

Epidural anatomy: new observations

Quinn H. Hogan MD

Why study epidural anatomy?

The epidural space is a site of therapeutic ministrations at an accelerating pace. Anaesthetists insert needles and catheters there for the deposition of a growing variety of anaesthetic and analgesic agents. Electrical leads are placed for spinal cord stimulation in chronic pain states, and endoscopic methods are being developed for visual examination of the epidural contents. Occasionally, the epidural space is the site of complications caused by these various efforts, such as haematomas or abscess. I believe successful and safe use of this anaesthetic venue is aided by an accurate understanding of the contents of the spinal canal.

It is easy to imagine that gross anatomy has been completely explored and little remains unknown. I have become convinced, however, that there are important defects in the epidural anatomy we have been taught. Several factors may explain our collective comfort with the imperfections of artists renditions of anatomy. First, good art is appealing to look at and real anatomy is typically much less orderly. It often isn't evident how much assumption and imagination goes into medical illustration. Second, real anatomy, as described below, is complex, and, therefore, less easily presented and taught. Third, anatomy of the epidural space is not a hot topic in anaesthesia research, and isn't very interesting to others. For surgeons, it is only a pathway to the bones, disc, nerves and cord.

The most important impediment to better understanding of the epidural space is that it's a particularly hard place to study. The walls of the spinal canal are as tough and impenetrable a barrier as can be found in the body. However, the contents are frail. Subtle pressures including the cerebrospinal fluid (CSF) pressure and the slightly subatmospheric tissue pressure in the epidural space deploy the semifluid contents and direct fluid distribution. Opening the space by dissection, even in a living subject during surgery, alters these pressures and destroys natural tissue relationships.

Investigations have employed injection, either of contrast for radiographic imaging,^{1,2} of resin for examination after dissection,³ or of air to create a space for

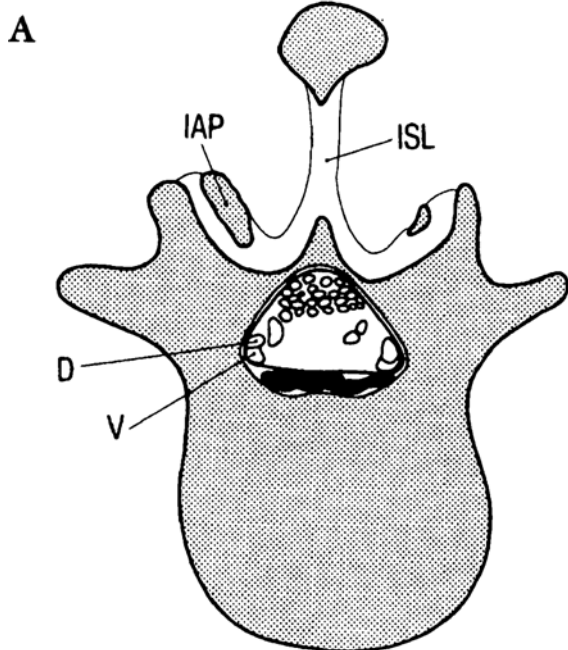
endoscopic viewing.⁴ All these approaches distort the native anatomy due to displacement of epidural contents. New methods have allowed examination without artifact. Cryomicrotome sectioning^{5,6} is a means of producing high resolution images of anatomical material after freezing, which prevents tissue movement. Magnetic resonance imaging (MRI) has increased in resolution steadily over the past decade, and provides *in vivo* comparison and confirmation. These approaches, combined with histologic study⁷ and computerised tomographic (CT) imaging of the passage of catheters and distribution of solution, reveal an epidural space that is complex in structure, unpredictable during instrumentation, but accommodating in clinical effect.

Segmentation of the epidural space

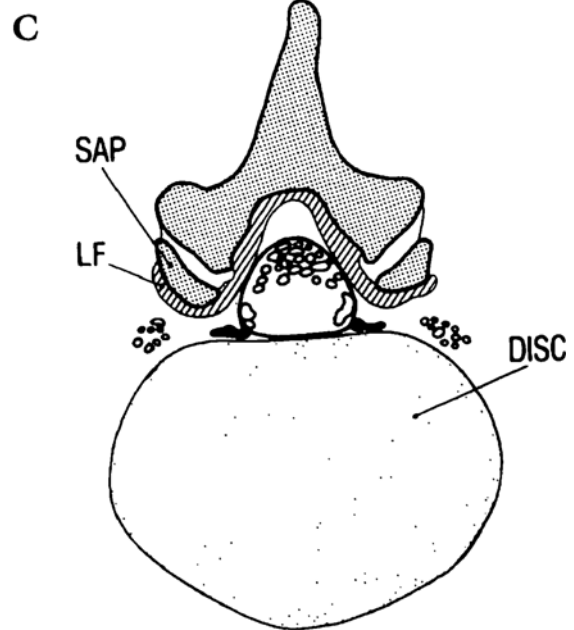
The epidural space is the area inside the spinal canal but outside the dural sac. I am not aware of any teleologic utility of the epidural contents, although the padding and lubricating effects of the fat and membranes in the epidural space provide free motion of the dural sac within the walls of the spinal canal.

In its undisturbed state as revealed by cryomicrotome sections⁵ (Figure 1) and *in vivo* imaging, the lumbar spinal canal is mostly filled by the dural sac. The epidural space is empty (a "potential space") in large areas where dura contacts the bone and ligament of the spinal canal wall. Rather than being spread out in a uniform layer, epidural contents are contained in a series of metameric and circumferentially discontinuous compartments separated by zones where the dura contacts the canal wall (Figure 2). However, the dura is not adherent to the canal (with minor exceptions) and catheters and solution pass through the empty areas without interference. Inferior to the L₄₋₅ disc and in the sacral canal, the dural sac tapers to a smaller diameter and does not fill the canal as completely, so there is a proportionate increase in the abundance of epidural fat. The sacrum is a particularly variable portion of anatomy; the sacral canal volume which may vary in adults from 12 to 65 ml,⁸ contributing to variable effects of caudal injections.

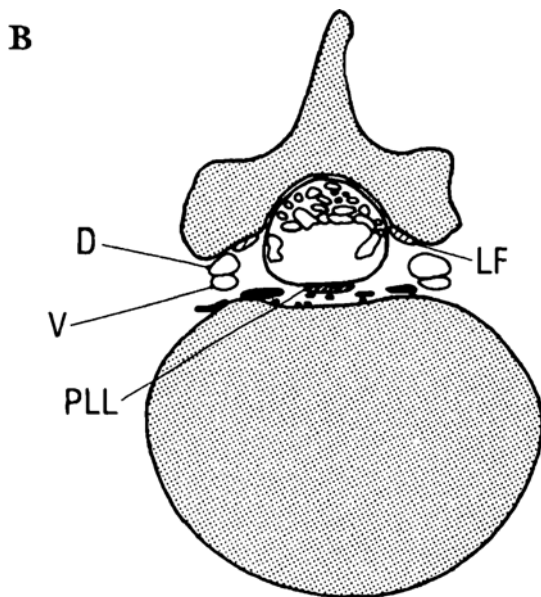
From the Department of Anesthesiology, Medical College of Wisconsin, 9200 West Wisconsin Ave., P.O. Box 26099, Milwaukee, Wisconsin, USA 53226-2609



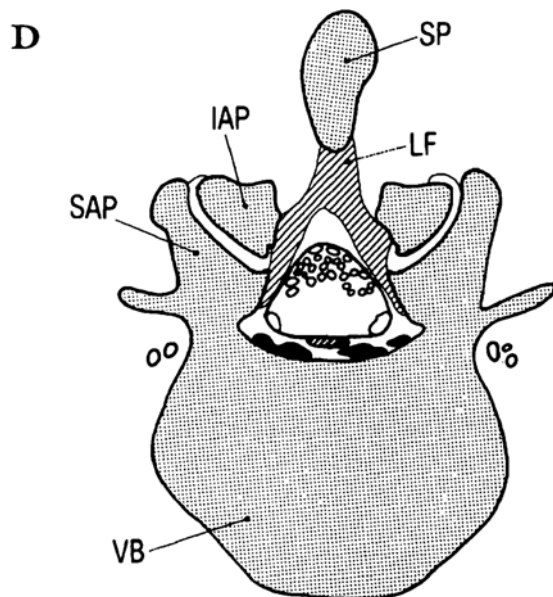
At the level of the pedicles, the dura is against the lamina and pedicles and the epidural space is empty, except anterior to the dura where a large venous pool resides (black area).



At the level of the intervertebral disc and the caudal end of the intervertebral foramen, the dura is in contact with the disc and the anterior epidural space is empty. Fat fills the posterior epidural space between the ligamentum flavum and the dura.



At the level of the rostral end of the intervertebral foramen, fat and nerves occupy the area lateral to the dura and fat and veins are anterior to the dura. The posterior dura is against the laminar bone and the epidural space is empty there.



At the level of the interlaminar space where needles are inserted, the ligamentum flavum arches steeply posterior to enclose the posterior epidural fat. Veins coalesce in the anterior space. (The needle would pass interior to the bit of spinous process shown in this particular plane.)

FIGURE 1 Tracings of axial cryomicrotome sections through the lumbar vertebrae of a single subject at four different levels. Figure 1A is at the level of the pedicles of the third lumbar vertebra, Figure 1B is at a more caudal level through the L_{3,4} intervertebral foramen, Figure 1C is at a somewhat more caudal level through the L_{3,4} disc, and Figure 1D is through the rostral vertebral body and pedicles of L₄. D - dorsal root or dorsal root ganglion; IAP - inferior articular process; ISL - interspinous ligament; LF - ligamentum flavum; PLL - posterior longitudinal ligament; SAP - superior articular process; SP - spinous process; V - ventral root; VB - vertebral body. Posterior is up at the top of each image.

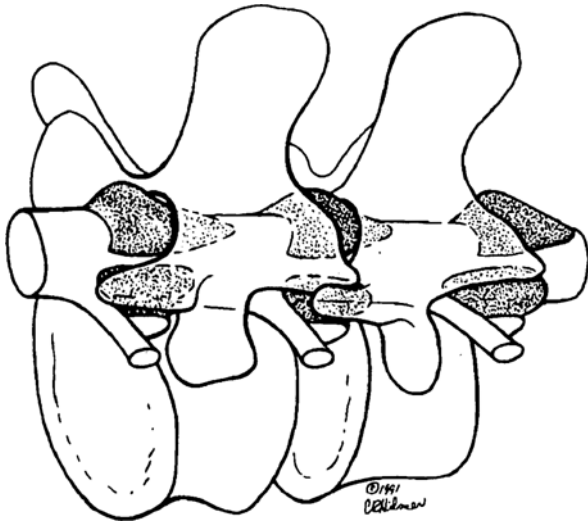


FIGURE 2 Drawing of the distribution of the contents of the lumbar epidural space. Stippled areas represent posterior (towards the top of the image) and lateral epidural compartments. In between are areas in which the dura contacts the canal wall and the epidural space is empty. Since the dura is not adherent to the canal wall, catheters and solution can pass. The anterior epidural space is not shown. (From Ref. 5)

Posterior epidural space

The area of greatest interest to anaesthetists is the posterior compartment of the epidural space into which needles are inserted. It is enclosed by a steeply arched pair of ligamenta flava which may fuse incompletely and leave a gap in the midline. The triangular space between the ligamenta flava and the dura is filled by a fat pad which, apart from a few tenuous attachments to the dura and the midline of the ligamentum flavum, is not otherwise adherent to adjacent structures. This fortuitous arrangement allows catheters or fluid to pass between the surfaces of the fat, canal wall, and dura, and allows air or solution to enter when employing the loss-of-resistance technique. The tissue pressure in the minute space between the fat and ligamentum is subatmospheric, due to the balance of forces defined in Starling's equation.⁹ This, and deformation of fat and dura by the advancing needle, accounts for the entry of a hanging fluid drop into the needle hub when the needle tip is advanced into the epidural space.

Numerous studies have analysed the distance a needle must travel from the skin to reach the spinal canal, either by noting the length of needle inserted when loss of resistance is first observed,¹⁰⁻¹⁸ by ultrasound^{19,20} or magnetic resonance examination.²¹ The depth at which the epidural space is encountered is not easily predicted in any particular subject. The average depth is about 4.5

to 5.5 cm, but the range is from 3 to 9 cm. Part of the variability is due to natural differences among individuals, but a second factor is due to the complex geometry of the posterior epidural compartment. The epidural space is closest to the skin at the posterior apex of the triangular area under the ligamentum flavum. Near the midline, a needle may pass through the ligamentum flavum about 1 cm less deep than off the midline near the facet joint where the ligamentum flavum is less superficial.

The distance that a needle must travel after entering the epidural space within the ligamentum flavum before penetrating the dura is typically about 7 mm,^{14,16,18,22} but the range is from 2 mm to as much as 2.5 cm. The great variability in this dimension is in part due to compression of the dura by the advancing needle, and to the shape of the posterior epidural compartment. The anterior/posterior dimension of the posterior epidural space depends on where exactly the space is traversed. If the needle enters the spinal canal away from the midline, it may encounter the dura with no further advancement since the posterior epidural fat pad thins towards its lateral margin. (Figure 1D) Fortunately, the dura is tough and freely movable and retreats in advance of the somewhat dull Tuohy tip of the epidural needle.

The largest lumbar space is at the L_{3,4} level.⁵ Thoracic spaces are dramatically smaller, and there is no cervical posterior epidural space above C₇.⁶ Dural contact with the epidural needle must be routine during procedures at these levels.

Midline barriers?

The posterior epidural fat pad is attached to the midline by a vascular pedicle that enters through the gap between the right and left ligamenta flava. This mesentery-like attachment and the accompanying fat pad may be seen as a midline filling defect in radiological contrast studies,² and as an incomplete "membrane" during epiduroscopy.⁴ However, there are only insubstantial and intermittent attachments of the fat to the dura, making an incomplete barrier. Claims of a midline fibrous septum are not confirmed by cryomicrotome⁵ and histologic⁷ examinations which show no fibrous elements in the epidural space. In fact, the epidural fat is unique in the body in having virtually no fibrous content.^{23,24} The clinical relevance of these midline elements is whether they impede distribution of injected solution or result in asymmetric anaesthetic effect. Solution spread examined by CT imaging (unreported observations) fails to show any important interference with solution spread by posterior midline structures.

When the dura is compressed by injectate, tethering of the posterior midline dura by adhesions to the fat cause a fold to develop, termed the plica dorsalis medi-

analysis.²⁵ This is of questionable clinical importance, however. Asymmetric development of cutaneous anaesthesia after epidural local anaesthetic injection is often attributed to the plica or hypothetical median septum, but CT examination does not support this. A technical error of needle or catheter insertion is the usual correct explanation since reinsertion in these cases results in complete block.²⁶

Lateral epidural space

Segmental nerves, vessels and fat fill the lateral epidural compartment that forms just medial to each intervertebral foramen. The pedicles are an incomplete lateral wall for the spinal canal. Except in advanced degenerative disease, the intervertebral foramina are widely open, and CT study reveals free egress of solution through the foramina regardless of age. Because of the extent to which the lateral epidural wall is incomplete and the lack of a rigid barrier in the intervertebral foramina, the pressure in the epidural space closely reflects abdominal pressure. Increased abdominal pressure, such as during a cough or pregnancy, is readily transmitted to the epidural space,²⁷ contributing to greater anaesthetic effect in conditions in which abdominal pressure is increased. There is no reason to believe that veins passing through the intervertebral foramina in some way play a special role in conducting pressure changes from the abdomen to the spinal canal.

Anterior epidural space

The anterior space is almost entirely filled by a confluent internal vertebral plexus, from which the midline basivertebral vein originates as it penetrates into the vertebral body. The anterior epidural compartment is separated from the rest of the spinal canal by a fine membrane which stretches laterally from the posterior longitudinal ligament. I suspect that at least some cases of massive intravascular anaesthetic delivery are due to rupture of this membrane after accumulation of an epidural pool of anaesthetic. In most subjects, the anterior space is the only epidural site with large veins and is the most common place where epidural catheters encounter veins. Catheters passed 3 cm or more into the epidural space are therefore more likely to encounter veins, often with a perceptible sudden yield ("pop").

Where do catheters and solution go?

Observations by CT show that a catheter tip inserted 3 cm into the lumbar spinal canal from a midline skin puncture most commonly travels to a site in the lateral epidural space, but injected solution still distributes throughout the rest of the epidural space and even to the contralateral foramen. Uneven distribution of inject-

ed fluid is often evident with small injected volumes (e.g., 4 ml). Larger volumes (e.g., 10 ml) consistently show extensive distribution, although spread may be highly uneven. A variety of catheter tip locations and patterns of solution spread are compatible with adequate local anaesthetic response.

Even when the catheter tip lies exterior to the intervertebral foramen in the paravertebral space, distribution of the injectate is preferentially back into the spinal canal. This is because the muscular confines of the perivertebral space cause high pressures to develop with injection, whereas the adjacent spinal canal has a maximum pressure equal to the CSF pressure (about 15 cm H₂O), and accepts flow by displacing CSF.

References

- 1 Hatten HP Jr. Lumbar epidurography with metrizamide. *Radiology* 1980; 137: 129–36.
- 2 Savolaine ER, Pandya JB, Greenblatt SH, Conover SR. Anatomy of the human lumbar epidural space: new insights using CT-epidurography. *Anesthesiology* 1988; 68: 217–20.
- 3 Harrison GR, Parkin IG, Shah JL. Resin injection studies of the lumbar extradural space. *Br J Anaesth* 1985; 57: 333–6.
- 4 Blomberg, R. The dorsomedian connective tissue band in the lumbar epidural space of humans: an anatomical study using epiduroscopy in autopsy cases. *Anesth Analg* 1986; 65: 747–52.
- 5 Hogan QH. Lumbar epidural anatomy: a new look by cryomicrotome section. *Anesthesiology* 1991; 75: 767–75.
- 6 Hogan QH. Epidural anatomy examined by cryomicrotome section. Influence of age, vertebral level, and disease. *Reg Anesth* 1996; 21: 395–406.
- 7 Hogan Q, Lynch K, Lacitis I. Histologic features of epidural soft tissue and its relation to the dura and canal wall. *Reg Anesth* 1993; 18(Suppl): 54.
- 8 Trotter M. Variations of the sacral canal: their significance in the administration of caudal analgesia. *Anesth Analg* 1947; 26: 192–202.
- 9 Guyton AC, Granger HJ, Taylor AE. Interstitial fluid pressure. *Physiol Rev* 1971; 51: 527–63.
- 10 Palmer SK, Abram SE, Maitra AM, van Colditz JH. Distance from the skin to the lumbar epidural space in an obstetric population. *Anesth Analg* 1983; 62: 944–6.
- 11 Rosenberg H, Keykhak MM. Distance to the epidural space in nonobstetric patients (Letter). *Anesth Analg* 1984; 63: 538–46.
- 12 Harrison GR, Clowes NWB. The depth of the lumbar epidural space from the skin. *Anaesthesia* 1985; 40: 685–7.

- 13 *Meiklejohn BH*. Distance from skin to the lumbar epidural space in an obstetric population. *Reg Anesth* 1990; 15: 134–6.
- 14 *Hollway TE, Telford RJ*. Observations on deliberate dural puncture with a Touhy needle: depth measurements. *Anaesthesia* 1991; 46: 722–4.
- 15 *Sutton DN, Linter SPK*. Depth of extradural space and dural puncture. *Anaesthesia* 1991; 46: 97–8.
- 16 *Bevacqua BR, Naas T, Brand F*. A clinical measure of the posterior epidural space depth. *Reg Anesth* 1996; 21: 456–60.
- 17 *Segal S, Beach M, Eappen S*. A multivariate model to predict the distance from skin to the epidural space in an obstetric population. *Reg Anesth* 1996; 21: 451–5.
- 18 *Hoffmann VLH, Vercauteren MP, Buczkowski PW, Vanspringel GLJ*. A new combined spinal-epidural apparatus: measurement of the distance to the epidural and subarachnoid spaces. *Anaesthesia* 1997; 52: 350–5.
- 19 *Cork RC, Kryc JJ, Vaughan RW*. Ultrasonic localization of the lumbar epidural space. *Anesthesiology* 1980; 52: 513–6.
- 20 *Currie JM*. Measurement to the depth to the extradural space using ultrasound. *Br J Anaesth* 1984; 56: 345–7.
- 21 *Westbrook JL, Renowden SA, Carrie LES*. Study of the anatomy of the extradural region using magnetic resonance imaging. *Br J Anaesth* 1993; 71: 495–8.
- 22 *Nickalls RWD, Kokri MS*. The width of the posterior epidural space in obstetric patients (Letter). *Anaesthesia* 1986; 41: 432–3.
- 23 *Ramsey HJ*. Fat in the epidural space of young and adult cats. *Am J Anat* 1959; 104: 345–80.
- 24 *Ramsey HJ*. Comparative morphology of fat in the epidural space. *Am J Anat* 1959; 105: 219–32.
- 25 *Luyendijk W*. The plica mediana dorsalis of the dura mater and its relation to lumbar peridurography (canalography). *Neuroradiology* 1976; 11: 147–9.
- 26 *Asato F, Hirikawa N, Oda M, et al*. A median epidural septum is not a common cause of unilateral epidural blockade. *Anesth Analg* 1990; 71: 427–9.
- 27 *Shah JL*. Influence of cerebrospinal fluid on epidural pressure. *Anaesthesia* 1981; 36: 627–31.

Anatomie épidurale : Nouvelles observations

Quinn H. Hogan, MD

Pourquoi étudier l'anatomie épidurale ?

De plus en plus souvent, l'espace épidural est un site d'administration de thérapeutiques. Les anesthésistes y insèrent des aiguilles et des cathéters pour l'injection d'un nombre croissant de médicaments anesthésiques et analgésiques. On y place des électrodes pour une stimulation de la moelle épinière dans les cas de douleurs chroniques, et on développe des méthodes endoscopiques pour l'examen visuel du contenu de l'espace épidural. Ces différents efforts peuvent parfois occasionner des complications telles que l'hématome ou l'abcès. Je pense qu'une compréhension précise du contenu du canal spinal aide à l'utilisation de ces techniques anesthésiques avec succès et sécurité.

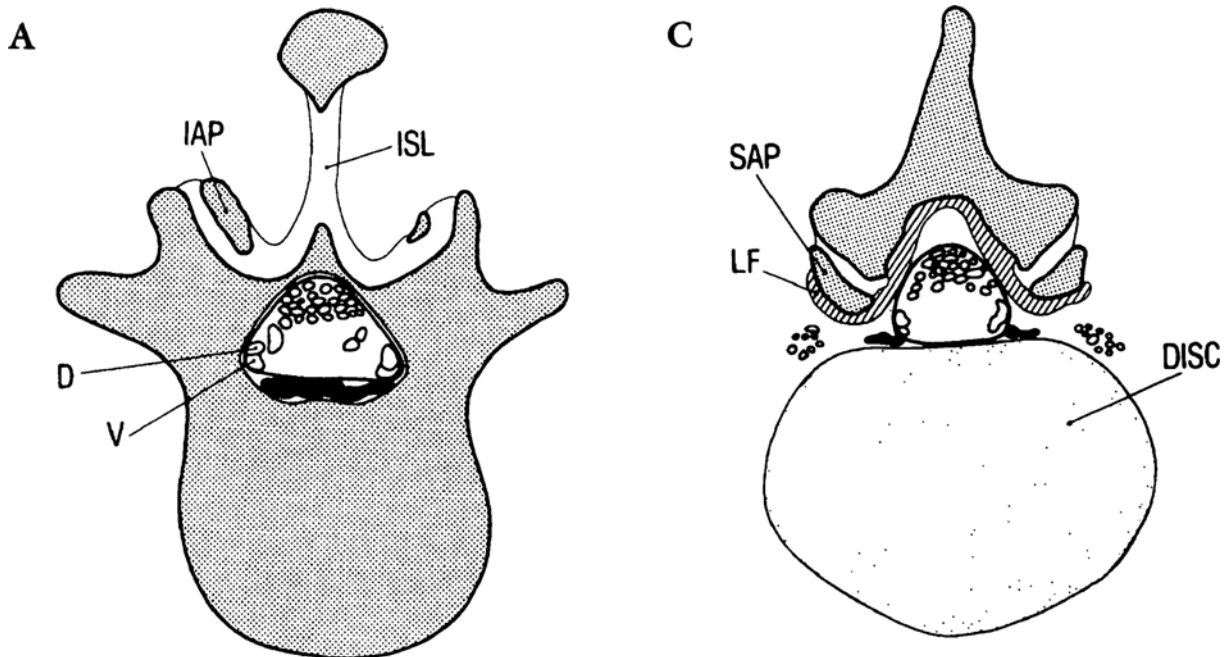
Il est facile d'imaginer que l'anatomie macroscopique a été déjà complètement explorée et que peu reste inconnu. Cependant, je suis convaincu qu'il y a des lacunes importantes dans l'anatomie épidurale qui nous a été enseignée. Plusieurs facteurs peuvent expliquer notre confort collectif malgré les imperfections des visions artistiques de l'anatomie. Premièrement, l'art doit être attirant pour le regard mais l'anatomie réelle est typiquement moins bien organisée. Il n'est pas toujours évident de reconnaître à quel point la supposition et l'imagination sont utilisées dans l'illustration médicale. Deuxièmement, l'anatomie réelle, telle que décrite plus bas, est complexe et donc moins facilement présentée et enseignée. Troisièmement, l'anatomie de l'espace épidural n'est pas un sujet très populaire dans la recherche en anesthésie et n'est pas non plus très intéressante pour les autres médecins. Pour les chirurgiens, c'est seulement un endroit de passage menant à l'os, aux disques, aux nerfs et à la moelle épinière.

L'obstacle le plus important à une meilleure compréhension de l'espace épidural est qu'il s'agit d'un endroit particulièrement difficile à étudier. Les parois du canal spinal sont une barrière rigide et impénétrable comme il y en a peu dans le corps humain. Cependant, son contenu est fragile. De subtiles pressions incluant la pression du liquide céphalo-rachidien (LCR) et la pression légèrement subatmosphériques des tissus dans l'espace épidural assurent un déploiement du contenu semi-fluide et contrôlent la distribution des fluides. L'ouverture de cet espace par dissection, même chez un patient vivant durant une chirurgie, modifie ces pressions et détruit les rapports naturels entre les tissus.

D'autres investigations ont utilisé des injections soit de produits de contraste radiographique^{1,2} ou de résine pour examen après dissection³ ou d'air pour créer un espace permettant l'examen endoscopique⁴. Toutes ces approches déforment l'anatomie naturelle en raison du déplacement du contenu de l'espace épidural. De nouvelles méthodes ont permis son examen sans artéfact. La section au cryomicrotome^{5,6} est un moyen de produire des images à haute résolution de matériel anatomique après congélation ce qui prévient le mouvement tissulaire. La résonance magnétique nucléaire a permis d'augmenter de beaucoup la résolution durant la dernière décennie et permet de faire des comparaisons et des confirmations *in vivo*. Ces approches, associées à l'étude histologique⁷ et à la tomодensitométrie du passage des cathéters et de la distribution des solutions révèlent un espace épidural qui est une structure complexe au comportement imprévisible durant son instrumentation mais qui aboutit à des effets cliniques.

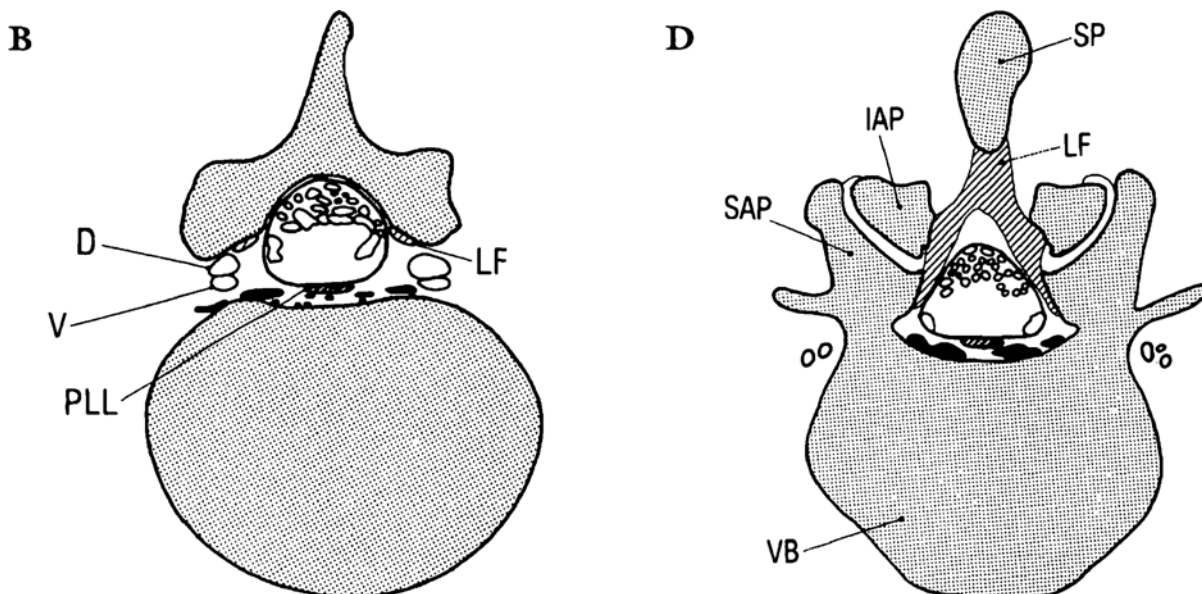
Segmentation de l'espace épidural

L'espace épidural est dans une zone à l'intérieur du canal spinal mais à l'extérieur du sac dural. Je ne vois aucune utilité téléologique au contenu épidural bien que les effets de coussinage et de lubrification de la graisse et des membranes de l'espace épidural permettent un mouvement libre du sac dural à l'intérieur des parois du canal spinal. Les sections par cryomicrotomes⁵ (Figures 1 à 4) et les images obtenues *in vivo* ont révélé que sans modification, le canal spinal au niveau lombaire est principalement occupé par le sac dural. Dans les grandes régions où la dure-mère est en contact avec l'os et le ligament des parois du canal spinal, l'espace épidural est vide (un «espace virtuel»). Plutôt que d'être réparti sur une couche uniforme, le contenu de l'espace épidural est localisé dans une série de compartiments distincts arrangés par métamère circonferentiel et séparés par des zones où la dure-mère est en contact avec les parois du canal spinal (Figure 5). Cependant, la dure-mère n'est pas adhérente au canal (avec quelques exceptions mineures) et les cathéters de même que les solutions traversent ces zones vides sans interférence. En dessous du disque L₄₋₅ et dans le canal sacré, le sac dural est effilé pour atteindre un diamètre plus petit et ne remplit plus le canal complètement ce qui aboutit à une graisse épidurale proportionnellement plus abondante. Le sacrum est



Au niveau des pédicules, la dure-mère est contre les lames et les pédicules et l'espace épidural est vide, sauf antérieurement à la dure-mère où se trouve un large réseau veineux (zone noire).

Au niveau de l'extrémité rostrale du foramen intervertébral le tissu adipeux et les nerfs occupent la zone latérale à la dure-mère, le tissu adipeux et les veines sont antérieurs à la dure-mère. La dure-mère postérieure est située contre l'os laminaire et l'espace épidural est vide à cet endroit.



Au niveau du disque intervertébral et à l'extrémité caudale du foramen intervertébral, la dure-mère est en contact avec le disque et l'espace épidural antérieur est vide. Le tissu adipeux occupe l'espace épidural postérieur entre le ligament jaune et la dure-mère.

Au niveau de l'espace interlaminaire, là où les aiguilles sont insérées, le ligament jaune est arrondi postérieurement pour contenir le tissu adipeux épidural postérieur. Les veines se rencontrent dans l'espace antérieur.

FIGURE 1 Images de sections axiales par cryomicrotome à travers les vertèbres lombaires d'une même personne à quatre niveaux différents. Figure 1A: Niveau des pédicules de la troisième vertèbre lombaire, Figure 1B: Niveau plus caudal à travers le foramen intervertébral L_{3-4} , Figure 1C: Encore plus caudal à travers le disque L_{3-4} et Figure 1D: À travers le corps vertébral rostral et les pédicules de L_4 . D - racine dorsale ou ganglion de la racine dorsale; IAP - processus articulaire inférieur; ISL - ligament inter-épineux; LF - ligament jaune; PLL - ligament longitudinal postérieur; SAP - processus articulaire supérieur; SP - processus épineux; V - racine ventrale; VB - corps vertébral; La région postérieure est au sommet de l'image

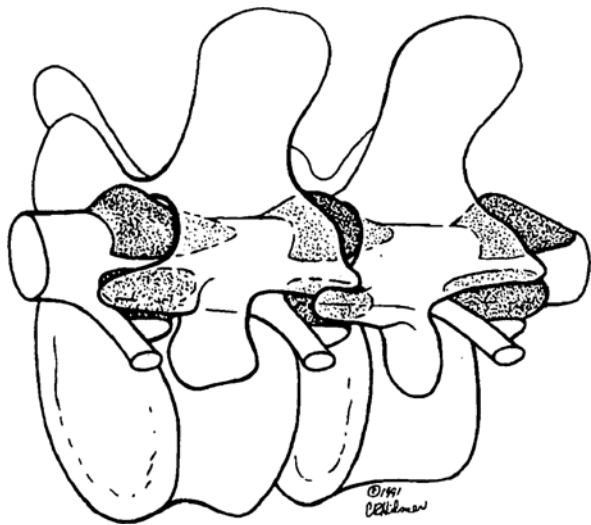


FIGURE 2 Image de la distribution du contenu de l'espace épidural lombaire. La zone pointillée représente les compartiments postérieur (vers le sommet de l'image) et latéral de l'espace épidural. Entre ces zones il y a des régions où la dure-mère est en contact avec les parois du canal et où l'espace épidural est vide. Comme la dure-mère n'est pas adhérente aux parois du canal, les cathéters et les solutions peuvent passer. L'espace épidural antérieur n'est pas visible.

une partie particulièrement variable de l'anatomie. Le volume du canal sacré, qui peut varier chez l'adulte de 12 à 65 ml⁸, contribue aux effets variables des injections par voie caudale.

L'espace épidural postérieur

La zone qui intéresse le plus les anesthésistes est la partie postérieure de l'espace épidural dans laquelle on insère les aiguilles. Elle est limitée par une paire de ligaments jaunes formant un arc qui peuvent fusionner incomplètement laissant une zone libre sur la ligne médiane. L'espace triangulaire entre les ligaments jaunes et la dure-mère est occupé par un coussin graisseux qui, à part quelques attaches ténues à la dure-mère et à la ligne médiane du ligament jaune, n'est pas adhérent aux structures adjacentes. Cet arrangement fortuit permet aux cathéters ou aux liquides de passer entre les surfaces de la graisse, des parois du canal spinal et de la dure-mère permettant ainsi à l'air ou aux solutions d'entrer dans l'espace épidural lorsqu'on utilise la technique de perte de résistance. La pression tissulaire dans l'espace minuscule localisé entre la graisse et le ligament est subatmosphérique en raison de l'équilibre des forces défini dans l'équation de Starling⁹. Cette pression et la déformation de la graisse et de la dure-mère provoquées par l'avancement de l'aiguille, sont responsables du passage de la goutte pendante dans l'aiguille lorsque la pointe de l'aiguille est avancée dans l'espace épidural.

De multiples études ont analysé la distance que l'aiguille doit parcourir entre la peau et le canal spinal soit en contrôlant la longueur de l'aiguille insérée lors de la perte de résistance¹⁰⁻¹⁸, soit par ultrason^{19,20} ou encore par résonance magnétique nucléaire²¹. La profondeur à laquelle l'espace épidural est situé n'est pas facilement prédictible chez chaque personne. La distance moyenne est d'environ 4.5 à 5.5 cm, mais celle-ci peut varier de 3 à 9 cm. Cette variabilité est partiellement due aux différences naturelles entre les individus, mais un deuxième facteur est la géométrie complexe du compartiment épidural postérieur. L'espace épidural est le plus proche de la peau au sommet postérieur de la zone triangulaire sous le ligament jaune. Près de la ligne médiane, une aiguille peut traverser le ligament jaune environ 1 cm moins profondément que loin de la ligne médiane dans la région des facettes articulaires là où le ligament jaune est moins superficiel.

La distance qu'une aiguille doit parcourir après être entrée dans l'espace épidural à l'intérieur du ligament jaune, avant de pénétrer la dure-mère est typiquement d'environ 7 mm^{14,16,18,22} mais l'éventail va de 2 mm jusqu'à même 2.5 cm. Cette grande variabilité dans la dimension est due partiellement à la compression de la dure-mère par l'aiguille qui avance et à la forme du compartiment épidural postérieur. La dimension dans l'axe antéro-postérieur de l'espace épidural postérieur dépend de l'endroit exact où cet espace est traversé. Si l'aiguille entre dans le canal spinal loin de la ligne médiane, elle peut se trouver en contact avec la dure-mère sans devoir avancer davantage car la graisse épidurale postérieure s'amincit en direction de ces limites latérales. Par chance, la dure-mère est rigide et facilement mobilisable ce qui lui permet de se rétracter devant l'extrémité quelque peu émoussée de l'aiguille épidurale de Tuohy.

L'espace lombaire le plus grand est situé au niveau L₃₋₄⁵. Les espaces thoraciques sont de beaucoup plus petits et il n'y a pas d'espace épidural postérieur au niveau cervical au-dessus de C7⁶. Le contact de la dure-mère avec l'aiguille épidurale doit être recherché de routine lors des procédures à ces niveaux.

Des barrières sur la ligne médiane ?

Le coussinet graisseux de l'espace épidural postérieur est attaché à la ligne médiane par un pédicule vasculaire qui pénètre dans l'espace situé entre les ligaments jaunes droit et gauche. Cette attache qui ressemble à un mésentère et le coussinet graisseux qui l'accompagne peut apparaître comme un défaut de remplissage sur la ligne médiane lors des études utilisant des produits de contrastes radiographiques², et comme une

«membrane» incomplète lors des épидurosopies⁴. Cependant, ces liens du tissu adipeux à la dure-mère sont lâches et intermittents, constituant une barrière incomplète. Les hypothèses d'un septum fibreux médian n'ont pas été confirmées par les examens au cryomicrotome⁵⁵ et histologiques⁷. Ceux-ci ne montrent aucun élément fibreux dans l'espace épидural. En fait la graisse épидurale est particulière dans le corps car elle ne contient virtuellement aucun tissu fibreux^{23,24}. L'importance clinique de ces éléments de la ligne médiane est leur éventuelle gêne à la distribution des solutions injectées qui aboutirait à un effet asymétrique de l'anesthésie. La diffusion des solutions examinée par tomодensitométrie (observation non publiée) n'a pas permis de montrer d'interférences importantes entre la diffusion des solutions injectées et les structures de la ligne médiane postérieure.

Lorsque la dure-mère est comprimée par les produits injectés, les tensions de la ligne médiane postérieure dues aux adhésions du tissu adipeux provoquent la formation d'un repli appelé *plica dorsalis medianalis*²⁵. Cependant, l'importance clinique de ce *plica* est douteuse. Le développement d'une anesthésie cutanée asymétrique après l'injection épидurale d'un anesthésique local est souvent attribué à ce *plica* ou à un septum médian hypothétique, mais les examens par tomодensitométrie n'ont pas permis de confirmer ces hypothèses. L'explication habituellement vraie est une erreur technique d'insertion de l'aiguille ou du cathéter car la réinsertion de celle-ci aboutit dans ces cas à un bloc complet²⁶.

L'espace épидural latéral

L'espace épидural latéral est situé dans la zone médiale de chaque foramen intervertébral et contient les nerfs segmentaires, les vaisseaux et de la graisse. Les pédicules forment une paroi latérale incomplète pour le canal spinal. Les foramens intervertébraux sont largement ouverts et permettent la sortie libre des solutions injectées dans le canal spinal sauf dans les maladies dégénératives avancées. Les études par tomодensitométrie révèlent une sortie libre des solutions par les foramens quel que soit l'âge. En raison de l'étendue des zones où la paroi latérale de l'espace épидural est incomplète et en raison de l'absence de barrières rigides dans les foramens intervertébraux, la pression de l'espace épидural reflète précisément la pression abdominale. L'augmentation de la pression abdominale, telle qu'on la rencontre dans la grossesse ou lors de la toux, est facilement transmise à l'espace épидural²⁷, contribuant à un effet augmenté des agents anesthésiques lorsque la pression abdominale est accrue. Il n'y a pas de raison de penser que les veines

passant à travers les foramens intervertébraux jouent quelque rôle que ce soit dans la transmission de pression de l'abdomen au canal spinal.

L'espace épидural antérieur

L'espace épидural antérieur est presque entièrement rempli par un plexus veineux vertébral interne confluent duquel la veine basivertébrale médiane prend son origine alors qu'elle pénètre dans le corps vertébral. Le compartiment épидural antérieur est séparé du reste du canal spinal par une fine membrane qui s'étend latéralement depuis le ligament longitudinal postérieur. Je soupçonne qu'au moins quelques cas de diffusion d'agents anesthésiques intravasculaires sont dus à la rupture de cette membrane après accumulation d'un contenu d'agents anesthésiques dans l'espace épидural. Chez la plupart des personnes, l'espace antérieur est le seul endroit de l'espace épидural qui contient de larges veines et est l'endroit le plus habituel où les cathéters épидuraux rencontrent des veines. Les cathéters qui sont avancés 3 cm ou plus dans l'espace épидural ont en conséquence plus de chance de rencontrer des veines. On le remarque souvent par une brusque facilité («pop») à avancer le cathéter.

Où vont les cathéters et la solution ?

Les observations par tomодensitométrie montrent qu'une pointe de cathéter insérée 3 cm dans le canal spinal lombaire à partir d'une ponction cutanée médiane traverse le plus souvent l'espace épидural latéral mais que la solution injectée se distribue malgré tout dans l'espace épидural et même jusqu'au foramen contre-latéral. La distribution irrégulière des liquides injectés est souvent évidente lorsque les volumes injectés sont faibles (par exemple 4 ml). De plus grands volumes (par exemple 10 ml) montrent régulièrement une distribution large même si la répartition peut être très inégale. Des localisations de pointe du cathéter et des répartitions de solutions très variées sont compatibles avec une réponse à l'anesthésique local adéquate.

Même si la pointe du cathéter est située à l'extérieur du foramen intervertébral dans l'espace paravertébral, la distribution du volume injecté se fait préférentiellement en arrière dans le canal spinal. Ceci est dû à la présence de la musculature qui entoure l'espace périvertebral responsable du développement de haute pression à l'injection, alors que le canal spinal adjacent a une pression maximale égale à celle du LCR (environ 15 cm de H₂O) et accepte le liquide par déplacement du LCR.

Références

(Voir page R43)