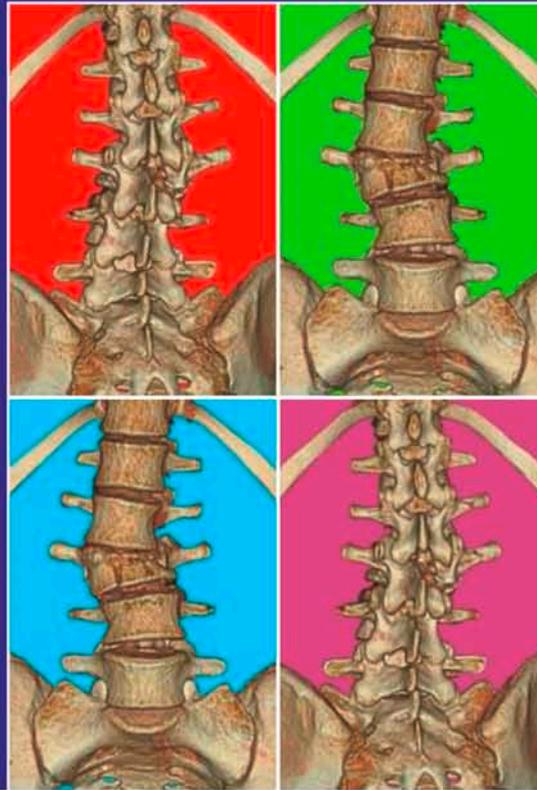


Börm ■ Meyer ■ Bullmann ■ Knop



Wirbelsäule interdisziplinär

Operative und konservative Therapie

Mit einem Grußwort der Präsidenten der DWG

Mit einem Geleitwort von Andreas Weidner

 **Schattauer**

Börm ■ Meyer ■ Bullmann ■ Knop

Wirbelsäule interdisziplinär

Unter Mitarbeit von

Markus Arand
Karim Ben Ghezala
Thomas R. Blattert
Reinhard J. Boerner
Richard Bostelmann
Rüdiger Buchalla
Ulf Culemann
Dorothea Daentzer
Karl-Stefan Delank
Alexander Disch
Rita Engenhardt-Cabillic
Jörg Franke
Jens Gempt
Frank Grochulla
Henry Halm
Stefan Hellinger
Armin K. Helmbrecht
Jörg Herdmann
Christoph-Heinrich Hoffmann
Ulrich Hubbe
Frank Kandziora
Erich Kast
Jörg Klekamp
Heiko Koller
Kiriaki Kollia
Theodoros Kombos
Ralph Kothe

Annegret Kunitz
Ulrich Kunz
Ulf Liljenqvist
Thomas Lübbers
Uwe M. Mauer
Michael Mayer
Oliver Meier
Bernhard Meyer
Dirk Meyer
Robert Morrison
Chiara Negwer
Georg Neuloh
Andreas Niedeggen
Yasuhiko Nishimura
Joachim Oertel
Luca Papavero
Tobias Pitzen
Marcus Quante
Michael Rauschmann
Marcus Richter
Christoph Röder †
Frank Rommel
Daniel Rosenthal
Michael Ruf
Marie-Luise Sautter-Bihl
Klaus-Dieter Schaser
Kai-Michael Scheufler
Philipp Schleicher

Kirsten Schmieder
Werner Schmölz
Klaus J. Schnake
Matti Scholz
Johannes Schröder
Tobias L. Schulte
Chris Schulz
Jens Seifert
Christoph Siepe
Rolf Sobottke
Lukas Staub
Hans-Jakob Steiger
Anke Steinmetz
Eduard Stettin
Dieter Stoltze
Bastian Storzer
Ralf Stücker
Theodoros Theodoridis
Claudius Thomé
Eberhard Uhl
Isabel Wanke
Jochen Weber
Bernd Wiedenhöfer
Michael Winking
Peter A. Winkler
Stefan Zausinger

Wirbelsäule interdisziplinär

Operative und konservative Therapie

Herausgegeben von

Wolfgang Börm
Frerk Meyer
Viola Bullmann
Christian Knop

Mit einem Grußwort der Präsidenten der DWG

Mit einem Geleitwort von Andreas Weidner

Mit 1038 Abbildungen
und 122 Tabellen

Prof. Dr. med. Wolfgang Börm

FA für Neurochirurgie, Neurochirurgische Intensivmedizin; Chefarzt der Neurochirurgischen Klinik, Diakonissenkrankenhaus Flensburg; Zertifikat „spinale Neurochirurgie“ und „vaskuläre Neurochirurgie“ der DGNC sowie Excellence-Zertifikat der DWG; 2010 Präsident der DWG; Arbeitsschwerpunkte: degenerative Wirbelsäulenerkrankungen, Tumoren, Traumata; u. a. Mitglied der DWG, DGNC, European Spine Society

Dr. med. Frerk Meyer

FA für Neurochirurgie, Zusatzbezeichnung Spezielle Neurochirurgische Intensivmedizin; Chefarzt der Abteilung für Wirbelsäulenchirurgie der Universitätsklinik für Neurochirurgie, Evangelisches Krankenhaus Oldenburg; Zertifikat „spinale Neurochirurgie“ der DGNC, Masterzertifikat „Wirbelsäulenchirurgie“ der DWG; Arbeitsschwerpunkte: degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule, Tumoren, Traumata; u. a. Mitglied der DGNC, DWG, European Spine Society

Prof. Dr. med. Viola Bullmann

FÄ für Orthopädie und Unfallchirurgie, Zusatzbezeichnung Kinderorthopädie, Sportmedizin, Chirotherapie, Physikalische Therapie, Spezielle Orthopädische Chirurgie; Chefarztin der Klinik für Wirbelsäulenchirurgie im St. Franziskus-Hospital Köln; Masterzertifikat „Wirbelsäulenchirurgie“ der DWG; Arbeitsschwerpunkte: kindliche und erwachsene Wirbelsäulendeformitäten; u. a. Mitglied der DGOOC, DWG, European Spine Society

Prof. Dr. med. Christian Knop

FA für Orthopädie und Unfallchirurgie, Spezielle Unfallchirurgie, Chirurgie, Zusatzbezeichnung Rettungsmedizin, Intensivmedizin, Sporttraumatologie; Ärztlicher Direktor der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Katharinenhospital, Stuttgart, zert. überregionales Traumazentrum, zert. Wirbelsäulenzentrum; Excellence-Zertifikat der DWG; 2017 Präsident der DWG; Arbeitsschwerpunkte: Verletzungen, degenerative Erkrankungen, Tumoren, posttraumatische Fehlstellungen, Infektionen; u. a. Mitglied der DGU, DGOU, Leiter der Sektion Wirbelsäule der DGOU bis 2013, Leiter der Kommission Qualitätssicherung der DWG



Ihre Meinung zu diesem Werk ist uns wichtig!
Wir freuen uns auf Ihr Feedback unter www.schattauer.de/feedback
oder direkt über QR-Code.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Besonderer Hinweis:

Die Medizin unterliegt einem fortwährenden Entwicklungsprozess, sodass alle Angaben, insbesondere zu diagnostischen und therapeutischen Verfahren, immer nur dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Drucklegung des Buches entsprechen können. Hinsichtlich der angegebenen Empfehlungen zur Therapie und der Auswahl sowie Dosierung von Medikamenten wurde die größtmögliche Sorgfalt beachtet. Gleichwohl werden die Benutzer aufgefordert, die Beipackzettel und Fachinformationen der Hersteller zur Kontrolle heranzuziehen und im Zweifelsfall einen Spezialisten zu konsultieren. Fragliche Unstimmigkeiten sollten bitte im allgemeinen Interesse dem Verlag mitgeteilt werden. Der Benutzer selbst bleibt verantwortlich für jede diagnostische oder therapeutische Applikation, Medikation und Dosierung.

In diesem Buch sind eingetragene Warenzeichen (geschützte Warennamen) nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen eines entsprechenden Hinweises nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk mit allen seinen Teilen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert werden.

© 2017 by Schattauer GmbH, Hölderlinstraße 3, 70174 Stuttgart, Germany
E-Mail: info@schattauer.de
Internet: www.schattauer.de
Printed in Germany

Projektleitung: Sabine Poppe, Eva Wallstein
Lektorat: Dr. med. Daniela Kandels, Stadtbergen
Umschlagabbildungen: © Prof. Dr. med. Christian Knop
Satz: Satzpunkt Ursula Ewert GmbH, Bayreuth
Druck und Einband: Mayr Miesbach GmbH, Miesbach

Auch als E-Book erhältlich:
ISBN 978-3-7945-6901-4

ISBN 978-3-7945-3092-2

Grußwort der Präsidenten (2015–2017) der Deutschen Wirbelsäulengesellschaft

Das hier vorliegende Buch erscheint als Folgewerk der „Spinalen Neurochirurgie“ von Wolfgang Börm und Frerk Meyer. War das erste Werk noch sehr stark geprägt durch rein neurochirurgische Autorenschaften, wurde nun auf den Puls der Zeit reagiert, sodass die Herausgeberschaft um Spezialisten aus dem Bereich der Orthopädie und Unfallchirurgie erweitert wurde. Der Titel „Wirbelsäule interdisziplinär“ spiegelt sich auch in der sorgfältig ausgewählten Autorenschaft der einzelnen Buchkapitel wider.

Dem Geist der Deutschen Wirbelsäulengesellschaft (DWG) folgend zeigt sich in dem hier vorliegenden Werk nun das Zusammenwachsen der verschiedenen Disziplinen zu einem Fachgebiet der Wirbelsäulenthherapie. Schrieb Herr Klaus Roosen noch in seinem Geleitwort zur „Spinalen Neurochirurgie“: *„Die spinale Chirurgie ist naturgegeben keine ausschließliche Domäne der Neurochirurgie, aber Neurochirurgen spielen eine wesentliche Rolle, da sich ihr therapeutisches Spektrum weit über die Behandlung degenerativer und angeborener Erkrankungen der Wirbelsäule hinaus erstreckt.“* So zeigt dieses Werk nun, dass die verschiedenen Fachgebiete bereit sind, auf die Expertise der jeweils anderen zurückzugreifen und deren Philosophien in ihr diagnostisches und therapeutisches Alltagsgeschehen zu übernehmen.

Dieses Zusammenwachsen von Orthopädie, Neurochirurgie und Unfallchirurgie unter dem Dach der DWG findet sich auch im Weiterbildungscurriculum der DWG: Das Wissen aus allen drei Fachgebieten findet seinen Niederschlag in den Inhalten der sechs Basiskurse. Das Buch kann sowohl inhaltlich als auch im interdisziplinären Sinne als geeigneter Begleiter für die persönliche Zertifizierung im System der DWG angesehen werden.

Die Herausgeber haben in „Wirbelsäule interdisziplinär“ die konsequente Struktur des Erstwerkes fortgesetzt. So ist auch dieses Buch wieder reichhaltig bebildert und mit sehr übersichtlichen Tabellen versehen. Die aktuellen und ausführlichen Literaturverzeichnisse sind zwar online zu beziehen, ermöglichen es dem interessierten Leser aber, sein Studium zu der jeweiligen Thematik zu vertiefen.

Hervorzuheben ist des Weiteren das Komplikationskapitel, das sehr dezidiert die Möglichkeiten der Verletzungen anatomischer Strukturen wie auch Spätkomplikationen kritisch zur Darstellung bringt. Es gibt sinnvolle Hinweise zum Management dieser in der Wirbelsäulenchirurgie nicht seltenen Problematik.

Das Buch schließt mit einer umfangreichen Sammlung der wichtigen Scores zu den verschiedenen Entitäten ab. In diesem Anhang finden die Leser eine große Sammlung der gängigen Klassifikationen und Einteilungen, welche so-

wohl im klinischen Alltag als auch bei wissenschaftlichen Fragestellungen ihren Einsatz finden.

Somit ist mit dem Folgewerk „Wirbelsäule interdisziplinär“ ein Standardwerk für den deutschsprachigen Raum entstanden, das aus Sicht der DWG uneingeschränkt empfohlen werden kann. Es stellt für den in der Weiterbildung oder Spezialisierung befindlichen Wirbelsäulenchirurgen ein hervorragendes Lehrbuch und einen unverzichtbaren Begleiter dar. Gleichzeitig kann es dem erfahrenen Kollegen als Nachschlagewerk dienen, um dem ständig wachsenden Erkenntnisgewinn auf dem Gebiet der Wirbelsäulenchirurgie mit einem umfassenden Update zu begegnen.

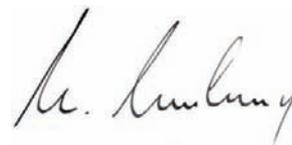
Den Herausgebern Herrn Wolfgang Börm, Herrn Frerk Meyer, Frau Viola Bullmann und Herrn Christian Knop wünscht die DWG für dieses einmalige Standardwerk zur Diagnostik und Therapie von Wirbelsäulenerkrankungen viel Erfolg. Die DWG dankt den Herausgebern und allen Autoren für ihre Mühe und Bereitschaft, ihr Wissen sowie ihre Erfahrungen preiszugeben und mit den Lesern zu teilen.



Prof. Dr. med. Michael Rauschmann

Präsident der DWG 2015

Leiter der Abteilung Wirbelsäulenorthopädie
der Orthopädischen Universitätsklinik Friedrichsheim gGmbH
in Frankfurt a. M.



Prof. Dr. med. Michael Winking

Präsident der DWG 2016

ZW-O Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie
am Klinikum Osnabrück



Prof. Dr. med. Christian Knop

Präsident der DWG 2017

Ärztlicher Direktor der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
Katharinenhospital – Klinikum Stuttgart

Geleitwort

Die Leser des Buches „Wirbelsäule interdisziplinär“ halten ein respektables Buch in ihren Händen. Es hat eine besondere Vorgeschichte: Zwei der jetzt vier Herausgeber haben 2008 als Neurochirurgen das Buch „Spinale Neurochirurgie“ herausgegeben. In ihrem Vorwort deuteten sie schon an, dass die Wirbelsäule ein multidisziplinäres Gebiet sei, doch beschränkten sich Wolfgang Börm und Frerk Meyer damals noch auf das neurochirurgische Fachgebiet. Jetzt nahmen sie mit Viola Bullmann und Christian Knop zwei erfahrene Wirbelsäulenchirurgen aus dem Gebiet der Orthopädie/Unfallchirurgie in das Boot der Herausgeber auf und machten es seetüchtiger, aber auch schwerer: Statt 441 sind jetzt 694 Seiten zu lesen.

Durch diesen interdisziplinären Ansatz ist jetzt (endlich!) ein Nachschlagewerk vorgelegt worden, das für alle von großem Nutzen sein wird, die an der Behandlung von Wirbelsäulenleiden beteiligt sind.

„Wer *soll* und wer *muss* das lesen?“, fragte ich mich bei der ersten Durchsicht des neuen Buches. Die schon in der Behandlung Erfahrenen werden über die Grenzen ihres eigenen Fachgebietes geführt. Sie können sich darüber informieren, ob nicht auch jenseits ihrer eigenen fachspezifischen Möglichkeiten andere Disziplinen erfolgreiche Behandlungen anzubieten haben. Die Beiträge über Strahlentherapie und adjuvante Therapie bei Tumoren (Kap. 7.5 und 7.6) laden dazu ein. Insbesondere die Kapitel über die operative Behandlung zeichnen sich durch eine übersichtliche Darstellung und instruktive Abbildungen aus. Erfahrene Chirurginnen und Chirurgen werden hiervon profitieren und diese Kapitel zum Anlass nehmen, ihr Spektrum zu erweitern. Bei jedem Operationsverfahren sind kritische Anmerkungen eingebunden: Insbesondere das Kapitel 5.11 über „Failed back surgery“ ist lesenswert und sollte uns nachdenklich stimmen. Die Erfahrenen werden das stattliche Buch gerne zur Hand nehmen, um sich über im Klinikalltag seltene Krankheitsbilder zu informieren, wie z. B. über Verletzungen im Kindes- und Jugendalter (Kap. 6.4) oder über Verletzungen bei ankylosierter Wirbelsäule (Kap. 6.5).

Dieses Buch sollte in jeder Klinik, die sich auf die Behandlung von Wirbelsäulenleiden spezialisiert hat, vorhanden sein.

Wer aber *muss* die 694 Seiten lesen? Alle, die sich in der Weiterbildung oder in der Spezialisierung befinden, werden großen Nutzen aus diesem Buch ziehen. Wer täglich zehn Seiten dieses Buches liest, hat nach etwa 70 Tagen eine Reise durch das ganze Buch abgeschlossen. Dieses so erworbene Wissen ist eine gute Grundlage, sich kritisch

mit den neuen Behandlungsmöglichkeiten auseinanderzusetzen. In der Vergangenheit wurden viele von uns Älteren unvorbereitet mit neuen Konzepten konfrontiert: Es wurde von uns nicht immer hinterfragt, ob die Behandlungsergebnisse für den „durchschnittlichen“ Anwender validiert sind. Die Beiträge über die Qualitätssicherung (Kap. 4) und über die psychiatrischen und psychosomatischen Aspekte der chronischen Rückenschmerzen (Kap. 5.12) sind geeignet, sich diesen kritischen Blick zu erarbeiten.

Die Autoren der Beiträge über die Krankheitsbilder beschreiben prägnant alle in der Orthopädie/Unfallchirurgie und in der Neurochirurgie vorkommenden Erkrankungen. Früher hätte man in mehreren Lehrbüchern nachschlagen müssen, was jetzt in einem Buch angeboten wird.

Die Kapitel über ausgewählte Operationstechniken sind didaktisch hervorragend in folgende Abschnitte gegliedert: Indikationen, Kontraindikationen, Aufklärungsinhalte, technische Voraussetzungen, operative Schritte, postoperative Maßnahmen und mögliche Komplikationen. Alles ist so flüssig und leicht verständlich geschrieben, dass sich mir die Warnung meines ersten chirurgischen Lehrers aufdrängt: „Eine OP-Anleitung, die einfach erscheint, ist in der Wirklichkeit des Operationssaals schwer umzusetzen, da es in der geschriebenen OP-Anleitung nicht blutet.“

Nicht nur als Nachschlagewerk oder als Begleitbuch bei der Weiterbildung ist dieses Buch ein Gewinn. Aus meiner Sicht ist noch viel bedeutsamer, dass mit diesem Titel „Wirbelsäule interdisziplinär“ die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen salonfähig geworden ist. Schon 1953 haben der Orthopäde Kurt Lindemann (Hannover) und der Neurochirurg Hans Kuhlendahl (Düsseldorf) gemeinsam ein Buch über die Wirbelsäule geschrieben. Damals standen beide „allein auf weiter Flur“. Heute weiß man, dass komplexe Zusammenhänge nur durch die Nutzung der Methoden unterschiedlicher Disziplinen verstanden werden können. Ein reines Nebeneinander reicht nicht mehr aus.

Möge das Buch dazu beitragen, dass die beteiligten Fachgebiete interdisziplinär gemeinsam arbeiten. Prestige oder Dünkel darf die Zusammenarbeit nicht mehr gefährden.

Ich beglückwünsche die Herausgeber, die Autoren und den Schattauer Verlag zu diesem eindrucksvollen Werk. Ich wünsche dem Buch eine weite Verbreitung zum Wohle der Patienten.

Prof. Dr. med. Andreas Weidner
Neurochirurg und Orthopäde
DWG-Ehrenmitglied

Vorwort

Die „Spinale Neurochirurgie“ von Wolfgang Börm und Frerk Meyer hat sich nach ihrem Erscheinen 2009 rasch zu einem Standardwerk für die deutsche Wirbelsäulenchirurgie entwickelt. In den vergangenen zehn Jahren sind die Wirbelsäulenchirurgen aus Neurochirurgie, Orthopädie und Unfallchirurgie zusammengerückt, die Grenzen der Fächer werden unscharf. Als Motor dieser Annäherung wirkt die Deutsche Gesellschaft für Wirbelsäulenchirurgie (DWG). Ein interdisziplinäres wirbelsäulenchirurgisches Ausbildungs-Curriculum wurde erarbeitet, und die persönliche Zertifizierung der DWG ist eine Erfolgsgeschichte geworden.

Diese aktuelle Idee einer interdisziplinären Wirbelsäulenchirurgie ist fruchtbar und gewinnbringend für die neurochirurgische, orthopädische und unfallchirurgische Expertise – und nicht zuletzt für die von uns behandelten Patienten. In diesem Geist entstand die Idee für eine erweiterte Neuauflage, für die „Wirbelsäule interdisziplinär“.

Das Spektrum der „Spinalen Neurochirurgie“ sollte ergänzt werden um das unfallchirurgische und orthopädische Wissen. Diese Idee wurde konsequent umgesetzt – nicht nur durch einen neuen Titel. Die Herausgeberschaft wurde um Viola Bullmann und Christian Knop ergänzt, die Autorenschaft angepasst und durch hochkarätige Experten aus Unfallchirurgie und Orthopädie erweitert.

Das Buch bietet eine aktuelle, umfassende und interdisziplinäre Darstellung der gesamten Wirbelsäulenchirurgie. Es soll dem Erfahrenen als Nachschlagewerk dienen, gleichzeitig den Kollegen in der Weiterbildung oder Spezialisierung ein Begleiter auf diesem Weg sein. Das aktuelle Ausbildungs-Curriculum der DWG wurde versucht so vollständig wie möglich abzubilden, damit das Buch auch als Begleiter für die sechs Basiskurse der DWG dienen kann.

Die konservative Therapie findet sich als wichtiger Bestandteil der Wirbelsäulentherapie auch in diesem Buch wieder. Eine vollständige Darstellung der gesamten nicht-operativen Behandlung von Erkrankungen der Wirbelsäule kann dieses Werk jedoch nicht leisten, da es den Rahmen unseres Buches gesprengt hätte. Jedoch werden die Möglichkeiten und Grenzen einer konservativen Therapie und ihre Abgrenzung zum operativen Vorgehen aufgezeigt.

Der Schwerpunkt unseres Buches liegt auf den Indikationen, Techniken und Möglichkeiten wirbelsäulenchirurgischer Operationen. Tipps und Tricks, die Komplikationsmöglichkeiten und ihre Behandlung werden detailliert vermittelt. Ergebnisse zu den verschiedenen Behandlungsformen werden diskutiert, und ein kompaktes und aktuelles Literaturverzeichnis soll ein vertieftes Studium ermöglichen. Aus unserer Sicht ist es gelungen, eine national und international anerkannte Auswahl von Experten aus den Fächern Orthopädie, Unfallchirurgie und Neurochirurgie als Autoren zu gewinnen.

Wir danken unseren Autoren für ihre Bereitschaft, hervorragende Beiträge beizusteuern, diese sorgfältig zu überarbeiten und abzustimmen. Die Zusammenarbeit mit den Lektorinnen des Schattauer Verlags, Sabine Poppe und Eva Wallstein, und der Redakteurin Daniela Kandels war höchst effektiv und stets angenehm – ohne diese drei wäre das Werk mühsam oder unmöglich gewesen. Herzlichen Dank auch an die Grafikerin Karin Baum für die großartige Umsetzung der Illustrationen und ganz besonders an den Verleger Dieter Bergemann, ohne dessen Hartnäckigkeit wir diese „zweite Runde“ wahrscheinlich gar nicht erst in Angriff genommen hätten.

Unser besonderer Dank gilt unseren Familien, die uns während der Entstehung des Werkes in zahlreichen Stunden entbehren mussten. Wir danken ihnen für Verständnis, Unterstützung und Ermunterung für das Projekt!

Unseren Lesern wünschen wir eine interessante Lektüre. Wir hoffen, dass Sie Antworten auf Fragen im wirbelsäulenchirurgischen Alltag finden, aber auch komplexe Fragestellungen mithilfe des Werkes lösbar werden. Als Begleiter in der Weiterbildung oder Spezialisierung soll Ihnen dieses Buch Freude bereiten, sinnvoll sein und Ihnen die Faszination „Interdisziplinäre Wirbelsäulenchirurgie“ vermitteln.

Flensburg, Oldenburg, Köln
und Stuttgart, im März 2017

Wolfgang Börm
Frerk Meyer
Viola Bullmann
Christian Knop

Anschriften

Herausgeber

Prof. Dr. med. Wolfgang Börm

Neurochirurgische Klinik
Diakonissenkrankenhaus
Knuthstraße 1
24939 Flensburg
boermwo@diako.de

Dr. med. Frerk Meyer

Abteilung für Wirbelsäulenchirurgie
Universitätsklinik für Neurochirurgie
Evangelisches Krankenhaus Oldenburg
Steinweg 13–17
26122 Oldenburg
frerk.meyer@evangelischeskrankenhaus.de

Prof. Dr. med. Viola Bullmann

St. Franziskus Hospital Köln
Orthopädie II – Wirbelsäulenchirurgie
Schönsteinstraße 63
50825 Köln
viola.bullmann@cellitinnen.de

Prof. Dr. med. Christian Knop

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
Klinikum Stuttgart – Katharinenhospital
Kriegsbergstraße 60
70174 Stuttgart
c.knop@klinikum-stuttgart.de

Mitautoren

Prof. Dr. med. Markus Arand

Klinik für Unfall-, Wiederherstellungschirurgie und
Orthopädie
Klinikum Ludwigsburg
Posilipostraße 4
71640 Ludwigsburg
markus.arand@kliniken-lb.de

Dr. med. Karim Ben Ghezala

Hospital Clinica Benidorm
Avda. Alfonso Puchades, 8
03501 Benidorm (Alicante), Spanien
karim@benghezala.com

Prof. Dr. med. Thomas R. Blattert

Abteilung Wirbelsäulenchirurgie und Traumatologie
Orthopädische Fachklinik Schwarzach
Dekan-Graf-Straße 2–6
94374 Schwarzach
thomas.blattert@ofks.de

Univ.-Prof. Dr. med. Dr. scient. pth. Dipl.-Psych.

Reinhard J. Boerner

Zentrum für Psychologische und Psychosoziale Medizin
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Christliches Krankenhaus gGmbH
Goethestraße 10
49610 Quakenbrück
r.boerner@ckq-gmbh.de

Dr. med. Richard Bostelmann

Neurochirurgische Klinik
Universitätsklinikum Düsseldorf
Moorenstraße 5
40225 Düsseldorf
richard.bostelmann@med.uni-duesseldorf.de

Dr. med. Rüdiger Buchalla

Neurochirurgische Klinik
Diakonissenkrankenhaus
Knuthstraße 1
24939 Flensburg
buchallaru@diako.de

Prof. Dr. med. Ulf Culemann

Klinik für Unfallchirurgie
AKH-Gruppe
Allgemeines Krankenhaus Celle
Siemensplatz 4
29223 Celle
ulf.culemann@akh-celle.de

PD Dr. med. Dorothea Daentzer

DIAKOVERE Annastift
Orthopädische Klinik der Medizinischen Hochschule
Hannover
Anna-von-Borries-Straße 1–7
30625 Hannover-Kleefeld
dorothea.daentzer@diakovere.de

Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank

Universitätsklinikum Halle
Department für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungs-
chirurgie
Ernst-Grube-Straße 40
06120 Halle (Saale)
stefan.delank@uk-halle.de

PD Dr. med. Alexander Disch

UniversitätsWirbelsäulenzentrum
UniversitätsCentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Dresden
Fetscherstraße 74
01307 Dresden
alexander.disch@uniklinikum-dresden.de

Prof. Dr. med. Rita Engenhardt-Cabillic

Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg
Standort Marburg
Baldingerstraße
35043 Marburg
rita.engenhardt-cabillic@uk-gm.de

PD Dr. med. Jörg Franke

Wirbelsäulen- und Kinderorthopädie
Klinik für Orthopädie II
Klinikum Magdeburg gGmbH
Birkenallee 34
39130 Magdeburg
joerg.franke@klinikum-magdeburg.de

PD Dr. med. Jens Gempt

Neurochirurgische Klinik und Poliklinik
Klinikum rechts der Isar der TU München
Ismaninger Straße 22
81675 München
jens.gempt@tum.de

Dr. med. Frank Grochulla

Zentrum für Orthopädie, Neuro- und Unfallchirurgie
Metropol Medical Center
Virnsberger Straße 75
90431 Nürnberg
frank.grochulla@mmc-nuernberg.de

Prof. Dr. med. Henry Halm

Klinik für Wirbelsäulenchirurgie mit Skoliosezentrum
Schön Klinik Neustadt
Am Kiebitzberg 10
23730 Neustadt in Holstein
hhalm@schoen-kliniken.de

Dr. med. Stefan Hellinger

Windenmacherstraße 2
80333 München
hellinger@gmx.de

Dr. med. Armin K. Helmbrecht, MBA

Zentrum für funktionserhaltende Wirbelsäulen-
chirurgie
Apex Spine Center
MVZ im Helios
Dachauer Straße 124a
80637 München
armin.helmbrecht@arcor.de

PD Dr. med. Jörg Herdmann

Zentrum für Muskuloskeletale Medizin Düsseldorf
Klinik Wirbelsäule & Schmerz
St. Vinzenz-Krankenhaus
Schlossstraße 85
40477 Düsseldorf
herdmann@uni-duesseldorf.de

Dr. med. Christoph-Heinrich Hoffmann

Zentrum für Wirbelsäulen-
chirurgie und
Neurotraumatologie
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Frankfurt am Main
Friedberger Landstraße 430
60389 Frankfurt am Main
christop-heinrich.hoffmann@bgu-frankfurt

Dr. med. Ulrich Hubbe

Klinik für Neurochirurgie
Universitätsklinikum Freiburg
Breisacher Straße 64
79106 Freiburg
ulrich.hubbe@uniklinik-freiburg.de

Prof. Dr. med. Frank Kandziora

Zentrum für Wirbelsäulen-
chirurgie und
Neurotraumatologie
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Frankfurt am Main
Friedberger Landstraße 430
60389 Frankfurt am Main
frank.kandziora@bgu-frankfurt.de

PD Dr. med. Erich Kast

CEO Spine AG
Rietstrasse 30
CH-8200 Schaffhausen, Schweiz
kast@spine.team

Prof. Dr. med. Jörg Klekamp

Wirbelsäulenzentrum und Neurochirurgie
Christliches Krankenhaus e. V.
Danziger Straße 2
49610 Quakenbrück
j.klekamp@ckq-gmbh.de

Assoc.-Prof. Dr. med. Heiko Koller

Zentrum für Wirbelsäulen- und Skoliotherapie
Schön Klinik Nürnberg Fürth
Europa-Allee 1
90763 Fürth
hkoller@schoen-kliniken.de
Department of Traumatology and Sports Injuries
Paracelsus Medical University Salzburg, Österreich

Dr. med. Kiriaki Kollia

Zentrum für Diagnostische und Interventionelle
Neuroradiologie
Klinik Hirslanden
Witellikerstrasse 40
8032 Zürich, Schweiz
kiriaki.kollia@hirslanden.ch

Prof. Dr. med. Theodoros Kombos

Klinik für Neurochirurgie
Schlosspark-Klinik
Heubnerweg 2
14059 Berlin
theodoros.kombos@schlosspark-klinik.de

PD Dr. med. Ralph Kothe

Klinik für Spinale Chirurgie
Schön Klinik Hamburg Eilbek
Dehnhaiide 120
22081 Hamburg
rkothe@schoen-kliniken.de

Dr. med. Annegret Kunitz

Innere Medizin mit Schwerpunkt Hämatologie/Onkologie
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Virchow-Klinikum
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin
annegret.kunitz@charite.de

Prof. Dr. med. Ulrich Kunz

ehem. Neurochirurgische Klinik
Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Oberer Eselsberg 40
89081 Ulm
ulrich.kunz@extern.uni-ulm.de

Prof. Dr. med. Ulf Liljenqvist

Orthopädie II – Wirbelsäulen Chirurgie
St. Franziskus Hospital
Hohenzollernring 72
48145 Münster
ulf.liljenqvist@sfh-muenster.de

Dr. med. Thomas Lübbers

Abteilung für Wirbelsäulen Chirurgie
Klinikum Leer gGmbH
Augustenstraße 35–37
26789 Leer
thomas.luebbers@klinikum-leer.de

Prof. Dr. med. Uwe M. Mauer

Neurochirurgische Klinik
Bundeswehrkrankenhaus
Oberer Eselsberg 40
89081 Ulm
uwemaxmauer@bundeswehr.org

PD Dr. med. Michael Mayer

Zentrum für Wirbelsäulen- und Skoliotherapie
Schön Klinik Nürnberg Fürth
Europa-Allee 1
90763 Fürth
mimayer@schoen-kliniken.de
(zum Zeitpunkt der Erstellung des Beitrags:
Zentrum für Wirbelsäulen Chirurgie
Werner Wicker Klinik, Bad Wildungen-Reinhardshausen)

Dr. med. Oliver Meier

Zentrum für Wirbelsäulen Chirurgie
Orthopädisches Schwerpunkt-Klinikum
Werner Wicker Klinik
Im Kreuzfeld 4
34537 Bad Wildungen-Reinhardshausen
wirbelsaeule@werner-wicker-klinik.de

Prof. Dr. med. Bernhard Meyer

Neurochirurgische Klinik und Poliklinik
Klinikum rechts der Isar der TU München
Ismaninger Straße 22
81675 München
bernhard.meyer@tum.de

Dr. med. Dirk Meyer

Spinale Neurochirurgie und Wirbelsäulen Chirurgie
Josef Hospital Delmenhorst
Westerstraße 10
27749 Delmenhorst
d.meyer@jh-del.de

Dr. med. Robert Morrison

Zentrum für konservative und operative
Wirbelsäulentherapie
Klinikum Ingolstadt
Krumenauerstraße 25
85049 Ingolstadt
robert.morrison@klinikum-ingolstadt.de

Chiara Negwer

Neurochirurgische Klinik und Poliklinik
Klinikum rechts der Isar der TU München
Ismaninger Straße 22
81675 München
chiara.negwer@tum.de

Dr. med. Georg Neuloh

Klinik für Neurochirurgie
Universitätsklinikum Aachen
Pauwelsstraße 30
52074 Aachen
gneuloh@ukaachen.de

Dr. med. Andreas Niedeggen

Behandlungszentrum für Rückenmarkverletzte
Unfallkrankenhaus Berlin
Warener Straße 7
12683 Berlin
andreas.niedeggen@ukb.de

Yasuhiko Nishimura

ZIP: 5450012
1-14-24 Momogaike Abeno
Osaka, Japan
nishimuray@koyo-hosp.jp

Prof. Dr. med. Joachim Oertel

Klinik für Neurochirurgie
Universitätsklinikum des Saarlandes
Kirrberger Straße
Gebäude 90.5
66421 Homburg-Saar
oertelj@freenet.de

Prof. Dr. med. Luca Papavero

Klinik für Spinale Chirurgie
Schön Klinik Hamburg Eilbek
Dehnhaike 120
22081 Hamburg
lpapavero@schoen-kliniken.de

Prof. Dr. med. Tobias Pitzen

Abteilung für Wirbelsäulenchirurgie
SRH Klinikum Karlsbad-Langensteinbach GmbH
Guttmanstraße 1
76307 Karlsbad
tobias.pitzen@kkl.srh.de

Prof. Dr. med. Markus Quante

Klinik für Wirbelsäulenchirurgie und Skoliosezentrum
Schön Klinik Neustadt
Am Kiebitzberg 10
23730 Neustadt in Holstein
mquante@schoen-kliniken.de

Prof. Dr. med. Michael Rauschmann

Abteilung für Wirbelsäulenorthopädie
Orthopädische Universitätsklinik Friedrichsheim gGmbH
Marienburgstraße 2
60528 Frankfurt am Main
m.rauschmann@friedrichsheim.de

Prof. Dr. med. Marcus Richter

Wirbelsäulenzentrum
St. Josefs-Hospital Wiesbaden
Beethovenstraße 20
65189 Wiesbaden
mrichter@joho.de

Prof. Dr. med. Christoph Röder †

ehem. Institut für Soziale und präventive Medizin (ISPM)
Universität Bern
Finkenhubelweg 11
3012 Bern, Schweiz

Dr. med. Frank Rommel

Neurochirurgisches Wirbelsäulenzentrum
Bodelschwingstraße 10/3
68723 Schwetzingen
rommel@neuro-wz.de

Dr. med. Daniel Rosenthal

Neurochirurgische Praxis
Zeppelinstraße 20
61352 Bad Homburg
drosenthal@drosenthalmd.com

PD Dr. med. Michael Ruf

Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie, Orthopädie
und Traumatologie
SRH Klinikum Karlsbad-Langensteinbach GmbH
Guttmanstraße 1
76307 Karlsbad
michael.ruf@kkl.srh.de

Prof. Dr. med. Marie-Luise Sautter-Bihl

Klinik für Strahlentherapie
Städtisches Klinikum Karlsruhe
Moltkestraße 90
76133 Karlsruhe
marie-luise.sautter-bihl@klinikum-karlsruhe.de

Univ.-Prof. Dr. med. Klaus-Dieter Schaser

UniversitätsCentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Dresden
Fetscherstraße 74
01307 Dresden
klaus-dieter.schaser@uniklinikum-dresden.de

Prof. Dr. med. Kai-Michael Scheufler

Klinik für Neurochirurgie
Klinikum Dortmund gGmbH
Münsterstraße 240
44145 Dortmund
kai.scheufler@gmx.net

Dr. med. Philipp Schleicher

Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie und
Neurotraumatologie
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Frankfurt am Main
Friedberger Landstraße 430
60389 Frankfurt am Main
philipp.schleicher@bgu-frankfurt.de

Prof. Dr. med. Kirsten Schmieder

Neurochirurgische Universitätsklinik
Universitätsklinikum Knappschafts-Krankenhaus Bochum
In der Schornau 23–25
44892 Bochum
kirsten.schmieder@kk-bochum.de

Assoz. Prof. Dipl.-Ing. (FH) Dr. Werner Schmölz

Muskuloskeletale Biomechanik
Universitätsklinik für Unfallchirurgie
Medizinische Universität Innsbruck
Anichstraße 35
6020 Innsbruck, Österreich
werner.schmoelz@tirol-kliniken.at

Dr. med. Klaus J. Schnake

Schön Klinik Nürnberg Fürth
Zentrum für Wirbelsäulen- und Skoliotherapie
Europa-Allee 1
90763 Fürth
kschnake@schoen-kliniken.de

Dr. med. Matti Scholz

Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie und
Neurotraumatologie
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Frankfurt am Main
Friedberger Landstraße 430
60389 Frankfurt am Main
matti.scholz@bgu-frankfurt.de

PD Dr. med. Johannes Schröder

ZW-O Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie
Klinikum Osnabrück
Am Finkenhügel 3
49076 Osnabrück
schroeder@zw-o.de

Univ.-Prof. Dr. med. Tobias L. Schulte

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Orthopädische Universitätsklinik der Ruhr-Universität
Bochum
Katholisches Klinikum Bochum
St. Josef-Hospital
Gudrunstraße 56
44791 Bochum
dr.tobias.schulte@web.de

Dr. med. Chris Schulz

Neurochirurgische Klinik
Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Oberer Eselsberg 40
89081 Ulm
chris.schulz@extern.uni-ulm.de

Dr. med. Jens Seifert

Interdisziplinäres Wirbelsäulenzentrum
Asklepios Orthopädische Klinik Hohwald
Hohwaldstraße 40
01844 Neustadt in Sachsen
je.seifert@asklepios.com

Prof. Dr. med. Christoph Siepe

Wirbelsäulenzentrum
Schön-Klinik München Harlaching
Institut für Wirbelsäulenforschung der Paracelsus-
Universität Salzburg
Harlachinger Straße 51
81547 München
csiepe@schoen-kliniken.de

PD Dr. med. Rolf Sobottke

Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Medizinisches Zentrum Städteregion Aachen GmbH
Mauerfeldchen 25
52146 Würselen
sobottke@mz-ac.de

Dr. med. Lukas Staub, PhD

Institut für Sozial- und Präventivmedizin
Universität Bern
Finkenhübelweg 11
3012 Bern, Schweiz
lukas.staub@ispm.unibe.ch

Prof. Dr. med. Hans-Jakob Steiger

Neurochirurgische Klinik
Universitätsklinikum Düsseldorf
Moorenstraße 5
40225 Düsseldorf
hsteiger@uni-duesseldorf.de

PD Dr. med. Anke Steinmetz

Konservative Orthopädie und Manuelle Medizin
Muskuloskeletales Zentrum
Loreley-Kliniken St. Goar-Oberwesel
Hospitalgasse 11
55430 Oberwesel
a.steinmetz@loreley-kliniken.de

Dr. med. Eduard Stettin

Abteilung für Neurochirurgie
Bundeswehrzentral Krankenhaus
Rübenacherstraße 170
56064 Koblenz
e.stettin@gmx.de

Dr. med. Dieter Stoltze

Schumacherstraße 11
76275 Ettlingen
kd.stoltze.md@googlemail.com

Bastian Storzer

Zentrum für Wirbelsäulen- und Skoliotherapie
Schön Klinik Nürnberg Fürth
Europa-Allee 1
90763 Fürth
bstorzer@schoen-kliniken.de

Prof. Dr. med. Ralf Stücker

Abteilung für Kinderorthopädie
Kinderkrankenhaus Hamburg Altona
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Bleickenallee 38
22763 Hamburg
ralf.stuecker@kinderkrankenhaus.net

Dr. med. Theodoros Theodoridis

Minimalinvasive und operative Wirbelsäulentherapie
Viktoria Klinik Bochum
Viktoriastraße 66–70
44787 Bochum
info@dr-theodoridis.de

Univ.-Prof. Dr. med. Claudius Thomé

Medizin Zentrum Anichstraße
Universitätsklinik für Neurochirurgie
Anichstraße 35
6020 Innsbruck, Österreich
claudius.thome@tirol-kliniken.at

Prof. Dr. med. Eberhard Uhl

Neurochirurgische Klinik
Universitätsklinikum Gießen und Marburg
Standort Gießen
Klinikstraße 33
35385 Gießen
eberhard.uhl@neuro.med.uni-giessen.de

Prof. Dr. med. Isabel Wanke

Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
und Neuroradiologie
Universitätsklinik Essen
Hufelandstraße 55
45122 Essen
isabel.wanke@hirslanden.ch

PD Dr. med. Jochen Weber

Klinik für Neurochirurgie
Klinikum Steinenberg
Steinenbergstraße 31
72764 Reutlingen
palaeoweber@gmx.de

Dr. med. Bernd Wiedenhöfer

Wirbelsäulenchirurgie
Schön Klinik Lorsch
Wilhelm-Leuschner-Straße 10
64653 Lorsch
bwiedenhoefers@schoen-kliniken.de

Prof. Dr. med. Michael Winking

ZW-O Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie
Klinikum Osnabrück
Am Finkenhügel 3
49076 Osnabrück
winking@zw-o.de

Univ.-Prof. Dr. med. Peter A. Winkler

Universitätsklinik für Neurochirurgie
Christian-Doppler-Klinik
Paracelsus Universität Salzburg
Ignaz-Harrer-Straße 79
5020 Salzburg, Österreich
p.winkler@salk.at

Prof. Dr. med. Stefan Zausinger

Campus Großhadern
Neurochirurgische Klinik
Klinikum der Universität München
Marchioninistraße 15
81377 München
stefan.zausinger@med.uni-muenchen.de

Inhalt

Grundlagen

1	Relevante Anatomie der Wirbelsäule . . . 3
1.1	Craniocervicaler Übergang 3 <i>Kirsten Schmieder</i>
1.2	Subaxiale Halswirbelsäule 5 <i>Kirsten Schmieder</i>
1.3	Brustwirbelsäule 8 <i>Jochen Weber</i>
1.4	Lendenwirbelsäule 12 <i>Frank Grochulla</i>
1.4.1	Relevante Anatomie für dorsale Interventionen . . 12
1.4.2	Relevante Anatomie für ventrale Interventionen. . 14
1.5	Anatomische Varianten: Übergangsstörungen, Fehlbildungen, Variationen 16 <i>Peter A. Winkler</i>
2	Biomechanik 21
2.1	Biomechanik der Wirbelsäule 21 <i>Werner Schmölz, Richard Bostelmann</i>
2.1.1	Erfassung und Interpretation biomechanischer Ergebnisse. 21
2.1.2	Aufbau eines funktionellen Wirbelsäulenabschnitts (FSU) 24
2.1.3	Kinematik der Wirbelsäule: Bewegungen 26
2.1.4	Kinetik der Wirbelsäule: Lastübertragung 27
2.1.5	Gesamtbalance der Strukturen 28
2.2	Sagittale Balance 29 <i>Jörg Franke</i>
2.2.1	Radiologische Analyse: standardisierte Darstellung 30
2.2.2	Spinopelvine Parameter 30
2.2.3	Kompensationsmechanismen 36
2.2.4	Korrekturmessung und Fazit 39

3	Bildgebende Diagnostik der Wirbelsäule 41 <i>Kiriaki Kollia, Isabel Wanke, Frerk Meyer, Viola Bullmann</i>
3.1	Bedeutung der verschiedenen Verfahren 41
3.2	Diagnostik verschiedener Erkrankungen 42
4	Qualitätssicherung mittels Registern in der Wirbelsäulenchirurgie 53 <i>Christoph Röder (†), Lukas P. Staub, Rolf Sobottke, Frerk Meyer</i>

Krankheitsbilder

5	Degenerative Erkrankungen 61
5.1	Anamnese und Klinik 62 <i>Viola Bullmann</i>
5.2	Pathophysiologie 63 <i>Tobias L. Schulte</i>
5.3	Cervicaler Bandscheibenvorfall 65 <i>Kirsten Schmieder</i>
5.4	Cervicale Myelopathie 73 <i>Frerk Meyer, Jörg Klekamp</i>
5.5	Thorakaler Bandscheibenvorfall 87 <i>Kai-Michael Scheufler</i>
5.6	Lumbaler Bandscheibenvorfall 93 <i>Wolfgang Börm</i>
5.7	Lumbalkanalstenose 100 <i>Claudius Thomé</i>
5.8	Synovialzysten 105 <i>Michael Winking, Ralph Kothe</i>
5.9	Degenerative Spondylolisthesis 107 <i>Viola Bullmann</i>

5.10	Adulte Skoliosen	113	6.3.3	Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs.	201
	<i>Markus Quante, Henry Halm</i>			<i>Christian Knop</i>	
5.11	Failed-back-surgery-Syndrom	122	6.3.4	Verletzungen der Lendenwirbelsäule	206
	<i>Stefan Zausinger, Eberhard Uhl</i>			<i>Klaus J. Schnake</i>	
5.12	Psychiatrische und psychosomatische Aspekte chronischer Rückenschmerzen	133	6.3.5	Sacrumverletzungen einschließlich des lumbosacralen Übergangs	208
	<i>Reinhard J. Boerner</i>			<i>Ulf Culemann</i>	
5.13	Epidurale Lipomatose	142	6.4	Verletzungen im Kindes- und Jugendalter . . .	211
	<i>Dorothea Daentzer, Jochen Weber</i>			<i>Christian Knop</i>	
5.14	Sport nach Wirbelsäulenoperationen	145	6.5	Verletzungen bei ankyloisierter Wirbelsäule	218
	<i>Jochen Weber</i>			<i>Markus Arand</i>	
6	Verletzungen	151	6.6	Osteoporotisch bedingte Frakturen der Wirbelsäule	221
6.1	Grundlagen	152		<i>Klaus J. Schnake, Thomas R. Blattert</i>	
6.1.1	Epidemiologie	152	6.7	Posttraumatische Fehlstellungen	224
	<i>Christian Knop</i>			<i>Klaus J. Schnake, Robert Morrison</i>	
6.1.2	Anamnese und Klinik	154	6.8	Offene und penetrierende Verletzungen der Wirbelsäule	229
	<i>Christian Knop</i>			<i>Chris Schulz, Ulrich Kunz</i>	
6.1.3	Erstbehandlung.	156	7	Tumoren	237
	<i>Christian Knop</i>		7.1	Anamnese und Klinik	238
6.1.4	Traumatische Instabilität.	157		<i>Jörg Klekamp</i>	
	<i>Christian Knop</i>		7.2	Intra- und extramedulläre Tumoren	239
6.1.5	Neurologische Begleitverletzungen.	159		<i>Jörg Klekamp</i>	
	<i>Andreas Niedeggen</i>		7.3	Primäre Knochentumoren	251
6.1.6	Polytrauma	168		<i>Ulf Liljenqvist, Klaus-Dieter Schaser</i>	
	<i>Christian Knop</i>		7.3.1	Benigne Tumoren	254
6.1.7	Prinzipien der Behandlung	170	7.3.2	Maligne Tumoren	259
	<i>Christian Knop</i>		7.4	Sekundäre Wirbeltumoren und tumorbedingte pathologische Frakturen	263
6.1.8	Begutachtung von Verletzungsfolgen	172		<i>Frerk Meyer, Tobias Pitzen</i>	
	<i>Markus Arand</i>		7.5	Strahlentherapie bei Wirbelsäulentumoren	270
6.2	Verletzungen der Halswirbelsäule	174		<i>Marie-Luise Sautter-Bihl, Rita Engenhardt-Cabillic</i>	
	<i>Frank Kandziora, Matti Scholz, Philipp Schleicher, Christoph-Heinrich Hoffmann</i>		7.5.1	Grundlagen der Strahlentherapie	270
6.2.1	Obere Halswirbelsäule	176	7.5.2	Wirbelsäulenmetastasen.	275
6.2.2	Untere Halswirbelsäule	185	7.5.3	Malignes spinales Kompressionssyndrom	276
6.2.3	HWS-Distorsion	190	7.5.4	Multiple Myelom und sonstige Lymphome	277
6.3	Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule	193	7.5.5	Primäre Tumoren des Spinalkanals	278
	<i>Klaus J. Schnake</i>		7.5.6	Ossäre Tumoren der Wirbelsäule	283
6.3.1	Klassifikation	193			
	<i>Klaus J. Schnake</i>				
6.3.2	Verletzungen der Brustwirbelsäule	196			
	<i>Christian Knop</i>				

7.6	Adjuvante Therapie von Wirbelsäulentumoren	285	10	Skoliose und Spondylolisthesis	359
	<i>Annegret Kunitz</i>		10.1	Anamnese und Klinik	359
7.6.1	Knochensarkome	286		<i>Bernd Wiedenhöfer</i>	
7.6.2	Weichteilsarkome	287	10.1.1	Skoliose	359
7.6.3	Chordome	288	10.1.2	Spondylolisthesis	361
7.6.4	Hämatologische Neoplasien	288	10.2	Idiopathische Skoliose	362
7.6.5	Metastasen	289		<i>Ulf Liljenqvist, Viola Bullmann</i>	
8	Entzündungen	291	10.3	Kongenitale Skoliose	369
8.1	Anamnese und Klinik	291		<i>Michael Ruf</i>	
	<i>Michael Winking, Ralph Kothe</i>		10.4	Neuromuskuläre Skoliose	374
8.2	Rheumatoide Arthritis	292		<i>Bernd Wiedenhöfer</i>	
	<i>Ralph Kothe, Michael Winking</i>		10.5	Scheuermann-Kyphose	378
8.3	Axiale Spondylarthritis	297		<i>Michael Mayer, Oliver Meier, Heiko Koller</i>	
	<i>Michael Winking, Ralph Kothe</i>		10.6	Spondylolisthesis	385
8.4	Eitrige Entzündungen der Wirbelsäule	302		<i>Michael Ruf</i>	
	<i>Ulrich Hubbe</i>		10.6.1	Dysplastische Spondylolisthesis	386
8.4.1	Spondylodiscitis	303	10.6.2	Spondylyse, lytische Spondylolisthesis	390
8.4.2	Spinale epidurale Abszesse, spinale intradurale Empyeme	308	11	Vaskuläre Erkrankungen	393
8.5	Spinale Tuberkulose	310	11.1	Spinale arteriovenöse Malformationen und Cavernome	393
	<i>Ulrich Hubbe</i>			<i>Hans-Jakob Steiger, Frank Rommel</i>	
9	Fehlbildungen	315	11.1.1	Spinale arteriovenöse Malformationen	393
9.1	Anamnese und Klinik	315	11.1.2	Spinale cavernöse Malformationen	397
	<i>Jörg Klekamp</i>		11.2	Spinale Blutungen	400
9.2	Spinale Fehlbildungen	318		<i>Ulrich Kunz, Eduard Stettin</i>	
	<i>Jörg Klekamp</i>		Ausgewählte Operationstechniken		
9.3	Craniocervicale Fehlbildungen	325	12	Nicht-instrumentierte Eingriffe	407
	<i>Jörg Klekamp</i>		12.1	Perkutane Verfahren	407
9.4	Spina bifida aperta	336		<i>Erich Kast, Wolfgang Börm</i>	
	<i>Uwe M. Mauer</i>		12.1.1	Periradikuläre Therapie, Facettenblockade	407
9.5	Spinale Arachnopathien und Syringomyelie	341		<i>Erich Kast, Wolfgang Börm</i>	
	<i>Jörg Klekamp</i>		12.1.2	Lumbale und cervicale epidurale periradikuläre Schmerztherapie	410
9.6	Erkrankungen der spinalen Dura mater	347		<i>Theodoros Theodoridis</i>	
	<i>Jörg Klekamp</i>		12.1.3	Ligamentäre Infiltration am Iliosacralgelenk (ISG-Block)	414
9.7	Spontanes spinales Liquorverlustsyndrom	355		<i>Theodoros Theodoridis</i>	
	<i>Dirk Meyer</i>				

12.1.4	Thorakale Spinalnervenanalgesie (TSPA/intercostaler Block)	415	13.1.3	Densverschraubung.	469
	<i>Theodoros Theodoridis</i>			<i>Dirk Meyer, Frerk Meyer</i>	
12.2	Endoskopische Techniken	417	13.1.4	Transorale Densresektion	471
12.2.1	Posterolateraler und transforaminaler Zugang zur endoskopischen Bandscheibenchirurgie	417		<i>Jörg Herdmann, Dieter Stoltze</i>	
	<i>Thomas Lübbers</i>		13.1.5	Anteriore HW 1/2-Verschraubung	475
12.2.2	Interlaminäre Bandscheibenchirurgie	419		<i>Dirk Meyer, Frerk Meyer</i>	
	<i>Christoph J. Siepe</i>		13.2	Halswirbelsäule von dorsal.	476
12.2.3	Endoskopische Behandlung der lumbalen Spinalkanalstenose	422	13.2.1	Zugang zur dorsalen HWS.	476
	<i>Joachim Oertel</i>			<i>Ralph Kothe</i>	
12.2.4	Perkutane endoskopische dorsale HWS-Dekompression.	424	13.2.2	Craniocervicale Stabilisierung und subaxiale Fusionstechniken.	479
	<i>Thomas Lübbers, Yasuhiko Nishimura</i>			<i>Ralph Kothe</i>	
12.2.5	Perkutane endoskopische anteriore HWS-Dekompression.	425	13.2.3	Transartikuläre atlantoaxiale Stabilisierung	480
	<i>Stefan Hellinger</i>			<i>Wolfgang Börm</i>	
12.2.6	Thorakoskopische Behandlung thorakaler Bandscheibenvorfälle	427	13.2.4	HW 1/2-Verschraubung nach Harms	483
	<i>Daniel Rosenthal</i>			<i>Dirk Meyer, Frerk Meyer</i>	
12.3	Mikrochirurgische Techniken	432	13.2.5	HW 2-Laminaschrauben	485
12.3.1	Cervicale Discektomie und anteriore Uncoforaminotomie	432		<i>Dirk Meyer</i>	
	<i>Kirsten Schmieder</i>		13.2.6	HW 1-Rekonstruktion von dorsal	487
12.3.2	Dorsale cervicale Mikroforaminotomie	435		<i>Michael Winking</i>	
	<i>Armin K. Helmbrecht</i>		13.2.7	Fusionstechnik nach Gallie und Brooks.	489
12.3.3	Sequestrektomie, Discektomie über interlaminären Zugang	437		<i>Michael Winking</i>	
	<i>Wolfgang Börm</i>		13.3	Dorsale Instrumentationen an BWS und LWS.	492
12.3.4	Translaminärer und extraforaminaler Zugang	439	13.3.1	Fixateur interne (offene Technik).	492
	<i>Luca Papavero</i>			<i>Johannes Schröder, Alexander Disch, Ulf Liljenqvist, Klaus-Dieter Schaser</i>	
12.3.5	Mikrochirurgische Dekompression bei Lumbalkanalstenose	443	13.3.2	Perkutaner Fixateur.	494
	<i>Claudius Thomé</i>			<i>Thomas R. Blattert</i>	
12.4	Rückenmarkchirurgie.	445	13.3.3	Stabilisierungstechniken am Sacrum.	497
	<i>Jörg Klekamp</i>			<i>Ulf Culemann</i>	
12.4.1	Tumorchirurgie	445	13.4	Fusions- und Korrekturtechniken an BWS und LWS.	500
12.4.2	Chiari-Malformationen	454	13.4.1	Dorsale Fusionstechniken	500
12.4.3	Arachnopathien und Syringomyelie	459		<i>Johannes Schröder</i>	
			13.4.2	Ventrale Fusionstechniken	506
				<i>Thomas R. Blattert, Christian Knop, Robert Morrison, Klaus J. Schnake, Marcus Richter</i>	
13	Instrumentierte Eingriffe	461	13.4.3	Spezielle Techniken	524
13.1	Halswirbelsäule von ventral.	462		<i>Klaus-Dieter Schaser, Ulf Liljenqvist, Christian Knop, Ralf Stücker, Heiko Koller, Oliver Meier</i>	
13.1.1	Ventrale cervicale Fusion	462	14	Dynamische Stabilisierungen	563
	<i>Tobias Pitzén</i>		14.1	Der lumbale totale Bandscheibenersatz	563
13.1.2	Cervicale Bandscheibenprothesen.	467		<i>Frank Grochulla</i>	
	<i>Armin K. Helmbrecht</i>				

14.2	Pedikelschrauben-gestützte Systeme	567	19.1.2	Operationen an der HWS von ventral	608
	<i>Bernhard Meyer, Chiara Negwer</i>			<i>Tobias Pitzen</i>	
14.3	Interspinöse Spreizer	568	19.1.3	Operationen an der HWS von dorsal	611
	<i>Bernhard Meyer, Jens Gempt</i>			<i>Tobias Pitzen</i>	
14.4	Hybridlösungen	570	19.1.4	Operationen an der LWS	611
	<i>Karim Ben Ghezala, Frank Grochulla</i>			<i>Wolfgang Börm, Claudius Thomé</i>	
15	Augmentationstechniken	573	19.2	Vaskuläre Komplikationen	613
15.1	Zementaugmentation von Wirbelkörpern . . .	573	19.2.1	Operationen am craniocervicalen Übergang . . .	613
	<i>Thomas R. Blattert, Klaus J. Schnake</i>			<i>Ralph Kothe</i>	
15.2	Zementaugmentation von Implantaten . . .	577	19.2.2	Operationen an der subaxialen HWS	614
	<i>Thomas R. Blattert, Klaus J. Schnake</i>			<i>Tobias Pitzen, Erich Kast</i>	
15.3	Zementaugmentation am Sacrum	579	19.2.3	Operationen an der BWS	615
	<i>Ulf Culemann</i>			<i>Thomas R. Blattert</i>	
16	Spinale Navigation	581	19.2.4	Operationen an der LWS	617
	<i>Johannes Schröder, Wolfgang Börm</i>			<i>Marcus Richter</i>	
17	Neurophysiologisches Monitoring bei spinalen Eingriffen	587	19.2.5	Operationen am Sacrum	618
	<i>Rüdiger Buchalla, Georg Neuloh, Theodoros Kombos</i>			<i>Ulf Culemann</i>	
17.1	Grundlagen	587	19.3	Weichteilkomplikationen	619
17.2	Indikationen nach Lokalisation und Diagnose	591	19.3.1	Verletzungen des Pharynx und Ösophagus	619
				<i>Kirsten Schmieder</i>	
18	Konservative Therapie	595	19.3.2	Verletzungen des N. laryngeus recurrens	619
18.1	Prinzipien der Korsettbehandlung	595		<i>Kirsten Schmieder</i>	
	<i>Jens Seifert</i>		19.3.3	Verletzungen des Ductus thoracicus	621
18.2	Prinzipien der konservativen Therapie von Wirbelsäulenerkrankungen	597		<i>Michael Winking</i>	
	<i>Anke Steinmetz, Karl-Stefan Delank</i>		19.3.4	Pulmonale Komplikationen	622
				<i>Michael Winking</i>	
			19.3.5	Verletzungen des Ureters und Darms bei Operationen an der LWS	622
				<i>Marcus Richter</i>	
			19.4	Postoperative Deformität	623
			19.4.1	Schwanenhalsdeformität	623
				<i>Tobias Pitzen</i>	
			19.4.2	Anschlussdegeneration	624
				<i>Frank Grochulla</i>	
			19.4.3	Revisionsstrategien nach Wirbelsäulenoperationen	626
				<i>Michael Rauschmann</i>	
			19.5	Infektionen	633
				<i>Kai-Michael Scheufler</i>	
			19.5.1	Frühinfektion	633
			19.5.2	Spätinfektion	635
			19.6	Liquorfistel und Pseudomeningocele	637
				<i>Luca Papavero</i>	
			19.6.1	Liquorfistel	637
			19.6.2	Pseudomeningocele	642

Komplikationen

19	Komplikationsmanagement	607
19.1	Neurologische Komplikationen	608
19.1.1	Operationen am craniocervicalen Übergang . . .	608
	<i>Ralph Kothe</i>	

19.7	Komplikationen bei der Zementaugmentation	643
	<i>Bastian Storzer, Klaus J. Schnake, Thomas R. Blattert</i>	
19.7.1	Kypho- und Vertebroplastie.	643
19.7.2	Implantataugmentation	644
20	Nonunion, Pseudarthrose, BMP	647
	<i>Karim Ben Ghezala</i>	
21	Management von immun-supprimierten Patienten	655
	<i>Ralph Kothe</i>	

Anhang

22	Skalen und Scores	659
	<i>Richard Bostelmann</i>	
22.1	Degenerative Erkrankungen	660
22.1.1	Definition der Osteoporose.	660
22.1.2	Klassifikation der osteoporotisch bedingten Kompressionsfraktur der BWS und LWS in Anlehnung an Wu	660
22.1.3	Klassifikation der Facettengelenkarthrose nach Fujiwara	661
22.1.4	Klassifikation der Muskeldegeneration nach Goutallier	661
22.1.5	Klassifikation der Bandscheibendegeneration nach Pfirrmann.	661
22.1.6	BASDAI-Score für Morbus Bechterew	662
22.2	Frakturen	662
22.2.1	Klassifikation der Occipitalcondylen-Frakturen nach Jeanneret	662
22.2.2	Klassifikation der atlanto-occipitalen Dislokation (AOD) nach Traynelis	663
22.2.3	Klassifikation der atlanto-axialen Dislokationen (AAD)	663
22.2.4	Klassifikation der HW-1-Fraktur nach Gehweiler/Jefferson	663
22.2.5	Klassifikation der Densfraktur nach Anderson und d'Alonzo.	664
22.2.6	Klassifikation der HW-2-Fraktur („Hangman“)	665

22.2.7	Klassifikation der posttraumatischen Denspseudarthrosen (mod. nach Blauth)	665
22.2.8	Klassifikation der BWS- und LWS-Frakturen nach Magerl et al.	666
22.2.9	Klassifikation von HWS-Verletzungen nach der <i>Subaxial Cervical Spine Injury Classification and Severity Scale</i> (SLICS)	668
22.2.10	Klassifikation von BWS- und LWS-Verletzungen nach dem <i>Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score</i> (TLICS)	668
22.2.11	Vorschlag für einen Score zur Indikationsfindung bei osteoporotischen Wirbelfrakturen	669
22.2.12	Vorschlag zur Klassifikation osteoporotischer Wirbelfrakturen	670
22.3	Tumoren	670
22.3.1	Klassifikation spinaler Wirbelkörpermetastasen nach dem Score-System von Tokuhashi.	670
22.3.2	Klassifikation spinaler Wirbelkörpermetastasen nach Tomita	671
22.3.3	Chirurgische Klassifikation spinaler Tumoren nach Tomita	671
22.3.4	Klassifikation spinaler Tumoren nach dem Weinstein-Boriani-Biagini-System.	672
22.3.5	Klassifikation spinaler Wirbelkörpermetastasen nach dem <i>Spinal Instability Neoplastic Score</i> (SINS)	672
22.3.6	Prognoseabschätzung spinaler Metastasen (originale Einteilung nach Bauer, mod. nach Leithner)	673
22.3.7	Oswestry-Risiko-Index (OSRI) nach Balain	674
22.4	Skoliose (idiopathisch)	674
22.4.1	Klassifikation der <i>adult spinal deformity</i> (ASD) entsprechend der <i>Scoliosis Research Society</i> (SRS)	675
22.5	Gefäße	676
22.5.1	Klassifikation spinaler arteriovenöser Fisteln (sAVF) und Malformationen (sAVM) nach Kim und Spetzler	676
22.6	Beurteilung der klinischen Situation	676
22.6.1	Klassifikation der cervicalen Myelopathie nach Nurick.	676
22.6.2	Klinische Klassifikation der <i>Whiplash Associated Disorder</i> (WAD) gemäß der Quebec Task Force (QTF) (mod. nach Spitzer)	677
22.6.3	Klassifikation neurologischer Defizite im Rahmen traumatischer Wirbelsäulen- und Rückenmarkverletzungen nach der Frankel <i>Neurological Performance Scale</i>	677

22.6.4	Klassifikation eines neurologischen Defizits nach Ranawat	677	23	Weitere Kriterien, Eingruppierungen, Ergebnisse	689
22.6.5	Klassifikation der cervicalen Myelopathie nach JOA (<i>Japanese Orthopaedic Association</i>)	678	23.1	Röntgen- und CT-Kriterien	689
22.6.6	Europäische Myelopathie-Skala nach Herdmann (1994)	679	23.2	NASCIS	690
22.7	Scores und Fragebögen	680	23.3	Waddell-Kriterien	690
22.7.1	SF-36-Fragebogen	680	23.4	Leitlinien	691
22.7.2	Deutsche Version des <i>Oswestry Low Back Pain Disability Index</i>	681	23.5	Evidenzklassen	691
22.7.3	<i>Neck Disability Index</i>	682	24	Selbsthilfegruppen	693
22.7.4	Modifizierter <i>General Function Score</i>	685		Sachverzeichnis	695
22.7.5	<i>Karnofsky Performance Index/Score</i>	685			
22.7.6	COMI <i>neck</i> (<i>Core Outcome Measures Index</i> für den Nacken)	686			
22.7.7	COMI <i>back</i> (<i>Core Outcome Measures Index</i> für den Rücken)	686			
22.7.8	Muskelkraft	687			

Abkürzungen

A

A./Aa.	Arterial/Arteriae
AAI	anteriores atlanto-dentales Intervall
AAS	atlanto-axiale Subluxation
ACDF	<i>anterior cervical discectomy and fusion</i>
ACSI	akute traumatische Rückenmarksverletzung
ACTH	adrenocorticotropes Hormon
AD	Antidepressiva
ADD	atlanto-dentale Distanz
AF	Anulus fibrosus
AG	Arbeitsgemeinschaft
AG OF	Arbeitsgemeinschaft Osteoporotische Frakturen
AIDS	erworbenes Immunschwäche-Syndrom
AIS	<i>abbreviated injury scale</i>
AIS	idiopathische Adoleszentskoliose (<i>adolescent idiopathic scoliosis</i>)
AKZ	aneurysmatische Knochenzyste
ALIF	anteriore lumbale interkorporelle Fusion
ANOA	Arbeitsgemeinschaft nicht operativer orthopädischer manualmedizinischer Akutkliniken
AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
AP	alkalische Phosphatase
a.-p.	anterior-posterior
AS	ankylosierende Spondylitis
ASA	<i>American Society of Anesthesiologists</i>
ASA	<i>American Surgical Association</i>
ASD	<i>adjacent segment degeneration</i>
ASIA	<i>American Spinal Injury Association</i>
aSpa	axiale Spondyloarthritis
ATLS	<i>Advanced Trauma Life Support</i>
AV	arteriovenös
AVF	arteriovenöse Fistel
AVK	arterielle Verschlusskrankheit
AVM	arteriovenöse Malformation
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften

B

BASDAI	<i>Bath ankylosing spondylitis disease activity index</i>
BBP	<i>bone morphogenetic protein-binding peptide</i>
BCG	Bacillus Calmette-Guérin
BCR	Bulbocavernosus-Reflex
BK	Berufskrankheit
BKV	Berufskrankheitenverordnung
BMC	<i>bone mineral content</i>

BMD

BMD	<i>bone mineral density</i>
BMP	<i>bone morphogenetic protein</i>
BO	Beckenobliquität
BSG	Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit
BV	Bildverstärker
BW	Brustwirbel
BWS	Brustwirbelsäule

C

C 7-PL	Lot von C 7
C 7-TA	Winkel der C 7-Translation
Ca	Calcium
CBVA	<i>chin-brow-vertebra angle</i>
CES	Cauda-equina-Syndrom
CI	Confidenz-Intervall
CK	cervicale Lordose
CLBP	<i>chronic low back pain</i>
Co-Cr	Cobalt-Chrom
COR	<i>center of rotation</i>
COWO	<i>closing open wedge-Osteotomie</i>
COX	Cyclooxygenase
c.P.	chronische Polyarthritis
CPAP	<i>continuous positive airway pressure</i>
CR	komplette Remission
CRF	Corticotropin Releasing-Faktor (Corticoliberin)
CRP	C-reaktives Protein
CSM	cervicale Myelopathie (<i>cervical spinal myelopathy</i>)
CT	Computertomografie/Computertomogramm
CUP	<i>cancer of unknown primary</i>
CWO	<i>closing-wedge-Osteotomie</i>

D

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
dAVF	durale arteriovenöse Fistel
DDAVP	1-Desamino-8-D-Arginin-Vasopressin, Desmopressin
DEGAM	Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin
DGNC	Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie
DGOT	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie
DGOU	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie
DGRh	Deutsche Gesellschaft für Rheumatologie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DISH	disseminierte idiopathische skelettale Hyperostose
DKS	dorsale Korrekturspondylodese

DLIF	direkt laterale interkorporelle Fusion
DMARD	<i>disease-modifying antirheumatic drug</i>
DMD	Muskeldystrophie Duchenne
DMF	<i>disease modifying factor</i>
DREZ	<i>dorsal-root-entry-zone</i>
DRG	Diagnose-bezogene Fallgruppen (<i>diagnosis related groups</i>)
DRR	digital rekonstruierte Röntgenaufnahme
DSA	digitale Subtraktionsangiografie
DSM	<i>diagnostic and statistical manual of mental disorders</i>
DTPA	Diethylentriaminpentaessigsäure
DVO	Dachverband Osteologie
DWG	Deutsche Wirbelsäulengesellschaft
DXA	<i>double energy X-ray absorptiometry</i>

E

E.	Escherichia
EBM	Evidenz-basierte Medizin
EGFR	epidermaler Wachstumsfaktor-Rezeptor
EL	epidurale Lipomatose
EMA (seit 2010 EMA)	<i>European Medicines Agency</i>
EMG	Elektromyografie/Elektromyogramm
EOS	<i>early-onset-Skoliose</i>
ESSG	<i>European Spondylarthropathy Study Group</i>
EZ	elastische Zone
EZS	<i>neutral zone stiffness</i>

F

FACS	<i>fluorescence activated cell sorting</i>
fatsat	Fett-gesättigt
FBI	<i>full balance integrated</i>
FBSS	<i>failed back surgery syndrome</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FKDS	farbkodierte Doppler-Sonografie
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomografie
FOA	Femurflexionswinkel
FSU	funktionaler Wirbelsäulenabschnitt (<i>functional spine unit</i>)

G

GABA	Gamma-Aminobuttersäure
G-BA	Gemeinsamer Bundesausschuss
GCS	<i>Glasgow Coma Scale</i>
GDW	Grund-Deckplatten-Winkel
GKV	gesetzliche Krankenversicherung
GL	<i>gravity line</i>
γ-GT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GWS	Ganzwirbelsäulenaufnahme

Gy	Gray
GyE	<i>Gray equivalent</i>

H

HA	Femurkopfachse
Hb	Hämoglobin
HIV	humanes Immundefizienzvirus
HR	<i>hazard ratio</i>
HSMN	hereditär sensomotorische Neuropathie
HSS	<i>hollow-spreading screw</i>
HTEP	Hüfttotalendoprothese
HTLV	<i>human T-Cell lymphotropic virus</i>
HW	Halswirbel
HWS	Halswirbelsäule

I

ICD-10	<i>international classification of diseases, injuries and causes of death, 10th revision</i>
ICG	Indocyanningrün
ICP	infantile Cerebralparese
ICR	Intercostalraum
IE	Internationale Einheit(en)
IF	interkorporelle Fusion
IGF1R	<i>Insulin-like-growth-factor</i> -Rezeptor
IGRT	<i>image guided radiotherapy</i>
IK	intermittierender Katheterismus
IL	Interleukin
IMAT	intensitätsmodulierte Bewegungsbestrahlung (<i>intensity modulated arc therapy</i>)
IMMPACT	<i>Initiative on Methods, Measurement and Pain Assessment in Clinical Trials</i>
IMRT	intensitätsmodulierte Strahlentherapie
ISAR	International Society of Arthroplasty Registries
ISG	Iliosacralgelenk
ISS	<i>injury severity score</i>
ISS	Internationales Staging-System
J	
JOA	<i>Japanese Orthopaedic Association</i>

K

K	Kalium
KG	Krankengymnastik
KGG	Krankengymnastik am Gerät
KM	Kontrastmittel
KPS	<i>Karnofsky Performance Score</i>
KVT	Kognitive Verhaltenstherapie

L

LBP	<i>low back pain</i>
LCP	<i>locking compression plate</i>
LCR	lokale Tumorkontrollrate
LF	Liquorfistel
Lig./Ligg.	Ligamentum/Ligamenta
LL	lumbale Lordose
LW	Lendenwirbel
LWS	Lendenwirbelsäule

M

M./Mm.	Musculus/Musculi
MAC	<i>maximum acceptable concentration</i>
MAD	arterieller Mitteldruck
MBB	<i>medial branch block</i>
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
MEP	motorisch evozierte Potenziale
MER	Muskeleigenreflex(e)
MESA	<i>microsurgical epididymal sperm aspiration</i>
MeV	Mega-Elektronenvolt
MFH	malignes fibröses Histiozytom
min	Minute(n)
Mio.	Million(en)
MISS	<i>minimal invasive spine surgery</i>
MLC	<i>multi leaf</i> -Kollimatoren
MM	multiples Myelom
MMC	Myelomeningocele
mMEP	muskuläre motorisch evozierte Potenziale
MPNST	maligne(r) periphere(r) Nervenscheidentumor(en)
Mrd.	Milliarde(n)
MRSA	Methicillin-resistenter <i>Staphylococcus aureus</i>
MRT	Magnetresonanztomografie/Magnetresonanztomogramm
MSCC	malignes spinales Kompressionssyndrom
MTT	medizinische Trainingstherapie
MTX	Methotrexat

N

N	Newton
N./Nn.	Nervus/Nervi
Na	Natrium
NDI	<i>Neck Disability Index</i>
NF1/NF2	Neurofibromatose Typ I/Typ II
NF-κB	<i>nuclear factor</i> Kappa B
NHL	Non-Hodgkin-Lymphom
Nm	Newtonmeter
NMDa	N-Methyl-D-Aspartat
NP	Nucleus pulposus
NSAID	nicht-steroidale Antiphlogistika

NSAR	nicht-steroidale Antirheumatika
NVL	Nationale Versorgungsleitlinie
NZ	neutrale Zone
NZS	<i>neutral zone stiffness</i>

O

ODU	<i>Oswestry Disability Index</i>
OLF	Ossifikation des Lig. flavum
OLIF	oblique laterale interkorporelle Fusion
OP	Operation
OPLL	Verkalkung des hinteren Längsbandes (<i>ossification of the posterior longitudinal ligament</i>)
OR	<i>odds ratio</i>

P

pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PCR	Polymerase-Kettenreaktion
PCU	Polycarbonaturethan
PDGFR-β	Plättchen-aktivierter Wachstumsrezeptor-β
PDK	Periduralkatheter
PEEK	Polyetheretherketon
PET	Polyethylenterephthalat
PET	Positronenemissionstomografie/Positronenemissionstomogramm
PG	Prostaglandin
PI	<i>pelvic incidence</i>
PICA	A. cerebelli inferior posterior (<i>posterior inferior cerebellar artery</i>)
PLC	posteriorer Ligamentkomplex
PLIF	posteriore lumbale interkorporelle Fusion
PMMA	Polymethylmethacrylat
PMZ	Pseudomeningocele
PNF	propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation
PNST	periphere(r) Nervenscheidentumor(en)
POE	Protuberantia occipitalis externa
PR	partielle Remission
Proc./Procc.	Processus (Singular/Plural)
PRT	periradikuläre Therapie
PSO	Pedikelsubtraktionsosteotomie
PT	Beckenrotation (<i>pelvic tilt</i>)
PT	Primärtumor
PTCA	Kompensationswinkel bei pathologischem <i>pelvic tilt</i>
PTK	posttraumatische Kyphose
PTV	Planungs-Zielvolumen
PVA	Polyvinylalkohol
Q	
QTF	Quebec Task Force

R

R./Rr.	Ramus/Rami
RA	rheumatoide Arthritis
RANKL	<i>receptor activator of NF-κB ligand</i>
RCT	randomisierte kontrollierte Studie
RECIST	<i>response evaluation criteria in solid tumors</i>
RFS	Rotationsflexionssubluxation
RoM	Bewegungsumfang (<i>range of motion</i>)
RR	Blutdruck
RR	relatives Risiko
RT	Radiotherapie
RTOG	<i>Radiation Therapy Oncology Group</i>
rTPA	rekombinanter Gewebe-Plasminogenaktivator
RZT	Riesenzelltumor

S

SAS	subaxiale Subluxation
SBRT	stereotaktische Strahlentherapie
SCI-IDS	<i>spinal cord injury immune deficiency syndrome</i>
SCIM	<i>spinal cord independence measure</i>
SCIWORA	<i>spinal cord injury without radiographic abnormality</i>
SCS	<i>spinal cord stimulation</i>
sec	Sekunde(n)
SEL	spinale epidurale Lipomatose
SEP	somatosensibel evozierte Potenziale
SFA	spino-femorale Winkel
SIA	spontane intracraniale Hypotension
SI-Gelenk	Sacroiliakgelenk
SIH	spontane intracraniale Hypotonie
SINS	<i>Spinal Instability Neoplastic Score</i>
SIPS	Spina iliaca posterior superior
SK	Scheuermann-Kyphose
SLICS	<i>Subaxial Cervical Spine Injury Classification and Severity Scale</i>
SMR	standardisierte Mortalitätsrate
SNRI	Serotonin/Noradrenalin-Wiederaufnahmehemmer
SPECT	Single-Photon-Emissionscomputertomografie
SPF	suprapubischer Blasenfistelkatheter
SPO	Smith-Peterson-Osteotomie
SRS	Radiochirurgie (<i>stereotactic radiosurgery</i>)
SRS	<i>Scoliosis Research Society</i>
SS	Sacrumkipfung (<i>sacral slope</i>)
SSA	spino-sacraler Winkel
SSL	supraspinöse Ligamente
SSNRI	selektive Serotonin-Nordrenalin-Wiederaufnahmehemmer
SSPDA	<i>single shot peridural analgesia</i>
SSRI	selektiver Serotonin-Wiederaufnahmehemmer
Staph.	Staphylococcus

STIR	<i>short time inversion recovery</i>
SVA	sagittal-vertikale Achse
SW	Sacralwirbel

T

Tbc	Tuberkulose
TENS	transkutane elektrische Nervenstimulation
TESE	testikuläre Spermienextraktion (<i>testicular sperm extraction</i>)
TGF	<i>transforming growth factor</i>
TIRM	<i>turbo inversion recovery magnitude</i>
TIVA	total intravenöse Anästhesie
TK	thorakale Kyphose
TLICS	<i>Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score</i>
TLIF	transforaminale lumbale interkorporelle Fusion
TLISS	<i>Thoracolumbar Injury Severity Scoring System</i>
TLÜ	thorakolumbaler Übergang
TNF-α	Tumornekrosefaktor α
tNSAR	traditionelle nicht-steroidale Antirheumatika
TSH	Thyreoida-stimulierendes Hormon
TSPA	thorakale Spinalnervanalgesie
TZA	tricyclische Antidepressiva

V

V./Vv.	Vena/Venae
VAS	visuelle Analogskala
VCR	<i>vertebral column</i> -Resektion
VEPTR	vertikal expandierbare Titan-Rippenprothese (<i>vertical expandable prosthetic titanium rib</i>)
VHL	Von-Hippel-Lindau-Syndrom
VR	ventrales <i>release</i>
vs.	versus
VT	Verhaltenstherapie
VT	vertikale Translokation

W

WAD	<i>Whiplash Associated Disorder</i>
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WK	Wirbelkörper
WS	Wirbelsäule

X

XLIF	laterale lumbale interkorporelle Fusion (<i>extreme lateral interbody fusion</i>)
-------------	---

Z

ZPP	Zonen des teilweisen Funktionserhalts (<i>zones of partial preservation</i>)
------------	--

Grundlagen

This page intentionally left blank

1 Relevante Anatomie der Wirbelsäule

Inhalt	
1.1 Craniocervicaler Übergang	3
Kirsten Schmieder	
Knöcherne Anteile	3
Gelenke	4
Bänder	4
Verlauf der A. vertebralis	4
Muskulatur	4
Nervale Versorgung	4
1.2 Subaxiale Halswirbelsäule	5
Kirsten Schmieder	
Knöcherne Anteile	5
Bandscheibe	5
Uncovertebralgelenk	5
Mobilität	6
Morphometrik des Spinalkanals und des Rückenmarks	6
Halsmuskulatur	7
Nervale Versorgung	7
A. vertebralis	7
N. laryngeus recurrens	7
Grenzstrang	7
1.3 Brustwirbelsäule	8
Jochen Weber	
Knöcherne Anteile	8
Mobilität	11
Morphometrik des Spinalkanals und des Rückenmarks	11
Gefäßversorgung des Rückenmarks	11
Segmentale Innervation	12
1.4 Lendenwirbelsäule	12
Frank Grochulla	
1.4.1 Relevante Anatomie für dorsale Interventionen	12
Muskulatur	12
Wirbelbögen, Lig. flavum, interlaminäres Fenster	12
Facettengelenke	13
Anatomische Grundlagen für die Pedikel- schraubenfixation	13
Spinalkanal, Recessus lateralis	14
Anomalien der lumbosacralen Spinalnerven	14
1.4.2 Relevante Anatomie für ventrale Interventionen	14
Anterolaterale Bauchwandmuskulatur, Faszien	14
M. iliopsoas	14
Retroperitoneale, prävertebrale Gefäße	15
Plexus hypogastricus superior	15
Lumbaler Grenzstrang	15
1.5 Anatomische Varianten: Übergangsstörungen, Fehlbildungen, Variationen	16
Peter A. Winkler	
Status dysraphicus der Chorda dorsalis	16
Übergangsanomalien	17
Hypoplasie und Agenesie der Wirbelstrukturen	18
Störungen der Verknöcherung	18
Störungen im Kaliber des Wirbelkanals	19
Angeborene Spondylolisthesis	19

1.1 Craniocervicaler Übergang

Kirsten Schmieder

Knöcherne Anteile

Die ersten beiden Halswirbelkörper haben viele anatomische Gemeinsamkeiten mit den Wirbelkörpern der subaxialen Halswirbelsäule. Darüber hinaus hat jeder für sich anatomische Besonderheiten. Diese Besonderheiten erlauben die spezielle Beweglichkeit dieses Wirbelsäulenabschnitts.

Der **Atlasbogen** hat keinen Wirbelkörper. Er besteht aus zwei Halbbögen, die seitlich über die Massae laterales ver-

bunden sind. Gelenkfortsätze im eigentlichen Sinne fehlen. Statt deren gibt es gebogene Gelenkflächen, die nach cranial und caudal Artikulationsflächen bilden: nach cranial zu den Condylen des Os occipitale und nach caudal zum zweiten Halswirbelkörper. In der Mitte des hinteren Atlasbogens liegt ein kleines tastbares Höckerchen, das dem rudimentären Dornfortsatz entspricht. Vorne an der Innenseite liegt eine kleine Facette, in der der Dens axis liegt. Seitlich kurz vor dem Übergang in die Massa lateralis gibt es beidseitig eine bogige Delle für die A. vertebralis (Sulcus arteriae vertebralis). Diese kann – als Normvariante – auch als Foramen angelegt sein. Seitlich in der Massa lateralis liegt dann beidseits das große Foramen transversarium für die A. vertebralis.

Der **Axis** hat einen kleinen Wirbelkörper, der in den **Dens axis** ausläuft. Zur Artikulation nach cranial gibt es zwei schräg nach außen gerichtete Gelenkflächen. Die Verbindung zum 3. Halswirbelkörper besteht wie in der subaxialen Halswirbelsäule aus einer Bandscheibe und klassischen Gelenkflächen.

Gelenke

Das **Atlantooccipitalgelenk** besteht aus den Condylen und den Artikulationsflächen des Atlasbogens. Es entspricht einem Elipsoidgelenk, das fast ausschließlich Nickbewegungen erlaubt. Das **Atlantoaxialgelenk** wird vom **Dens axis** und der Rückfläche des vorderen Atlasbogens gebildet. Es entspricht einem Zapfengelenk, das dementsprechend Drehbewegungen des Kopfes in beide Richtungen ermöglicht.

Bänder

Vom vorderen und hinteren Atlasbogen zieht jeweils eine **Membrana atlantooccipitalis** (anterior und posterior) zum **Foramen magnum**. Die hintere wird von der **A. vertebralis** perforiert, die dann zum **Foramen magnum** zieht. Von der Innenseite des Atlasbogens zieht das kräftige **Lig. transversum** hinter den **Dens** und fixiert ihn an der Rückfläche des vorderen Atlasbogens. Der **Dens axis** wird darüber hinaus durch das **Lig. apicis dentis**, das zum **Foramen magnum** zieht, sowie über die beidseitigen **Ligg. alaria** gesichert. Letztere ziehen zur Seitenfläche des **Foramen magnum** und zur Gelenkkapsel des condylären Gelenks. Zusätzlich gibt es noch das **Lig. cruciatum**, das an der Vorderfläche des **Dens** verläuft und diesen über knöcherne Fortsätze mit dem **Hinterhauptsloch** und der **Basis des Dens axis** verbindet.

Verlauf der A. vertebralis

Die **A. vertebralis** tritt beidseits aus den **Foramina transversaria** der 3. Halswirbel aus und zieht nach außen zu den **Foramina transversaria** des 2. Halswirbels. Von dort aus verläuft die **A. vertebralis** fast senkrecht nach oben zum **Foramen transversarium** des Atlasbogens, um dann in einer Schlinge, deren **Pars atlantis** im **Sulcus atlantis** verläuft, nach hinten und oben in Richtung **Hinterhauptsloch** zu ziehen. Relevant für die Planung und Durchführung operativer Eingriffe am craniocervicalen Übergang ist das Wissen um die häufigen Normvarianten im Verlauf, die in bis zu 25 % der Fälle vorliegen.

Muskulatur

Die Bewegungen im craniocervicalen Übergang werden – bezogen auf die Rotation und die Anteflexion – zum überwiegenden Teil vom **M. sternocleidomastoideus** ausgeführt. In geringerem Ausmaß wird die Flexion von den **Mm. scaleni** mitgesteuert. Die Reklination wird über den **M. trapezius**, die **Mm. splenii capitis** und die **Mm. semispinales capitis** grob gewährleistet. Für die Feinjustierung der Bewegungen in den Kopfgelenken sind die suboccipitalen Muskelgruppen verantwortlich. Sie bewirken entsprechend ihres jeweiligen Verlaufs entweder eine Rotation im **Atlantoaxialgelenk**, eine Rück- und geringe Seitneigung und Rotation im **Atlantooccipitalgelenk** sowie die Anteklimination im **Atlantooccipitalgelenk**.

Nervale Versorgung

Der **N. accessorius** versorgt den **M. trapezius** und den **M. sternocleidomastoideus**. Der **N. suboccipitalis**, der dorsale Ast des 1. Spinalnervs, innerviert die tiefen Halsmus-

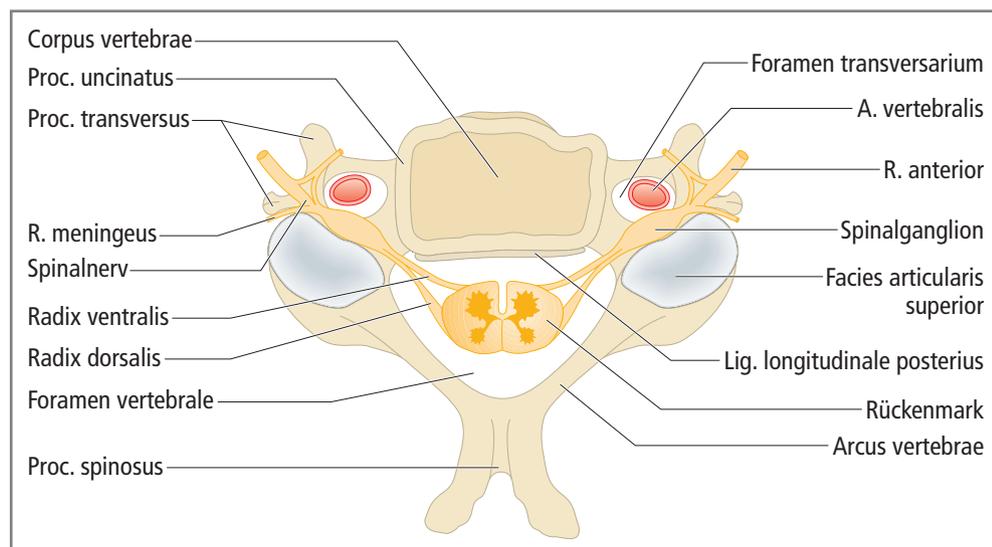


Abb. 1-1 Anatomische Übersicht über die Halswirbelsäule im Querschnitt.

keln sowie den *M. semispinalis capitis* und den *M. longissimus capitis*.

1.2 Subaxiale Halswirbelsäule

Kirsten Schmieder

Knöcherne Anteile

Die Wirbelkörper der Halswirbelsäule (HWS) sind klein und würfelförmig, das Foramen vertebrale ist groß und dreieckig geformt. Die Procc. transversi enthalten je ein Foramen transversarium, das von einer vorderen und einer hinteren knöchernen Spange begrenzt wird, die jeweils in ein Tuberculum anterius bzw. in ein Tuberculum posterius auslaufen. Die Gelenkflächen sind frontal und um 45° geneigt ausgerichtet. Die Procc. spinosi sind klein und nicht selten zweigeteilt.

An der Deckplatte des Wirbelkörpers des 3. bis 7. Halswirbels finden sich knöcherne Ausziehungen, die Procc. uncinati (► Abb. 1-1).

Bandscheibe

Zum Zeitpunkt der Geburt sind alle Strukturen des Zwischenwirbelabschnitts bereits vorhanden. Im Rahmen des nachfolgenden Wachstumsprozesses wird nur der äußere Teil mit Blut aus den Gefäßen, die im Bereich der Neuroforamina verlaufen, versorgt. Das bedeutet, dass der innere Teil des Faserrings und der Gallertkern von Anfang an per Diffusion ernährt werden (Töndury 1958). Die angrenzenden Knorpelplatten sind gut vaskularisiert. Ihre Verknöcherung beginnt ab dem 12. Lebensjahr und es erfolgt eine Verschmelzung mit dem Wirbelkörper. Die Lamellen des Anulus fibrosus sind darin über sogenannte Sharpey-Fasern verankert.

Eine Volumenzunahme der Bandscheibe erfolgt durch interstitielles appositionelles Wachstum. Dafür sind Bindegewebszellen verantwortlich, die nur bis zum zweiten Lebensjahr über Blutgefäßen versorgt werden und danach zunehmend atrophieren. Die sich verschlechternde Ernährungslage hat entscheidende Bedeutung für die Qualität und Menge des Gewebes. Für die Veränderungen innerhalb der Bandscheibe, die mit dem Alter zunehmend trockener und faseriger wird, spielt die resultierende Reduktion des Wassergehalts eine große Rolle.

Die Bandscheibe selbst ist als ein **osmotisches System** zu werten: Es herrscht ein hoher hydrostatischer und onkotischer Druck (= kolloidosmotischer Druck plus Quelldruck) zur Regulation des Flüssigkeitsstroms in die Bandscheibe hinein und aus ihr heraus. Das Wechselspiel zwischen beiden Kräften ist entscheidend für die Funktion und die Ernährung der Bandscheibe. Auch innerhalb der

Bandscheibe sind druckabhängige Verschiebungen von Flüssigkeiten nachweisbar. Der Druckbelastung folgend kommt es zu einer Verlagerung des zentralen Gallertkerns von der belasteten Stelle weg zu weniger belasteten Anteilen der Bandscheibe hin. Die Rückverlagerung erfolgt in Abhängigkeit vom Degenerationszustand der Bandscheibe unterschiedlich schnell.

Die Bandscheiben haben durch die Procc. uncinati in der Aufsicht eine nach lateral spitz zulaufende bzw. auslaufende Form. Durch die Halslordose sind die Bandscheibenfächer ventral um ca. ein Drittel höher als dorsal. Die Procc. uncinati werden im Verlauf des Lebens höher. Die Ausrichtung wechselt von lateral nach dorsolateral in Bezug zur Wirbelkörperkante in craniocaudaler Richtung.

Von Luschka beschrieb 1858 als Erster in den lateralen Anteilen der Halsbandscheiben Fissuren, die er als Halbgeelenke bezeichnete, da sie die Beweglichkeit der HWS erhöhen. Sie sind in vollkommen normalen Bandscheiben nachweisbar und hin zur – zwischen den Foramina transversaria frei verlaufenden – A. vertebralis sowie zum Neuroforamen durch ein derbes Band abgegrenzt. Ihr positiver Einfluss hinsichtlich der verbesserten Beweglichkeit der HWS wird dadurch gemindert, dass diese Spalten andererseits die Belastungsfähigkeit der Bandscheibe vermindern.

Uncovertebralgelenk

Das Uncovertebralgelenk (► Abb. 1-2) (auch Luschka-Gelenk genannt) besteht aus zwei Anteilen:

- dem Proc. uncinatus (Hayashi u. Yabuki 1985; Hirsch et al. 1967; Orofino et al. 1960) und

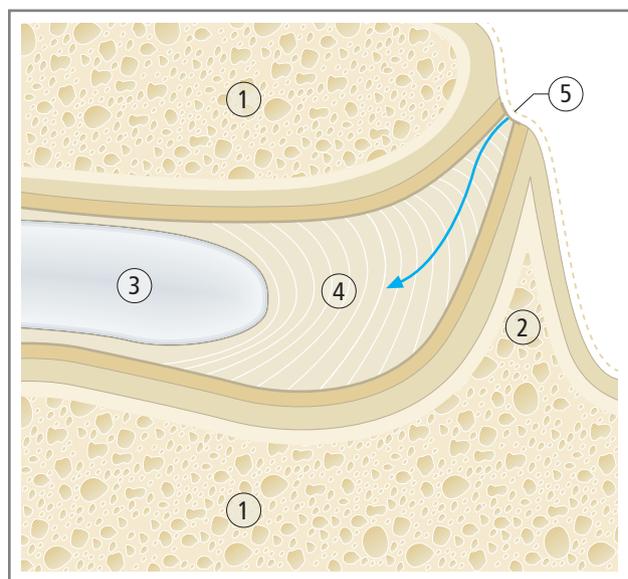


Abb. 1-2 Uncovertebralgelenk. 1 = Corpus vertebrae; 2 = Uncus corporis vertebrae; 3 = Nucleus pulposus; 4 = Anulus fibrosus; 5 = Uncovertebralgelenk mit fortschreitender Spaltbildung.