

HANDBUCH DER MEDIZINISCHEN  
RADIOLOGIE

ENCYCLOPEDIA  
OF MEDICAL RADIOLOGY

HERAUSGEGEBEN VON · EDITED BY

L. DIETHELM

MAINZ

F. HEUCK

STUTT GART

O. OLSSON

LUND

K. RANNIGER

RICHMOND

F. STRNAD

FRANKFURT/M.

H. VIETEN A. ZUPPINGER

DÜSSELDORF

BERN

BAND/VOLUME V

TEIL/PART 1



SPRINGER-VERLAG BERLIN · HEIDELBERG · NEW YORK 1976

RÖNTGENDIAGNOSTIK  
DER SKELETERKRANKUNGEN  
TEIL 1

DISEASES OF THE SKELETAL SYSTEM  
(ROENTGEN DIAGNOSIS)  
PART 1

VON / BY

J. FRANZEN · F. HEUCK · J. KOLÁŘ · V. ŠVÁB  
R. VRABEC · G. ZUBIANI

REDIGIERT VON · EDITED BY  
L. DIETHELM

MAINZ

MIT 430 ABBILDUNGEN (886 EINZELDARSTELLUNGEN)  
WITH 430 FIGURES (886 SEPARATE ILLUSTRATIONS)



SPRINGER-VERLAG BERLIN · HEIDELBERG · NEW YORK 1976

ISBN-13: 978-3-642-80879-1  
DOI: 10.1007/978-3-642-80878-4

e-ISBN-13: 978-3-642-80878-4

Library of Congress Cataloging in Publication Data (Revised). Diethelm, Lothar, 1910 – Röntgendiagnostik der Skeletterkrankungen. (Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd. 5; Encyclopedia of medical radiology, v. 5) In German. Includes bibliographies. 1. Bones-Radiography. 2. Bones-Diseases-Diagnosis. I. Althoff, Hugo. II. Title. III. Title: Diseases of the skeletal system. IV. Series: Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd. 5. [DNLM: 1. Spine-Radiography. WM100 H236 Bd. 6 T. 1 etc.] RC78.H295 Bd. 5 [RC930] 616.71'0757 68-12799.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Bei Vervielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© by Springer Verlag Berlin · Heidelberg 1976

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1976

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

## Vorwort

Die Fortschritte unserer Kenntnisse über das „Organ Knochen“, welche in dem vergangenen Jahrzehnt durch den Einsatz neuerer biochemischer, morphologischer und radiologischer Untersuchungsmethoden erreicht wurden, mußten zu der Überlegung führen, ob bereits der Zeitpunkt für die Darstellung einer „Allgemeinen Radiologie der Skeletterkrankungen“ gekommen ist. Viele Diskussionen mit Professor HEUCK seit den Jahren unserer gemeinsamen Tätigkeit in Kiel gaben mir die Gewißheit, daß er der richtige Autor für dieses schwierige Wagnis sein würde. Er hat auf der Basis seiner eigenen langwierigen und subtilen Forschungen und in engster Zusammenschau der radiologischen und pathologisch-anatomischen Publikationen eine bisher im Schrifttum noch nicht vorliegende Übersicht gegeben, die den aktuellen Stand unserer Kenntnisse umreißt und dabei auch vorhandene Probleme aufzeigt. Sein Beitrag leitet die Darstellung der speziellen Skeletterkrankungen ein und wird sicher die verdiente aufmerksamste Beachtung finden und zu weiterer Grundlagenforschung anregen.

Die Knochen- und Gelenkveränderungen durch Hitze und Kälte verdienen eine größere Aufmerksamkeit als bisher. Professor ŠVÁB aus Prag hat an einem umfangreichen Krankengut von 940 durch Brand und 50 durch Kälte geschädigten Personen einen Einblick in die mit diesen Schädigungen zusammenhängenden Skelettveränderungen gewonnen, die ihm eine großartige Übersicht über alle Probleme der akuten Phase und der Folgezustände erlaubten.

Die in seinem Arbeitskreis gewonnenen Erfahrungen mit den strahlenbedingten Knochenschäden und die Knochenschäden durch Stromverletzungen werden in einer bis dahin nicht bekannten Geschlossenheit von den auf diesem Gebiet besonders erfahrenen Prager Autoren KOLÁŘ und VRABEC dargestellt, so daß man in ihren Beiträgen die Antwort auf so gut wie alle auf diesem Gebiete auftauchenden Fragen findet.

Die Osteopathien primär medullären Ursprungs, bearbeitet von Professor ZUBIANI, wurden besonders im Hinblick auf die allgemeinradiologischen Ausführungen von Professor HEUCK bereits in diesem Band aufgenommen.

Den Abschluß bilden die zirkulatorischen Knochenveränderungen (die akute Sudeck-Kienböck'sche Knochenatrophie und der Knocheninfarkt), über deren Zustandekommen, Verhütung und Behandlung ein umfangreiches Schrifttum in einer sehr mühevollen Arbeit gesichtet und geordnet werden mußte, eine Aufgabe, die dankenswerterweise Professor FRANZEN übernommen und mit großer Sorgfalt gelöst hat.

Mainz, Februar 1976

L. DIETHELM

## Preface

Progress in our knowledge of the "organ bone", which in the past decade has been attained through new biochemical, morphologic, and radiologic methods of investigation, led inevitably to the consideration of whether the time had come for a new "general radiology of skeletal diseases". Many discussions with Professor HEUCK since the years of our association in Kiel convinced me that he would be the right man for this difficult enterprise. On the basis of his own lengthy and careful research, combined with a close inspection of radiologic and pathologic-anatomic publications he provides a comprehensive view of the subject which up to now has not been available in the literature and he outlines the current status of our knowledge and its problems. His contribution introduces the presentation of special diseases of the skeleton and will surely find the attention it deserves and provide a stimulus for further basic research.

Bone and joint changes caused by heat and cold deserve greater attention than they have hitherto received. Professor ŠVÁB of Prague, through his extensive case material including 940 burned and 50 frost-damaged patients, gained an insight into the related skeletal changes which permits an impressive survey of all problems of the acute phase and their sequelae.

The experience acquired with bone damages caused by radiation and electric burns are presented in an unprecedented comprehensive form by two Prague authors, KOLÁŘ and VRABEC, who are especially experienced in this area. Their contributions provide answers to virtually all questions which may arise.

The osteopathies of primarily medullary origin, Professor ZUBIANI's contribution, have been included in this volume in view of the general radiologic description provided elsewhere in the volume by Professor HEUCK.

The book concludes with a discussion of circulatory bone changes (Sudeck-Kienböck's atrophy and bone infarct). Professor FRANZEN deserves our thanks for taking on the laborious task of carefully sifting and arranging the voluminous literature on their occurrence, prevention, and treatment.

Mainz, February 1976

L. DIETHELM

# Inhaltsverzeichnis — Contents

## Teil 1: Allgemeine Radiologie und Morphologie der Knochenkrankheiten

<b>Allgemeine Radiologie und Morphologie der Knochenkrankheiten. Von F. HEUCK . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>A. Einleitung . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>B. Knochenwachstum und Reifung . . . . .</b>	<b>5</b>
I. Die normale und gestörte embryonale Osteogenese . . . . .	5
II. Die Wachstumsphasen und ihre Störungen . . . . .	10
III. Die Form und Struktur des ausgereiften Knochens . . . . .	14
1. Die Kompakta oder Kortikalis . . . . .	16
2. Die Struktur der Spongiosa . . . . .	20
IV. Grundlagen der Physiologie und Pathologie der Transformation des Knochengewebes . . . . .	26
1. Die Zusammensetzung und Ultrastruktur der Tela ossea . . . . .	27
2. Die zellulären Elemente der Tela ossea . . . . .	29
3. Steuerungsmechanismen des Knochenumbaus . . . . .	34
4. Gefäßversorgung und Umbau des Knochens. . . . .	41
5. Markgewebe und Knochenumbau . . . . .	47
<b>C. Störungen von Knochenbildung und Knochenwachstum . . . . .</b>	<b>49</b>
I. Agenesie — Aplasie . . . . .	50
II. Hyperplasie — Hypoplasie . . . . .	50
III. Dysplasie — Dysostose . . . . .	52
1. Angeborene Störungen der Knochenbildung. . . . .	53
2. Erworbene Störungen des Knochenwachstums. . . . .	55
a) Informationswert horizontaler Verdichtungen der Spongiosa (Wachstumslinien) . . . . .	59
b) Funktionelle Adaptation von Form und Struktur . . . . .	62
c) Regeneration von Knochen. . . . .	68
<b>D. Veränderungen der Knochenstruktur . . . . .</b>	<b>74</b>
I. Die generalisierten Strukturauflockerungen des Knochens . . . . .	76
1. Die Altersatrophie oder „physiologische Osteoporose“ . . . . .	79
a) Die Mikrostruktur und Ultrastruktur des alternden Knochens . . . . .	80
b) Veränderungen der Makrostruktur . . . . .	82
a) Befunde an der Spongiosa . . . . .	82
β) Befunde an der Kompakta . . . . .	92
2. Die Inaktivitätsatrophie . . . . .	94
3. Verschiedene Arten der generalisierten, pathologischen Strukturauflockerung . . . . .	96
a) Die osteoporotischen Formen . . . . .	98
b) Die Osteomalazie . . . . .	98
c) Die osteoklastische Form. . . . .	99
4. Ursachen und morphologische Befunde generalisierter Strukturauflockerungen des Knochens	100
a) Angeborene, genetische Ursachen . . . . .	100
b) Einfluß endokriner Störungen. . . . .	102
c) Störungen im Vitaminhaushalt . . . . .	117
d) Stoffwechselstörungen . . . . .	121
e) Strukturauflockerungen bei medullären Störungen. . . . .	126

II. Die lokalisierte, pathologische Strukturauflockerung . . . . .	128
1. Die lokalisierte, diffuse Strukturauflockerung . . . . .	128
2. Die umschriebene Strukturauflockerung . . . . .	130
3. Die Defekte im Knochen . . . . .	131
a) Die zystischen Knochendefekte . . . . .	132
b) Die Osteolysen . . . . .	136
α) Die Druckatrophie als Sonderform der Osteolyse . . . . .	137
β) Die marginalen Osteolysen. . . . .	137
γ) Die Akroosteolysen . . . . .	141
δ) Die posttraumatische, lokalisierte Osteolyse . . . . .	145
ε) Die massive, progressive Osteolyse . . . . .	145
c) Die Destruktionen des Knochens . . . . .	148
α) Der „osteoneutrale“ Krankheitsherd . . . . .	148
β) Reaktive Destruktionen bei Entzündungen . . . . .	150
γ) Reaktive Destruktionen bei Tumoren . . . . .	151
III. Die pathologische Strukturverdichtung — Hyperostose . . . . .	154
1. Die generalisierte Spongiosklerose . . . . .	156
2. Die lokalisierte Spongiosklerose . . . . .	159
3. Die reaktiven Sklerosen des Knochens . . . . .	162
IV. Die Nekrose des Knochens . . . . .	172
<b>E. Die Dystrophie mit Dysplasie der Knochen . . . . .</b>	<b>174</b>
<b>F. Die periostalen Reaktionen . . . . .</b>	<b>180</b>
I. Die soliden Periostreaktionen . . . . .	181
II. Die unterbrochenen Periostreaktionen . . . . .	184
III. Die exostosenähnlichen Knochenappositionen . . . . .	187
<b>G. Der chronisch-traumatische Knochenschaden . . . . .</b>	<b>189</b>
I. Festigkeit und Belastbarkeit des Knochens . . . . .	191
II. Die „Zerrüttungszonen“ des gesunden Knochens . . . . .	192
III. Die Umbauzone . . . . .	195
<b>H. Heterotope Knochenbildung . . . . .</b>	<b>199</b>
I. Die Myositis ossificans circumscripta traumatica . . . . .	199
II. Die heterotope Knochenbildung nach Lähmungen — die Para-Osteo-Arthropathie . . . . .	203
III. Die Myositis ossificans progressiva congenita . . . . .	203
IV. Die heterotope Knochenbildung in Organgewebe . . . . .	206
<b>J. Allgemeine Radiologie und Morphologie der Gelenkerkrankungen . . . . .</b>	<b>208</b>
I. Die normale und gestörte Gelenkentwicklung . . . . .	209
II. Der Gelenkknorpel . . . . .	209
III. Die chronisch-destruktiven Gelenkschäden . . . . .	213
IV. Die reparativen Gelenkprozesse . . . . .	214
<b>K. Quantitative Röntgenbildanalyse und Isotopen-Densitometrie . . . . .</b>	<b>217</b>
I. Die Methoden der Densitometrie . . . . .	219
1. Vergleichende Messung der Filmschwärzung. . . . .	224
2. Die direkte Messung der Strahlenschwächung durch den Knochen . . . . .	226
II. Meßergebnisse der Densitometrie . . . . .	229
III. Ergebnisse der Röntgen-Morphometrie . . . . .	248
<b>L. Die Szintigraphie als ergänzende Informationsquelle . . . . .</b>	<b>258</b>
<b>M. Systematik der radiologischen Diagnostik von Skeletterkrankungen . . . . .</b>	<b>264</b>
Literatur . . . . .	267

**Teil 2: Spezielle Radiologie der Knochenkrankheiten**

<b>A. Knochen- und Gelenkveränderungen durch Hitze und Kälte. Von V. ŠVÁB . . . . .</b>	<b>307</b>
I. Die Veränderungen durch Hitze . . . . .	308
1. Die Osteoporose und der Knochenumbau nach Verbrennungen . . . . .	308
2. Nekrotische und entzündliche Reaktionen . . . . .	316
3. Periostosen nach Verbrennungen . . . . .	317
4. Gelenkveränderungen . . . . .	318
5. Ungewöhnliche Reaktionen des Knochensystems auf Verbrennungen . . . . .	320
6. Veränderungen an den wachsenden Knochen . . . . .	322
7. Röntgenologisch nachweisbare Veränderungen in den Weichteilen . . . . .	325
II. Verletzungen durch Kälte . . . . .	332
1. Osteoporose und Knochenumbau nach Erfrierung . . . . .	332
2. Spätveränderungen an den Knochen und Gelenken . . . . .	335
3. Veränderungen an wachsenden Knochen . . . . .	338
4. Veränderungen in den Weichteilen . . . . .	339
Schlußwort . . . . .	340
Literatur . . . . .	341
<b>B. Knochenschäden bei Stromverletzungen. Von J. KOLÁŘ und R. VRABEC . . . . .</b>	<b>345</b>
I. Allgemeines über die Stromwirkung auf den Körper . . . . .	345
II. Strombedingte Veränderungen in den Knochen und Gelenken . . . . .	350
1. Knochenschäden bei elektrischen Verbrennungen . . . . .	351
2. Knochen- und Gelenkveränderungen nach Stromdurchgang . . . . .	354
a) Indirekt entstandene Knochenveränderungen . . . . .	354
α) Posttraumatische Osteoporose und Sudeck-Syndrom . . . . .	354
β) Muskelzugfrakturen und Verrenkungen . . . . .	354
b) Direkte Knochenschäden . . . . .	357
α) Die Kontinuitätstrennungen . . . . .	357
β) Knochennekrosen . . . . .	366
γ) Periostale Appositionen . . . . .	371
δ) Entzündliche Komplikationen . . . . .	373
ε) Veränderungen an den Gelenken . . . . .	374
ζ) Veränderungen an den wachsenden Knochen . . . . .	377
Schlußwort . . . . .	383
Literatur . . . . .	384
<b>C. Strahlenbedingte Knochenschäden. Von J. KOLÁŘ und R. VRABEC . . . . .</b>	<b>389</b>
I. Einleitung . . . . .	390
1. Allgemeine Einflüsse . . . . .	391
a) Alter und Wachstumsperiode . . . . .	391
b) Unterschiedliche Empfindlichkeit einzelner Knochenabschnitte . . . . .	391
c) Individuelle Strahlensensibilität . . . . .	392
d) Örtliche Kreislauf- und Stoffwechselabweichungen . . . . .	392
e) Knochenkrankungen . . . . .	392
f) Hormonale Einflüsse . . . . .	393
g) Zeitfaktoren . . . . .	393
2. Spezielle Einflüsse . . . . .	393
3. Die Knochentoleranzdosis . . . . .	394
II. Gengesteuerte und in utero verursachte Knochenveränderungen . . . . .	396
III. Erworbene Knochenschäden . . . . .	400
1. Folgen der Bestrahlung von außen . . . . .	400
a) Knochenstörungen im Erwachsenenalter . . . . .	400
α) Strahlenbedingte Kieferschäden . . . . .	408
β) Die Strahlenfolgen im Hüftgelenk und Beckenbereich . . . . .	414



γ) Die Veränderungen an Rippen und Brustbein . . . . .	422
δ) Veränderungen in den Knochen des Schultergürtels . . . . .	427
ε) Die Schädeldachknochen . . . . .	434
ζ) Veränderungen der Wirbelsäule . . . . .	439
η) Gelenkschäden nach Röntgenbestrahlung . . . . .	441
θ) Strahlenschäden in den Extremitätenknochen . . . . .	445
b) Strahleninduzierte Störungen des Knochenwachstums . . . . .	447
a) Wachstumsstörungen der Extremitätenknochen . . . . .	453
β) Veränderungen am Schädel und Gesichtsknochen . . . . .	462
γ) Veränderungen am Brustkorb . . . . .	467
δ) Veränderungen an der Wirbelsäule und an den Beckenknochen . . . . .	467
2. Knochenschäden durch innere Strahlenbelastung . . . . .	476
Literatur . . . . .	479
<b>D. Osteopathies of primary medullary origin. By G. ZUBIANI . . . . .</b>	<b>513</b>
I. Myelofibrosis and myelosclerosis (osteomyelosclerosis) . . . . .	513
a) Medullary fibrosis and osteosclerosis due to known causes . . . . .	513
1. Forms of idiopathic osteomyelosclerosis . . . . .	514
a) Brief history, terminology and etiological and pathogenetic hypotheses . . . . .	514
b) Frequency of osteomyelosclerosis: age, sex . . . . .	516
2. Symptoms . . . . .	516
a) Peripheral blood . . . . .	517
b) Pathological anatomy . . . . .	518
a) Bone marrow . . . . .	518
β) Spleen and liver . . . . .	520
γ) Lymph nodes . . . . .	520
δ) Localizations of o.m.s. in other organs . . . . .	520
c) Radiological manifestations of osteomyelosclerosis . . . . .	520
d) Differential radiological diagnosis . . . . .	528
3. Diffuse congenital generalized hyperostosis . . . . .	531
References . . . . .	533
<b>E. Zirkulatorische Knochenveränderungen. Von J. FRANZEN . . . . .</b>	<b>537</b>
I. Die akute Sudeck-Kienböck'sche Knochenatrophie. Das Sudeck-Syndrom . . . . .	537
1. Historischer Rückblick und Begriffsbestimmung . . . . .	537
2. Ätiologie . . . . .	539
3. Pathogenese . . . . .	549
4. Pathologisch-anatomische Befunde. . . . .	560
5. Angiographische Untersuchungsergebnisse und Isotopenbefunde . . . . .	567
6. Stadieneinteilung . . . . .	570
7. Das kontralaterale Sudeck-Syndrom . . . . .	572
8. Intensität des Sudeck-Syndroms und Teilfaktoren . . . . .	573
9. Klinische Daten . . . . .	575
10. Röntgenbefunde . . . . .	584
11. Differentialdiagnose . . . . .	639
12. Sudeck-Häufigkeit . . . . .	645
II. Der primäre Knocheninfarkt . . . . .	653
1. Abgrenzung und Begriffsbestimmung . . . . .	653
2. Ätiologie und Pathogenese . . . . .	654
3. Pathologisch-anatomische Befunde. . . . .	658
4. Klinische Daten . . . . .	664
5. Röntgenbefunde . . . . .	668
6. Isotopendiagnostik — szintigraphische Befunde . . . . .	694
7. Häufigkeit und Lokalisation . . . . .	700
8. Differentialdiagnose . . . . .	703
Literatur . . . . .	710
Namenverzeichnis — Author Index . . . . .	725
Sachverzeichnis . . . . .	775
Subject Index . . . . .	813

**Mitarbeiter von Band V/1 — Contributors to Volume V/1**

Prof. Dr. J. FRANZEN, St. Elisabeth-Krankenhaus, Röntgen- und Strahlenabteilung,  
Werthmannstr. 1, 5000 Köln-Hohenlind

Prof. Dr. F. HEUCK, Katharinenhospital der Stadt Stuttgart, Zentral-Röntgeninstitut,  
Kriegsbergstr. 60, 7000 Stuttgart 1

Doz. Dr. J. KOLÁŘ DrSc, Radiologické Univ.-Klinik, U nemocnice 2, Praha 2/CSSR

Prof. Dr. V. ŠVÁB, Radiologická Klinika, U nemocnice 2, Praha 2/CSSR

Dr. R. VRABEC, Radiologické Univ.-Klinik, U nemocnice 2, Praha 2/CSSR

Dr. G. ZUBIANI, Piazza della Repubblica 6, Milano/Italia