

# DISQUE INTER-VERTÉBRAL : STRUCTURE, NUTRITION, VIEILLISSEMENT

J. AMOUROUX

Service d'anatomopathologie - hôpital Avicenne - 93 Bobigny

**Le disque inter-vertébral (DIV) a été largement étudié, aussi bien chez l'homme que dans de nombreuses espèces animales, et sa structure est aujourd'hui parfaitement connue, même s'il persiste des zones d'ombre sur le rôle de certains de ses constituants et sur sa physiologie.**

## ANATOMIE DU DISQUE

La taille et l'architecture générale des disques varient au cours de la vie et selon les segments rachidiens. Les disques unissent entre elles des vertèbres dont la forme se modifie d'un segment à l'autre. Sur une coupe axiale, elle est grossièrement rectangulaire au niveau du rachis cervical, presque cylindrique à l'étage thoracique, réniforme avec une face postérieure concave à l'étage lombaire. C'est ce dernier étage surtout qui a fait l'objet des études les plus nombreuses du fait de l'importance de la pathologie résultant de ses dysfonctionnements. Le DIV, qui a grossièrement la forme d'une lentille biconvexe, est parfaitement visible sur les faces antérieure et latérale du rachis. La face postérieure limi-

te en avant le canal rachidien. Cette structure doit à la fois résister aux forces verticales qui s'exercent sur les vertèbres et permettre une large mobilité en flexion antérieure, postérieure, latérale, de même qu'en torsion. Ces différents mouvements sont rendus possible par la structure complexe de ce fibro-cartilage très particulier qui unit les corps vertébraux.

On peut, de façon schématique, identifier 3 zones principales dans le DIV. Il s'agit de la plaque cartilagineuse qui sépare le corps vertébral du matériel discal, de l'anneau fibreux ou annulus fibrosus (AF) qui en constitue la périphérie, et du nucleus pulposus (NP) qui forme sa partie centrale.

● Les plaques cartilagineuses sont faites d'un cartilage hyalin qui recouvre les plateaux vertébraux sus et sous jacents. C'est essentiellement la partie centrale, criblée de fins orifices, du corps vertébral qui est ainsi revêtue de cartilage, ce dernier n'atteignant pas le bourrelet osseux périphérique, en relief. La plaque cartilagineuse sépare ainsi l'os spongieux vascularisé et

le DIV qui est avasculaire, mais elle est perforée de fins pertuis qui permettent le passage des liquides entre ces deux structures. Il ne semble pas exister de fibres collagènes unissant la plaque cartilagineuse à l'os sous chondral. Le risque d'arrachement de ces structures, au cours des mouvements violents, est donc important <sup>(4)</sup>.

● L'anneau fibreux est fait de 15 à 20 lamelles concentriques, fibreuses ou fibro-cartilagineuses, solidement amarrées à la périphérie de la plaque cartilagineuse et au bourrelet marginal de la vertèbre. Ces lamelles sont constituées par des faisceaux de fibres collagènes parallèles entre elles, tendues obliquement entre les deux plateaux vertébraux. L'obliquité des fibres s'inverse d'une lamelle à l'autre et l'angle formé peut varier de 40 à 90°. Chaque lamelle mesure 200 à 400 µm d'épaisseur, les lamelles externes étant les plus épaisses.

La partie postérieure de l'AF est moins résistante que les segments antérieurs et latéraux. Les lamelles de collagène y sont en effet moins nombreuses et les fibres sont souvent discontinues, n'atteignant pas l'un ou l'autre des corps vertébraux. Il en résulte une plus grande vulnérabilité lors des mouvements de flexion <sup>(12)</sup>.

Les lamelles fibreuses internes sont étroitement liées à la plaque cartilagineuse. Les lamelles des deux tiers externes de l'anneau fibreux



sont ancrés solidement sur le bourrelet marginal périphérique de la vertèbre. Les fibres les plus superficielles sont en continuité avec celles du périoste mais restent distinctes des ligaments vertébraux antérieur et postérieur, dont elles sont séparées par une mince lame de tissu conjonctif banal <sup>(11)</sup>.

● Le nucleus pulposus est une masse gélatineuse, molle et blanchâtre, d'aspect homogène et de forme grossièrement ovoïde, enchâssée dans l'annulus fibrosus, mais légèrement en arrière du centre du disque. Il possède des caractères physiques qui lui confèrent une importance considérable dans l'amortissement et la répartition des pressions au cours des mouvements de l'axe vertébral. Le nucleus occupe, chez l'enfant et l'adulte jeune, 30 à 60 % du volume du DIV. Il est incompressible mais très facilement déformable et présente une forte affinité par l'eau. Ce fait est aisé à mettre en évidence :

La section d'un disque libère le nucleus de la contrainte des fibres collagènes qui l'enserrent et qui le maintiennent normalement sous tension. Si le disque est trempé dans l'eau, le nucleus gonfle et double pratiquement de volume. Cette pression interne contribue à maintenir les vertèbres écartées les unes des autres.

L'anneau fibreux et le nucleus sont intriqués de telle façon que l'énucléation en est impossible.

Les liens étroits qui unissent ces deux structures conduisent à les considérer comme un tissu unique dont l'architecture, la structure intime, les propriétés et la fonction varient progressivement du centre du disque vers sa périphérie, plutôt que comme deux entités distinctes.

## STRUCTURE HISTOLOGIQUE DU DISQUE :

La structure du DIV est très voisine, au moins chez l'adulte, de celle d'un fibro-cartilage. Elle comporte des éléments cellulaires et une matrice constituée de fibres collagènes et de protéines non fibreuses.

### ■ ÉLÉMENTS CELLULAIRES

Chez l'enfant, les cellules présentes dans le disque sont essentiellement des fibroblastes. A partir de la deuxième décennie, elles font place à des éléments plus volumineux, arrondis, de type chondrocytaire. Ces éléments cellulaires sont moins nombreux dans le NP. Si ce dernier, qui représente le reliquat de la notochorde embryonnaire, contient initialement des cellules chordales, ces dernières disparaissent, dans l'espèce humaine, à la naissance <sup>(8)</sup>. Les données de l'immunohistochimie confirment la nature chondrocytaire des cellules du disque (positives avec la protéine S100) et l'absence de cellule chordale (marquage négatif pour la cytokératine, l'antigène de membrane épithéliale, l'antigène carcino-embryonnaire).

### ■ MATRICE

Elle est constituée en grande partie par des fibres de collagène, protéine fibrillaire capable de résister aux tractions. Les lamelles les plus périphériques sont faites de collagène de type 1, identique à celui des os et des tendons. Les couches internes sont faites de collagène de type 2, identique à celui du cartilage articulaire et ce sont des fibres de même type qui sont présentes, en moindre abondance, dans le NP. La substitution de l'un à l'autre type se fait de façon progressive, sans hiatus. On retrouve également quelques fibres collagènes de type 3 et 4, qui entourent les cellules et réalisent une sorte de capsule péri-cellulaire qui semble protéger les chondrocytes des contraintes mécaniques auxquelles ils sont soumis <sup>(10)</sup>.

L'organisation des fibres de collagène varie également de façon progressive de la périphérie vers le centre du disque. Dans l'anneau fibreux, les fibres de collagène ont un diamètre de l'ordre de 0,1 à 0,2  $\mu\text{m}$ . Dans le nucleus où elles sont plus fines et mesurent 50  $\mu\text{m}$  de diamètre, elles forment un réseau lâche et non orienté et apparaissent sans connexion avec la plaque cartilagineuse. Les fibres forment une trame tridimensionnelle dont les mailles mesurent environ 100  $\mu\text{m}$  de large. Ces mailles sont occupées par une gelée faite d'une suspension aqueuse de protéoglycanes. L'eau représente 65 à 90 % du poids du DIV. Les protéoglycanes sont des macromolécules comportant un noyau central protéique auquel sont attachées des chaînes de glycosaminoglycanes. On y trouve essentiellement des chondroïtine sulfate et du kératane sulfate, ce qui représente une composition voisine de celle du cartilage articulaire. Les charges négatives des glycosaminoglycanes sont responsables des échanges ioniques entre le plas-



ma et le liquide interstitiel du disque. Elles maintiennent une pression osmotique élevée. La concentration en proteoglycanes croît de la périphérie du disque vers le centre et explique que la pression osmotique et l'hydratation soient à leur niveau maximum dans le nucleus.

La résistance à la traction est essentiellement assurée par les lamelles collagènes qui constituent la périphérie du disque. La résistance aux charges de pression revient avant tout au nucleus pulposus dont les macromolécules, très fortement hydratées, se déplacent assez lentement, à la façon d'un liquide visqueux, dans le réseau des fibres de collagène.

## NUTRITION

Les conditions de nutrition du disque varient selon l'âge. Jusqu'à la fin de la première décennie, les plateaux cartilagineux sont pénétrés par de fins vaisseaux sanguins qui disparaissent progressivement. Leur oblitération laisse des « cicatrices » responsables de l'aspect criblé des plateaux vertébraux et qui constituent des zones de moindre résistance susceptibles de se rompre et de donner naissance à une minuscule hernie du nucleus dans le tissu spongieux vertébral. Après la dixième année, les échanges nutritifs se font donc exclusivement par diffusion à partir des lacunes médullaires des vertèbres adjacentes, l'eau, dont le disque est très riche, constituant le véhicule de diffusion.

Chez l'adulte, le disque est donc avasculaire<sup>(5)</sup>. Seule la partie la plus périphérique de l'anneau fibreux a une vascularisation propre qui persiste tout au long de

la vie et qui prend naissance dans les vaisseaux longeant l'axe rachidien<sup>(11)</sup>.

L'intensité des échanges métaboliques est très voisine de celle que l'on observe dans les cartilages articulaires. Les grosses molécules ne diffusent pas dans le tissu discal. En revanche, le glucose, l'oxygène, les acides aminés et l'acide lactique diffusent aisément à partir du nucleus et des lamelles les plus internes de l'anneau fibreux. La zone d'échange essentielle est la plaque cartilagineuse vertébrale<sup>(5,3)</sup>.

Seule la périphérie du disque est innervée, le nucleus étant dépourvu de toute terminaison sensitive. Ce sont des rameaux nés des nerfs sinu-vertébraux qui donnent naissance aux terminaisons nociceptives que l'on retrouve entre les lamelles les plus superficielles de l'anneau fibreux<sup>(1,2)</sup>.

## VIEILLISSEMENT DU DISQUE

La structure et les propriétés mécaniques du disque se modifient tout au long de la vie. A un âge variable, souvent autour de 30 ans, commence le véritable vieillissement discal.

Chez le jeune, le nucleus est volumineux, translucide, souvent presque liquide, du fait de la rareté des éléments fibrillaires.

Chez l'adulte et le vieillard, il diminue de taille, devient opaque, plus fibreux. Lorsque l'on sectionne verticalement le rachis, le nucleus, moins riche en eau, a peu tendance à faire hernie. Les différences de structure et de composition entre l'anneau fibreux et le nucleus, qui sont très apparentes chez le jeune, tendent à

s'estomper et le nucleus est de moins en moins facile à différencier de l'anneau fibreux. Il est d'ailleurs souvent occupé par des chondrocytes de grande taille<sup>(6)</sup>.

L'altération progressive de la structure discale et son impossibilité à répondre aux contraintes mécaniques qui s'exercent sur le disque peuvent aboutir à la libération de gaz, essentiellement d'azote, au sein du nucleus pulposus. C'est ce que l'on appelle le phénomène du vide, observable radiologiquement chez d'assez nombreux patients.

Au cours du vieillissement peuvent apparaître des calcifications, plus fréquentes au niveau du rachis dorsal que du rachis lombaire. Il peut s'agir soit de dépôts d'hydroxyapatite, qui peuvent toucher toutes les régions du disque, soit de dépôts de pyrophosphate de calcium, habituellement localisés à la partie périphérique de l'anneau fibreux<sup>(9)</sup>.

La dégradation discale n'est peut-être pas un phénomène irréversible. Patt a en effet montré que les chondrocytes étaient capables d'assurer une certaine régénération après nucléolyse et même après discectomie<sup>(7)</sup>.

## CONCLUSION :

Le disque inter-vertébral apparaît donc comme une structure très complexe, évolutive tout au long de la vie et qui doit s'adapter à des contraintes mécaniques statiques et dynamiques très importantes. Ce sont les dysfonctionnements de ce système jonctionnel qui expliquent la plus grande partie de la pathologie vertébrale et en particulier les hernies discales et bon nombre de douleurs rachidiennes.



## RÉFÉRENCES

1. **Bogduk N.** The innervation of the lumbar spine. *Spine* 1983 ; 8 : 286-293.
2. **Groen GJ, Baljet B, Drukker J.** Nerves and nerve plexuses of the human vertebral column. *Am J Anat* 1990 ; 188 : 282-296.
3. **Holms S, Maroudas A, Urban JP, Selstam G, Nachemson A.** Nutrition of the intervertebral disc : solute transport and metabolism. *Connect Tissue Res* 1981 ; 8 : 101-119.
4. **Inque H.** Three-dimensional architecture of lumbar intervertebral discs. *Spine* 1981 ; 6 : 139-146.
5. **Maroudas A, Nachemson A, Stockwell RA, Urban JP.** Factors involved in the nutrition of the human lumbar intervertebral disc : cellularity and diffusion of glucose in vitro. *J Anat* 1975 ; 120 : 113-130.
6. **Mayoux-Benhamou MA, Revel M.** Disque intervertébral et structures voisines de la colonne lombaire : anatomie, physiologie, biomécanique. Editions techniques : *Encycl Med Chir (Paris-France), Appareil locomoteur, 15-840-A-10, 1994, 10 p.*
7. **Patt S, Rock M, Mayer HM, Schreiner C, Pedretti L.** Nucleus pulposus regeneration after chemonucleolysis with chymopapain. *Spine* 1993 ; 18 : 227-231.
8. **Pritzker KP.** Aging and degeneration in the lumbar intervertebral disc. Symposium of the lumbar spine II. *Orthop Clin North Am* 1977 ; 8 : 65-77.
9. **Resnick D, Niwayama G.** Diagnosis of bone and joint disorders. Philadelphia : Saunders Compagny, 1988.
10. **Roberts S, Menage J, Duance V, Wotton S, Ayad S.** Collagen types around the cells of the intervertebral disc and cartilage end plate : an immunolocalization study. *Spine* 1991 ; 16 : 1030-1038.
11. **Souteyrand-Boulenger JD.** Les articulations non-synoviales : amphiarthroses et synarthroses. In : Grasse PP. *Traité de Zoologie Tome XVI, fascicule III.* Paris : Masson, 1971.
12. **Tsuji H, Hirano N, Ohshima H, Ishihara H, Terhata N, Motoe T.** Structural variation of the anterior and posterior annulus fibrosus in the development of human intervertebral disc. A risk factor for intervertebral disc rupture. *Spine* 1993 ; 18 : 204-210.

EN  
VENTE  
DANS  
TOUTES  
LES  
LIBRAIRIES

## A. Serrie - C. Thurel La Douleur en Pratique Quotidienne Diagnostics et Traitements

Préface : D.B. Carr



arnette

# FRANCO & FILS

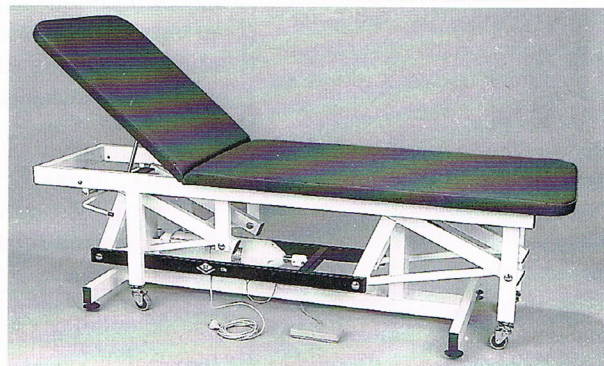
Agence C3 Nevers

C O N C E P T E U R

DEPUIS 1955

30 MODÈLES

CATALOGUE  
SUR DEMANDE



Z.I. RN7 58320 POUQUES-LES-EAUX



TÉL 86 68 83 22 FAX 86 68 55 95

F A B R I C A T I O N  
D'APPAREILS MÉDICAUX ET PARA-MÉDICAUX