

# Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie

Begründet von M. Saegesser  
Herausgegeben von  
R. Bauer, F. Harder, O. Trentz

Band 44

## Die intra- und extraforaminale lumbale Diskushernie

A. Benini/K. F. Steinsiepe/M. Rohner  
(Herausgeber)

# Inhalt

Autorenverzeichnis . . . . .	7	(Ch. Hamburger)	Probleme der Computertomographie bei extrem lateralen Diskushernien prä- und postoperativ . . .	75
<b>Einleitung</b>			<b>Behandlung</b>	
Vorwort der Herausgeber . . . . .	11	(K. F. Steinsiepe)	Indikationen bei der Behandlung der intra- und extraforaminalen lumbalen Diskushernie: Besonderheiten und Abweichungen . . . . .	83
(F. Scharfetter)		(M. Rohner)	Die chirurgischen Zugänge zur foraminale lumbalen Diskushernie . . . . .	87
Einführung . . . . .	13	(S. M. Schlesinger, H. Fankhauser, N. de Tribolet)	Der mikrochirurgische Zugang bei extrem lateralen lumbalen Diskushernien . . . . .	93
(H.-G. Imhof, K. von Ammon, M. G. Yasargil)		(A. Reverdin, F. Bongioanni, A. Kostli, A. Weisse, J. Berney)	Der laterale Bandscheibenvorfall: Analyse einer Serie mit lateralem und paramedianem operativen Zugang . . . . .	99
Der Einsatz des Mikroskopes in der Chirurgie der lumbalen Diskushernie . . . . .	15			
<b>Grundlage</b>			<b>Ergebnisse</b>	
(R. Putz)		(H. Fankhauser, A. Messikomer, J. P. Robert)	Ergebnisse der externen Foraminotomie bei extraforaminaler lumbaler Diskushernie . . . . .	109
Anatomische Grundlagen . . . . .	23	(M. G. Hasdemir, U. Ebeling, H.-J. Reulen, G. Wellis)	Extrem laterale lumbale Diskushernien: Ergebnisse des lateralen Zugangs . . . . .	113
(K. F. Steinsiepe)		(K. F. Steinsiepe, U. Vardar, A. Benini, F. Scharfetter)	Postoperative Resultate bei intra- und extraforaminalen lumbalen Diskushernien: Mikrochirurgisch-lateraler Zugang mit und ohne Diskektomie . . . . .	117
Chirurgische Anatomie und Pathologie der lumbalen Intervertebralforamina . . . . .	31		Sachregister . . . . .	121
<b>Klinik und Diagnostik der extraforaminalen Diskushernie</b>				
(U. Ebeling, M. G. Hasdemir)				
Häufigkeit der extraforaminalen lumbalen Diskushernie . . . . .	43			
(F. Porchet, H. Fankhauser, N. de Tribolet)				
Klinik der extraforaminalen lumbalen Diskushernien . . . . .	47			
(M. Rohner, A. Schollerer)				
Das klinische Bild der foraminale lumbalen Diskushernie . . . . .	51			
(K. F. Steinsiepe)				
Was bedeuten Häufigkeit und Höhenlokalisierung der intra- und extraforaminalen Diskushernien für die klinische Diagnostik? . . . . .	55			
(W. Zaunbauer, Ch. Fretz, M. Haertel)				
Die extraforaminale lumbale Diskushernie. Bildgebende Diagnostik . . . . .	59			

# Anatomische Grundlagen

R. Putz

## Knöcherne Begrenzungen

Die Foramina intervertebralia der Lendenwirbelsäule sind sowohl von ihren knöchernen Konturen her als auch in ihrer Auskleidung durch bindegewebige Strukturen unterschiedlich aufgebaut. Dies hängt mit dem Übergang der Lendenlordose in den lumbosakralen Winkel zusammen und leitet sich von der segmental

unterschiedlichen Form der Wirbelkörper und der Pediculi ab.

Im Gegensatz zu den kranial davon liegenden Foramina ist das lumbosakrale Foramen intervertebrale um etwa 20 Prozent niedriger und weist eine starke Einziehung in seinem unteren Umfang auf (Abb. 1). Durch die schräge Einstellung der Längsachse des Pediculus und dessen absolut größere Querschnittsfläche er-



Abbildung 1: Knöcherne Begrenzungen der Zugänge zu den Disci intervertebrales der unteren Lendenwirbelsäule.

1 Discus intervertebralis. 2 Proc. costalis. 3 Proc. articularis superior, 4 Proc. articularis inferior. 5 Proc. spinosus. 6 Foramina intervertebrale.

a) Ansicht von rechts, lateral.

Das Foramen intervertebrale L5/S1 ist kaudal eingeengt und schräg zur Längsachse der Wirbelsäule ausgerichtet. Aufgrund der Breite des Pediculus des 5. Lendenwirbels stellt es einen wesentlich ausgeprägteren Kanal dar als die höher gelegenen Foramina.

b) Ansicht von rechts, dorsal.

An den kaudalen Lendenwirbeln sind die Wirbelgelenke zunehmend nach lateral hin ausgestellt, die Procc. spinosi werden größer. Der Abstand (\*) zwischen dem Proc. costalis des 5. Lendenwirbels und der Pars lateralis des Kreuzbeins ist dadurch häufig sehr eingeengt.

scheint dieses Foramen als regelrechter Kanal. Daran beteiligt ist auch der Proc. articularis superior des Os sacrum, der durch seinen großen Öffnungswinkel von etwa 45 Grad zur Sagittalebene in diesem Segment charakteristisch schräg nach lateral hinten divergierend eingestellt ist.

## Bindegewebige Wandanteile

Die Vorderwand von Recessus lateralis und Foramen intervertebrale wird in ihrem unteren Drittel vom Anulus fibrosus gebildet, dessen äußerste Faserlamelle an den angrenzenden Randleisten inseriert. Lateral wird der Anulus fibrosus von einer dünnen Membran bedeckt, die nach medial in das Lig. longitudinale posterius übergeht.

Das Lig. longitudinale posterius ist in der oberen Lendenwirbelsäule noch zweischichtig. Die oberflächliche Schicht läuft allerdings auf Höhe des zweiten bis dritten Lendenwirbels in einen dünnen Strang aus, der mit der tiefen Schicht verschmilzt [8]. Während die oberflächliche Schicht die Kontinuität über mehrere Segmente herstellt, ist der tiefe Anteil als monosegmentales Band aufzufassen. Es nimmt seinen Ursprung aus dem jeweils kranialen Discus intervertebralis und divergiert fächerartig nach kaudal zur Randleiste des nächsten Wirbels, zum Periost der Pediculi und lagert sich schließlich weit nach lateral an den Anulus fibrosus an (Abb. 2). Am Präparat läßt sich eine schräge Außenkante des Bandes darstellen, die vom Anulus fibrosus durch eine Tasche getrennt wird. Allerdings muß dazu ein Häutchen entfernt werden, das beide Anteile bedeckt.

Zwischen dem Band und der Hinterfläche der Wirbelkörper liegt das dicke Konvolut des Plexus venosus vertebralis internus, dessen vorderer Anteil mit den Vv. basivertebrales in Verbindung steht. Vom Plexus aus lagern sich dicke Venenbündel an die Durataschen an und ziehen mit diesen durch das Foramen intervertebrale nach lateral (Abb. 3). Mitunter lassen sich regelrechte venöse Gefäßringe um die Nervenwurzelaschen darstellen.

Nicht selten finden sich beträchtliche Duraadhäsionen sowohl innerhalb des eigentlichen Wirbelkanals als auch in den Recessus laterales entlang der Pediculi. Dadurch entstehen Fixationen der Durataschen im Kuppelanteil des Überganges vom Recessus in das Foramen.

Die Hinterwand des einzelnen Foramen intervertebrale wird zur Gänze vom Lig. flavum aufgebaut. In der Lendenwirbelsäule inserieren diese Bänder auf

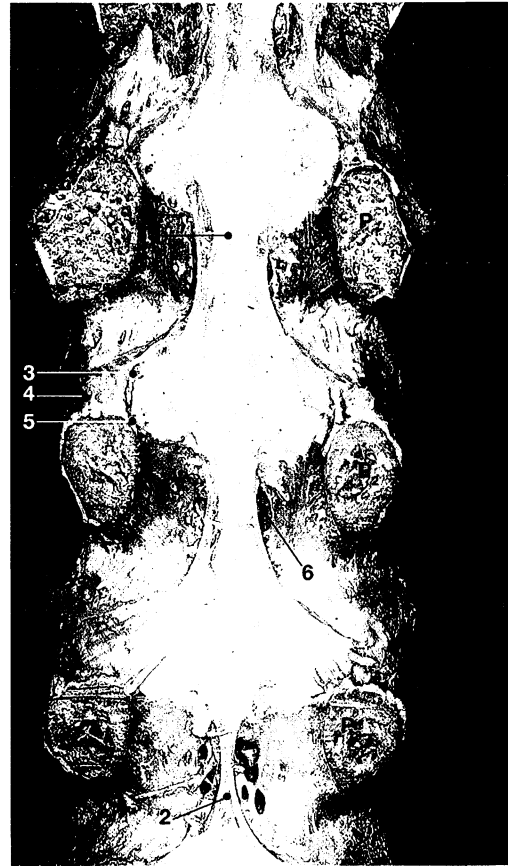
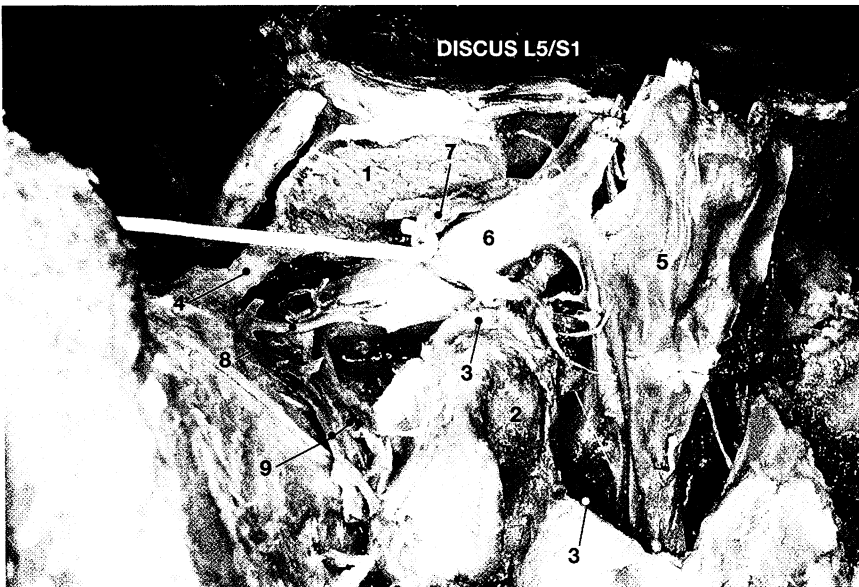


Abbildung 2: Insertion des Lig. longitudinale posterius in der oberen Lendenwirbelsäule. Es ist an der Randleiste des jeweils kaudalen Wirbels bis zum lateralen Ausgang des Foramen intervertebrale und am Periost des Pediculus (P) befestigt. Von seiner schrägen lateralen Kante geht ein Häutchen in die äußere Lamelle des Anulus fibrosus über. Unterhalb des Discus intervertebralis L3/L4 setzt sich nur mehr die tiefe Schicht bis in den Sakralkanal hinein fort. 1 oberflächliche Schicht, 2 tiefe Schicht, 3 Anheftung am Anulus fibrosus, 4 Anheftung an der Oberkante (Randleiste) des Wirbelkörpers, 5 Anheftung am Periost des Pediculus, 6 Foramen venae basivertebrales.

konsolenartigen Knochenleisten entlang der Wirbelbögen und bedecken die Wirbelgelenke in ihrem gesamten ventralen Umfang. Die seitliche Einengung des lumbosakralen Spinalkanals, die häufig auf eine lokale Hypertrophie der Ligamenta flava zurückgeführt wird, kann auch in Zusammenhang mit der besonderen mechanischen Situation der lumbosakralen Wirbelbögen gebracht werden [9]. Häufig ist eine überbreite knöcherne Anheftungskonsole der Ligamenta flava Ursache für eine dorsale Einengung der Recessus.

Innerhalb der lumbosakralen Krümmung werden in Normalhaltung die (ventralen) Zugspannungen durch das Lig. longitudinale anterius, die (dorsalen) Druckspannungen durch die Wirbelgelenke aufgenommen.



*Abbildung 3:* Die Durataschen der Nervenwurzeln werden innerhalb der Foramina intervertebralia von einem dichten Venengeflecht bedeckt, das den Plexus venosus vertebralis internus mit den extraforaminalen Venen verbindet.

1 Pediculus L5, 2 Proc. articularis superior des Os sacrum, 3 Lig. flavum, 4 aus dem Lig. iliolumbale stammende Faserzüge am lateralen Ausgang des Foramen intervertebrale, 5 Dura mater spinalis, 6 Nervenwurzel mit Ganglion spinale, 7 Venenschlinge, 8 R. dorsalis des N. spinalis, 9 Rr. dorsales der Arterien und Venen.

Vor allem die Gelenke haben zudem sehr hohen Scherkräften entgegenzuwirken, die bei Verstärkung der Lendenlordose noch zunehmen.

Im Bereich des dorsalen Umfanges der lateralen Öffnungen der Foramina intervertebralia der Lenden-

wirbelsäule sind unterschiedlich stark ausgebildete Ligamenta intertransversaria darzustellen. Da hier eine Kompression der Rami dorsales der Spinalnerven unterstellt wird, haben sich einige Autoren mit diesen Bändern befaßt [3, 5, 9]. Sie ziehen vom jeweils

kranial gelegenen Proc. accessorius, dem entwick- lungsgeschichtlichen Rest des Proc. transversus, zum oberen und äußeren Umfang des jeweils kaudal gelege- nen Proc. articularis superior (Abb. 4). Im lumbosakra- len Segment treten zusätzliche Abspaltungen aus dem iliolumbalen Bandapparat auf (Abb. 4). Sogenannte transforaminale Bänder, wie in der Literatur in den letzten Jahren beschrieben [1, 3, 4], konnten an unserm Material nicht dargestellt werden. Dagegen fanden sich vereinzelt Verknöcherungen wirbelnaher Binde- gewebstreifen aus intertransversalen Bändern, die nur kleine Durchlässe für die jeweiligen Rami dorsales der Spinalnerven und der Gefäße freilassen.

### Wirbelgelenke

Die Wirbelgelenke ändern innerhalb der Lendenwir- belsäule segmental charakteristisch ihre Einstellung. Während in allen Segmenten ein kleiner medialer An-



Abbildung 4: Am lateralen Ausgang der unteren Foramina interverte- bralia finden sich schräg eingestellte Abspaltungen der Ligg. inter- transversaria und des Lig. iliolumbale. Dadurch können die Rami dorsales der Spinalnerven und der Gefäße komprimiert werden. 1 Lig. iliolumbale, oberer Anteil, 2 unterer Anteil.

teil nahezu exakt frontal ausgerichtet bleibt, weicht der größere laterale/dorsale Anteil von kranial nach kaudal aus der Sagittalebene bis zu einem Winkel von etwa 45 Grad ab [9].

Wie eigene Messungen ergeben haben, sind die medialen Anteile der lumbalen Wirbelgelenke charak- teristischerweise im Gegensatz zu den lateralen Antei- len besonders hoch mineralisiert [7bis, 10]. Dies läßt darauf schließen, daß die in den lumbalen Bewegungs- segmenten relativ hohen, nach ventral gerichteten Scherkräfte vornehmlich von den medialen Anteilen aufgenommen werden. Die nach lateral/dorsal vorra- genden Procc. articulares superiores sind demgegen- über als Einrichtungen zur Begrenzung der Rotation anzusehen und werden auf Biegung beansprucht [10].

Die lumbalen Wirbelgelenke werden durch feste querverlaufende Verstärkungszüge der Gelenkkapsel gesichert. Schon aufgrund ihrer Festigkeit ist ihnen eine hohe Bedeutung bei der Führung der Rotation wie auch in der Begrenzung der Endphase von Ventral- und Dorsalflexion in der Lendenwirbelsäule zuzumessen [3, 9].

Die interspinalen Bänder umgreifen kaudal die Wir- belgelenke, ziehen schräg nach kranial zur Unterkante der Procc. spinosi und gehen eine feste Verbindung mit der Aponeurosis lumbodorsalis ein. Dadurch wird je- der einzelne Lendenwirbel in ein Versteifungssystem der gesamten Lendenwirbelsäule integriert (Abb. 5). Die Spannung der Aponeurose kommt durch Druck-

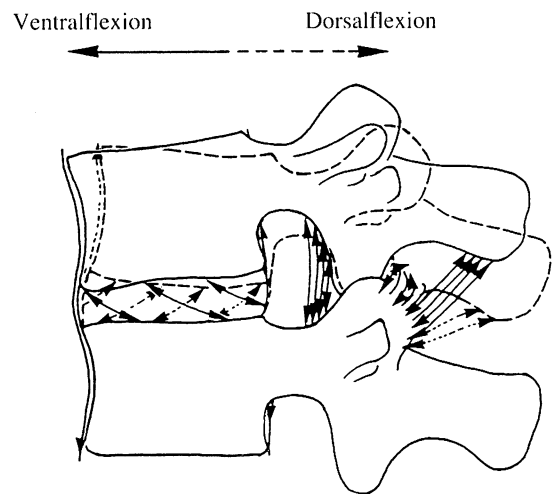


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Bandapparates der Len- denwirbelsäule.

Die Fasern des Anulus fibrosus und alle übrigen Bänder des einzel- nen Bewegungssegmentes stellen eine funktionale Einheit dar, die den Bewegungsablauf innerhalb des einzelnen Bewegungssegmentes wie eine Art Getriebe führen.

erhöhung innerhalb der osteofibrösen Röhre der autochthonen Rückenmuskulatur und durch Zug der seitlichen Bauchmuskulatur zustande.

Der gesamte Bandapparat des einzelnen lumbalen Bewegungssegmentes ist zusammen mit den Fasern des Anulus fibrosus als eine funktionelle Einheit aufzufassen. Dieses aus Bändern aufgebaute Getriebe bestimmt vor allem das Bewegungsausmaß, während die Geometrie der Bewegung von den Wirbelgelenken abhängt. Voraussetzung ist allerdings ein ausreichender Spannungszustand, der durch den Innendruck und damit die Höhe des Discus intervertebralis bestimmt wird.

## Topographie des Intervertebralraumes

Von besonderer klinischer Bedeutung ist die Lagebeziehung der Radices von L5 und von S1 in der untersten Lendenwirbelsäule. Da die Wurzeln von S1 im Recessus relativ medial liegen, können sie auch schon in einem höheren Segment (meist L4/L5) durch eine Vorwölbung des Diskus komprimiert werden.

Charakteristischerweise wird das Foramen nahezu diagonal von der Duratasche, die auch das Ganglion spinale enthält, durchzogen. Kranial liegt sie dem Pediculus eng an, während zum kaudalen Pediculus ein Abstand bestehen bleibt (Abb. 6). Wie besonders

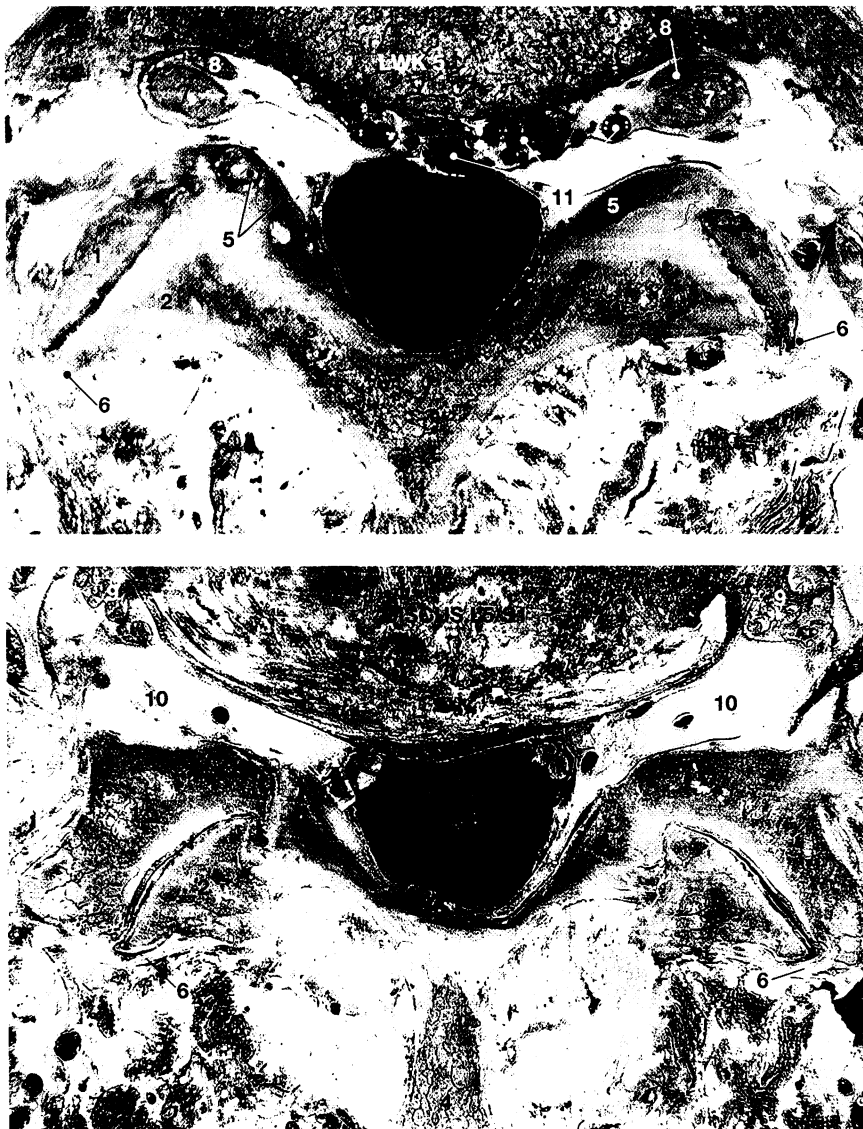


Abbildung 6: Transversale Schnitte durch die Foramina intervertebralia L5/S1.

1 Proc. articularis superior, 2 Proc. articularis inferior, 3 Lamina arcus, 4 Proc. spinosus, 5 Lig. flavum, 6 «quere» Bänder als Verstärkungszüge der lumbalen Wirbelgelenke, 7 Radix dorsalis – Ganglion spinale, 8 Radix ventralis, 9 N. spinalis, 10 Fett und Venen im Foramen intervertebrale, 11 Plexus venosus vertebralis internus, 12 tiefes Faszienblatt des M. quadratus lumborum.

- a) Schnitt durch den kranialen Anteil der Foramina  
b) Schnitt durch den kaudalen Anteil der Foramina

LANG [7] gezeigt hat, geht innerhalb der Dura mater auch die Arachnoidea bis zur Konvexität des Ganglion spinale in das Foramen intervertebrale über. Die beiden Radices werden noch innerhalb des Recessus in zwei Durataschen geführt.

Am lateralen Ausgang der Foramina formieren sich die lumbalen Nn. spinales zwischen der tiefen und der oberflächlichen Schicht des M. psoas zum Plexus lumbalis. Aus den untersten Nerven geht der Truncus lumbosacralis hervor, der, eng dem Knochen anliegend, neben der Basis ossis sacri in das kleine Becken verläuft. Ebenso eng dem Proc. articularis superior anliegend ziehen die Rr. dorsales nach hinten in die osteofibröse Röhre der autochthonen Rückenmuskulatur und teilen sich dort in den R. medialis und lateralis auf (Abb. 7).

Die letztgenannten Nerven werden von den Ausläufern der segmentalen Arterien begleitet. Diese gehen aus der Aorta abdominalis hervor und ziehen jeweils

auf Höhe des oberen Umfanges des einzelnen Foramen intervertebrale nach dorsal. Von kranial her treten einige Äste in das Foramen und den Wirbelkanal ein. Der Arterienast des Foramen intervertebrale L5/S1 kommt allerdings zumeist aus der Arteria iliolumbalis, die in der Rinne zwischen Basis und Pars lateralis ossis sacri rückläufig hinter dem Truncus lumbosacralis nach kranial zieht.

Die vielgestaltige Verbindung zwischen dem äußeren und dem inneren Plexus venosus vertebralis erfolgt vornehmlich in den unteren Zonen der Foramina. Verschiedentlich sind jedoch auch Gefäßringe um die Nervenwurzeln zu finden. Der Plexus venosus vertebralis internus liegt als dichtes Konvolut im epiduralen Raum und steht in enger Verbindung mit den Vv. basivertebrales. So ist auch der Bereich zwischen dem Lig. longitudinale posterius und der Hinterfläche der Wirbelkörper von Venengeflecht dicht erfüllt, von dem aus Venen auf die Durataschen übergehen (Abb. 8).

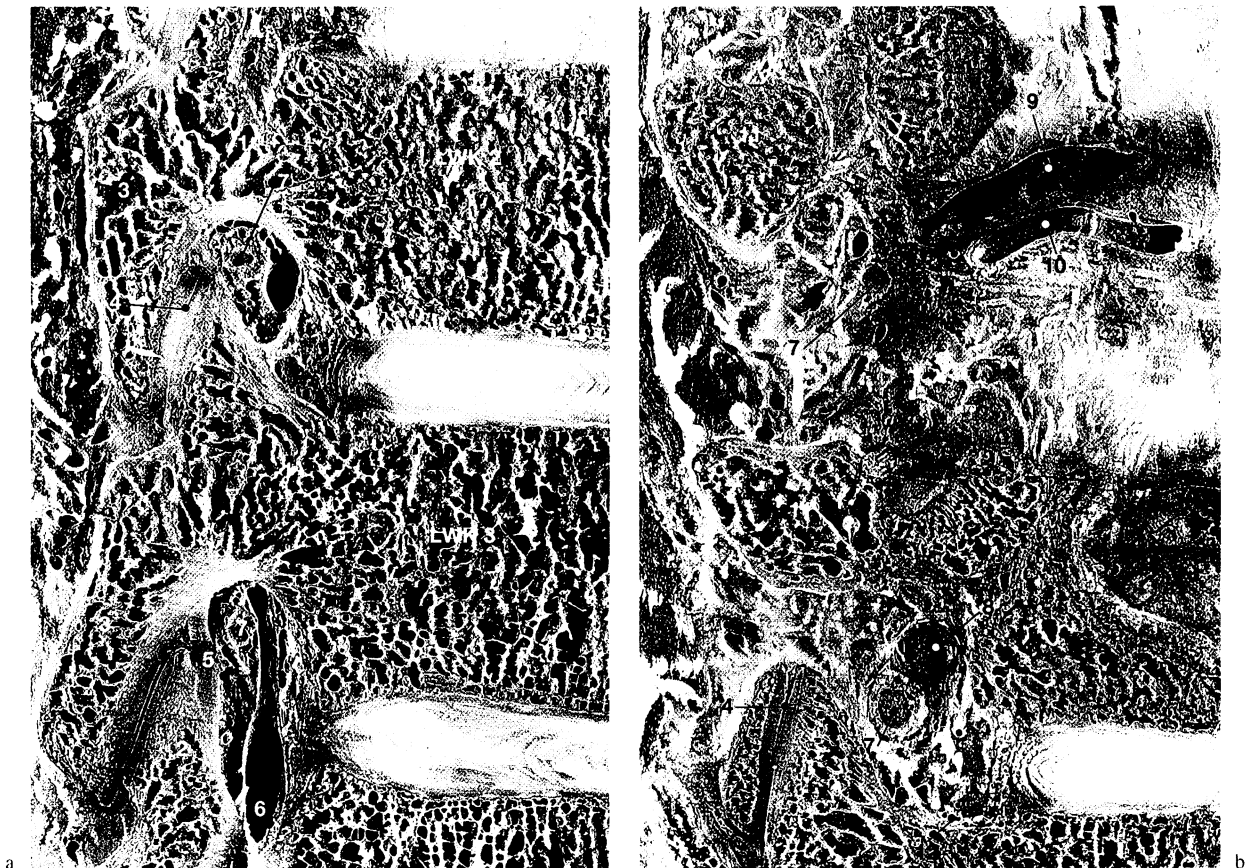


Abbildung 7: Sagittale Schnitte durch das linke Foramen intervertebrale L5/S1.

1 Pediculus, 2 Proc. articularis superior, 3 Proc. articularis inferior, 4 Wirbelgelenk, 5 Lig. flavum, 6 aus dem Recessus lateralis nach lateral vorragende Duratasche, 7 Radices spinales, 8 segmentale Arterie und Vene, 9 Segmentalvene, 10 Segmentalarterie, 11 Proc. costalis, 12 Umfang des Foramen intervertebrale.

- a) Schnitt auf Höhe des Überganges vom Recessus in das Foramen
- b) Schnitt auf Höhe des lateralen Ausganges des Foramens



Die Verbindungen zwischen dem inneren und dem äußeren Venenplexus sind häufig so fest und dicht, daß am Präparat der Eindruck ligamentärer Strukturen entstehen kann. Aus anatomischer Sicht sind demnach die Überlegungen von HOYLAND et al. [5], daß venöse Obstruktionen zur Ursache einer periradikulären Fibrose werden könnten, nicht von der Hand zu weisen.

Schließlich soll noch auf den Verlauf des R. meningeus hingewiesen werden. Nach JÄNIG [6] enthält er reichlich vegetative und afferente Fasern und versorgt

vor allem das hintere Längsband [2], die Außenzone des Anulus fibrosus und die Dura mater. Er geht variabel aus dem N. spinalis oder aus dem R. dorsalis hervor und zieht an der Vorderfläche des Foramen intervertebrale zu den genannten Strukturen. Ebenso wie die Arterien und die Venen bauen auch die Rr. meningei Anastomosen zwischen den einzelnen Segmenten auf. Die Kapseln der Wirbelgelenke und die dorsalen Bänder werden von Ästen aus dem R. dorsalis versorgt. Auch diese Nerven haben intersegmentale Anastomosen.

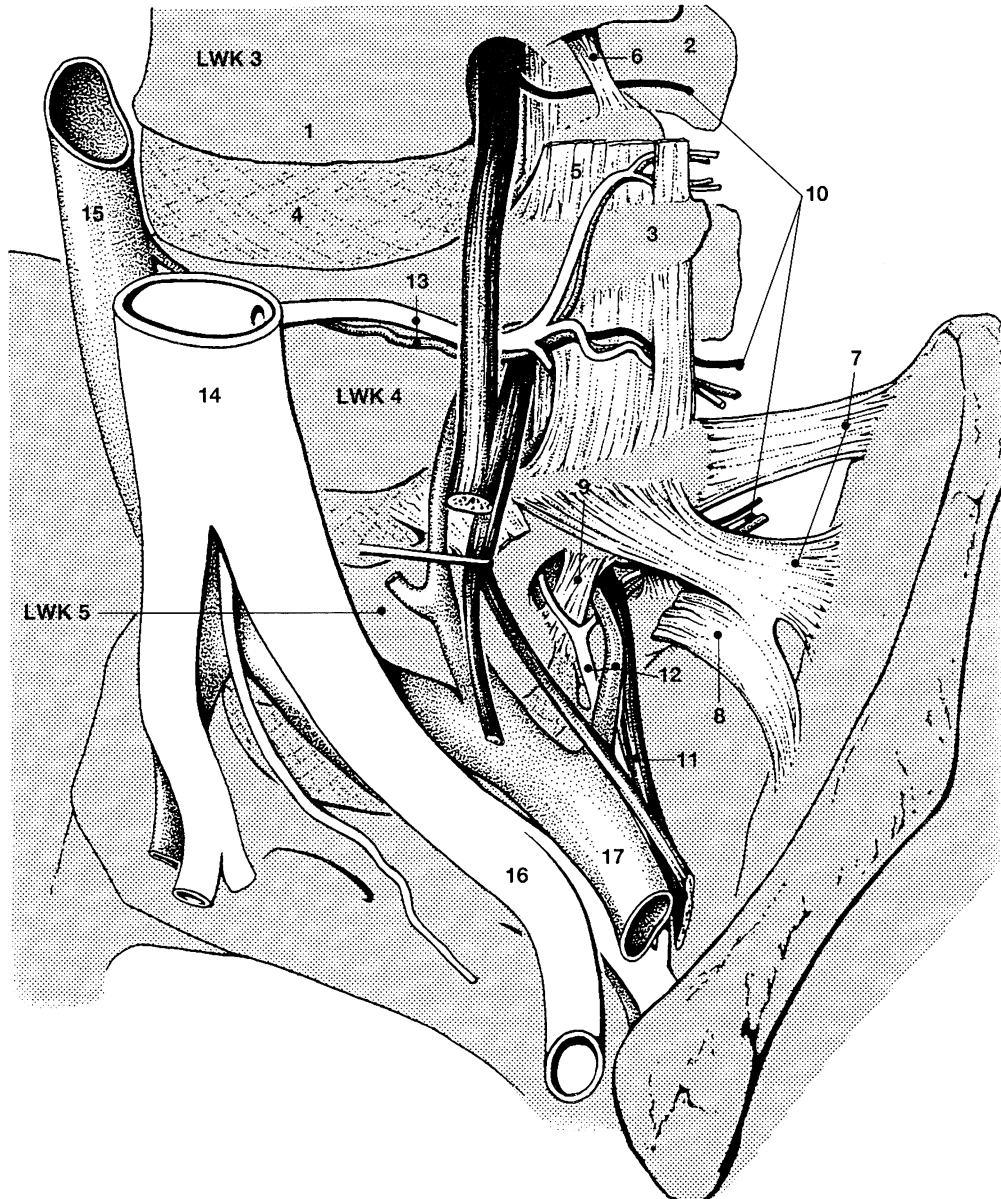


Abbildung 8: Topographie des lateralen Ausgangs der Foramina intervertebralia L4/L5 und L5/S1. 1 Corpus vertebrae, 2 Proc. spinosus, 3 Proc. costalis, 4 Discus intervertebralis, 5 Membran zwischen den Procc. costales, 6 Lig. intertransversarium, 7 Lig. iliolumbale, 8 Lig. sacroiliacum anterius, 9 Faserzug entlang der Kuppel des Foramen intervertebrale als Abspaltung des Lig. iliolumbale, 10 Rr. dorsales der Spinalnerven, 11 Truncus lumbosacralis, 12 Äste aus A. iliolumbalis und begleitender ascendierender Vene, 13 segmentale Arterie und Vene, 14 Aorta abdominalis, 15 V. cava inferior, 16 A. iliaca externa, 17 V. iliaca externa.

## Literatur

- 1 AMONOO-KUOFI, H. S., EL-BADAWI, M. G., FATANI, J. A.: *J. Anat.* 156, 177–183, 1988.
- 2 BOGDUK, N.: The Innervation of the Spine. *Spine* 293, 286–293, 1983.
- 3 BOGDUK, N., TWOMEY, L. T.: *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine*. Churchill Livingstone, Melbourne/Edinburgh/London/New York 1987.
- 4 GOLUP, B., SILVERMAN, S. B.: Transforaminal Ligaments of the Lumbar Spine. *J. Bone Jt. Surg.* 51-A, 947–956, 1969.
- 5 GRIEVE, G. P.: *Common Vertebral Joint Problems*. Churchill Livingstone, Melbourne/Edinburgh/London/New York 1988.
- 5b HOYLAND, J. A., FREEMONT, A. J., JAYSON, M. I. V.: Intervertebral Foramen. Venous Obstruction. A Cause of Periradicular Fibrosis? *Spine* 14, 558–568, 1989.
- 6 JÄNIG, W.: Viszeraler Schmerz – sympathisches Nervensystem und Schmerz. *Diagnostik* 15, 1123–1134, 1982.
- 7 LANG, J.: Morphologie und funktionelle Anatomie der Lendenwirbelsäule und des benachbarten Nervensystems. In: Hohmann, D., Kügelgen, B., Liebig, K., Schirmer, M. *Neuroorthopädie* Bd. 2 Springer, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984.
- 7b MÜLLER-GERBL, M. et al.: Computed tomography osteoabsorptiometry: a method of assessing the mechanical condition of the major joints in a living subject. *Clinical Biomechanics* 5, 193–198, 1990.
- 8 PRESTAR, F.-J., PUTZ, R.: Das Ligamentum longitudinaliaie posterius – Morphologie und Funktion. *Morph. Med.* 2, 181–189, 1982.
- 9 PUTZ, R.: *Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke*. Thieme, Stuttgart 1981.
- 10 PUTZ, R.: Funktionelle Morphologie des lumbosakralen Übergangs. In: A. Matzen (Hrsg.): *Wirbelsäulen Chirurgie. Spondylolisthesis*. Thieme, Stuttgart 1990.