

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

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	Spondylolyse, 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	12.1.1	Periradikuläre Therapie, Facettenblockade	407
	<i>Uwe M. Mauer</i>			<i>Erich Kast, Wolfgang Börm</i>	
9.5	Spinale Arachnopathien und Syringomyelie	341	12.1.2	Lumbale und cervicale epidurale periradikuläre Schmerztherapie	410
	<i>Jörg Klekamp</i>			<i>Theodoros Theodoridis</i>	
9.6	Erkrankungen der spinalen Dura mater	347	12.1.3	Ligamentäre Infiltration am Iliosacralgelenk (ISG-Block)	414
	<i>Jörg Klekamp</i>			<i>Theodoros Theodoridis</i>	
9.7	Spontanes spinales Liquorverlustsyndrom	355			
	<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 Diskektomie 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, Diskektomie 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 Instrumentierte Eingriffe	461	13.4.2 Ventrale Fusionstechniken	506
13.1 Halswirbelsäule von ventral.	462	<i>Thomas R. Blattert, Christian Knop, Robert Morrison, Klaus J. Schnake, Marcus Richter</i>	
13.1.1 Ventrale cervicale Fusion	462	13.4.3 Spezielle Techniken	524
<i>Tobias Pitzen</i>		<i>Klaus-Dieter Schaser, Ulf Liljenqvist, Christian Knop, Ralf Stücker, Heiko Koller, Oliver Meier</i>	
13.1.2 Cervicale Bandscheibenprothesen.	467	14 Dynamische Stabilisierungen	563
<i>Armin K. Helmbrecht</i>		14.1 Der lumbale totale Bandscheibenersatz	563
		<i>Frank Grochulla</i>	

14.2	Pedikelschrauben-gestützte Systeme	567	<i>Bernhard Meyer, Chiara Negwer</i>	19.1.2	Operationen an der HWS von ventral	608	<i>Tobias Pitzen</i>
14.3	Interspinöse Spreizer	568	<i>Bernhard Meyer, Jens Gempt</i>	19.1.3	Operationen an der HWS von dorsal	611	<i>Tobias Pitzen</i>
14.4	Hybridlösungen	570	<i>Karim Ben Ghezala, Frank Grochulla</i>	19.1.4	Operationen an der LWS	611	<i>Wolfgang Börm, Claudius Thomé</i>
15	Augmentationstechniken	573		19.2	Vaskuläre Komplikationen	613	
15.1	Zementaugmentation von Wirbelkörpern	573	<i>Thomas R. Blatter, Klaus J. Schnake</i>	19.2.1	Operationen am craniocervicalen Übergang	613	<i>Ralph Kothe</i>
15.2	Zementaugmentation von Implantaten	577	<i>Thomas R. Blatter, Klaus J. Schnake</i>	19.2.2	Operationen an der subaxialen HWS	614	<i>Tobias Pitzen, Erich Kast</i>
15.3	Zementaugmentation am Sacrum	579	<i>Ulf Culemann</i>	19.2.3	Operationen an der BWS	615	<i>Thomas R. Blatter</i>
16	Spinale Navigation	581	<i>Johannes Schröder, Wolfgang Börm</i>	19.2.4	Operationen an der LWS	617	<i>Marcus Richter</i>
17	Neurophysiologisches Monitoring bei spinalen Eingriffen	587	<i>Rüdiger Buchalla, Georg Neuloh, Theodoros Kombos</i>	19.2.5	Operationen am Sacrum	618	<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	<i>Kirsten Schmieder</i>
18.1	Prinzipien der Korsettbehandlung	595	<i>Jens Seifert</i>	19.3.3	Verletzungen des Ductus thoracicus	621	<i>Michael Winking</i>
18.2	Prinzipien der konservativen Therapie von Wirbelsäulenerkrankungen	597	<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
22.6.5	Klassifikation der cervicalen Myelopathie nach JOA (<i>Japanese Orthopaedic Association</i>)	678
22.6.6	Europäische Myelopathie-Skala nach Herdmann (1994)	679
22.7	Scores und Fragebögen.	680
22.7.1	SF-36-Fragebogen.	680
22.7.2	Deutsche Version des <i>Oswestry Low Back Pain Disability Index</i>	681
22.7.3	<i>Neck Disability Index</i>	682
22.7.4	Modifizierter <i>General Function Score</i>	685
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

23	Weitere Kriterien, Eingruppierungen, Ergebnisse	689
23.1	Röntgen- und CT-Kriterien	689
23.2	NASCIS.	690
23.3	Waddell-Kriterien.	690
23.4	Leitlinien	691
23.5	Evidenzklassen	691
24	Selbsthilfegruppen	693
	Sachverzeichnis	695