

H.-J. Pesch · H. Stöß · B. Kummer (Hrsg.)

# Osteologie aktuell VII

7. Jahrestagung der  
Deutschen Gesellschaft für Osteologie e.V.  
26. – 28. März 1992 in Erlangen

Mit 410 Abbildungen und 77 Tabellen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo  
Hong Kong Barcelona Budapest

Prof. Dr. med. Hans-Jürgen Pesch  
Prof. Dr. med. Hartmut Stöß  
Pathologisches Institut der Universität  
Krankenhausstr. 8–10  
91054 Erlangen

Prof. Dr. med. Benno Kummer  
Anatomisches Institut der Universität  
Joseph-Stelzmann-Str. 9  
50931 Köln

Redaktionelle Mitarbeit  
Thomas Lange (Koordinator)  
Pathologisches Institut der Universität  
Krankenhausstr. 8–10  
91054 Erlangen

3-540-56630-9 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1993  
Printed in Germany

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.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Satz: FotoSatz Pfeifer GmbH, 82166 Gräfelfing  
Umschlag unter Verwendung des Logos der DGO zur 7. Jahrestagung in Erlangen, März 1992 (Erlanger „E“)

21/3130-543210 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

# Inhalt

|   |    |
|---|----|
| Zum Thema Umwelt, Altern und Knochen – Resümee und Perspektiven<br><i>H.-J. Pesch</i> . . . . .   | V  |
| <b>Festvortrag</b>  |    |
| 100 Jahre „Transformationsgesetz der Knochen“ von Julius Wolff<br><i>D. Wessinghage</i> . . . . .   | 3  |
| <b>I. Altern, Umwelt und Knochen</b>  |    |
| Spektrum von Knochenläsionen aus Grabstätten des Mittelalters. Fragestellungen der Palaeopathologie (Übersichtsreferat)<br><i>C. P. Adler und D. Buhmann</i> . . . . .                | 15 |
| Referenzwerte für die Knochendichte in Deutschland<br><i>B. Allolio, M. Haberkamp, H.M. Kvasnicka, R. Lehmann, O. Randerath, M. Wapniarz, W. John, E. Keck und K. Klein</i> . . . . . | 22 |
| Ausgewählte biomechanische Aspekte in der Pathophysiologie der Osteoporose (Übersichtsreferat)<br><i>K. Abendroth</i> . . . . .   | 25 |
| Zur Problematik der histomorphometrischen Abgrenzung von Osteoporose und Altersknochen am Beckenkammbiopsat<br><i>F. Henschke</i> . . . . .   | 29 |
| Die senile Osteoporose – eine histomorphometrische Analyse von 122 Biopaten<br><i>G. Lehmann und K. Abendroth</i> . . . . .   | 33 |
| Zur Morphologie und Mechanik der Gelenke in Abhängigkeit vom Lebensalter<br><i>M. Müller-Gerbl und R. Putz</i> . . . . .  | 38 |
| Altersunterschiede der Anordnung der kollagenen Fasern im Gelenkknorpel<br><i>R. Putz und H. Fischer</i> . . . . .  | 42 |
| Gelenkdestruktion und Gelenkinfektion im höheren Lebensalter<br><i>D. Bettin, A. Karbowski, J. Steinbeck und J. Polster</i> . . . . .   | 45 |

## VIII

|   |    |
|---|----|
| Die Flächendichte des subchondralen Knochens des menschlichen Schienbeinkopfes<br>in Abhängigkeit vom Alter<br><i>W. F. Beyer, M. E. Böhringer, H. Schiwy-Bochat und A. R. Goldmann</i> . . . . . | 49 |
| Fluor und Umwelt<br><i>J. Franke</i> . . . . .  | 52 |
| Zur Bleibelastung des menschlichen Skelettsystems: Früher und heute<br>(Übersichtsreferat)<br><i>G. Drasch</i> . . . . .  | 56 |
| Spurenelementkonzentrationen des Skelettes im Laufe der Jahrhunderte<br>(Übersichtsreferat)<br><i>G. Grupe</i> . . . . .  | 61 |
| Der Knochen als Bioindikator für die radioaktive Kontamination der Umwelt<br>(Übersichtsreferat)<br><i>E. Werner</i> . . . . .  | 65 |

## **II. Kollagene und nichtkollagene Matrix des Stützgewebes** (auch unter Berücksichtigung der Biomechanik)

### **A. Allgemein**

|  |     |
|--|-----|
| Struktur und Funktion der Kollagene im Knochen (Übersichtsreferat)<br><i>B. Swoboda, K. v. der Mark</i> . . . . .  | 73  |
| Nichtkollagene Proteine des Knochens (Übersichtsreferat)<br><i>U. Vetter</i> . . . . .   | 77  |
| Immunmorphologische Aspekte der kollagenen Knochenmatrix unter Reifung und<br>Alterung (Übersichtsreferat)<br><i>A. Nerlich</i> . . . . .  | 81  |
| From the cytoskeleton to the skeleton: The transduction of biomechanical forces into<br>biological response (Übersichtsreferat)<br><i>D. Jones</i> . . . . .   | 85  |
| Biomechanische Untersuchungen am Verbundsystem des Binde- und Stützgewebes<br>mit der Methode der finiten Elemente (Übersichtsreferat)<br><i>U. Witzel</i> . . . . .   | 91  |
| Bioelektrische Aspekte zum Remodeling von Binde- und Stützgewebe<br>(Übersichtsreferat)<br><i>G. Regling</i> . . . . .   | 98  |
| Overmodification of collagen I in osteopenia<br><i>B. Bätge, J. Diebold, U. Seitzer und P. K. Müller</i> . . . . .   | 103 |
| Struktur und Funktion von kollagenen und nichtkollagenen Matrixkomponenten in<br>der Knochen-Band-Übergangszone – eine immunhistochemische und immunelektronen-<br>mikroskopische Studie des Knochen- und Bandgewebes<br><i>M. Neurath, A. Zschäbitz und E. Stofft</i> . . . . . | 105 |

|   |     |
|---|-----|
| Die Faserstrukturveränderungen des Kollagens im Knochen- und Knorpelgewebe bei experimenteller Osteonekrose und Arthrose<br><i>M. Bély</i> . . . . .  | 109 |
| Morphologische und immunhistochemische Untersuchungen am menschlichen Kiefergelenk<br><i>A. Nerlich, J. Müller, S. Dreher, I. Wiest, G. Bruckner und K. v. der Mark</i> . . . . .           | 116 |
| Untersuchungen zur Stabilität verschiedener Kollagentypen in historischem Knochengewebe<br><i>F. Parsche, A. Nerlich und I. Wiest</i> . . . . .   | 120 |
| Osteoblastenzellkulturen aus menschlichem Periostgewebe und spongiossem Knochen<br><i>J. Sauer, F. Zimmermann, U. Maronna, H. v. Kalinowski, Ch. Trendelenburg und L. Zichner</i> . . . . . | 125 |

## **B. Skelettdysplasien**

|   |     |
|---|-----|
| Anomalien des Typ-II-Kollagens in Chondrodysplasien<br><i>P. Freisinger, P. Maroteaux und J. Bonaventure</i> . . . . .  | 128 |
| Chondroektodermale Dysplasie (CED) – Morphologische, biochemische und zellbiologische Untersuchungen<br><i>R. E. Brenner, A. Nerlich, M. Mörike, F. Kirchner und W. M. Teller</i> . . . . . | 132 |
| Knochenlänge bei Osteogenesis imperfecta Typ II und III<br><i>F. R. Baumann, A. Nerlich und R. E. Brenner</i> . . . . .   | 136 |
| Osteopetrose – Erfahrungen mit der symptomatischen Therapie in vier Fällen<br><i>G. Spreng, R. Djrugin, W. Rabl, D. Färber, H. Stöß und B. F. Pontz</i> . . . . .                           | 139 |
| Koinzidenz von hereditärer Osteo-onycho-Dysplasie und rheumatoider Arthritis<br><i>W. Brückle</i> . . . . .   | 143 |

## **III. Knochentransplantate und Knochenersatzstoffe**

### **A. Knochentransplantate**

|   |     |
|---|-----|
| Bedeutung der Knochentransplantation in der orthopädischen Chirurgie (Übersichtsreferat)<br><i>B.-D. Katthagen</i> . . . . .  | 151 |
| Einsatzmöglichkeiten allogener Spongiosatransplantate. Erfahrungen der Knochenbank der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg<br><i>B. Fromm, R. Pauschert und F.-U. Niethard</i> . . . . .           | 154 |
| Mechanische Eigenschaften nativer und präparierter Spongiosa<br><i>R. Thull, A. Sturm und H.-J. Pesch</i> . . . . .   | 157 |
| Biomechanische Eigenschaften von Knochentransplantaten – Auswirkungen von Konservierung und Sterilisation<br><i>G. Voggenreiter, R. Ascherl, H.-J. Früh, M. A. Scherer, O. Balk und G. Blümel</i> . . . . . | 164 |

|   |     |
|---|-----|
| Mechanische Eigenschaften thermisch behandelte Spongiosa<br><i>V. Jansson, J.-H. Kühne und S. Neufang</i> . . . . .   | 168 |
| Vergleich von zwei Entnahmetechniken zur autologen Knochentransplantation<br><i>R. Steffen, R. H. Wittenberg und J. Möller</i> . . . . .  | 172 |
| Vergleich knochendensitometrischer Meßwerte bei massiven Allograft-Transplantaten zwischen Dual-X-Ray-Absorptiometrie, Dualphoton-Absorptiometrie und dem Aluminiumstufenkeil<br><i>D. Bettin, W. J. Lindner und J. Steinbeck</i> . . . . . | 176 |
| Die osteoinduktive Wirkung eines konservierten Knochentransplantates<br><i>V. Horn</i> . . . . .  | 180 |
| Einwachsverhalten thermisch vorbehandelter homologer Knochentransplantate im Kaninchen-Bohrlochmodell<br><i>J.-H. Kühne, R. Theermann, R. Bartl und C. Hammer</i> . . . . .   | 182 |
| Die vaskularisierte autogene Knochentransplantation in der Behandlung von Knochendefekten bei gestörtem Transplantatlager<br><i>H. Reichel und W. Hein</i> . . . . .  | 187 |
| Frühergebnisse nach homologer kortikaler Transplantation bei Femurdefekten<br><i>U. F. Schipp</i> . . . . .   | 195 |
| Rekonstruktion großer Acetabulum-Defekte mit Hilfe kompakter Allograft-Transplantation<br><i>D. Bettin, J. Polster und A. Karbowski</i> . . . . .   | 201 |
| Autoklavierte allogene Knochentransplantate – experimentelle und klinische Untersuchungen<br><i>T. v. Garrel, H. Knaepler, R. Ascherl und L. Gotzen</i> . . . . .   | 205 |
| Hüftprothesenwechsel unter Verwendung autoklavierter Spongiosa – Radiologische Ergebnisse<br><i>M. Matsubara, T. Schoch, R. Ascherl, I. Kutschka, F. Lechner und G. Blümel</i> . . . . .  | 209 |
| Die Knochentransplantation bei der endoprothetischen Versorgung von Protrusionshöften – spannungsoptische Untersuchungen und klinische Resultate<br><i>G. Mayer, D. Höchel und H. Seidlein</i> . . . . .                                    | 212 |
| Heilungsergebnisse nach Transplantation autoklavierter Spongiosa. Experimentelle Untersuchungen<br><i>T. Schoch, J. L. Spypa, R. Ascherl, I. Kutschka, M. Portzky, G. Blümel und H. Langhammer</i> . . . . .                                | 216 |
| Rekonstruktionsmöglichkeiten mit massivem Osteo(chondralem) Allograft nach Resektion von Tumoren im Bereich der Extremitäten und des Beckens<br><i>P. Wuisman, W. Winkelmann, J. Polster, A. Roessner und S. Blasius</i> . . . . .          | 220 |
| Autoklavierte Knochenspäne, ein Notbehelf bei Operationen am Bewegungsapparat<br><i>M. Wagner</i> . . . . .   | 223 |

|  |     |
|--|-----|
| Einflüsse der Dampfautoklavierungs-Zeit und Temperatur (121°C und 134°C) auf die biochemische Stabilität von Spongiosa-Transplantaten – Möglichkeiten der Prozeß-Optimierung<br><i>H. M. Seipp, N. Günther, T. v. Garrel und B.-D. Katthagen</i> . . . . . | 227 |
| Physikalische, mikrobiologische, biomechanische und biologische Untersuchungen zur Desinfektion allogener Knochentransplantate durch Thermoinkubation bei 80°C<br><i>T. v. Garrel, H. Knaepler, H. M. Seipp, R. Ascherl und L. Gotzen</i> . . . . .        | 231 |
| Experimentelle Untersuchungen zur chemischen Sterilisation allogener Knochentransplantate<br><i>T. v. Garrel, M. Hoffmann, F. Morgenthal und H. Knaepler</i> . . . . .   | 235 |
| Die Schädelkalotte als autogenes Knochentransplantat in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie – klinische und histologische Untersuchungen<br><i>E. Palluck, M. Farmand und A. Koch</i> . . . . .  | 240 |
| Die klinische Anwendung von autolyisiertem, Antigen-extrahiertem, allogenen Knochen in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie<br><i>N. Kübler, J. Reuther, J. Mühling, H. Steveling, W. Sebald und M. R. Urist</i> . . . . .                             | 246 |
| Knochendichtemessungen am Unterkiefer nach mikrochirurgischer und freier Transplantation von Beckenkammsegmenten<br><i>R. Weiske, H. Feifel und D. Riediger</i> . . . . .  | 250 |
| Morphometrische Untersuchung von Mikroradiographien der Spongiosatransplantation im Vergleich zur teildemineralisierten Knochenmatrix<br><i>K. Wolf, M. Puhlmann, W. Stock, H. Mandelkow, S. Kessler und L. Schweiberer</i> . . . . .                      | 255 |
| <b>B. Knochenersatzstoffe</b>  |     |
| Biomaterialien in menschlichen Knochenzellkulturen – eine Studie der Biokompatibilität verschiedener Implantatmaterialien<br><i>A. Battmann, M. Hofmann, B.-D. Katthagen und A. Schulz</i> . . . . .   | 259 |
| Einsatz von Knochenersatzmaterial im Zuge von Austauschoperationen aseptisch ausgelockerter Hüftenprothesen<br><i>J. Heisel, E. Fritsch und H. Mittelmeier</i> . . . . .   | 262 |
| Beobachtungen zum Einwachsverhalten eines Knochenersatzmaterials aus corallinem Hydroxylapatit mit zwei verschiedenen Porengrößen im Kaninchen-Bohrlochmodell<br><i>J.-H. Kühne, V. Jansson, C. Hammer und R. Bartl</i> . . . . .                          | 266 |
| Hydroxylapatitkeramik zum subchondralen Knochenersatz großer Gelenke – Eine tierexperimentelle polarisationsoptische Studie<br><i>N. M. Meenen, W. Flosdorff, M. Dallek, K. Donath und K. H. Jungbluth</i> . . . . .                                       | 271 |
| Einsatzmöglichkeiten und Einheilverhalten gesinterter allogener Knochenersatzmaterialien<br><i>G. Zeiler, H. Stöß und G. Manolikakis</i> . . . . .   | 276 |

|  |     |
|--|-----|
| Erfahrungen bei der extraartikulären Arthrodesenach Grice mit allogenen Knochenmaterial<br><i>G. Manolikakis und G. Zeiler</i> . . . . .   | 283 |
| Bovines Apatit – Wertigkeit beim Knochenersatz<br><i>Ch. Paul, W. Schlickewei, E. H. Kuner und R. K. Schenk</i> . . . . .  | 288 |
| Erfahrungen mit pyrolysiertem xenogenen Knochen im Kieferbereich<br><i>E. A. Bender, J. Dumbach und W. J. Spitzer</i> . . . . .  | 292 |
| Tierexperimentell-histologische Ergebnisse nach Unterkieferrekonstruktion mit Titangitter, autogener Spongiosa und Hydroxylapatit<br><i>J. Dumbach, W. J. Spitzer und H.-J. Pesch</i> . . . . .        | 296 |
| Klinische Erfahrung mit BIO-OSS bei verschiedenen Indikationen<br><i>H. Bereiter, W. Schlickewei, A. H. Huggler und E. H. Kuner</i> . . . . .  | 300 |
| Entwicklung und klinische Erfahrungen mit dem Knochenersatzmaterial Algipore<br><i>R. Ewers, B. Schumann, M. Rasse und M. Salzer-Kuntschik</i> . . . . .   | 303 |
| Knochengel: Ein neuartiger demineralisierter allogener Knochen in Tierversuchen und klinischer Anwendung<br><i>H. A. Tjabbes, D. C. Tietveld, M. R. Veen, A. B. Prewett und C. J. Damien</i> . . . . . | 308 |
| Einfluß von Huminat auf Calciumapatit-Implantate<br><i>W. Schlickewei, U. N. Riede, G. Zeck-Kapp, E. H. Kuner, G. Seubert und W. Ziechmann</i> . . . . .   | 312 |
| Degradationsstabile Trägersysteme für osteoinduktive Biomaterialien<br><i>G. Hotz</i> . . . . .  | 316 |
| Knochen- und Knorpelneubildung durch Bone Morphogenetic Protein (BMP/NCP) aus humanem Osteosarkomgewebe in vivo und in vitro<br><i>N. Kübler und M. R. Urist</i> . . . . .                             | 324 |
| Anwendung von Knochenersatzmaterialien bei der Spondylodese von Skoliosen<br><i>F. W. Koch, O. Schmitt und H. Mittelmeier</i> . . . . .  | 328 |
| <b>C. Prothesen</b>  |     |
| Quantifizierung von Knochenreaktionen des Femurs nach Hüftendoprothesen<br><i>H. Hirschfelder und E. Klotz</i> . . . . .   | 335 |
| Die SHEP – eine Neuentwicklung der Hüftendoprothetik mit Verbundimplantation von spongiösem Knochen und Prothesenhohlkörpern<br><i>K. H. Träger</i> . . . . .  | 339 |
| Histomorphologische und densitometrische Befunde an der Pfanne des Hüftgelenks nach dessen hemiprothetischer Versorgung<br><i>G. M. Sprinzel, R. T. Müller und J. Koebke</i> . . . . .                 | 346 |



|   |     |
|---|-----|
| Die knöcherne Regeneration des Femurschaftes beim Totalprothesenwechsel der Hüfte ohne Knochentransplantate<br><i>M. Wagner</i> . . . . . | 350 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| Pulvermatellurgisch hergestellte Titanimplantate – Knochenersatzstoffe nach Maß<br><i>U. Holzwarth</i> . . . . . | 353 |
|--|-----|

#### **D. Sonstiges**

|   |     |
|---|-----|
| Die Spontanregeneration des Unterkiefers – Eine Alternative zur Knochentransplantation bei Kindern? Eine tierexperimentelle Untersuchung<br><i>M. Farmand</i> . . . . . | 357 |
|---|-----|

|   |     |
|---|-----|
| Das Verhalten des Knochens auf künstlicher Matrix ohne biomechanischen Einfluß<br><i>F. W. Koch, M. Naegele, U. v. Deimling, H. H. Meßler und U. Wagner</i> . . . . . | 363 |
|---|-----|

|   |     |
|---|-----|
| Osteogenese durch demineralisierte Knochenmatrix im Experiment<br><i>H. Stützle, S. Keßler, K. Hallfeldt und L. Schweiberer</i> . . . . . | 368 |
|---|-----|

|   |     |
|---|-----|
| Die Beeinflussung der epithelinduzierten Osteogenese durch Tetracycline<br><i>F. W. Koch, U. v. Deimling, H. H. Meßler und K. J. Münzenberg</i> . . . . . | 373 |
|---|-----|

|   |     |
|---|-----|
| Untersuchungen zur Biokompatibilität von Implantaten: Der Erlanger Ciliatentest<br><i>W. Gräf, R. L. Mueller und R. E. Sachse</i> . . . . . | 376 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| Chemische Sterilisation biologischer Implantate mit einer Kombinationsmethode<br><i>R. v. Versen, H. Haider, I. Kleemann und R. Starke</i> . . . . . | 380 |
|--|-----|

### **IV. Aktuelle Osteologie**

#### **A. Knochendichte/Osteoporose**

|  |     |
|--|-----|
| Der Einfluß anthropometrischer Daten auf die Knochendichte<br><i>O. Randerath, H. M. Kvasnicka, W. John, K. Klein und B. Allolio</i> . . . . . | 389 |
|--|-----|

|   |     |
|---|-----|
| Über den Einfluß der Muskelkraft auf die Knochendichte<br><i>O. Randerath, H. M. Kvasnicka, M. Wapniarz, R. Lehmann, W. John, K. Klein und B. Allolio</i> . . . . . | 392 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| Hormone und Skelettsystem (Übersichtsreferat)<br><i>R. Ziegler</i> . . . . . | 396 |
|--|-----|

|  |     |
|--|-----|
| Mechanisms of Bone Loss after Cessation of Ovarian Function – Therapeutic Implications (Übersichtsreferat)<br><i>H. H. Malluche und M. C. Monier-Faugere</i> . . . . . | 405 |
|--|-----|

|  |     |
|--|-----|
| Messung der intestinalen Kalziumabsorption bei postmenopausalen Frauen aus einer therapeutischen Dosis<br><i>Ch. Hansen, P. Roth, Ch. Cermak, J. P. Kaltwasser und E. Werner</i> . . . . . | 410 |
|--|-----|

|   |     |
|---|-----|
| Die latente Hyperthyreose – eine Ursache für die Osteoporose im Alter<br><i>P. Oelzner, G. Lehmann und K. Abendroth</i> . . . . .   | 414 |
| Erhöhte Prävalenz von Osteoporose und Osteopenie bei Patienten mit Hypophysen-<br>vorderlappen-Insuffizienz: Einfluß des Mangels an Wachstums- und<br>Geschlechtshormon<br><i>E. Slenczka, Ch. Wüster und R. Ziegler</i> . . . . .                          | 418 |
| Frakturverhalten lumbaler Wirbelkörper im Osteoporosemodell durch Ovariectomie<br>beim Cynomolgen<br><i>R. Schleberger, P. Harrer und T. Richter</i> . . . . .  | 422 |
| Rehabilitation und Kurortmedizin bei Osteoporose<br><i>H. W. Minne, W. Streicher, G. Leidig und J. Reiche</i> . . . . .   | 427 |
| Die differenzierte, individuelle, „maßgeschneiderte“ Prophylaxe und Therapie<br>der Osteoporose (Übersichtsreferat)<br><i>M. A. Dambacher, H. Wilfert, Th. Böni, J. Romero, M. Neff und P. Rüegegger</i> . . . . .  | 433 |
| Einfluß des Prostaglandin E <sub>2</sub> -Analogons Nocloprost auf den Knochenstoffwechsel<br>in vivo<br><i>H.-P. Kruse, E. Richter und K.J. Woggan</i> . . . . .   | 447 |
| Osteokalzin und alkalische Phosphatase: Indikatoren unterschiedlicher Funktionen<br>der Osteoblasten?<br><i>Ch. Fölsch und H.-P. Kruse</i> . . . . .  | 450 |
| Osteoporose und Hyperkalziurie<br><i>A. Cronenberg und E. Keck</i> . . . . .  | 456 |
| Methodische Aspekte der Knochendichtemessung mit Absorptiometrie und<br>Computertomographie (Übersichtsreferat)<br><i>W. Kalender</i> . . . . .   | 459 |
| Die Verteilung der subchondralen Knochendichte, der Knorpeldicke und der<br>Knorpeldegeneration an der menschlichen Patella<br><i>F. Eckstein, M. Müller-Gerbl und R. Putz</i> . . . . .  | 463 |
| Vergleich zwischen Ultraschallmessungen im Bereich der Patella und Knochen-<br>dichtemessungen des distalen Radius bei prä- und postmenopausalen Frauen<br><i>R. Lehmann, H. M. Kvasnicka, M. Wapniarz, O. Randerath, K. Klein und B. Allolio</i> . . . . . | 467 |
| Über eine neue Methode zur Mineralgehaltbestimmung bei Kindern mittels<br>Ultraschall<br><i>P. Eggert</i> . . . . .   | 470 |
| Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen am Skelett bei Sportlern<br><i>M. Jergas, P. Müller, E. Kuhlmann, R. Wittenberg und O. Köster</i> . . . . .  | 473 |
| Knochendichtemessung am Calcaneus mittels Ultraschall: Ein neues präzises<br>Verfahren mit guter Übereinstimmung zur Wirbelsäulenmessung<br><i>Ch. Wüster, Ch. Scheidt-Nave, M. Bergmann, W. Paetzold, K. Brandt und R. Ziegler</i> . . . . .               | 477 |

|  |     |
|--|-----|
| Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen zur Diagnose einer postmenopausalen Osteoporose<br><i>M. Jergas, M. Uffmann, P. Müller und O. Köster</i> . . . . .  | 481 |
| Ergebnisse der Osteodensitometrie bei medikamentöser Fluorose<br><i>S. Hauch und J. Franke</i> . . . . .   | 485 |
| Differenzierung der renalen Osteopathie mit Hilfe kalziumkinetischer Parameter<br><i>P. Kurz, M.C. Faugere, P. Roth, E. Werner, J. Vlachoianis, H. H. Malluche und P. Grützmacher</i> . . . . .  | 488 |
| Fluorid modifiziert die Entstehung der aluminiuminduzierten Osteopathie bei Niereninsuffizienz<br><i>T.H. Ittel, U. Gladziwa und H. G. Sieberth</i> . . . . .  | 492 |
| Stellenwert von Hautdickemessungen für die Früherkennung der Osteoporose<br><i>M. Wapniarz, R. Lehmann, H.M. Kvasnicka, O. Randerath, R. Quarg, K. Klein und B. Allolio</i> . . . . .  | 496 |
| Der Einfluß der sozialen Unterstützung auf die Krankheitsverarbeitung am Beispiel der primären Osteoporose Typ I<br><i>H. Seelbach, W. Neumann und G. M. Krüskemper</i> . . . . .  | 499 |
| Ambulante Bewegungsregistrierung bei Patientinnen mit Osteoporose<br><i>J. Kugler, H. Seelbach und G. M. Krüskemper</i> . . . . .  | 503 |
| Komplette Wirbelkörperluxation mit Osteolysen im Bereich der Hals- und Lendenwirbelsäule in Verbindung mit Rippenserienfraktur, Mandibulafraktur und Akroosteolysen bei schwerer, wahrscheinlich primärer Osteoporose<br><i>H. Geipert, P. Metz-Stavenhagen und W. Meiners</i> . . . . . | 507 |
| Knochenstoffwechsel bei Morbus Bechterew<br><i>H. Franck und E. Keck</i> . . . . .   | 509 |
| Automatische Kompaktanalyse zur Speziesidentifizierung<br><i>K.-H. Schiwy-Bochat</i> . . . . .   | 512 |
| Reaktionen des Alveolarknochens auf unterschiedlich konstruierte Prothesen<br><i>N. Müller und U. Ritter v. Streitberg</i> . . . . .   | 515 |
| Beziehungen zwischen biochemischen Parametern und Knochenumbau bei verschiedenen Skeletterkrankungen<br><i>P. Roth, I. Spielberger, E. Werner, Ch. Hansen, P. Kurz, T. Tsobanelis und P. Grützmacher</i> . . . . .   | 520 |
| Der Einfluß der Knochendichte auf den Halt von Knochenschrauben in der Wirbelsäule<br><i>A. v. Stempel und S. Kernberger</i> . . . . .   | 524 |
| Desmale und enchondrale Mineralisation in vitro<br><i>B. Zimmermann</i> . . . . .  | 529 |

|   |     |
|---|-----|
| Zur Heterogenität der Epiphysenfuge – eine morphologische Studie zur enchondralen Ossifikation der Tibia<br><i>A. Zschäbitz, M. Neurath, H. G. Gabius und E. Stofft</i> . . . . . | 533 |
| Funktionelle Morphologie von subchondraler Mineralisierungszone und subartikulärer Spongiosa des Tibiaplateaus<br><i>S. Milz</i> . . . . .  | 537 |

## **B. Arthrose**

|   |     |
|---|-----|
| Charakteristische morphologische Veränderungen am Gelenk unter Belastung – physiologische Reaktion oder präarthrotische Deformität?<br><i>A. J. Roth, R. Oettmeier, K. Abendroth, H. Helminen, P. Mühlig und R. Neumann</i> . . . . . | 541 |
| Vergleichende Untersuchungen am Kniegelenk zweier Spezies zur komplexen Pathogenese der Osteoarthrose<br><i>A. J. Roth, R. Oettmeier, K. Abendroth, H. Helminen und P. Mühlig</i> . . . . .   | 546 |
| Gelenkspaltweite und subchondrale Sklerosierungsvermehrung im Röntgenbild – Zeichen einer Arthrose des Kniegelenks?<br><i>P. Heppt, A. Goldmann und W. F. Beyer</i> . . . . .   | 550 |
| Quantitativer Vergleich von a.p.-Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes im Einbein- und Zweibeinstand bei Varusgonarthrose<br><i>B. Swoboda, M. Böhringer, P. M. Wirtz, W. F. Beyer und M. Legat</i> . . . . .                             | 552 |
| Digitalized pseudo-color radiography of bones. Preliminary report on color significance in image processing<br><i>R. Marciniak, E. Kociatkiewicz und K. Jarnicki</i> . . . . .  | 555 |
| Morphologie von Knorpel-, Meniskus- und Synovialis-Biopsaten bei aktivierter Gonarthrose. Konsens oder Divergenz?<br><i>J. Grifka, A. Bosse, R. Willburger, H. Neumann, J. E. Beier und K.-M. Müller</i> . . . . .                    | 557 |
| Knochenkupfergehalt bei Patienten mit Coxarthrose, Schenkelhalsfraktur und bei einer Kontrollgruppe<br><i>D. P. König, D. Conlan, D. Tallentire und P. J. Gregg</i> . . . . .   | 561 |

## **C. Tumoren**

|  |     |
|--|-----|
| Die hochauflösende, direkt-radiographische Vergrößerung im Vergleich mit hochauflösender Kernspintomographie und Makro- und Mikropathologie bei primären und sekundären Knochentumoren<br><i>N. Lindner, G. Reuther und S. Blasius</i> . . . . . | 564 |
| Röntgenmorphologie der Histiozytose X außerhalb von Schädel und Wirbelsäule<br><i>H. Müller-Miny, T. Vestring, G. Edel, R. Erlemann und P. E. Peters</i> . . . . .   | 568 |
| Enchondromatose (M. Ollier) – röntgenologische Verlaufsbeobachtungen nach operativer Behandlung<br><i>H.-J. Hesselschwerdt, J. Heisel und T. Siebel</i> . . . . .  | 572 |

|   |     |
|---|-----|
| Die Histogenese des Chordomas – anhand der histologischen Untersuchung von rezidivierenden (mehrmals operierten) Tumoren<br><i>M. Bély</i> . . . . .  | 578 |
| Histochemie der tartratresistenten sauren Phosphatase: Diagnostische Bedeutung in reaktiven und neoplastischen Knochenläsionen<br><i>J. Knolle, F.-W. Rath und D. Stiller</i> . . . . .                                       | 586 |
| Zur immunelektronenmikroskopischen Lokalisation von Kollagenen und nicht-kollagenen Proteinen in reaktivem und neoplastischem Knochen<br><i>A. Roessner, Y. Ueda, S. Blasius, G. Edel, P. Wuisman und W. Böcker</i> . . . . . | 589 |
| Expressionsmuster endogener zuckerbindender Rezeptoren (endogener Lektine) in osteoklastären Riesenzellen und in Osteoklastomen<br><i>J. Knolle, H. Bahn, D. Stiller, F.-W. Rath und H.-J. Gabius</i> . . . . .               | 592 |
| Atypische aneurysmatische Knochenzyste. Morphologie, Klinik, Radiologie<br><i>A. Bosse, K. F. Wanner und A. Weber</i> . . . . .   | 595 |
| Maligne Transformation einer aneurysmatischen Knochenzyste – Ein Fallbericht<br><i>G. Blasius, G. Edel, Y. Ueda, P. Wuisman, T. Vestring, W. Böcker und A. Roessner</i> . . .   | 600 |
| Kalkaneuszysten: Ergebnisse der operativen Therapie<br><i>T. Siebel, J. Heisel und H. J. Hesselschwerdt</i> . . . . .   | 604 |
| Zur Klinik, Differentialdiagnose und Pathomorphologie der tumorösen Calcinose<br><i>A. Hillmann, P. Wuisman, S. Blasius, B. Sprakel und A. Bosse</i> . . . . .  | 610 |
| Immunhistochemische Untersuchungen zur formalen Pathogenese der heterotopen Ossifikation<br><i>A. Bosse, J. Gawlik, D. Jones, K. Schwarz und E. Vollmer</i> . . . . .   | 616 |
| Weichteilkalzifikation bei Crest-Syndrom. Ein Bericht von zwei Fällen<br><i>U. A. Wagner, W. Koch, W. Rüter, M. Gebhardt und H. H. Meßler</i> . . . . .   | 621 |
| Indomethacin zur Prophylaxe periartikulärer Ossifikationen nach TEP – Ergebnisse der Kurzzeittherapie<br><i>R. v. Brehmen-Kühne und D. Stock</i> . . . . .  | 626 |
| <b>D. Sonstiges</b>   |     |
| Seltene Differentialdiagnosen gelenknaher Osteolysen<br><i>K. Günther, H.-P. Scharf und W. Puhl</i> . . . . .   | 629 |
| Polarisations- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchung des Kollagenfaserverlaufes im kindlichen Gelenkknorpel<br><i>M. Dallek, B. Wurm, D. E. Lorke, N. M. Meenen und K. H. Jungbluth</i> . . . . .                   | 636 |
| Der Einfluß axialer und normaler interfragmentärer Bewegungen auf die knöcherner Heilung<br><i>R. G. K. Schlenzka und M. Stamm</i> . . . . .  | 641 |

XVIII

Einfluß der weiblichen Gonaden auf das Verhalten der proximalen Tibia-  
wachstumsfuge bei der Ratte  
*H.-P. Haase und A. Enderle* . . . . . 646

Skelettmanifestationen der primären Amyloidose: Fallbeschreibung und  
Literaturübersicht  
*H. Dürk, I. Kötter, K.-P. Aicher und J. G. Saal* . . . . . 650

Resorbierbares Kollagen als Arzneistoffträger zur lokalen Antibiotikum-Therapie.  
Experimentelle und klinische Ergebnisse  
*R. Ascherl, A. Stemberger, M. A. Scherer, E. Hipp und G. Blümel* . . . . . 655

Die Magnetodyn-Therapie. Indikationen, Randbedingungen und Grenzen einer  
rationalen konservativen Magnetfeldtherapie in der Osteologie  
*G. Regling und H. Zippel* . . . . . 659

Kalzifizierung und Ossifizierung im Bronchusskelett  
*P. Brunner und R. Schmitt* . . . . . 662

Autorenverzeichnis . . . . . 665

Stichwortverzeichnis . . . . . 669

# Altersunterschiede der Anordnung der kollagenen Fasern im Gelenkknorpel

R. Putz und H. Fischer

Ludwig-Maximilians-Universität München, Anatomische Anstalt (Lehrstuhl I), Pettenkoferstraße 11, 80336 München

## Einleitung

Im Zusammenhang mit der Diskussion mechanischer Faktoren bei der Entstehung der Arthrose ist die Frage von Bedeutung, wie der normale Gelenkdruck von der Knorpeloberfläche auf den subchondralen Knochen übertragen wird. Die meisten bisherigen Vorstellungen gehen davon aus, daß innerhalb des Gelenkknorpels eine hydrostatische Drucksituation aufgebaut wird. Dabei wird die morphologische Heterogenität des Knorpels entweder überhaupt nicht berücksichtigt oder in etwas idealistischer Weise interpretiert (Pauwels 1959). Im folgenden soll auf der Basis einer exakten morphologischen Darstellung versucht werden, einen Beitrag zum Kraftfluß innerhalb des Gelenkknorpels unter besonderer Berücksichtigung des Fasergewebes und seiner Altersveränderung zu leisten.

## Material und Methode

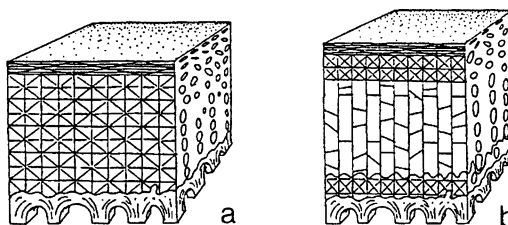
Die Untersuchungen wurden an maximal 24 h alten Knorpelknochenstanzproben (Durchmesser 8 mm) aus dem Zenith von Femurköpfen juveniler und adulter Hausschweine durchgeführt. Die Auswahl dieses Tieres beruht darauf, daß dessen Femurköpfe ausreichend groß sind und daß das Material in vergleichbarer Qualität relativ leicht zu bekommen ist.

Zur Darstellung der kollagenen Fasern im REM wurden die Proteoglykane mit Hilfe von 4 M Guanidiniumchlorid bei 37 °C extrahiert. Anschließend erfolgte die Fixierung in 4%igem Formalin über weitere 24 Stunden. Erst nach Entkalkung in Jenkins-Lösung und CP-Trocknung wurden die Präparate in flüssigem N<sub>2</sub> gebrochen (Fischer 1988).

Ein Teil der Präparate wurde in nativem Zustand mit einem Zylinder über einen Stempel mit einer Fläche von 0,5 x 4 mm mit einer Kraft von 100 p über eine Zeit von 15 min bei 21 °C in physiologischer 0,9%iger NaCl-Lösung belastet. Der Druckstempel wurde dabei im Zylinder so fixiert, daß das Präparat über 4 M Guanidiniumchlorid bis zum Tieftemperaturbruch wie die erste Präparatserie geführt werden konnte. Wir entschieden uns dabei für eine partielle Druckbelastung unter der Vorstellung, daß auch bei kongruenten Gelenkflächen sowohl die statische als auch die dynamische Druckübertragung nur im Ausnahmefall exakt gleichmäßig über die Kontaktfläche erfolgt.

Von 14 juvenilen Präparaten wurden anstelle der Präparation für das REM Gefrierschnitte angefertigt und die Zellzahl pro Flächeneinheit in vier zonalen Bereichen belasteter und unbelasteter Areale ermittelt.

**Abb. 1a, b.** Schema des Fasergerüsts des Gelenkknorpels des Schweines im REM, **a** juvenil, **b** adult



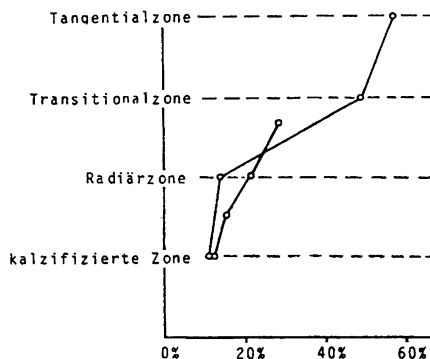
## Ergebnisse

Die Auswertung der REM-Bilder ergibt klar, daß besonders die Radiärzone juveniler und adulter Schweine Unterschiede der Faserstruktur aufweisen (Abb. 1). Während beim juvenilen Präparat eine dichtere Quervernetzung zwischen den kollagenen Faserbündeln vorhanden ist, besteht beim adulten Präparat eine klare radiäre Vorzugsrichtung. Die Transitionalzone ist bei beiden Präparatgruppen ähnlich aufgebaut, ebenso die Tangentialzone. Entgegen den Unterstellungen der Literatur können keine spitzbogenartig von der Radiär- zur Tangentialzone verlaufenden Fasern gefunden werden. Im Bereich der Transitionalzone erfolgt bei juvenilen und adulten Präparaten eine Dickenabnahme der Fasern sowie eine engere Verflechtung, jedoch ohne Vorzugsrichtung.

Die Kompressionsversuche ergeben, daß sich die drei oberen Knorpelzonen nicht gleich verhalten. Während sich die Tangentialzone und auch die Transitionalzone relativ stark verdichten (Abb. 2), reagiert die Radiärzone in wesentlich geringerem Ausmaß. Dies wird besonders deutlich, wenn man die Zelldichte pro Flächeneinheit im histologischen Bild analysiert (Abb. 3). Entfernt man allerdings die Tangentialschicht, so wirkt eine gewisse Verdichtung auch in tiefere Knorpelschichten hinein.

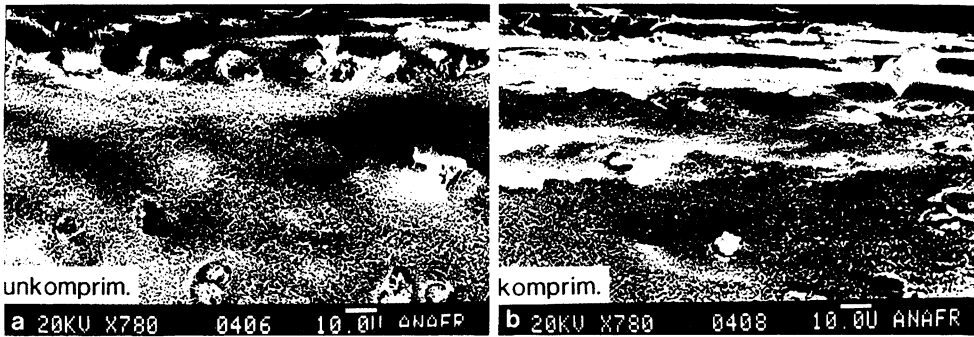
## Diskussion

Aus unseren Befunden leiten wir ab, daß das Funktionsprinzip des hyalinen Gelenkknorpels im exakten Zusammenwirken seines Fasergerüsts sowie der unstrukturierten extrazellulären



**Abb. 2a, b.** Verhalten der Tangential- und der Transitionalzone beim Kompressionsversuch; REM **a** nicht komprimiert, **b** komprimiert





**Abb. 3.** Zonale Deformation des Gelenkknorpels im Kompressionsversuch mit und ohne Tangentialzone

Matrix zu suchen ist. Die kollagenen Fasern stellen gewissermaßen eine Radiärverspannung bis zur Tangentialzone dar, die durch den Quellsdruck der Proteoglykane unter Spannung gehalten wird, wobei eine schlüssige kausale Erklärung für den evidenten Altersunterschied, den auch Clark (Clark 1992) beim Kaninchen beschreibt, vorderhand nicht angegeben werden kann. Der Tangentialzone kommt dabei die außerordentlich wichtige Bedeutung zu, die Kraft einleitung auf eine möglichst große Fläche zu übertragen (Broom u. Marra 1985; O'Connor et al. 1989). Spitzbogenartige Verspannungssysteme werden dabei nicht benötigt. Die strukturelle Altersveränderung bestätigt dies.

Aus dem Kompressionsverhalten ist abzuleiten, daß die Festigkeit des Gelenkknorpels von der Oberfläche zur Tiefe hin zunimmt. Die Transitionalzone kann dabei als reagible Verdickung der Tangentialzone aufgefaßt werden. Bezieht man moderne Konzepte der Gelenkschmierung ein, so ist dieses mechanische Verhalten durchaus plausibel. Beim Wandern einer Druckwelle über die Oberfläche des Knorpels können Anteile der extrazellulären Matrix in die Synovialflüssigkeit übergehen. Unserer Auffassung nach ist die Transitionalzone deshalb nicht so sehr als Anteil des Verspannungssystems, sondern vielmehr als komprimierbarer Puffer und Schmierfilmreservoir anzusehen. Darüber hinaus erscheint es unbestritten, daß durch die lokalen Druckverschiebungen der Stoffwechsel innerhalb des Gelenkknorpels aufrechterhalten wird.

### Literatur

- Broom ND, Marra DL (1985) New structural concepts of articular cartilage demonstrated with a new physical model. *Connect Tissue Res* 14: 1–8
- Clark JM (1992) Development of radial collagen fibers in articular cartilage of the growing rabbit tibial plateau. *Trans AORS* 526
- Fischer H (1988) Darstellung und Anordnung kollagener Fibrillen in der Matrix des Gelenkknorpels. Dissertation, Freiburg
- O'Connor P, Orford CR, Gardner DL (1989) Differential response to compressive loads of zones of canine hyaline articular cartilage: micromechanical, light and electron microscopic studies. *Ann Rheum Dis* 47: 414–420
- Pauwels F (1959) Die Struktur der Tangentialfaserschicht des Gelenkknorpels der Schulterpfanne als Beispiel für ein verkörpertes Spannungsfeld. *Z Anat Entwickl Gesch* 121: 188–240