βρίσκεται εκτεθειμένη σε μεγαλύτερο κίνδυνο.

Στο σημείο συνένωσης του υαλώδους χόνδρου της τελικής σπονδυλικής πλάκας και του σπονδυλικού σώματος έχουν αναγνωριστεί τελικές αγγειακές απολήξεις (εικόνα 4). Η συγκέντρωση αυτών των αγγειακών απολήξεων είναι πολύ μεγαλύτερη στην περιοχή πάνω από τον ΜΔ και προοδευτικά ελαττώνεται προς την περιφέρεια του σπονδύλου (εικόνας 5, 6).

Η μηχανική λειτουργικότητα του μεσοσπονδύλιου δίσκου εξαρτάται από την ακεραιότητα του περιβλήματός του. Το περίβλημα παράγεται και συγκρατείται από τα κύτταρα του δίσκου. Με αυτό τον τρόπο, η φυσιολογική λειτουργία του ιστού εξαρτάται κατά κύριο λόγο από αυτά τα κύτταρα. Η φυσιολογική δράση αυτών των κυττάρων εξαρτάται από την επαρκή τροφοδότησή τους με θρεπτικά υλικά και από την ικανοποιητική αποβολή των μεταβολικών αποβλήτων. Τα διαλύματα αυτά περνούν προς



Εικόνα 3. Ο ΜΔ εφοδιάζει τη ΣΣ με ευκαμψία και δρα ως αμορτισέρ ανάμεσα στους σπονδύλους.

τον ΜΔ κυρίως με τη διαδικασία της διάχυσης διαμέσου του περιβλήματος. Επειδή ο δίσκος εξαρτάται από την οδό διάχυσης για τις διατροφικές του ανάγκες, είναι πρακτικά ευαίσθητος έναντι των περιβαλλοντικών και των μηχανικών καταπονήσεων.

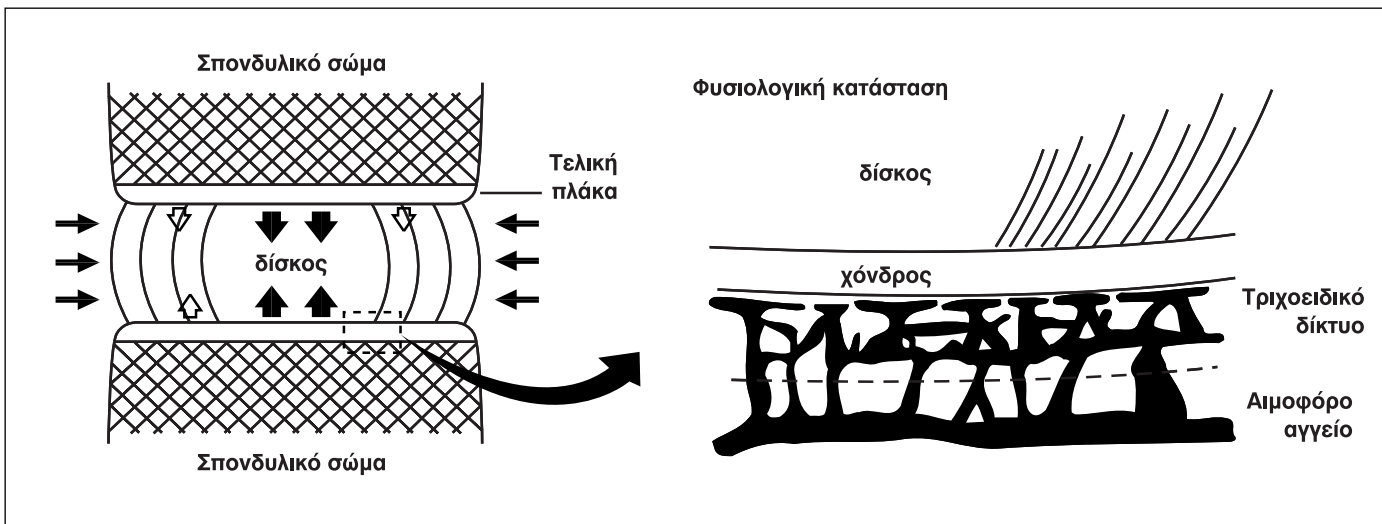
Η επίδραση των μηχανικών καταπονήσεων έχει μελετηθεί in vivo και in vitro. Έχει αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας το ανθρώπινο σώμα χάνει από το συνολικό του ύψος περί το 1cm, το οποίο το ξανακερδίζει τη νύκτα. Αυτό οφείλεται στο ότι ο ΜΔ χάνει περίπου 10-12% της περιεκτικότητας του σε νερό, ποσοστό το οποίο αυξάνεται στους εκφυλισμένους δίσκους. Αντίστροφα, η

απουσία βαρύτητας σταματά ή αντιστρέφει αυτήν τη διαδικασία. Για παράδειγμα, διαπιστώθηκε ότι οι αστροναύτες είχαν αυξημένο μέγεθος δίσκου μετά από μακρά παραμονή τους στο διάστημα. In vitro μετρήσεις σε ανθρώπινες κινητικές μονάδες έχουν αποδείξει τις μηχανικές επιδράσεις από την απώλεια των υγρών του δίσκου.

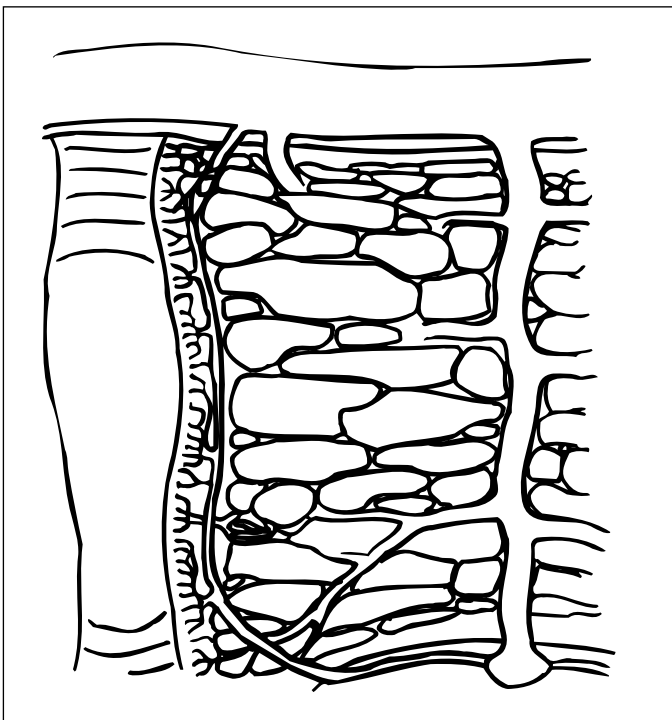
Η εφαρμογή συμπιεστικών φορτίων με μικρή συχνότητα πίεσης συνοδεύεται από μια αρχική φάση ταχείας παρεκτόπισης, ακολουθούμενη από συνεχή αλλά μικρότερη παραμόρφωση του δίσκου. Έτσι, όσο ταχύτερα φορτίζεται ο δίσκος, τόσο πιο δύσκαμπτος γίνεται, έχοντας ως τελική συνέπεια την ελαπτωμένη ικανότητα απορρόφησης των κραδασμών.

Επίσης, η διατήρηση ενός αιφνίδια εφαρμοζόμενου φορτίου επιτρέπει τη σταδιακή αύξηση της παραμόρφωσης. Αυτή η συμπεριφορά αντανakλά την ιδιότητα του ερπυσμού του δίσκου (creep behavior). Κατά τον ίδιο τρόπο, εάν μια δεδομένη παραμόρφωση διατηρείται συνεχής, οι παραμορφωτικές δυνάμεις τείνουν να ελαττωθούν με το χρόνο, γνωστό ως φαινόμενο χαλάρωσης σε σχέση με το χρόνο (load relaxation phenomenon). Εάν αυτά τα φορτία εφαρμοστούν κυκλικά (κραδασμοί), ο βαθμός της παραμόρφωσης αυξάνει. Σε ζώα είναι εφικτή η άμεση μέτρηση της επίδρασης αυτών των μηχανικών φορτίων στη διατροφή του μεσοσπονδύλιου δίσκου. Η έκθεση του πειραματόζωου (χοίρου) σε κραδασμούς επιφέρει μείωση της ικανότητας μεταφοράς οξυγόνου και θεικού οξέος και αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στο εσωτερικό του δίσκου.

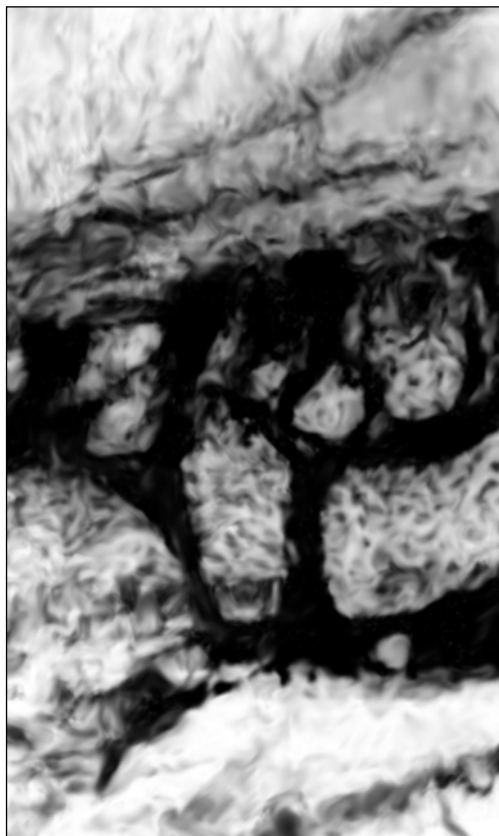
Αντίστροφα, η απουσία μηχανικών καταπονήσεων είναι σημαντικός παράγοντας κινδύνου για τη σπονδυλική εκφύλιση. Το σύννηθες και πιο αξιόπιστο μοντέλο για την



Εικόνα 4. Τελικές αγγειακές απολήξεις έχουν αναγνωρισθεί στο σημείο συνένωσης υαλώδους χόνδρου της τελικής σπονδυλικής πλάκας και του σπονδυλικού σώματος.



Εικόνα 5. Η συγκέντρωση των αγγειακών απολήξεων είναι πολύ μεγαλύτερη στην περιοχή πάνω από το ΜΔ και προοδευτικά ελαττώνεται όσο πλησιάζει προς την περιφέρεια του σπονδύλου.



Εικόνα 6. Μεγέθυνση της μικροκυκλοφορίας στην περιοχή του ΜΔ.

προσομοίωση της ακινητοποίησης στα ζώα είναι η οπίσθια σπονδυλοδεσία, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της θρέψης του δίσκου και την προοδευτική εκφύλιση του.

Μεταξύ της μηχανικής υπερφόρτισης (κραδασμοί) και της αποφόρτισης (ακινητοποίηση) υπάρχει ένα “ιδανικό” μηχανικό περιβάλλον. Η έννοια του “ιδανικού” αυτού μοντέλου είναι δυσνόητη όσον αφορά στον άνθρωπο, αλλά έχει παρατηρηθεί στα ζώα με εντονότατη δραστηριότητα και άσκηση, αύξηση της γλυκόλυσης και μείωση της παραγωγής γαλακτικού οξέος. Μερικοί συγγραφείς αναφέρουν ότι 30 λεπτά εντατικής αεροβικής άσκησης για 4 με 5 ημέρες είναι ικανά για να εξασφαλίσουν τις ιδανικές συνθήκες για τη διατροφή του μεσοσπονδύλιου δίσκου.

Μη μηχανικοί παράγοντες είναι, επίσης, συσχετισμένοι με τη διατροφή του δίσκου. Σε αντίθεση με την αεροβική γυμναστική, η έκθεση στο κάπνισμα έχει ενοχοποιηθεί ως επιβαρυντικός παράγοντας για αυχεναλγίες, χαμηλή οσφυαλγία, καθώς και για κήλη ΜΔ της ΑΜΣΣ και της ΟΜΣΣ.

Πειράματα σε ζώα ανέδειξαν μια σημαντικά αρνητική επίδραση της νικοτίνης και του καπνίσματος στη θρέψη του μεσοσπονδύλιου δίσκου, καθώς ελαττώνεται η μεταφορά του θεικού οξέος και η διάχυση του οξυγόνου,

ενώ αυξάνεται η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στον πυρήνα του δίσκου.

Άλλες μελέτες έχουν αποδείξει ότι η παρουσία σακχαρώδους διαβήτη στα ζώα έχει αρνητική επίδραση στη διατροφή του δίσκου. Δεν έχει διαπιστωθεί ακόμα αυτή η συσχέτιση και στον άνθρωπο, αλλά η συνύπαρξη σακχαρώδους διαβήτη, εκφυλιστικής σπονδυλολίσθησης και ιδιοπαθούς σκελετικής υπερόσωσης υποδηλώνει ότι ο ΣΔ επιταχύνει τη διαδικασία της εκφύλισης.

Τέλος, υπάρχουν έμμεσες ενδείξεις ότι η έντονη ψυχολογική φόρτιση μπορεί να είναι επιβαρυντικός παράγοντας για τη διατροφή του δίσκου. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου, σε αεροπόρους που επέστρεφαν από εξαιρετικά επικίνδυνες πολεμικές αποστολές παρατήρησαν αυξημένο ύψος μεσοσπονδύλιου διαστήματος στις ακτινογραφίες οσφύος. Το αυξημένο αυτό ύψος του μεσοσπονδύλιου δίσκου το απέδωσαν στην αύξηση της απορρόφησης νερού από το δίσκο, πιθανώς κάτω από την επίδραση της αυξημένης έκκρισης αδρεναλίνης και κορτιζόλης.

Σε συγκριτικές μελέτες με τρωκτικά που υποβάλλονταν σε καταστάσεις άγχους και άλλα που βρίσκονταν σε κατάσταση ηρεμίας, αναδείχθηκε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης νερού στο μεσοσπονδύλιο δίσκο σε αυτά που ζούσαν κάτω από στρεσογόνες συνθήκες, αλλά δεν

αναλύθηκαν οι επιδράσεις του stress στη διατροφή του δίσκου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Brown MD, Tsaltas TT. Studies on the permeability of the intervertebral disc during skeletal maturation. *Spine* 1976; 1:240-244.
2. Cole TC, Burkhardt D, Frost L, Ghosh P. The proteoglycans of the canine intervertebral disc. *Biochim Biophys Acta* 1985; 839:127-138.
3. Crock HKV, Goldvasser F. Anatomic studies of the circulation in the region of the vertebral end-plate in adult greyhound dogs. *Spine* 1984; 9:702-706.
4. Davidsori E, Small EV. Metabolism in vivo of connective tissue mucopolysaccharides. Chondroitin sulphate C and keratan sulphate of nucleus pulposus. *Biochim Biophys Acta* 1963; 69:445-452.
5. Eklund JA, Corlett E. Shrinkage as a measure of the effect of load on the spine. *Spine* 1984; 9:189-194.
6. Ernes JH, Pearce RH. The proteoglycans of the human intervertebral disc. *Biochem J* 1975; 145:549-556.
7. Eyre DE, Muir H. Quantitative analysis of types I and II collagens in human intervertebral disc at various ages. *Biochim Biophys Acta* 1977; 492:29-42.
8. Eyre DE. Biochemistry of the intervertebral disc. *Connect Tissue Res* 1979; 8:227-290.
9. Frymoyer JW, Hanley EX, Howe J et al. A comparison of radiographic findings in fusion and nonfusion patients ten or more years following lumbar disc surgery. *Spine* 1979; 4:435-440.
10. Frymoyer JW, Pope MH, Constanza C et al. Epidemiologic studies of low-back pain. *Spine* 1980; 5:419-424.
11. Ghosh P, Taylor TKF, Braund KG, Larsen LH. The collagenous and non-collagenous proteins of the canine intervertebral disc and their variation with age, spinal level and breed. *Gerontologia* 1975; 22:124-132.
12. Grodzinsky AJ. Electromechanical and physicochemical properties of connective tissue. *Crit Rev Biomed Engineer* 1983; 9:133-199.
13. Grynbas MD, Eyre DS, Kiischner DA. Collagen of the intervertebral disc. X-ray diffraction evidence for difference in molecular packing of types I and II collagens. *Biochim Biophys Acta* 1980; 626:346-355.
14. Hansen H, Ullberg S. Uptake of ³⁵S in the intervertebral disc after injection of ³⁵S -sulphate. An autoradiographic study. *Acta Orthop Scand* 1980; 30:84-90.
15. Holm S, Nachemson A. Immediate effects of cigarette smoke on nutrition of the intervertebral disc of the pig. *Orthop Transact* 1984; 8:380.
16. Holm S, Nachemson A. Nutrition of the intervertebral disc: Effects induced by vibrations. *Orthop Transact* 1985; 9:451.
17. Holm S. Nutritional variations in articular cartilage induced by exercise. *Scand J Rheumatol* 1986; 60(Suppl):A116.
18. Hudlicka O, Tyler KR. The effect of long-term high frequency stimulation on capillary density and fiber types in rabbit fast muscles. *J Physiol (London)* 1984; 353:435-445.
19. Inoue H. Three-dimensional observation of collagen framework of intervertebral discs in rats, dogs and humans. *Arch Histol Jpn* 1973; 36:39-56.
20. Inoue H, Takeda T. Three-dimensional observations of collagen framework of lumbar intervertebral discs. *Acta Orthop Scand* 1975; 46:949-956.
21. Kelsey JL. An epidemiological study of acute hemiated lumbar intervertebral disc. *J Rheumatol Rehab* 1975; 14:144-159.
22. Klein JA, Hickey DS, Hukins DV. Radial bulging of the annulus fibrosus during compression of the intervertebral disc. *J Biomech* 1983; 16:211-217.
23. Knight JA, Stephens RV, Bushell GR et al. Neutral protease inhibitors from human intervertebral disc and femoral head articular cartilage. *Biochim Biophys Acta* 1979; 584:304-310.