

Inhaltsverzeichnis

Teil I Knochen und Knochenstoffwechsel

1	Normaler Knochen und Mineralstoffwechsel.....	18
1.1	Evolution des Skeletts	18
	<i>Reiner Bartl, Emma von Tresckow</i>	
1.1.1	Vom Urmeer bis zum Präkambrium.....	18
1.1.2	Die „kambrische Explosion“	18
1.1.3	Entwicklung des äußeren Skeletts	19
1.1.4	Entwicklung des inneren Skeletts.....	19
1.1.5	Kalziumphosphat – der neue Baustoff	19
1.1.6	Entwicklung der Wirbelsäule	20
1.1.7	Besiedlung des Festlandes	20
1.1.8	Knochengerst und Blutbildung	21
1.1.9	Das menschliche Skelett.....	21
1.2	Struktur und Architektur des Skeletts .	21
	<i>Reiner Bartl</i>	
1.2.1	Aufgaben des Skeletts.....	21
1.2.2	Mikrostruktur des Knochens.....	22
1.2.3	Architektur des Skeletts	23
1.3	Wachstum, Umbau und Altern des Skeletts	25
	<i>Reiner Bartl</i>	
1.3.1	Wachstum des Skeletts.....	25
1.3.2	Umbau des Skeletts.....	26
1.3.3	Altern des Skeletts.....	32
1.4	Regulation des Knochenumbaus	33
	<i>Reiner Bartl</i>	
1.4.1	Hormone, Vitamine und Zytokine	33
1.4.2	RANK-RANKL-Osteoprotegerin-System...	34
1.4.3	Kalziumsensitiver Rezeptor („Ca-sensing Receptor“, CaSR)	35
1.4.4	Gefäßsystem des Knochens	35
1.5	Mineralstoffwechsel (Homöostase) ...	36
	<i>Reiner Bartl</i>	
1.5.1	Kalzium, Magnesium und Phosphat	36
1.5.2	Vitamin D	38

Teil II Einteilung und Diagnostik der Knochenkrankheiten

2	Einteilung der Knochenkrankheiten.....	42
	<i>Reiner Bartl</i>	
2.1	Knochenreaktionen	42
2.2	Topografische Einteilung	43
2.3	Pathologisch-anatomische Einteilung .	43
2.4	Pathogenetische Einteilung.....	44
3	Diagnostik der Knochenkrankheiten.....	45
3.1	Anamnese und körperliche Untersuchung	45
	<i>Reiner Bartl</i>	
3.2	Bildgebende Verfahren	46
	<i>Andrea Baur-Melnyk, Tobias Geith</i>	
3.2.1	Techniken.....	46
3.2.2	Aspekte der Bildgebung ausgewählter Knochenerkrankungen.....	50
3.3	Knochendichtemessung	71
	<i>Reiner Bartl</i>	
3.3.1	Knochendichtemessung allgemein.....	71
3.3.2	DXA-Knochendichtemessung	72
3.3.3	QCT-Knochendichtemessung	75
3.3.4	Ultraschall-Knochendichtemessung.....	76
3.3.5	Empfohlene Messorte am Skelett	76
3.3.6	Indikationen zur Knochendichtemessung.	78
3.3.7	Strahlenbelastung unter Knochendichtemessungen.....	79
3.4	Laborchemie und Knochenmarker	80
	<i>Michael Vogeser, Reiner Bartl</i>	
3.4.1	Laborchemisches Screening in der Osteologie.....	80
3.4.2	Laborchemische Parameter im Detail.....	81
3.4.3	Genetische Untersuchungen in der Praxis.	84

3.5	Knochen- und Knochenmarkbiopsie . . .	85	3.5.3	Histomorphometrie des Knochens und Knochenmarks	85
	<i>Reiner Bartl</i>				
			3.5.4	Aussagekraft der Beckenkammibiopsie im Vergleich zur DXA-Messung und zu Röntgenaufnahmen der BWS und Hüfte . .	87
3.5.1	Entnahmeort und Biopsietechnik	85			
3.5.2	Einbettungstechniken und Untersuchungsmethoden	85			

Teil III Therapie der Knochenkrankheiten

4	Therapie der Knochenkrankheiten	92			
4.1	Medikamentöse und physikalisch-medizinische Schmerztherapie	92	4.4.4	Testosteron	112
	<i>Peter Schöps</i>		4.4.5	Anabolika	112
4.1.1	Medikamentöse Schmerztherapie	92	4.5	Bisphosphonate (BP)	112
4.1.2	Physikalisch-medizinische Therapie und Schmerztherapie	95		<i>Reiner Bartl, Emmo von Tresckow</i>	
4.2	Bewegungs- und Sporttherapie	98	4.5.1	Übersicht und Indikationen	112
	<i>Jochen Werle</i>		4.5.2	Chemie und Wirkmechanismen	113
4.2.1	Definition und Wirkweise	98	4.5.3	Pharmakokinetik	116
4.2.2	Biologisch-sportmedizinische Grundlagen	99	4.5.4	Nebenwirkungen	116
4.2.3	Therapieplanung bei Funktionsstörungen im Bewegungssystem	101	4.5.5	Bisphosphonatinduzierte Kiefernekrose . .	117
4.2.4	Therapiebausteine	102	4.5.6	Kontraindikationen	120
4.3	Mineralien und Vitamine	104	4.6	Andere Medikamente	120
	<i>Reiner Bartl</i>			<i>Reiner Bartl</i>	
4.3.1	Kalzium	104	4.6.1	Strontium-Ranelat	120
4.3.2	Vitamin D₃	106	4.6.2	Teriparatid, Parathormon (PTH) und PTHrP	120
4.3.3	Aktive Vitamin-D-Metabolite	108	4.6.3	Denosumab	123
4.3.4	Andere osteotrope Vitamine, Mineralien und Spurenelemente	108	4.6.4	Kalzitonin und Fluoride	123
4.4	Hormonersatztherapie (HRT)	109	4.6.5	Medikamente mit knochenauflösender „Nebenwirkung“	123
	<i>Reiner Bartl</i>		4.6.6	Neuentwicklungen	125
4.4.1	Hormonersatztherapie in der Postmenopause	109	4.7	Monitoring	126
4.4.2	Phytoöstrogene	111		<i>Reiner Bartl</i>	
4.4.3	Selektive Östrogenrezeptor-Modulatoren (SERMs)	111	4.7.1	Einnahmetreue	126
			4.7.2	Monitoring antiresorptiver Therapie	127
			4.7.3	Monitoring osteoanaboler Therapie	128
			4.7.4	Therapieversager?	129

Teil IV Knochenbrüche

5	Versorgung von Frakturen	132			
	<i>Christoph Bartl</i>				
5.1	Hintergrund	132	5.4	Versorgung von osteoporotischen Frakturen	135
5.2	Frakturheilung	133			
5.3	Ursachen der Frakturneigung	134	5.4.1	Proximale Humerusfrakturen	135
			5.4.2	Distale Radiusfrakturen	136

5.4.3	Proximale Femurfrakturen	136	5.4.7	Ausblick	142
5.4.4	Atypische Femurfrakturen.....	138			
5.4.5	Wirbelkörperfrakturen.....	139	5.5	Stürze und Sturzprävention.....	144
5.4.6	Andere Frakturen	142			

Teil V Systemische Knochenkrankheiten

6	Osteoporose	148			
	<i>Reiner Bartl</i>				
6.1	„Erniedrigte Knochendichte“	148	6.6	Schwangerschaftsassozierte Osteoporose	174
6.2	Postmenopausale (Typ-I-) Osteoporose	149	6.7	Senile (Typ-II-) Osteoporose.....	175
6.2.1	Pathogenese und Häufigkeit	149	6.8	Osteoporose des Mannes	178
6.2.2	Definition	150	6.9	Sekundäre Osteoporosen.....	179
6.2.3	Schweregrade	150	6.9.1	Osteoporose assoziiert mit systemischen entzündlichen Erkrankungen	180
6.2.4	Risikofaktoren	152	6.9.2	Osteoporose assoziiert mit Diabetes mellitus (DM).....	180
6.2.5	Vorsorgeprogramm.....	157	6.9.3	Osteoporose assoziiert mit Leber- und Magen-Darm-Erkrankungen.....	180
6.2.6	Rationelle Diagnostik	158	6.9.4	Osteoporose nach Verbrennungen	181
6.2.7	Rationelle Therapie	162			
6.2.8	Kombinationen von Medikamenten.....	165			
6.2.9	Gesundheitsökonomische Aspekte.....	167			
6.3	Osteoporose bei Kindern	168			
6.4	Osteogenesis imperfecta (OI)	170			
6.5	Prämenopausale Osteoporose	173			
7	Andere systemische Knochenkrankheiten.....	182			
	<i>Reiner Bartl</i>				
7.1	„Hypokalzämie“	182	7.7.3	Hepatitis-C-assozierte Osteosklerose (HCAO)	198
7.2	Osteomalazie und Rachitis.....	183	7.7.4	Progressive diaphysäre Dysplasie (Morbus Camurati-Engelmann)	198
7.3	AIDS-Osteopathie	189	7.7.5	Diffuse idiopathische Skeletthyperostose (DISH)	198
7.4	„Hyperkalzämie“	190	7.8	Angeborene Erkrankungen des Bindegewebes	199
7.5	Primärer Hyperparathyreoidismus (pHPT)	192	7.8.1	Mukopolysaccharidosen.....	199
7.6	„Erhöhte Knochendichte“	194	7.8.2	Marfan-Syndrom.....	199
7.7	Osteosklerosen und Hyperostosen	196	7.8.3	Ehlers-Danlos-Syndrom	200
7.7.1	Osteopetrose (Marmorknochenkrankheit)	197	7.8.4	Osteogenesis imperfecta	200
7.7.2	Pyknodysostose.....	197	7.8.5	Homozystinurie.....	200

Teil VI Lokale Knochenkrankheiten

8	Lokale Knochenkrankheiten	202
8.1	„Knochenläsion“	202
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.2	Osteodysplasien	203
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.2.1	Fibröse Dysplasie des Knochens	203
8.2.2	SAPHO-Syndrom	204
8.2.3	Osteopoikilie	205
8.2.4	Melorheostose	205
8.2.5	Dysostosen	206
8.3	Osteomyelitis	207
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.4	„Formveränderungen des Skeletts“ ...	209
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.4.1	Formveränderungen des Skeletts als Resultat von Entwicklungsstörungen.	209
8.4.2	Formveränderungen des Skeletts als Resultat einer ossären Erkrankung.	210
8.4.3	Formveränderungen des Skeletts als Resultat traumatischer Einflüsse	210
8.4.4	Formveränderungen des Skeletts als Resultat toxisch/medikamentöser Einflüsse	210
8.5	Morbus Paget des Knochens	211
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.6	Gorham-Stout-Syndrom („Vanishing Bone Disease“)	214
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.7	Knochenmarködem-Syndrom (KMÖS) .	215
	<i>Christoph Bartl, Reiner Bartl</i>	
8.8	Morbus Sudeck („Complex regional Pain Syndrome“, CRPS)	219
	<i>Christoph Bartl, Reiner Bartl</i>	
8.9	Knochennekrosen	220
	<i>Christoph Bartl, Reiner Bartl</i>	
8.10	„Weichteilverkalkung“	224
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.11	Heterotope Kalzifikation und Ossifikation	225
	<i>Reiner Bartl</i>	
8.11.1	Dystrophische Verkalkungen	225
8.11.2	Verkalkungen bei Kollagenerkrankungen .	225
8.11.3	Verkalkungen bei Störungen der Mineralhomöostase	226
8.11.4	Spondylosis ochronotica	227
8.11.5	Heterotope Ossifikationen	227
8.12	Periprothetische Osteoporose	228
	<i>Reiner Bartl</i>	

Teil VII Organe/Gewebe und Knochen

9	Knochenmark und Knochen	234
	<i>Reiner Bartl</i>	
9.1	„Myelogene Osteopathie“	235
9.2	Knochenveränderungen bei Anämien .	236
9.3	Osteomyelosklerose-Syndrom (OMS) ..	238
9.4	Knochenveränderungen bei Speicherkrankheiten	239
9.4.1	Lipidspeicherkrankheiten (lysosomale Speicherkrankheiten)	239
9.4.2	Histiozytose X (Langerhans-Zell- Histiozytose)	240
9.5	Systemische Mastozytose	242
9.6	Knochenveränderungen bei malignen Lymphomen (ML)	245
9.6.1	T-Zell-Leukämien/Lymphome (ATLL)	245
9.6.2	Non-Hodgkin-Lymphome (NHL)	245
9.6.3	Lymphogranulomatose (Morbus Hodgkin, HD)	246
9.7	Tumorinduzierte Hyperkalzämie (TH) .	246
9.8	Multiples Myelom (MM)	247
9.9	Amyloidose	250

10	Gelenke und Knochen	252		
	<i>Reiner Bartl</i>			
10.1	Pathogenese der Gelenkerkrankungen	252	10.3	Degenerative, metabolische und neurogene Gelenkerkrankungen
10.2	Entzündungsinduzierter Knochenschwund bei rheumatischen Erkrankungen	253		256
10.2.1	Rheumatoide Arthritis	254	10.3.1	Arthrosis deformans
10.2.2	Ankylosierende Spondylitis	254	10.3.2	Osteochondrosis dissecans (OD)
10.2.3	Systemischer Lupus erythematosus (SLE)	255	10.3.3	Gichtarthropathie und Chondrokalzinose (Pseudogicht)
10.2.4	Progressive systemische Sklerodermie	255	10.3.4	Neurogene Gelenkerkrankungen
10.2.5	Arthritis psoriatica	256		258
10.2.6	Skelettsarkoidose (Morbus Jüngling)	256	10.4	Infektiöse Gelenkerkrankungen
				258
11	Niere und Knochen (renale Osteodystrophie)	260		
	<i>Markus Ketteler</i>			
11.1	Pathophysiologie	260	11.4	Diagnostik
11.1.1	Sekundärer Hyperparathyreoidismus: traditionelle Betrachtung	260	11.4.1	Biomarker
11.1.2	Sekundärer Hyperparathyreoidismus: FGF23 und Phosphatretention	260	11.4.2	Bildgebung
			11.4.3	Knochenbiopsie
11.2	Epidemiologie	260		263
11.2.1	Biochemische Veränderungen bei CKD-MBD	261	11.5	Therapie
11.2.2	Knochenveränderungen bei CKD-MBD	261	11.5.1	Kalzium- und Phosphathaushalt
11.2.3	Gefäßverkalkungen	262	11.5.2	Sekundärer Hyperparathyreoidismus
			11.5.3	Osteoporose bei CKD-MBD
11.3	Leitlinien	262	11.5.4	Der Knochen nach Nierentransplantation
			11.5.5	Vitamin-D-Status und CKD-MBD
			11.5.6	Outcome-Studien
				267
12	Nervensystem und Knochen	268		
	<i>Roman Haberl, Reiner Bartl</i>			
12.1	Nervale Steuerung des Knochengewebes	268	12.6	Epilepsie
				270
12.2	Leptin und Steuerung des Knochenbaus	268	12.7	Multiple Sklerose und andere neurologische Krankheitsbilder
				271
12.3	Osteopathien bei neuropsychiatrischen Krankheiten	269	12.8	Neurogene (neuropathische) Osteoarthropathien
				272
12.4	Depression	269	12.9	Neurologische Symptome bei Hypokalzämie-Syndrom
				272
12.5	Anorexia nervosa	270		

13	Fettgewebe und Knochen	273		
	<i>Reiner Bartl</i>			
13.1	Adipositas und Knochenmasse	273	13.3	Gewichtsverlust und Knochenmasse ..
13.2	Adipositas und Frakturrisiko	273		
14	Muskulatur und Knochen	275		
	<i>Reiner Bartl</i>			
14.1	Sarkopenie und Knochenmasse	275	14.3	Immobilisationsosteoporose
14.2	Muskeltraining und Knochenmasse ...	275		
15	Immunsystem und Knochen	278		
	<i>Reiner Bartl</i>			
15.1	Osteoimmunologie	278	15.2	Osteomyelitis und Immunsystem
16	Kiefer/Zähne und Knochen	280		
	<i>Reiner Bartl</i>			
16.1	Orale Knochenmasse im Alter	280	16.3	Osteoporose-Therapie und orale Knochengesundheit
16.2	Zahnverlust und Osteoporose	281	16.4	Andere Osteopathien und orale Knochengesundheit
17	Nierensteine und Knochen	283		
	<i>Reiner Bartl</i>			
17.1	Häufigkeit der Nierensteine	283	17.3	Nierensteine und Knochenschädigung ..
17.2	Risikofaktoren für Nierensteine	283	17.4	Therapie der Nierensteine
18	Haut und Knochen	285		
	<i>Andreas Wollenberg, Markus Reinholz</i>			
18.1	Vitamin D und Haut	285	18.6.1	Proteus-Syndrom
18.1.1	Rolle von Vitamin D als Immunmodulator	285	18.6.2	Klippel-Trénaunay-Weber-Syndrom
18.1.2	Vitamin-D-Stoffwechsel der Haut	285	18.6.3	Progerie
			18.6.4	Osteogenesis imperfecta
18.2	Vitamin-D-assoziierte Erkrankungen ..	286	18.7	Infektionen
18.2.1	Psoriasis	286	18.7.1	Tuberkulose
18.2.2	Atopisches Ekzem	286		
18.2.3	Rosazea	286	18.8	Sonstige Erkrankungen
18.3	Osteoma cutis bei Hauttumoren	287	18.8.1	Sudeck-Syndrom
18.4	Cushing-Syndrom	288	18.8.2	Trichodontoossäres Syndrom
18.5	Sarkoidose	288	18.8.3	Keratosis palmoplantaris
			18.8.4	Primäre Pachydermoperiostose
18.6	Erbkrankheiten	288	18.8.5	Urticaria pigmentosa

Teil VIII Tumor und Knochen

19	„Knochenschmerz“	294			
	<i>Reiner Bartl</i>				
19.1	Differenzialdiagnose	294	19.3	Therapie	295
19.2	Pathogenese	294			
19.2.1	Diagnostik	294			
20	Knochenmetastasen	297			
	<i>Reiner Bartl</i>				
20.1	Allgemeines	297	20.2.1	Häufigkeit	302
20.1.1	Häufigkeit	297	20.2.2	Zirkulierende Tumorzellen	302
20.1.2	Regionale Verteilung	297	20.2.3	Komplikationen	302
20.1.3	Entstehung der Knochenmetastasen	298	20.2.4	Therapie	303
20.1.4	Knochenreaktionen	299	20.3	Andere ossär metastasierte Karzinome	305
20.1.5	Bisphosphonate (BP)	300	20.3.1	Prostatakarzinom	305
20.1.6	Denosumab	302	20.3.2	Bronchialkarzinom	306
20.2	Ossär metastasiertes Mammakarzinom	302	20.3.3	Nierenzellkarzinom	306
21	Indikationen zu operativen Eingriffen bei metastasierten Karzinomen	307			
	<i>Hans Roland Dürr</i>				
21.1	Mammakarzinom	307	21.3	Nierenzellkarzinom	307
21.2	Bronchialkarzinom	307	21.4	Fazit der operativen Therapie	309
22	Knochentumoren	310			
	<i>Hans Roland Dürr</i>				
22.1	Klassifikation und Häufigkeit	310	22.3.4	Kartilaginäre Exostosen	313
22.2	Diagnostik	310	22.3.5	Chondrome	315
22.3	Einzeldarstellung	310	22.3.6	Chondroblastom	316
22.3.1	Osteoidosteom	310	22.3.7	Chondromyxoidfibrom	317
22.3.2	Osteoblastom	312	22.3.8	Chondrosarkom	317
22.3.3	Osteosarkom	312	22.3.9	Riesenzelltumor	319
			22.3.10	Ewing-Sarkom und primitiver neuroektodermaler Tumor (PNET)	319
23	Tumorähnliche Knochenläsionen	322			
	<i>Hans Roland Dürr</i>				
23.1	Zystische Knochenläsionen	322	23.2	Fibröse Dysplasie	323
23.1.1	Juvenile Knochenzysten	322	23.3	Sonstige Läsionen	324
23.1.2	Aneurysmale Knochenzysten (AKZ)	322			

Teil IX Medikamente/ionisierende Strahlen und Knochen

24	Medikamente und Knochen	326			
	<i>Reiner Bartl</i>				
24.1	Glukokortikoide	326	24.6.3	Faktor-Xa-Hemmer	333
24.2	Medikamente im Rahmen der Organtransplantation	328	24.7	Protonenpumpeninhibitoren (PPI)	333
24.3	Medikamente im Rahmen einer Tumorthherapie	328	24.8	Andere Medikamente mit knochenschädigender Nebenwirkung .	334
24.4	Antiepileptika (AEDs)	330	24.9	Medikamente mit knochen-aufbauender „Nebenwirkung“	334
24.5	Antidepressiva	331	24.10	Mechanismen der medikamenten-induzierten Osteomalazie	335
24.6	Heparin und Cumarinderivate	332	24.11	Medikamenteninduzierte Osteonekrosen	336
24.6.1	Heparin.....	332	24.12	Medikamente und Frakturheilung	336
24.6.2	Cumarin-Derivate (Vitamin-K-Antagonisten, VKA)	332			
25	Ionisierende Strahlen und Knochen	338			
	<i>Reiner Bartl</i>				
25.1	Pathogenese der strahleninduzierten Osteopathie	338	25.3	Strahlenwirkung auf die Knochenzellen	339
25.2	Frakturrate im Bestrahlungsfeld	338	25.4	Knochenreaktionen nach Strahlenexposition	339
Teil X Anhang					
26	Medikamentenliste	342			
27	Literatur	346			
27.1	Allgemeine weiterführende Literatur zum Thema „praktische Osteologie“ ..	346	27.2	Weiterführende Literatur zu den einzelnen Kapiteln	347
28	Abbildungsnachweis	349			
	Sachverzeichnis	350			