

Inhaltsverzeichnis

1	Knochenzellbiologie	1	2.1.1	Kalzium	34
	<i>Verantwortlich: Prof. Dr. Franz Jakob, Würzburg; Univ.-Prof. Dr. Uwe Lange, Bad Nauheim</i>		2.1.2	Regulation des Kalziumstoffwechsels	36
1.1	Knochenzellen	2	2.2	Calcium-Sensing-Rezeptor	36
	<i>K. Günter Wiese</i>			<i>Walter Josef Fassbender</i>	
1.1.1	Osteoblasten	2	2.2.1	Physiologie	36
1.1.2	Osteoklasten	3	2.2.2	Pathophysiologie und klinische Bedeutung	37
1.1.3	Osteozyten	3	2.3	Phosphatstoffwechsel	38
1.2	Biomechanik des Knochens	5		<i>Markus Ketteler</i>	
	<i>Peter Augat</i>		2.3.1	Phosphat	38
1.2.1	Biomechanische Grundbegriffe	5	2.3.2	Regulation des Phosphathaushalts	39
1.2.2	Materialeigenschaften von Knochen	7	2.4	Parathormonstoffwechsel	39
1.2.3	Strukturelle mechanische Eigenschaften des Knochens	9		<i>Christian Meier, Marius Kraenzlin</i>	
1.3	Interaktion zwischen Muskel und Knochen	10	2.4.1	Parathormon	39
	<i>Klaus Abendroth</i>		2.4.2	Regulation von Parathormon	41
1.3.1	Knochen und Muskulatur als funktionelle Einheit ..	10	2.5	Vitamin-D-Stoffwechsel	41
1.3.2	Biomechanische Interaktion	11		<i>Erich Schacht</i>	
1.3.3	Biochemisch-endokrinologische Interaktion	13	2.5.1	Physiologie	41
1.3.4	Klinische Aspekte	14	2.5.2	Pathophysiologie und klinische Bedeutung	42
1.4	Neuronale Regulation des Knochen-Remodelings	14	3	Diagnostik von Knochenerkrankungen	45
	<i>Klaus Abendroth, Richard Golnik</i>			<i>Verantwortlich: Prof. Markus Seibel MD PhD FRACP FAHMS, Sydney</i>	
1.4.1	Strukturen der neuronalen Regelung des Knochen-Remodelings	15	3.1	Bildgebende Verfahren	46
1.4.2	Klinische Aspekte	15	3.1.1	Projektionsradiografie und Schnittbildgebung	46
1.5	Knochenheilung	17		<i>Anna L. Falkowski</i>	
	<i>Matthias Schieker</i>		3.1.2	Doppelröntgenabsorptiometrie	48
1.5.1	Wie heilt Knochen?	17		<i>Gabriele Armbrecht</i>	
1.5.2	Wie heilen Knochenbrüche?	18	3.1.3	Quantitative Computertomografie	53
1.5.3	Klinische Aspekte	18		<i>Klaus Engelke</i>	
1.6	Wachstumshormon und Knochen	20	3.1.4	Quantitativer Ultraschall	56
	<i>Peter Herbert Kann</i>			<i>Reinhard Barkmann</i>	
1.6.1	Physiologie	20	3.1.5	Skelettszintigrafie	58
1.6.2	Klinische Aspekte	22		<i>Mathias Schreckenberger</i>	
1.7	Knochen und Entzündung: osteimmunologische Aspekte	25	3.2	Biochemische Marker des Knochenstoffwechsels	61
	<i>Uwe Lange</i>			<i>Henning W. Woitge, Markus J. Seibel</i>	
1.7.1	Knochenstoffwechsel: Störungen des Remodelings	25	3.2.1	Biochemie und analytische Methoden	61
1.7.2	Knochenmetabolismus und molekulare Entzündungsmediatoren	26	3.2.2	Klinische Anwendung	67
1.7.3	Klinische Aspekte	28	3.3	Knochenbiopsie und histomorphometrische Befunde	69
				<i>Klaus Abendroth, Gabriele Lehmann</i>	
2	Mineralhomöostase	33	3.3.1	Knochenbiopsie	70
	<i>Verantwortlich: Prof. Dr. Marius Kraenzlin, Basel; Prof. Dr. Christian Meier, Basel</i>		3.3.2	Histomorphometrische Befunde	71
2.1	Kalziumstoffwechsel	34	3.4	Molekulargenetische Diagnostik von Knochenerkrankungen	73
	<i>Marius Kraenzlin, Christian Meier</i>			<i>Barbara Obermayer-Pietsch</i>	
			3.4.1	Methoden der molekulargenetischen Diagnostik ..	74
			3.4.2	Mono-/oligogenetische Skeletterkrankungen	74

XX Inhaltsverzeichnis

3.4.3	Genetische Veränderungen und Aspekte bei verschiedenen Erkrankungen	74	5.2.2	Sturzrisiko	121
3.4.4	Diagnostik häufiger genetischer Einflüsse auf den Kalziumstoffwechsel	77	5.2.3	Sturzprophylaxe	121
3.4.5	Bedeutung für die klinische Osteologie	78	5.2.4	Schlussfolgerungen	123
4	Osteoporose	83	5.3	Körperliches Training in der Prävention und Therapie der Osteoporose	123
	<i>Verantwortlich: Prof. Dr. Peyman Hadji, Frankfurt; Univ.-Prof. Dr. Heinrich Resch, Wien</i>			<i>Wolfgang Kemmler, Simon von Stengel</i>	
4.1	Grundlagen	84	5.3.1	Körperliches Training	124
4.1.1	Epidemiologie osteoporotischer Frakturen	84	5.3.2	Auswahl des körperlichen Trainings	124
	<i>Martina Rabenberg, Judith Fuchs, Christa Scheidt-Nave</i>		5.3.3	Wirkung einzelner Belastungsparameter auf den Knochen	125
4.1.2	Ätiologie und Pathogenese	87	5.3.4	Schlussfolgerung für die Trainingspraxis	127
	<i>Tilman D. Rachner, Lorenz C. Hofbauer</i>		5.4	Differenzialindikative physikalische Schmerztherapie der Osteoporose	127
4.2	Osteoporoseformen	89		<i>Uwe Lange</i>	
4.2.1	Postmenopausale Osteoporose	89	5.4.1	Physikalische Schmerztherapie	127
	<i>Astrid Fahrleitner-Pammer</i>		5.4.2	Praxisempfehlungen	129
4.2.2	Osteoporose bei Männern	91	5.5	Kalzium und Vitamin D	130
	<i>Parvis Farahmand</i>			<i>Friederike Thomasius</i>	
4.2.3	Juvenile idiopathische Osteoporose	93	5.5.1	Grundlagen	130
	<i>Oliver Semler</i>		5.5.2	Frakturrisiko	131
4.3	Sekundäre Osteoporosen	96	5.5.3	Leitliniengerechte Therapie	131
4.3.1	Glukokortikoidinduzierte Osteoporose	96	5.6	Sexualsteroid- und selektive Östrogenrezeptormodulatoren	131
	<i>Jonna Amann, Annemarie Lang, Paula Hoff, Frank Buttgerit</i>			<i>Volker Ziller</i>	
4.3.2	Pharmakogene Osteoporose jenseits von Kortison: Protonenpumpenhemmer, Glitazone, Diuretika	99	5.6.1	Wirkmechanismus der SERM	132
	<i>Peter Herbert Kann</i>		5.6.2	SERM im Detail	132
4.3.3	Osteoporose bei entzündlich-rheumatischen Erkrankungen	102	5.6.3	Sexualsteroid- und SERM in der Anwendung	134
	<i>Uwe Lange, Gabriel Dischereit</i>		5.7	Bisphosphonate	136
4.3.4	Diabetische Osteopathie	105		<i>Katharina Kersch-Schindl, Peter Pietschmann</i>	
	<i>Peter Pietschmann, Janina Patsch</i>		5.7.1	Wirkmechanismus	136
4.3.5	Hypophysenstörungen	106	5.7.2	Bisphosphonate im Detail	137
	<i>Peter Herbert Kann</i>		5.7.3	Bisphosphonate in der Anwendung	139
4.3.6	Schilddrüsenfunktionsstörungen als Ursache einer Osteoporose	107	5.7.4	Schlussfolgerung	140
	<i>Heide Siggelkow</i>		5.8	Strontiumranelat	140
4.3.7	Querschnittslähmung	109		<i>Christian Muschitz</i>	
	<i>Gabriele Armbrecht</i>		5.8.1	Wirkmechanismus	140
4.3.8	Periprothetische Osteopenie	110	5.8.2	Strontiumranelat im Detail	141
	<i>Andreas Roth</i>		5.8.3	Strontiumranelat in der Anwendung	142
5	Therapieverfahren	119	5.9	Teriparatid	143
	<i>Verantwortlich: Univ.-Prof. Dr. Uwe Lange, Bad Nauheim; Univ.-Prof. Dr. Heide Siggelkow, Göttingen</i>			<i>Astrid Fahrleitner-Pammer</i>	
5.1	Überblick	120	5.9.1	Wirkmechanismus	143
	<i>Hilmar Stracke</i>		5.9.2	Teriparatid im Detail	143
5.2	Stürze und Sturzprophylaxe	120	5.9.3	Teriparatid in der Anwendung	145
	<i>Michael Pfeifer</i>		5.10	Denosumab	146
5.2.1	Stürze	120		<i>Heinrich Resch, Afrodite Zendeli, Hans Peter Dimai</i>	
			5.10.1	Wirkmechanismus	146
			5.10.2	Denosumab im Detail	147
			5.11	Neue Antiosteoporotika am Horizont	149
				<i>Andreas Knauerhase</i>	
			5.11.1	Denosumab und der RANK-RANKL-Signalweg als Königsweg der Osteoklasten	150

5.11.2	Romosozumab, Blosozumab und der Wnt-Signalweg als Königsweg der Osteoblasten ..	150	6.6	Chronische Niereninsuffizienz und Knochenstoffwechselstörungen	183
5.11.3	Odanacatib, ONO-5334 zur Hemmung der Osteoklastenfunktion	151	6.6.1	Pathogenese	184
5.11.4	PTH und PTH-rP zur Stimulation der Osteoblastenfunktion	151	6.6.2	Stadien und Einteilung	184
5.11.5	Ausblick	152	6.6.3	Klinik und Diagnostik	184
5.12	Ernährung und Osteoporose	152	6.6.4	Therapie	186
	<i>Peter Burckhardt</i>				
5.12.1	Einleitung	152	7	Knochenerkrankungen im Kindes- und Jugendalter	191
5.12.2	Nahrungsmittel	152		<i>Verantwortlich: Univ.-Prof. Dr. Eckhard Schönauf, Köln</i>	
5.12.3	Vitamin D	154	7.1	Besonderheiten der Diagnostik im Kindes- und Jugendalter	192
5.12.4	Vitamine	154		<i>Heike-Katharina Hoyer-Kuhn, Eckhard Schönauf</i>	
5.13	Zementaugmentation osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen	154	7.1.1	Allgemeine Aspekte	192
	<i>Andreas A. Kurth</i>		7.1.2	Biochemische Marker – Besonderheiten im Kindes- und Jugendalter	193
5.13.1	Wirksamkeit	155	7.1.3	Bildgebung	194
5.13.2	Komplikationen	155	7.1.4	Schlussfolgerungen	195
5.13.3	Zeitpunkt der Intervention	156	7.2	Störungen der Skelettmineralisierung	196
				<i>Dirk Schnabel</i>	
6	Störungen der Mineral-Knochenhomöostase	167	7.2.1	Rachitis/Osteomalazie	196
	<i>Verantwortlich: Univ.-Prof. Dr. Lorenz C. Hofbauer, Dresden; Univ.-Prof. Dr. Uwe Lange, Bad Nauheim</i>		7.2.2	Kalzipenische Rachitiden	196
6.1	Störungen des Kalziumhaushalts	168	7.2.3	Hypophosphatämische Rachitiden	199
	<i>Joachim Teichmann</i>		7.3	Sekundäre Osteoporose	201
6.1.1	Kalzium	168		<i>Susanne Bechtold-Dalla Pozza</i>	
6.1.2	Hyperkalzämie	168	7.3.1	Chronisch entzündliche Erkrankungen	201
6.1.3	Hypokalzämie	169	7.3.2	Endokrine Erkrankungen	202
6.2	Störungen des Phosphathaushalts	169	7.3.3	Anorexia nervosa	203
	<i>Markus Ketteler</i>		7.3.4	Erkrankungen des Bewegungsapparats und Immobilität	203
6.2.1	Phosphat	169	7.3.5	Hämatologie und Onkologie	203
6.2.2	Angeborene Störungen des Phosphathaushalts ..	170	7.3.6	Zystische Fibrose	203
6.2.3	Erworbene Störungen des Phosphathaushalts ..	170	7.3.7	Transplantation	204
6.2.4	Differenzialdiagnostische Erwägungen	172	7.3.8	Medikamente	204
6.3	Hypophosphatasie	172	7.3.9	Ausblick	204
	<i>Lothar Seefried, Franca Genest, Christine Hofmann</i>		7.4	Morbus Perthes	204
6.3.1	Alkalische Phosphatase	172		<i>Andreas Roth, André Sachse</i>	
6.3.2	Krankheitsbild der Hypophosphatasie	172	7.4.1	Epidemiologie	204
6.4	Vitamin-D-assoziierte Erkrankungen	176	7.4.2	Ätiologie und Pathogenese	204
	<i>Monika A. Reuß-Borst</i>		7.4.3	Stadien	205
6.4.1	Vitamin D	176	7.4.4	Klinik und Diagnostik	205
6.4.2	Osteomalazie	176	7.4.5	Klassifikation und Prognose	206
6.4.3	Rachitis	179	7.4.6	Therapie	206
6.4.4	Vitamin-D-Intoxikation	179	7.5	Weitere juvenile Osteonekrosen	208
6.5	Morbus Paget des Skeletts	179		<i>Klaus M. Peters, André Sachse</i>	
	<i>Stephan Scharla</i>		7.5.1	Morbus Panner	208
6.5.1	Epidemiologie	179	7.5.2	Morbus Kienböck	208
6.5.2	Ätiologie und Pathogenese	180	7.5.3	Morbus Osgood-Schlatter	209
6.5.3	Klinik und Diagnostik	180	7.5.4	Morbus Sinding-Larsen-Johansson	210
6.5.4	Therapie	182	7.5.5	Morbus Blount	210
			7.5.6	Morbus Haglund-Sever	211
			7.5.7	Morbus Köhler I	211

7.5.8	Morbus Köhler-Freiberg	211	8.3.4	Therapie	264
7.5.9	Osteochondrosis dissecans	212	8.4	Therapie	265
7.6	Osteopetrose	213	8.4.1	Osteoprotektive Therapie während der Tumorthherapie	265
	<i>Klaus M. Peters, Jörg Seidel</i>			<i>Christian Jehn</i>	
7.6.1	Epidemiologie	213	8.4.2	Vorgehen bei Knochenmetastasen	266
7.6.2	Ätiologie und Einteilung	213		<i>Christian Jehn</i>	
7.6.3	Pathogenese	214	8.4.3	Orthopädisch-chirurgische Therapie von Knochenmetastasen	268
7.6.4	Klinik und Diagnostik	214		<i>Andreas A. Kurth</i>	
7.6.5	Therapie	215			
7.7	Camurati-Engelmann-Erkrankung	216			
	<i>Andreas Roth, Klaus Abendroth</i>				
7.7.1	Epidemiologie	217	9	Sklerosierende Knochenerkrankungen und Dysostosen	277
7.7.2	Ätiologie und Pathogenese	217		<i>Verantwortlich: Prof. Dr. Andreas Niemeier, Bad Bramstedt</i>	
7.7.3	Klinik und Diagnostik	217	9.1	Sklerosierende Knochenerkrankungen	278
7.7.4	Therapie	218		<i>Michaela Kneissel, Ina Kramer</i>	
7.8	Osteogenesis imperfecta	219	9.1.1	Grundlagen	278
	<i>Oliver Semler</i>		9.1.2	Krankheiten durch Störungen des Wnt-Signalwegs	278
7.8.1	Epidemiologie	220	9.1.3	Weitere sklerosierende Knochenerkrankungen mit erhöhter Knochenformationsrate	281
7.8.2	Ätiologie und Pathogenese	220	9.1.4	Ausblick	282
7.8.3	Klinik und Diagnostik	220	9.2	Fibröse Knochenerkrankungen	282
7.8.4	Therapie	222		<i>Lothar Seefried</i>	
8	Tumoren und Knochen	227	9.2.1	Ätiologie und Pathogenese	282
	<i>Verantwortlich: Prof. Dr. Andreas Kurth, Birkenwerder</i>		9.2.2	Klinik und Diagnostik	282
8.1	Knochenmetastasen	228	9.2.3	Therapie	284
	<i>Konstantin Horas, Markus Seibel</i>		9.3	Adulte Osteonekrosen	285
8.1.1	Einleitung	228		<i>Klaus M. Peters</i>	
8.1.2	Lokalisation und Erscheinungsform von Knochenmetastasen	228	9.3.1	Ätiologie	285
8.1.3	Vom Primärtumor zur Metastase im Knochen	229	9.3.2	Adulte aseptische Osteonekrose des Femurkopfes	285
8.1.4	Tumorstadium und Knochenmilieu	230	9.3.3	Morbus Ahlbäck	288
8.1.5	Circulus vitiosus der Knochenmetastasierung	230	9.3.4	Knocheninfarkt	289
8.1.6	Ausblick	230	9.4	Marfan-Syndrom	290
8.2	Knochentumoren	231		<i>Richard Placzek</i>	
	<i>Gernot Jundt, Rainer Erlemann</i>		9.4.1	Epidemiologie	290
8.2.1	Radiologie	231	9.4.2	Ätiologie und Pathogenese	290
8.2.2	Diagnosestellung	236	9.4.3	Klinik und Diagnostik	290
8.2.3	Knorpelbildende Tumoren	237	9.4.4	Therapie	293
8.2.4	Knochenbildende Tumoren	242	9.5	Alkaptonurie – Ochronose	293
8.2.5	Riesenzellreiche Tumoren	247		<i>Uwe Lange, Gabriel Dischereit</i>	
8.2.6	Rundzellige Tumoren	248	9.5.1	Epidemiologie	293
8.2.7	Vaskuläre Tumoren	250	9.5.2	Ätiologie und Pathogenese	294
8.2.8	Bindegewebige Tumoren	251	9.5.3	Klinik und Diagnostik	294
8.2.9	Fibrohistiozytäre Tumoren	252	9.5.4	Therapie	295
8.2.10	Notochordale Tumoren	253	9.6	Zysten des Knochens	296
8.2.11	Andere Tumoren	254		<i>Andreas A. Kurth</i>	
8.2.12	Tumoren undefinierter neoplastischer Natur	254	9.6.1	Juvenile Knochenzyste	296
8.3	Monoklonale Gammopathie unbestimmter Signifikanz (MGUS) und Multiples Myelom	258	9.6.2	Aneurysmatische Knochenzyste	298
	<i>Ralf Schmidmaier</i>		9.6.3	Therapie	300
8.3.1	Epidemiologie	259			
8.3.2	Ätiologie und Pathogenese	259			
8.3.3	Klinik und Diagnostik	260			
			Register		303