

Martin Weyreuther
Christoph E. Heyde · Michael Westphal
Jan Zierski · Ulrich Weber

MRT-Atlas

Orthopädie und Neurochirurgie

Wirbelsäule



 Springer

MRT-A

Orthopä

und Neu

Wirbelsä

MRT-Atlas Orthopädie und Neurochirurgie.
Wirbelsäule

Martin Weyreuther
Christoph E. Heyde
Michael Westphal
Jan Zierski
Ulrich Weber

MRT-Atlas

Orthopädie und Neurochirurgie. Wirbelsäule

Mit einem Geleitwort von
Prof. Dr. med. Dr. h.c. Karl-Jürgen Wolf

Mit 524 Abbildungen (575 Teilabbildungen)

 Springer

Dr. Martin Weyreuther
Röntgenabteilung, HELIOS Klinik Emil von Behring
Walterhöferstr. 11, 14165 Berlin

Dr. Christoph E. Heyde
Unfallchirurgische Universitätsklinik
Charité Campus Benjamin Franklin
Hindenburgdamm 30, 12200 Berlin

Prof. Dr. Michael Westphal
Bonhoefferufer 13, 10589 Berlin

Prof. Dr. Jan Zierski
Neurochirurgische Klinik
Vivantes Klinikum Neukölln
Rudower Str. 48, 12351 Berlin

Prof. Dr. Ulrich Weber
Orthopädische Universitäts-Klinik,
Charité Campus Benjamin Franklin
Hindenburgdamm 30, 12200 Berlin

ISBN 10 3-540-40285-3 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
ISBN 13 978-3-540-40285-5 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von Jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Umschlaggestaltung: Frido Steinen-Broo, Pau, Spain
Herstellung: LE-TEX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig
Satz: Satz-Druck-Service, Leimen
Bildbearbeitung: AM-productions GmbH, Wiesloch

Gedruckt auf säurefreiem Papier 21/3100/YL 5 4 3 2 1 0

Geleitwort

Die Magnetresonanztomographie setzt ihren Siegeslauf als relativ junge diagnostische Methode ungebremst fort. Die stetige Verbesserung der räumlichen und strukturellen Detailerkennbarkeit der Organsysteme sowie die Fortschritte in der Datenverarbeitung, mit früher unvorstellbar gehaltenen räumlichen Einblicken aufgrund verbesserter Rekonstruktionsmöglichkeiten, bilden neue Grundlagen für diagnostische und therapeutische Einsichten und Verständnis. Für Radiologen, Orthopäden, Traumatologen und andere Interessierte ist es angesichts der Fülle an Informationen dieses modernen bildgebenden Verfahrens um so wichtiger, in einem praxisorientierten Gesamtverständnis von Anatomie, Pathologie, MRT-Diagnostik, Operation und Operationstechniken bis hin zu postoperativen Zuständen die Übersicht im klinischen Alltag zu behalten. Dies ist in dem räumlich manchmal nur schwer vorstellbaren Zusammenhang der Wirbelsäule und ihren Nachbarstrukturen umso bedeutsamer. Der konsequente Aufbau der Kapitel unter Einbeziehung auch der MRT-Untersuchungstechnik zeigt die besondere Erfahrung der Autoren der beteiligten Fächer, sie alle können aus umfassenden und tiefgehenden Erfahrungen dem Leser Entscheidungshilfe in alltäglichen praktischen Situationen bieten.

Die Darstellung der interdisziplinären Zusammenhänge macht den Wert dieses Buchs im Besonderen aus, geschrieben aus der Praxis und für die Praxis. Die Grundlagen sind übersichtlich und prägnant zum Verständnis von Anatomie und Pathologie präsentiert, Diagnostik und operative Maßnahmen werden didaktisch geschickt aufbereitet.

Diesem Buch ist im Interesse einer qualitativ hochwertigen Patientenversorgung nicht nur eine weite Verbreitung zu wünschen sondern auch vorherzusagen.

Prof. Dr. med. Dr. h.c. Karl-Jürgen Wolf
Berlin, im August 2005

Vorwort

Die Magnetresonanztomographie ist ein computergestütztes bildgebendes Verfahren, welches zur Diagnostik im Bereich der Haltungs- und Bewegungsorgane für zahlreiche Indikationen gut etabliert ist. Schon sehr bald nach Einführung der MRT in die Klinik Anfang der 80er-Jahre hat sich gezeigt, dass der Stellenwert der Magnetresonanztomographie zur Beschreibung normaler und pathologischer Zustandsbilder für unterschiedliche anatomische Regionen der Haltungs- und Bewegungsorgane qualitativ und quantitativ sehr unterschiedlich ist. Derzeit wird die MR-Diagnostik am Bewegungsapparat bei Erkrankungen und Verletzungen von Gelenken – hier besonders am Kniegelenk – und bei Erkrankungen und Verletzungen der Wirbelsäule häufig eingesetzt. Die besondere Bedeutung der MRT für die beiden genannten Regionen lässt sich unter anderem daran ablesen, dass in der Kniegelenksdiagnostik die Magnetresonanztomographie invasive Verfahren wie die Arthrographie und auch die Arthroskopie als rein diagnostische Maßnahme weitgehend verdrängt hat; und dass sie bei Erkrankungen und Verletzungen der Wirbelsäule die therapeutischen Strategien, vor allem auch die operativen Strategien, maßgeblich beeinflusst hat.

Das außerordentliche Interesse, welches dem im Jahre 2001 erschienenen MRT-Atlas Kniegelenk entgegengebracht wurde, hat uns ermutigt, einen gleichartigen MRT-Atlas für den Bereich Wirbelsäule zu erstellen. Auch der MRT-Atlas Wirbelsäule ist in interdisziplinärer Zusammenarbeit entstanden: Zahlreiche Erkrankungen und Verletzungen der Wirbelsäule einschließlich der unmittelbar angrenzenden anatomischen Strukturen werden von Orthopäden/Traumatologen und Neurochirurgen in gleicher Weise behandelt, bei anderen Wirbelsäulenerkrankungen und Verletzungen liegen die Behandlungsschwerpunkte teilweise oder vollständig jeweils in dem einen oder anderen Fach. Die Zusammenarbeit zwischen Vertretern der Fachgebiete Orthopädie/Traumatologie, MRT-Radiologie und Neurochirurgie schien daher sinnvoll und zweckmäßig, um Möglichkeiten und Grenzen der MRT-Diagnostik im Bereich der Wirbelsäule umfassend darzustellen. Dabei waren Eingrenzungen (z. B. Tumoren, z. B. Gefäßmissbildungen), die ggf. teilweise willkürlich ansetzen mögen, notwendig; um einerseits den besonderen Stellenwert der MRT-Diagnostik für derartige Diagnosen exemplarisch deutlich zu machen, andererseits aber auch eine den Rahmen eines derartigen MRT-Atlas sprengende Ausweitung (mit Abhandlung auch seltener und seltenster Krankheitsbilder) zu vermeiden.

Der vorliegende Atlas soll durch seine Darstellungsform vor allem dazu dienen, die jeweils wesentlichen Wirbelsäulenstrukturen zu erkennen und normale Bildinformationen von krankhaften Veränderungen möglichst schnell und effektiv zu differenzieren. Damit liegt das Hauptaugenmerk wie im MRT-Atlas Kniegelenk auch dieses Mal wieder auf einer speziellen

ausführlichen Bildauswahl, vom Normalbefund zur Pathologie, verbunden mit Hinweisen zur krankheitsspezifischen MRT-Technik und Methodik, zu diagnostischen Fallgruben (MRT-Pitfalls), zur Anatomie, zur Pathophysiologie und insbesondere zur klinischen Wertigkeit jeweiliger MRT-Befunde. Wir hoffen, dass es gelungen ist, in partnerschaftlichem Respekt die unterschiedlichen Sichtweisen unserer fachlichen Spezialitäten auch für den Bereich Wirbelsäule wieder so zu verknüpfen, dass sich ein einheitliches und für die Interpretation der Methodik zielführendes Bild ergibt.

Wir bedanken uns bei den Mitarbeitern des Springer-Verlags für die tatkräftige Unterstützung. Unser Dank gilt darüber hinaus den Sekretärinnen Frau Miriam Ziegler und Frau Brigitte Seyd, die maßgeblich an der Manuskripterstellung beteiligt waren, und wir danken Frau Dr. S. Stein, Herrn Dr. P. Teller und insbesondere Herrn Dr. M.-C. Dulce, die zur Systematisierung und zur Bereitstellung des Bildmaterials wesentlich beigetragen haben.

Die Autoren
Berlin, August 2005

Inhaltsverzeichnis

1	Normale Anatomie und Anlagevarianten.	1
1.1	Normale Anatomie	1
1.2	Doppelwurzel	1
1.3	Übergangswirbel.	1
2	Fehlanlage, Fehlentwicklung	11
2.1	Nichtdysraphische Fehlbildungen: Zysten	11
2.2	Knöcherne Fehlbildungen	12
2.3	Halbwirbel, Keilwirbel, Schmetterlingswirbel und hemimetamere Segmentverschiebung	12
2.4	Klippel-Feil-Syndrom	13
2.5	Atlantoaxiale Instabilität und basiläre Impression	14
2.6	Os odontoideum.	15
2.7	Bandscheibenatresie und Blockwirbel.	15
2.8	Diastematomyelie (Split-cord-Malformationen)	16
2.9	Syringohydromyelie.	17
2.10	Spinale dysraphische Missbildungen	18
2.11	Tethered Cord	19
2.12	Skoliose.	20
2.13	Kyphosen.	21
2.14	Lipomatose und Lipom	22
2.15	Morbus Scheuermann.	22
2.16	Hämangiom	24
2.17	Spondylolisthese.	24
3	Traumatische Veränderungen, Frakturen.	63
3.1	Densfraktur	64
3.2	Axisfraktur	64
3.3	Wirbelkontusion.	65
3.4	Atlasfraktur	65
3.5	Wirbelkörperfraktur stabil	65
3.6	Wirbelkörperfraktur instabil.	66
3.7	Quer-/Dornfortsatzfrakturen	66
3.8	Bandscheibenverletzungen	66
3.9	Frakturen bei Osteoporose	67
3.10	Posttraumatische Syrinx	67
3.11	Myelonverletzung	67
3.12	Bandverletzungen	67
3.13	Bechterew-Fraktur	68
3.14	Klinische Wertung der MRT-Befunde bei Frakturen	68
3.15	Nervenwurzelauriss	69

4	Degenerative Veränderungen	101
4.1	Osteochondrose	101
4.2	Spondylarthrose	103
4.3	Synovialzyste	104
4.4	Spinalkanalstenose	105
4.5	Neuroforaminale Stenose	106
4.6	Atlantoaxiale Arthrose	106
4.7	Bandscheibenprotrusion, Bandscheibenprolaps, Bandscheibensequester	107
4.8	Muskeldystrophie	111
5	Entzündliche Veränderungen	145
5.1	Spondylitis/Spondylodiszitis	145
5.2	Chronische Polyarthritits	146
5.3	Morbus Bechterew (Spondylitis ankylosans)	148
5.4	Myelitis	149
5.5	Multiple Sklerose	150
6	Tumoren und tumorähnliche Veränderungen	197
6.1	Neurinom, Schwannom, Neurofibrom und Meningiom	197
6.2	Astrozytom	198
6.3	Ependymom	199
6.4	Hämangioblastom	200
6.5	Dermoid	200
6.6	Epidermoid	201
6.7	Gefäßbedingte Raumforderung	202
6.8	Sarkoidose	202
7	Postoperative Veränderungen	277
7.1	Narbe	277
7.2	Rezidivprolaps	277
7.3	Knochendefekt/Fensterung	277
7.4	Serom/Hämatom	277
7.5	Knochenspaneinlage	277
7.6	Vertebroplastie	277
7.7	Osteosynthese	277
8	Literatur	293

1 Normale Anatomie und Anlagevarianten

1.1 Normale Anatomie

Technik und Methodik

Die Darstellung der Wirbelsäule erfolgt immer sagittal und axial, in einigen Fällen und Fragestellungen auch koronar.

Die typischen Sequenzen sind T1- und T2-Sequenzen in Turbospintechnik oder Gradientenechotechnik.

MRT-Befund

Abhängig vom Fettgehalt der Wirbelkörper stellt sich das Knochenmark im Erwachsenenalter relativ hyperintens zu Muskulatur auf T1- und T2-Aufnahmen dar.

Verbliebene rote Knochenmarksanteile vermindern das Signal in T1- und T2-Wichtung. Die kortikalen Knochenanteile sind fast signalfrei. Bänder stellen sich ebenfalls deutlich hypointens auf T1 und T2 dar.

Gefäßstrukturen können sich abhängig von der Sequenz und der Flussgeschwindigkeit hypo- bis hyperintens abbilden. (MWS Abb. 1.1–1.4, BWS Abb. 1.5–1.8, LWS Abb. 1.9–1.12).

1.2 Doppelwurzel

Anatomie

Doppelwurzeln sind anatomische Normvarianten.

Technik und Methodik

Doppelwurzeln stellen sich meist zufällig auf MRT-Aufnahmen dar. Sie finden sich auf den Routine-Sequenzen in sagittaler und axialer Schnittebene.

MRT-Befund

Zwei nebeneinander gelegene, intraspinale Nervenwurzeln mit regulärem Signal. Diese entspringen in einer Etage und lassen sich bis zum gemeinsamen Ursprung verfolgen. In der Etage darüber oder darunter findet sich auf der entsprechenden Seite kein Abgang aus dem Duralsack mit konsekutiver Asymmetrie. Das Signal- und Kontrastmittelverhalten entspricht denen normaler Nervenwurzeln (Abb. 1.13).

MRT-Pitfalls

Doppelwurzeln können leicht mit Bandscheibenvorfällen oder Sequestern verwechselt werden.

Klinische Wertigkeit

Als Normvarianten besitzen Doppelwurzeln keinen Krankheitswert; ihre Erkennung ist bei klinischer Symptomatik in der differentialdiagnostischen Abgrenzung gegenüber z. B. freien Bandscheibensequestern, Wurzelneurinomen und Ähnlichem erforderlich.

1.3 Übergangswirbel

Anatomie

Als Übergangswirbel werden Wirbel an den Abschnittsgrenzen bezeichnet, die Form und Charakter der angrenzenden Wirbelregion haben. Übergangswirbel werden im Bereich aller Abschnittsgrenzen (okzipitozervikal, zervikothorakal, thorakolumbal und lumbosakral) angetroffen. Es kann zwischen vollständigen und partiellen Übergangswirbeln unterschieden werden.

Pathomechanismus

Übergangswirbel werden nicht als Fehlbildungen angesehen, obwohl sie Verschiebungen bei der vertikalen Segmentation der Wirbelsäule entsprechen. An der Segmentverschiebung nehmen nicht nur die knöchernen Strukturen, sondern auch Muskulatur, Nerven, Gefäße usw. teil.

Im Verhältnis Kranialverschiebung zu Kaudalverschiebung soll der Kranialtyp überwiegen. Die Normalformel der Wirbel (sieben Halswirbel, zwölf Brustwirbel, fünf Lendenwirbel, fünf Kreuzwirbel und vier Steißwirbel) wird lediglich bei zwei Drittel aller Menschen gefunden. Übergangswirbel sind am häufigsten am lumbosakralen Übergang (Lumbalisation des ersten Sakralwirbels, Sakralisation des 5. Lendenwirbels).

Technik und Methodik

Sagittale Bilder in T1- oder T2-Technik sind sinnvoll (Abb. 1.14).

Es handelt sich meist um Zufallsbefunde bei MRT-Untersuchungen. Die genaue Zuordnung der Wirbelkörper und Bandscheiben ist nur anhand von Gesamt-

darstellungen der Wirbelsäule eindeutig. Oft ist der Befund durch Röntgenaufnahmen schon bekannt.

Bei Unklarheit in der Zuordnung der Segmente ist es wichtig, im Befund dies deutlich zu machen und sich an eine definierte Zuordnung für den Befund zu halten.

Klinische Wertung

Übergangswirbel können dauerhaft völlig symptomfrei bleiben, aber auch die Gesamtstatik der Wirbelsäule oder die Biomechanik einzelner Bewegungssegmente beeinflussen und damit zu prädispositionellen Faktoren von degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen werden. Dies gilt besonders für partielle Übergangswirbel (z. B. unvollständige Sakralisation des 5. Lendenwirbels). Besondere Bedeutung kommt den Übergangsstörungen des okzipitozervikalen Abschnittes zu. Die sog. Atlasassimilation (partielle oder komplette Verschmelzung des Atlas mit dem Okziput) gilt als seltene Veränderung, die aber mit erheblichen Funktionsstörungen (ossärer Schiefhals), häufig auch mit neurologischen Störungen (Pyramidenbahnstörungen, Arnold-Chiari-Missbildung) vergesellschaftet ist.

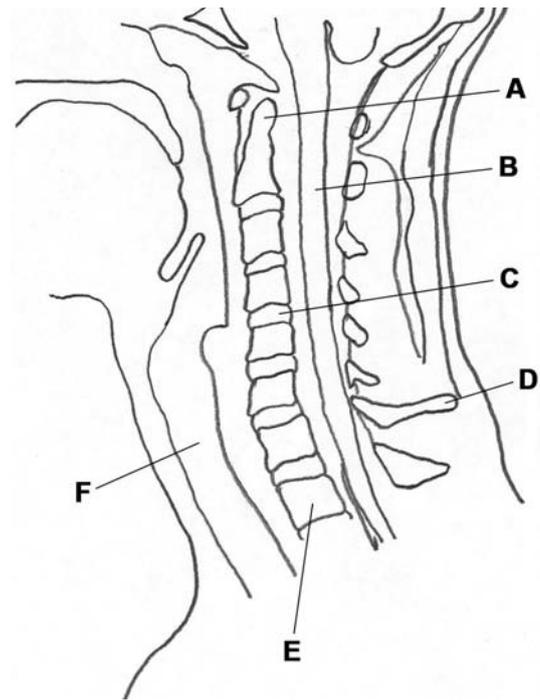


Abb. 1.1. Sagittal T1-gewichtetes Bild der normalen HWS in der Mittellinie in TSE-Technik (TurboSpinecho). Homogene Knochenmarkdarstellung der Wirbelkörper und annähernd knochenisointense Abb. der normal breiten Bandscheiben. Leicht hyperintense Darstellung des Myelon in Relation zum dunkleren Liquor. Schmäler Weichteilmantel ventral der Wirbelsäule in Höhe des Epipharynx und des Pharynx. Weichteilplus ventral von C5 dem proximalen Ösophagus entsprechend direkt unter der Glottisebene. A Dens Axis, B Myelon, C Bandscheibe C_{4/5}, D Dornfortsatz C₇, E Wirbelkörper Th₁, F Trachea

Abb. 1.2. Sagittal T2-gewichtetes Bild der normalen HWS in Turbospinetechnik (TSE-Technik). Sättigung der ventralen Weichteile zur Vermeidung von Bewegungsartefakten beim Schlucken. Der Liquor stellt sich deutlich hyperintens zum Myelon dar. Das Knochenmarksignal ist homogen und ähnlich dem im T1-Bild. Geringe Inhomogenitäten des Liquorsignals durch Pulsationsartefakte. Die Bandscheiben erscheinen geringfügig inhomogen je nach Flüssigkeitsgehalt bei regelrechter Breite. Der längste Dornfortsatz gehört zu C7. Die nuchale Muskulatur ist scharf abgrenzbar und lässt sich hypointens vom Fettgewebe abgrenzen



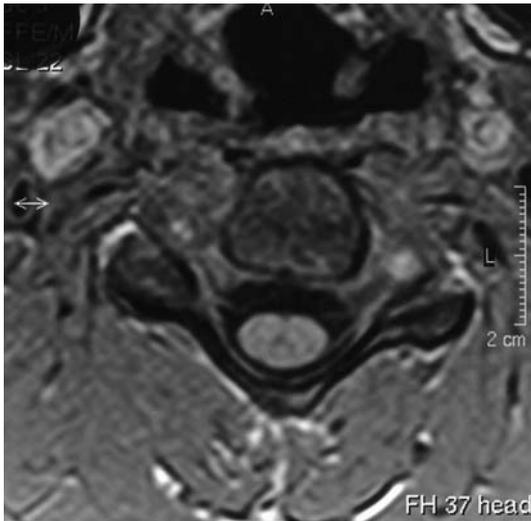


Abb. 1.3. Axiales T1-Bild der HWS in Höhe von C4/C5 in TSE-Technik. Die C5-Foramina sind beidseits gut einsehbar; der Austrittswinkel der Spinalnerven beträgt etwa 45° nach ventral (und lässt sich deshalb in sagittaler Ebene nicht gut einsehen). Innerhalb der Foramina lassen sich die Wurzeln und die Spinalnerven als dunkle „Bänder“ vom hellen Fettgewebe abgrenzen. Das Myelon kann man in ovaler Form hyperintens zum Liquor scharf abgrenzen. Die dorsalen Bogenanteile der Wirbel stellen sich als glatt begrenzte, schmale Knochenstrukturen mit Kortikalisüberzug, d. h. dunklem Randsaum dar. Die Gefäße lassen sich im umgebenden Weichteil schlecht abgrenzen

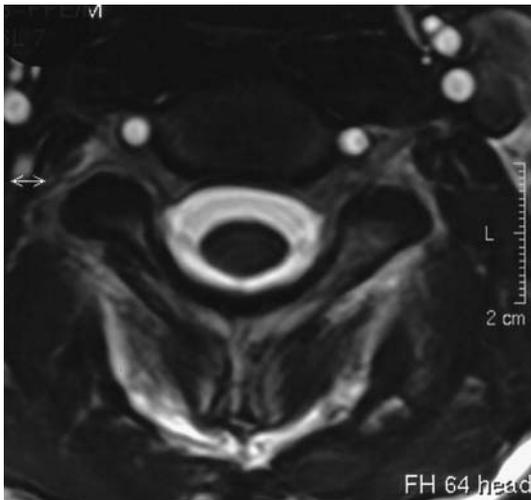


Abb. 1.5. Sagittal T1-gewichtetes Bild der BWS. Die Zuordnung der Wirbelkörper gelingt nicht sicher ohne Abb. der HWS oder LWS. Der lange Dornfortsatz am oberen Bildrand entspricht dem von C7, somit Abb. von C7/Th1 bis Mitte LWK 2. Die Signalgebung der einzelnen Strukturen entspricht denen der HWS. Deutlicher kommen die epiduralen Fettgewebsanteile dorsal des Duralsacks zur Darstellung. Das signalfreie Band ventral der Wirbelsäule bis Th6 entspricht dem Luftband der Trachea

Abb. 1.4. Axial T2-gewichtetes Bild der HWS in GRE-(Gradientenecho-)Technik in Höhe von C3/4. Helle Abbildung des Liquors und gute Abgrenzbarkeit des dunklen, homogenen Myelon. Auffällig helle Darstellung der benachbarten Gefäße, typisch für GRE-Sequenzbilder

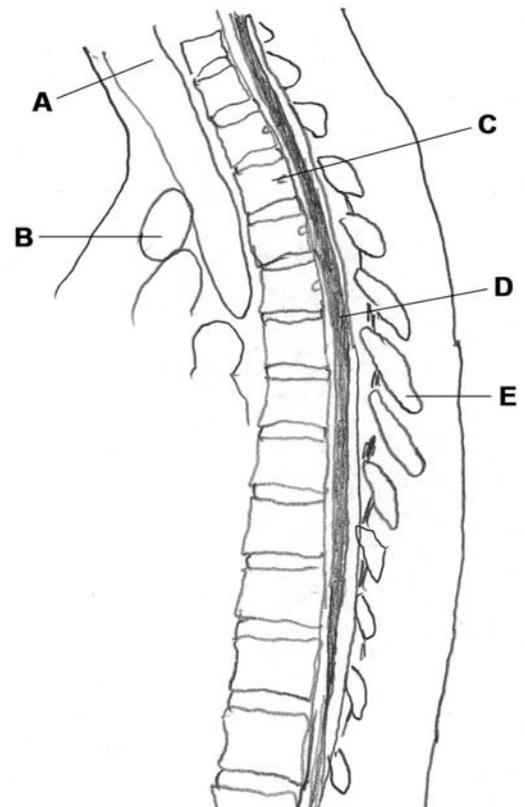


Abb. 1.6. Sagittal T2-gewichtetes Bild der BWS von C7/Th1 bis Mitte LWK2. Unauffällige Signalgebung der Wirbelkörper, des Myelon und der Weichteile. Fett und Liquor haben die gleiche Signalstärke, epidurales Fett und Liquor werden nur durch eine schmale, dunkle Linie, die Dura, getrennt. **A** Trachea, **B** Supraaortale Gefäße, **C** Wirbelkörper Th₃, **D** Myelon, **E** Dornfortsatz