

Deutsche Gesellschaft
für Rheumatologie (Hrsg.)

Kommission Bildgebende Verfahren
Sprecher: R. RAU

Bildgebende Verfahren in der Rheumatologie

MIT 111 ABBILDUNGEN IN 208 EINZELDARSTELLUNGEN
UND 34 TABELLEN

STEINKOPFF
DARMSTADT

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR RHEUMATOLOGIE
Geschäftsstelle
Luisenstraße 41
10117 Berlin

ISBN-10 3-7985-1720-7 Steinkopff Verlag, Darmstadt
ISBN-13 978-3-7985-1720-2 Steinkopff Verlag, Darmstadt

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

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.

Steinkopff Verlag Darmstadt
ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
www.steinkopff.springer.de

© Steinkopff Verlag Darmstadt 2007
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.

Redaktion: Dr. Annette Gasser Herstellung: Klemens Schwind
Umschlaggestaltung: WMX Design GmbH, Heidelberg
Satz: K+V Fotosatz GmbH, Beerfelden

SPIN 11861713 85/7231-5 4 3 2 1 0 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

Geleitwort

Bildgebende Verfahren haben eine zentrale Bedeutung in der Diagnostik und Verlaufsbeurteilung rheumatischer Krankheiten. Neue bildgebende Verfahren haben der rheumatologischen Diagnostik eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Visualisierung pathologischer Veränderungen zur Verfügung gestellt. Damit wurden neue Einblicke in Art, Intensität, Lokalisation und Ausdehnung von Krankheitsprozessen und krankheitsbedingten strukturellen Schäden am Bewegungssystem eröffnet.

Die enorme Entwicklung, die sich in den letzten Jahren im Bereich der bildgebenden Verfahren vollzogen hat, hat die Deutsche Gesellschaft für Rheumatologie veranlasst, eine Kommission „Bildgebende Verfahren“ einzusetzen. Aufgabe der Kommission, die seit 2001 unter der Leitung von Prof. Dr. med. Rolf Rau arbeitet, ist es, den Wert der jeweiligen bildgebenden Verfahren in Bezug auf rheumatologische Fragestellungen darzustellen, Indikationen und vergleichende Bewertungen für den Einsatz verschiedener Methoden zu erarbeiten und in Kooperation mit den Kommissionen für Weiterbildung und Qualitätssicherung die Standards zur Durchführung und Beurteilung zu definieren. Aus der Kommissionsarbeit resultiert eine Anzahl von Beiträgen über verschiedene bildgebende Verfahren zur Diagnostik und Verlaufsbeurteilung von Veränderungen bei rheumatischen Krankheiten, die mehrheitlich in der Zeitschrift für Rheumatologie publiziert wurden und hiermit nun in erweiterter Form vorgelegt werden. Diese Aktivitäten sind zu sehen im Zusammenhang mit Initiativen der EULAR zur Erarbeitung internationaler Standards für bildgebende Verfahren wie zum Beispiel für die Ultraschalldiagnostik am Bewegungssystem [1].

In den Beiträgen werden die diagnostischen Möglichkeiten der einzelnen bildgebenden Verfahren bei verschiedenen entzündlich-rheumatischen Krankheiten und nichtentzündlichen Gelenk- und Wirbelsäulenkrankheiten dargestellt. Auf die verschiedenen Scoring-Methoden wird insbesondere bei der rheumatoiden Arthritis eingegangen. Die Quantifizierung des entzündlichen Befalls und der Entwicklung struktureller Schä-

den an Gelenken und Wirbelsäule durch bildgebende Methoden hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung für die wissenschaftliche Beurteilung von Therapieeffekten gewonnen. Mehr und mehr werden diese Verfahren im Rahmen der Wirksamkeitskontrolle auch für die tägliche Praxis relevant. Vor allem die Ultraschalldiagnostik des Bewegungssystems und der extracraniellen Arterien [2, 3] spielt im rheumatologischen Praxisalltag eine immer wichtigere Rolle, etwa in der Frühdiagnostik erosiver Veränderungen kleiner Extremitätengelenke oder in der Lokalisationsdiagnostik vaskulitischer Veränderungen bei Verdacht auf Riesenzellarteriitis.

Die Deutsche Gesellschaft für Rheumatologie begrüßt diesen Band als einen wichtigen Beitrag für die ärztliche Weiterbildung, die in den 2004 novellierten Weiterbildungsrichtlinien Kenntnisse und Fähigkeiten in den verschiedenen bildgebenden Verfahren vorsieht. Er unterstützt insbesondere auch die kontinuierliche Fortbildung in der Rheumatologie und definiert die diagnostischen Standards für die tägliche Praxis. Dieser Zusammenstellung bildet für praktizierende und in Ausbildung befindliche Rheumatologen die Grundlagen der bildgebenden Diagnostik ab und wird eine breite Leserschaft finden.

■ Literatur

1. Backhaus M, Burmester GR, Gerber T, Grassi W, Machhold KP, Swen A, Wakefield RJ, Manger B (2001) Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann Rheum Dis* 60:641-649
2. Schmidt WA, Backhaus M, Sattler H, Kellner H (2003) Bildgebende Verfahren in der Rheumatologie: Sonographie bei rheumatoider Arthritis. *Z Rheumatol* 62:23-33
3. Wakefield RJ, Gibbon WW, Conaghan PG, O'Connor P, McGonagle D, Pease C, Green MJ, Veale DJ, Isaacs JD, Emery P (2000) The value of sonography in the detection of bone erosions in patients with rheumatoid arthritis: a comparison with conventional radiography. *Arthritis Rheum* 43:2762-2770

Im Herbst 2006

ELISABETH MÄRKER-HERMANN
GERD BURMESTER
EKKEHARD GENTH

Vorwort

Die Bedeutung der Bildgebung in der Rheumatologie hat in den letzten beiden Jahrzehnten ständig zugenommen. Dies ist einmal darauf zurückzuführen, dass die konventionelle Radiologie infolge des über die Diagnostik hinaus möglichen und von den Zulassungsbehörden geforderten Nachweises einer Hemmung der Progression struktureller Veränderungen als wichtiger Outcome-Parameter aufgewertet wurde. Darüber hinaus stellt die Beobachtung reparativer Veränderungen eine zusätzliche neue Qualität dar, die gegebenenfalls für die Beurteilung neuer, z.B. biologischer, Therapieansätze bedeutsam werden könnte. Vor allem aber hat das Interesse an der Bildgebung durch die teilweise noch im Fluss befindliche Entwicklung neuer Verfahren, wie Sonographie und Magnetresonanztomographie, zugenommen. Mit diesen Verfahren beschränkt sich unser Blick nicht mehr nur auf strukturelle Veränderungen am Knochen, sondern erlaubt auch ein direktes Sichtbarmachen der die Destruktion verursachenden entzündlichen Prozesse und deren Änderung unter der Therapie. Dabei hat die Sonographie den Vorteil, unmittelbar neben der klinischen Untersuchung vom Rheumatologen eingesetzt werden zu können.

Das vorliegende Manual ist ein über mehrere Jahre erarbeitetes Produkt der Kommission Bildgebende Verfahren der Deutschen Gesellschaft für Rheumatologie. Die Kommission wurde vom Vorstand der Gesellschaft unter seinem damaligen Präsidenten Prof. Dr. Gerd Burmester eingesetzt, um das wissenschaftliche Interesse der Rheumatologen an der Bildgebung auszudrücken, zu fördern und die Tatsache zu dokumentieren, dass Bildgebung ein unverzichtbarer integraler Bestandteil des Faches Rheumatologie ist. Die Kommission hat mit diesem Manual versucht eine Standortbestimmung der Bildgebung in der Rheumatologie vorzunehmen. Der Kommission gehören die Kollegen und Kolleginnen Backhaus, Edelmann, Kellner, Ostendorf, Rau, Sandrock, Schalm, Scherer, Schmidt und Wassenberg an. Dazu kamen später die Kollegen Braun und Rudwaleit. In der Kommission zeitweise mitgearbeitet haben auch die Herren

Bollow, Carl, Hermann, Lingg, Rütter, Steinhagen, Swoboda und Zacher.

Das Manual enthält die Stellungnahmen der Kommission zum Einsatz der konventionellen Radiologie, der Arthrosonographie, der Magnetresonanztomographie, der Szintigraphie und der Computertomographie bei den wichtigsten entzündlichen und degenerativen rheumatischen Erkrankungen: rheumatoide Arthritis, Spondylitis ankylosans, Psoriasisarthritis, Kollagenosen und Vaskulitiden, Kristallarthropathien, Arthrosen peripheren Gelenke und degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule. Dabei werden nach einheitlichem Schema die Prinzipien der bildgebenden Verfahren, ihre technischen Voraussetzungen und die praktische Durchführung diskutiert. Es folgt jeweils die Darstellung der Indikationen und Kontraindikationen, der Vor- und Nachteile der Methoden, der feststellbaren Veränderungen und der Eignung zur Verlaufsbeurteilung. Abschließend folgen Informationen über die Art der Dokumentation der Befunde, den Zeitbedarf und die Kosten sowie die erforderliche Qualifikation für die Durchführung der Untersuchung.

Das Buch gibt somit eine konzentrierte Darstellung der Bildgebung in der Rheumatologie. Es soll dazu beitragen bildgebende Verfahren gezielt, sinnvoll und kostensparend einzusetzen, um damit den größtmöglichen Nutzen für den Patienten zu erzielen.

Der Sprecher der Kommission möchte sich für die schnelle Erarbeitung der Entwürfe zu den Stellungnahmen, die zielgerichtete und sachliche Diskussion derselben sowie für die gute freundschaftliche Zusammenarbeit bedanken. Die Autoren des Manuals bedanken sich bei jenen Mitarbeitern, die durch Schreiben der Manuskripte und Literaturverzeichnisse an der Entstehung des Buches mitgewirkt haben. Mein persönlicher Dank hierfür gilt Frau Gudrun Krüger. Ich bedanke mich auch bei Herrn Frohmeyer vom Steinkopff Verlag für die verständnisvolle Zusammenarbeit und bei Herrn Weppner von der Fa. Abbott sowie beim Vorstand der DGRh für die finanzielle Ermöglichung der Drucklegung dieses Manuals

Düsseldorf, im September 2006

Im Namen der Mitglieder
der Kommission
Bildgebende Verfahren
ROLF RAU

Inhaltsverzeichnis

1	Konventionelle Röntgendiagnostik bei der rheumatoiden Arthritis	1
	R. RAU, G. LINGG, S. WASSENBERG, C. SCHORN, A. SCHERER	
2	Scoringmethoden bei der rheumatoiden Arthritis	27
	R. RAU, S. WASSENBERG	
3	Magnetresonanztomographie bei rheumatoider Arthritis	47
	B. OSTENDORF, A. SCHERER, M. BACKHAUS, E. EDELMANN, H. KELLNER, J. SCHALM, R. RAU	
4	Sonographie bei rheumatoider Arthritis	71
	W.A. SCHMIDT, M. BACKHAUS, H. SATTLER, H. KELLNER	
5	Szintigraphie bei rheumatoider Arthritis	89
	D. SANDROCK, M. BACKHAUS, G. BURMESTER, D.L. MUNZ	
6	Differenzialindikation der verschiedenen bildgebenden Verfahren bei der rheumatoiden Arthritis (RA)	97
	H. KELLNER, W. SCHMIDT, R. RAU	
7	Bildgebung bei Spondylitis ankylosans	103
	J. BRAUN, M. RUDWALEIT, K. G. HERMANN, R. RAU	
8	Bildgebung bei der Psoriasisarthritis (PsA)	129
	R. RAU, S. WASSENBERG, M. BACKHAUS, J. BRAUN, E. EDELMANN, H. KELLNER, B. OSTENDORF, M. RUDWALEIT, D. SANDROCK, J. SCHALM, A. SCHERER, W. SCHMIDT	

9	Bildgebung bei Kollagenosen	145
	B. OSTENDORF, M. COHNEN, A. SCHERER	
10	Bildgebung bei Vaskulitiden	167
	W. A. SCHMIDT, M. BOTH, E. REINHOLD-KELLER	
11	Bildgebung bei Kristallarthropathien	187
	H. J. BERGERHAUSEN, J. BRAUN	
12	Bildgebung bei der Arthrose peripherer Gelenke	203
	J. ZACHER, H. D. CARL, B. SWOBODA, M. BACKHAUS	
13	Bildgebung bei degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule	219
	J. STEINHAGEN, C. R. HABERMANN, J. P. PETERSEN, R. KOTHE, W. RÜTHER	
	Sachverzeichnis	241

Autorenverzeichnis

PD Dr. med. M. BACKHAUS
Universitätsmedizin Berlin
Campus Charité Mitte
Medizinische Klinik
Schwerpunkt Rheumatologie
und Klin. Immunologie
Schumannstr. 20–21
10117 Berlin

Dr. med. H.-J. BERGERHAUSEN
Rheumazentrum-Ruhrgebiet
St. Josefs-Krankenhaus
Landgrafenstr. 15
44652 Herne

Prof. Dr. med. J. BRAUN
Rheumazentrum-Ruhrgebiet
St. Josefs-Krankenhaus
Landgrafenstr. 15
44652 Herne

Dr. med. M. BOTH
Klinik für diagnostische
Radiologie
Universitätsklinikum
Schleswig-Holstein
Campus Kiel
Arnold-Heller-Str. 9
24105 Kiel

Prof. Dr. G.-R. BURMESTER
Universitätsmedizin Berlin
Campus Charité Mitte
Schwerpunkt Rheumatologie
und Klin. Immunologie
Schumannstr. 20–21
10117 Berlin

Dr. med. H.D. CARL
Orthopädisch-Rheumatologische
Abteilung der
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Waldkrankenhaus St. Marien
Rathsberger Str. 57
91054 Erlangen

Dr. med. M. COHNEN
Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf
Zentrum für Radiologie
Institut für diagnostische
Radiologie
Moorenstr. 5
40225 Düsseldorf

Dr. med. E. EDELMANN
Rheumatologische
Gemeinschaftspraxis
Lindenstr. 2
83043 Bad Aibling

Dr. med. C.R. HABERMANN
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik für
Diagnostische und
Interventionelle Radiologie
Martinistraße 52
20246 Hamburg

Dr. med. K. G. HERMANN
Universitätsmedizin Berlin
Campus Charité Mitte
Institut für Radiologie
Schumannstr. 20/21
10117 Berlin

Prof. Dr. med. H. KELLNER
Praxisklinik
Romanstr. 9
80639 München

Dr. med. R. KOTHE
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik
für Orthopädie
Martinistraße 52
20246 Hamburg

Dr. med. G. LINGG
Klinik für Rheumakranke
Zentrales Röntgeninstitut
Dr.-Alfons-Gamp-Str. 1-5
55543 Bad Kreuznach

Dr. med. D. L. MUNZ
Universitätsmedizin Berlin
Campus Charité Mitte
Klinik für Nuklearmedizin
Schumannstraße 20/21
10117 Berlin

Dr. med. B. OSTENDORF
Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf
Klinik für Endokrinologie,
Diabetologie und Rheumatologie
Moorenstraße 5
40225 Düsseldorf

Dr. med. J. P. PETERSEN
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik
für Orthopädie
Martinistraße 52
20246 Hamburg

Prof. em. Dr. med. R. RAU
Evangelisches Fachkrankenhaus
Rheumaklinik
Rosenstr. 2
40882 Ratingen

PD Dr. med. REINHOLD-KELLER
Poliklinik für Rheumatologie
des Universitätsklinikums
Schleswig-Holstein
Campus Lübeck
Klinik für Innere Medizin
und Klinische Immunologie
an der Rheumaklinik
Bad Bramstedt
24576 Bad Bramstedt

Dr. med. M. RUDWALEIT
Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin
Med. Klinik I
Hindenburgdamm 30
12200 Berlin

Prof. Dr. med. W. RÜTHER
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik
für Orthopädie
Martinistraße 52
20246 Hamburg

PD Dr. D. SANDROCK
Klinik für Nuklearmedizin
Flemmingstr. 2
29116 Chemnitz

Dr. med. H. SATTLER
Park-Klinik
Salinenstr. 19
67098 Bad Dürkheim

Dr. med. J. SCHALM
Zentralklinikum Augsburg
I. Med. Klinik
Stenglinstr. 2
86156 Augsburg

PD Dr. med. A. SCHERER
Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf
Zentrum für Radiologie
Nuklearmedizinische Klinik
Moorenstr. 5
40225 Düsseldorf

PD Dr. med. W. A. SCHMIDT
Rheumaklinik Berlin-Buch
Karower Straße 11
13125 Berlin

Dr. med. C. SCHORN
Evangelisches Fachkrankenhaus
Rheumaklinik
Rosenstr. 2
40882 Ratingen

Dr. J. STEINHAGEN
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik
für Orthopädie
Martinistraße 52
20246 Hamburg

Prof. Dr. med. B. SWOBODA
Orthopädisch-Rheumatologische
Abteilung der
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Waldkrankenhaus St. Marien
Rathsberger Str. 57
91054 Erlangen

Dr. med. S. WASSENBERG
Evangelisches Fachkrankenhaus
Rheumaklinik
Rosenstr. 2
40882 Ratingen

Prof. Dr. J. ZACHER
HELIOS Klinikum Berlin-Buch
Orthopädische Klinik
Hobrechtsfelder Chaussee 96
13125 Berlin

Konventionelle Röntgendiagnostik bei der rheumatoiden Arthritis

R. RAU, G. LINGG, S. WASENBERG, C. SCHORN, A. SCHERER

■ Einleitung

Das konventionelle Röntgenbild gilt noch immer als Goldstandard der bildgebenden Verfahren bei der RA [1], an dem die Wertigkeit anderer bildgebender Verfahren gemessen wird. Das Röntgenbild ist eine für uns kaum verzichtbare Hilfe bei Diagnose und Differenzialdiagnose, prognostischer Einschätzung und vor allem der Verlaufsbeurteilung der rheumatoiden Arthritis. Besondere Vorteile der Röntgentechnik sind ihre weltweite Verfügbarkeit, die jahrzehntelange Erfahrung mit der Interpretation der Befunde und ihre relative Kostengünstigkeit. Das Röntgenbild kann über lange Zeiträume archiviert werden, stellt insofern ein wichtiges Dokument dar, das später auch von anderen Untersuchern bewertet werden kann. Typische radiologische Veränderungen gehören zu den Klassifikationskriterien der RA durch das American College of Rheumatology (ACR) [2]. Im Unterschied zu anderen bildgebenden Verfahren lassen sich der Knorpel nicht direkt und die Weichteile nur in Form von Konturen und circumskripten Dichteanhebungen abbilden. Das Schwergewicht der Röntgendiagnostik liegt daher bei der mit sehr hoher örtlicher Auflösung erfolgenden Darstellung des Knochens, sodass sich die als Arthritisfolge auftretenden knöchernen Destruktionen besonders gut objektiv visualisieren und mittels entsprechender Scoringmethoden quantifizieren lassen. Der so bestimmte Destruktionsgrad korreliert mit einer Zeitverzögerung von 6–12 Monaten sehr gut mit der klinischen und blutchemischen Krankheitsaktivität, repräsentiert beispielsweise durch das CRP [3, 4]. Während bei Frühfällen das Ausmaß der Beeinträchtigung durch die Krankheitsaktivität (z.B. Gelenkschwellung, Schmerz) bestimmt wird, korreliert die Schwere der Behinderung, gemessen im Health Assessment Questionnaire (HAQ) oder Funktionsfragebogen Hannover (FFbH) bei fortgeschrittenen Fällen sehr eng mit der radiologisch erfassten Gelenkerstörung [5]. Routinemäßig werden zunächst nur Aufnahmen der Hände und Füße empfohlen, da die kleinen Gelenke bei der RA besonders häufig betroffen sind und sich röntgenologisch wegen ihres geringeren Durchmessers besonders gut darstellen lassen. Die Scoringmethoden wurden für die Gelenke der Hände und Füße entwickelt. Deren Veränderungen korrelieren aber gut mit denen der großen Gelenke.

■ Prinzip der Methode

Konventionelle Radiographie

Die in der Röntgenröhre entstandene Röntgenstrahlung wird beim Durchtritt durch einen Körper teilweise absorbiert. Das Ausmaß der Absorption hängt ab von der Wellenlänge der benutzten Strahlung und von der Masse und der Ordnungszahl des durchstrahlten Körpers. Im menschlichen Körper ist die Absorption der Strahlung im Gewebe abhängig von den Atomgewichten der im Gewebe verteilten Moleküle, die als relative Dichte gemessen werden kann. Abhängig von der relativen Dichte kommt es zu einer Schwächung der den Körper durchdringenden Strahlung. Die mit Abstand höchste relative Dichte findet sich im kompakten Knochen, mittlere Dichtewerte in den parenchymatösen Organen und der Muskulatur und geringe Dichtewerte im Fettgewebe und in luftgefüllten Organen wie der Lunge. Nach dem Durchtritt durch den Körper treffen die Röntgenstrahlen auf die nur für die Röntgenstrahlen, nicht für normales Licht durchlässige Kassette, in der ein ein- oder beidseitig mit einer photographischen Emulsion beschichteter Film eingelegt wurde. Die Silberbromidkristalle in der Emulsion werden durch elektromagnetische Wellen (Röntgen- oder Lichtquanten) zu metallischem Silber reduziert. In den Kassetten befinden sich an der Rückseite oder an Vorder- und Rückseite des Films Verstärkerfolien mit einer Beschichtung mit seltenen Erden (Lanthaniden). In den Verstärkerfolien werden die Röntgenquanten absorbiert, dabei regen sie die Lanthaniden zur Emission von Licht an, das den eigentlichen Röntgenfilm schwärzt. So werden 95% der Filmschwärzung durch die Lichtemission der Verstärkerfolien und nur etwa 5% durch die direkte Einwirkung der Röntgenstrahlen auf den Film erreicht. Die dadurch erreichte Minderung der Strahlendosis wird mit einer geringen Zunahme der Unschärfe erkauft. Die Unterschiede in den Dichtewerten der Gewebe führen somit über die ungleichmäßige Schwärzung des Röntgenfilms zu einer differenzierten Abbildung des durchstrahlten Gewebes mit einer sehr hohen Ortsauflösung.

■ Digitale Radiographie

Heute stehen zwei Methoden digitaler Bildverarbeitung in der Radiographie zur Verfügung. Bei der digitalen Lumineszenzradiographie (Speicherfolientechnik), die weiter mit Kassettenbetrieb arbeitet, werden Elektronen der Bariumhalogenide in der Bildplatte durch Röntgenbestrahlung in metastabile Haftstellen gehoben. Bei der Abtastung mit einem Laserstrahl wird dann blaues Licht emittiert. Dieses wird in ein elektrisches Signal gewandelt, das über 4 Zehnerpotenzen proportional zur Lichtemission gemessen und aufgezeichnet wird. Daraus kann der Computer mit Hilfe eines Laseraufzeichnungsgeräts ein dem konventionellen Röntgenbild vergleichbares Bild mit einer Auflösung von bis zu 5 Linienpaaren/mm (Lp/mm) (konven-

tionell 8–20 Lp/mm) erzeugen. Die Bildplatte wird dann durch intensive Lichtbestrahlung „gelöscht“ und kann beliebig oft wiederverwendet werden. Wichtige Vorteile dieser Methode sind die Möglichkeit zur platzsparenden digitalen Speicherung, die Möglichkeit zur digitalen Nachbearbeitung des Bildes und die parallele Nutzung der selben Röntgenanlage wie für die konventionelle Radiographie, weitgehende Unempfindlichkeit gegen Fehlbelichtung durch einen großen Dynamikbereich.

Bei der direkten digitalen Radiographie entfällt der Kassettenbetrieb. Der Röntgenstrahl wird auf siliziumbeschichteten Flachbilddetektoren wie bei der digitalen Fotografie direkt in digitale Bilder umgewandelt, die im Computer gespeichert werden. Es besteht die Möglichkeit viele Zentren zu vernetzen und die Bilder zentral auszuwerten, beispielsweise bei multizentrischen Studien. Für den Einsatz dieses Verfahrens in der Rheumatologie und den Vergleich mit der konventionellen Technik gibt es bisher aber noch keine ausreichenden Erfahrungen.

■ Technische Voraussetzungen und Durchführung

Technische Voraussetzungen

■ **Konventionelle Radiographie.** Für die Herstellung qualitativ hochwertiger Röntgenaufnahmen sind Mindestanforderungen an die Röntgenanlage und die verwendeten Filmfoliensysteme zu stellen. Die Generatorleistung sollte = 2 kW bei einer Röhrenspannung von 40 kV betragen, der Brennfleckenwert (Seitenlänge des optisch wirksamen quadratischen Brennflecks mit konstanter Intensitätsverteilung in mm) sollte = 0,6 betragen. Der Filmfocusabstand muss zwischen 90 und 110 cm liegen. Obwohl für periphere Extremitätengelenke Filmfoliensysteme der Empfindlichkeitsklasse („speed class“) 200 (Universalfolien) vorgeschrieben sind, sind nach den Leitlinien der Bundesärztekammer von 1995 bei besonderer Fragestellung auch Systeme mit einer geringeren Empfindlichkeit, aber damit höherer Auflösung zugelassen. Für die in der Rheumatologie, speziell bei den Aufnahmen der Hände und Vorfüße erforderliche besonders hohe Ortsauflösung sollten deshalb einseitig beschichtete oder doppelseitig beschichtete Anti-cross-over-Filmfolienkombinationen der Empfindlichkeitsklasse 50 (feinstzeichnend) oder 100 (feinzeichnend) eingesetzt werden, die eine Ortsauflösung von = 8 bzw. 4 Lp/mm und zugleich eine Modulationsübertragungsfunktion (MÜF) von = 0,45 ermöglichen. Wegen des geringen Volumens des durchstrahlten Gewebes ist bei Hand- und Fußaufnahmen kein Streustrahlennraster (Bucky-Blende) erforderlich.

Für die digitale Lumineszenzradiographie ist bei vorhandenem konventionellem Röntgengerät ein Speicherfolienkassettenpark, ein Lesegerät und ein Bildbearbeitungsplatz, ggf. mit digitaler Archivierung erforderlich. Für die direkte digitale Radiographie sind ein digitales Röntgentschsystem, wiederum ein Bildbearbeitungsplatz und die digitale Archivierung erforder-

derlich. Beide digitalen Systeme benötigen zusätzlich ein Laserprintgerät zum Erstellen von „hardcopies“.

Praktische Durchführung

Die Röntgenaufnahme der Hände wird als Übertischaufnahme angefertigt, indem der Patient neben dem Röntgentisch sitzt und die Hände und Unterarme flach auf die auf dem Tisch liegende Kassette legt. Die Beugung der Finger- oder Handgelenke muss soweit wie möglich korrigiert werden, sonst kann eine Gelenkspaltverschmälerung oder sogar eine Subluxation vorgetäuscht werden. Die Finger werden leicht gespreizt um die Weichteilmäntel voneinander abgrenzen zu können.

Die Vorfüße können ebenfalls im Sitzen aufgenommen werden. Die Kassette liegt dabei auf dem Boden, und der Patient muss die Füße nebeneinander auflegen ohne die Zehen zu beugen. Alternativ kann der Patient auf dem Rücken auf dem Röntgentisch liegend mit angewinkelten Beinen die Füße auf die Kassette legen. Die Hand muss einschließlich des Weichteilmantels von den Fingerspitzen bis zur distalen Epimetaphyse von Radius und Ulna abgebildet sein. Für die Abbildung der ganzen Hand reicht in den allermeisten Fällen eine 18×24 cm große Kassette. Diese hat gegenüber einer geteilten 24×30 cm großen Kassette den Vorteil, dass man Serien von Bildern einer Hand im Langzeitverlauf bequem nebeneinander hängen und so besser vergleichend beurteilen kann. Auch wenn, z.B. aus Kostengründen, eine 24×30 cm große Kassette benutzt wird, sollte jede Hand einzeln belichtet werden. Die andere Hälfte wird dann jeweils mit Bleigummi abgedeckt. Das Format 18×24 cm genügt auch um beide Vorfüße nebeneinander abzubilden. Hier müssen die Zehenspitzen und die Basis des Os metatarsale V abgebildet sein. Der Zentralstrahl sollte bei den Aufnahmen der Hände auf das Metacarpalköpfchen 3, bei den Aufnahmen der Vorfüße zwischen die beiden ersten Metatarsophalangealgelenke gelegt werden.

Halbschräge Aufnahmen werden nach dem Vorschlag von Nørgaard [6] in Supinationsstellung der Hände von 45° bei gestreckten Fingern gemacht. In der Projektion von Brewerton [7] werden die Hände nur 15° in Richtung Supination angehoben und die Fingergrundgelenke 65° gebeugt („Zitherspielerstellung“). Alternativ wurde vorgeschlagen [8, 9], bei halbschrägen Aufnahmen die Hände wie üblich auf die Kassette zu legen, unter die Kassette aber einen Holzkeil mit einem Neigungswinkel von ca. 20° zu legen. Dies garantiert die Reproduzierbarkeit der Position.

Was soll untersucht werden?

In Übereinstimmung mit internationalen Regeln [10] empfiehlt die Kommission routinemäßig Aufnahmen der Hände und Vorfüße im dorsovolaren (dv) Strahlengang. Hinsichtlich der Anfertigung von Schrägaufnahmen besteht gegenwärtig keine Einigkeit. Nach Nørgaard [6] und Brewerton [7] können in ihren Schrägprojektionen Erosionen an den Fingergrundgelen-

ken häufiger als in der dv-Projektion gesehen werden. Beim Vergleich der halbschrägen mit den dv-Aufnahmen fanden einige Untersucher mehr Erosionen [8, 9, 11, 12], andere aber keine signifikanten Vorteile zusätzlicher halbschräger Aufnahmen [13, 14]. Trotz zusätzlicher Informationen sind die Aufnahmen von Nørgaard [6] und Brewerton [7] für Verlaufsbeobachtungen ungeeignet, da die entsprechende Position bei Verlaufskontrollen nicht sicher reproduzierbar ist und es außerdem zu Überlagerungen der Mittelhandköpfchen kommt. Diese Einschränkungen gelten nicht für die mittels 20°-Holzkeil standardisierten Schrägaufnahmen [9]. In fortgeschrittenen Fällen lässt sich der Grad der Destruktion in einer Ebene ausreichend darstellen. Weichteilaufnahmen sind überflüssig, da sie gegenüber guten Standardaufnahmen keinen Vorteil bieten.

Aufnahmen der großen Gelenke werden bei klinischer Indikation angefertigt, obligatorisch in 2 Ebenen, in der Regel mit der kontralateralen Seite zum Vergleich. Frühveränderungen in Form kleiner Erosionen sind wegen der größeren Knochenmasse seltener darstellbar als an den kleinen Gelenken. Aufnahmen der Halswirbelsäule sollen in 2 Ebenen (ap und seitlich), ergänzt durch eine seitliche Aufnahme in Inklination durchgeführt werden. Sie dienen insbesondere der Darstellung erosiver Veränderungen am Dens und an den lateralen Atlantoaxialgelenken bzw. Atlantooccipitalgelenken, ferner dem Erkennen einer atlantoaxialen oder Aufwärtsdislokation sowie der Diagnose einer subaxialen Zervikalarthritits. Bei Risikopatienten (Postmenopause, Steroidbehandlung etc.) sind Röntgenaufnahmen der LWS und BWS zum Ausschluss einer Osteoporose indiziert [15].

Wann soll untersucht werden?

Neben dem klinischen Bild gibt insbesondere der Röntgenverlauf Auskunft über die Effektivität der Therapie und ggf. die Notwendigkeit einer Therapieänderung. Die Kommission empfiehlt als Basisdokument Aufnahmen der Hände und Vorfüße mindestens in einer Ebene bei Erstvorstellung eines Patienten mit Verdacht auf RA. Falls vorherige Aufnahmen länger als 3 Monate zurückliegen, sollten vor Einleitung einer differenzierten Therapie bzw. bei Beginn einer Medikamentenstudie erneut Aufnahmen angefertigt werden. Kontrolluntersuchungen werden bei deutlich aktiver Erkrankung nach 6 und 12 Monaten und danach jährlich empfohlen. Bei nicht erosiven Verläufen empfehlen Paulus und van der Heijde [16] halbjährliche Aufnahmen sogar bis zum Ablauf von 2 Jahren. Bei wenig aktiver RA genügen Kontrollen in 2-jährigen oder größeren Abständen. Aufnahmen der Halswirbelsäule werden von der Kommission spätestens 3–4 Jahre nach Beginn der Erkrankung empfohlen, bei rasch destruierend bzw. deformierend verlaufenden Erkrankungen oder Nackenhinterkopfschmerz auch früher. Bei an den peripheren Gelenken destruierenden Verläufen sollten Kontrollen der HWS im Abstand von 3 Jahren erfolgen, bei milden Verläufen seltener.

■ Konventionelle Röntgenuntersuchungen bei rheumatoider Arthritis

Dorsovolare (dv)-Aufnahmen und ggf. Schrägaufnahmen der Hände und Füße

- bei Erstuntersuchung eines Patienten mit Verdacht auf RA
- bei Einleitung einer differenzierten Therapie oder einer Medikamentenstudie
- Kontrolluntersuchungen bei aktiver Erkrankung nach 6–12–24 Monaten, danach jährlich
- Kontrolluntersuchungen bei wenig aktiver RA nach 12 Monaten, danach im Abstand von 2 oder mehr Jahren
- Schrägaufnahmen der Hände und Vorfüße nur bei Frühfällen mit dringendem Verdacht auf aktive RA, wenn in der dv-Aufnahme keine Erosionen erkennbar sind

Röntgenaufnahmen der großen Gelenke nur bei klinischer Symptomatik

Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule ap, seitlich sowie seitlich in Inklination

- bei klinischer Symptomatik,
- bei mittlerer Krankheitsaktivität spätestens 3–4 Jahre nach Beginn der RA,
- bei an den peripheren Gelenken rasch destruierendem Verlauf früher,
- Kontrolluntersuchungen bei destruierendem Verlauf im Abstand von 3 Jahren, bei mildem Verlauf seltener.

Cave: Röntgenaufnahmen sind nach RÖV grundsätzlich nur „bei klinischer Indikation“ erlaubt! Gemeint ist „bei klinischer Symptomatik“!

■ Vor- und Nachteile der Methode

Vorteile

- Gleichzeitige Darstellung zahlreicher Gelenke, dadurch rasche Übersicht über das Gesamtausmaß der Destruktion;
- höchste Ortsauflösung knöcherner Strukturen im Vergleich zu allen anderen bildgebenden Verfahren;
- objektive Darstellung der Destruktionen;
- mögliche Quantifizierung mittels Scoringmethoden [38], damit Möglichkeit einer quantitativen Verlaufsbeschreibung;
- objektive Abbildung des Krankheitsverlaufs auch über mehrere Jahre;
- wichtige differenzialdiagnostische Aussagen möglich;
- Archivierungsmöglichkeit; Befundüberprüfung durch andere Untersucher, auch mit erneuter Randomisierung und Verblindung;
- weltweite Verfügbarkeit der Röntgentechnik und jahrzehntelange Erfahrung bei der Bewertung;
- indirekte Aussage über die Aktivität der Erkrankung;
- auftretende Heilphänomene als Zeichen der Inaktivierung der Arthritis im jeweiligen Gelenk.

Nachteile

- (geringe) Strahlenbelastung (ca. 0,05 mSv pro Extremität) (Flug Frankfurt–New York–Frankfurt 0,1 mSv);
- keine oder nur indirekte Darstellung der Weichteile, des Knorpels, der Sehnscheiden, der Synovialmembran;
- im Wesentlichen Darstellung randständiger Veränderungen, zentral gelegene Erosionen stellen sich allenfalls als Pseudozysten dar;
- als Summationsaufnahme erlaubt das Röntgenbild im Vergleich zu Schnittbildverfahren (z.B. MRT) nur eine unzureichende Erfassung kleiner, nicht randständiger Früherosionen;
- Beurteilbarkeit stark abhängig von der Qualität der Aufnahme;
- Qualität der Beurteilung abhängig von der Erfahrung des Untersuchers.

■ Stellenwert der konventionellen Röntgendiagnostik bei der RA

Zum Stellenwert des konventionellen Röntgenbildes bei der rheumatoiden Arthritis gibt es im deutschen Sprachraum zumindest zwei umfassende Monographien, die reich und treffend bebildert sind und von großer persönlicher Erfahrung zeugen [17, 18].

Arthritiszeichen im Röntgenbild

Im Röntgenbild der RA lassen sich nach Dihlmann [17] indirekte und direkte Arthritiszeichen unterscheiden. Zu den indirekten Arthritiszeichen gehören Weichteilschwellung – verursacht durch Synovialisproliferation, Ergussbildung und perifokales Ödem – sowie gelenknahe Osteoporose. Die indirekten Arthritiszeichen spiegeln die Aktivität der Erkrankung wider, wechseln damit in ihrer Intensität und sind potenziell reversibel. Die direkten Arthritiszeichen zeigen im Röntgenbild die Läsionen des artikulierenden Knochens und, weniger zuverlässig, des Gelenkknorpels. Hierzu gehören insbesondere die Erosionen – aber auch schon die Verdünnung der Grenzlamelle – und die Gelenkspaltverschmälerung. Die direkten Arthritiszeichen weisen auf eine Zerstörung der Struktur hin, werden daher in den Scoringmethoden bewertet und sind, wenn überhaupt, nur zum Teil reversibel.

■ **Indirekte Arthritiszeichen.** *Weichteilschwellungen* stellen sich an den proximalen Interphalangealgelenken (PIP) mit typischerweise spindelförmiger Auftreibung am besten dar (Abb. 1.1). Sie sind relativ gut erkennbar auch im Bereich der Metakarpophalangealgelenke (MCP) I, II und V sowie an den Metatarsophalangealgelenken (MTP) I und V. Am Handgelenk stellt sich eine Schwellung als Verbreiterung des Weichteilmantels sowie durch Verlagerung von Fettlinien dar. An den MCP- bzw. MTP-Gelenken II–IV kann oft nur aufgrund einer Vergrößerung des Abstandes der Metakarpal- bzw. Metatarsalköpfchen voneinander auf ein Weichteilplus geschlossen werden, meist aber auch durch eine umschriebene Dichteanhebung. Die Qualität der Weichteildarstellung im Röntgenbild ist stark abhängig von

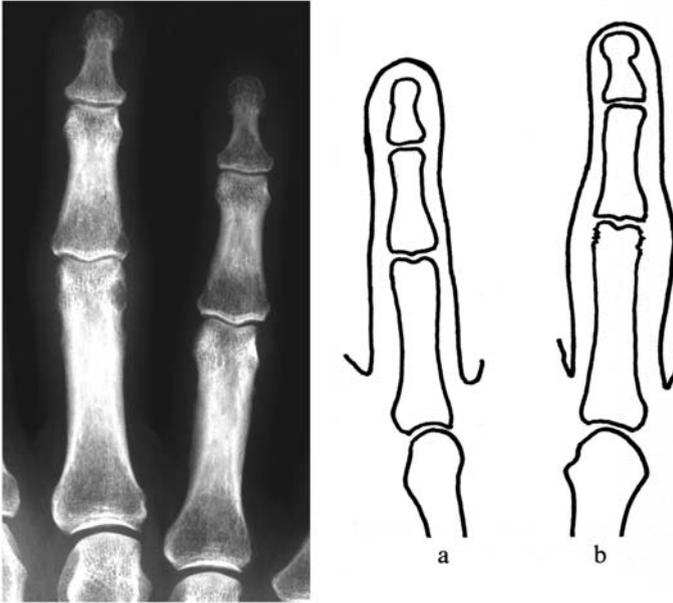


Abb. 1.1. Schematische Darstellung einer spindelförmigen Weichteilschwellung über einem PIP-Gelenk (**b**) im Vergleich zu einem normalen Gelenk (**a**). Im Röntgenbild Weichteilschwellung über dem PIP-Gelenk des rechten Mittelfingers, unauffälliger Weichteilmantel über dem Ringfinger

der Belichtung der Aufnahme. Die Beurteilung kann durch Benutzung einer Starklichtquelle verbessert werden. Weichteilveränderungen lassen sich klinisch und mit anderen bildgebenden Verfahren (Sonographie [19], MRT [20]) besser dokumentieren als im Röntgenbild.

Die *gelenknahe Osteoporose* wird durch die knochenkatabolen Effekte der lokal freigesetzten Entzündungsmediatoren (Zytokine) ausgelöst. Ihre Ausprägung ist insbesondere abhängig vom Grad der Entzündung, d.h. der Krankheitsaktivität. Die densitometrisch bestimmte Knochendichte korreliert negativ mit der Aktivität bzw. der Schwere der Erkrankung. Sie manifestiert sich als bandförmige Zunahme der Strahlentransparenz (Abb. 1.2), kommt aber selten in klassischer Ausprägung vor. Ihre Beurteilung ist subjektiv und abhängig von der Belichtung der Aufnahme. Wegen der unterschiedlichen Zusammensetzung des Krankengutes, aber auch der schlechten Übereinstimmung der Beurteilungskriterien verschiedener Untersucher schwanken die Häufigkeitsangaben in den Studien zwischen 5 und 28% [21–22]. Mit Fortschreiten der Erkrankung kann sich die Osteoporose generalisieren, insbesondere auch unter Kortikosteroidbehandlung.

Zwar gelten die indirekten Arthritiszeichen nicht als diagnosesichernd, der Erfahrene kann aber aufgrund des röntgenologischen Gesamteindrucks eine RA als wahrscheinlich erachten oder weitgehend ausschließen. Zu den hinweisenden Symptomen gehören schon früh im Krankheitsverlauf eine



Abb. 1.2. Entwicklung einer schweren gelenknahen Osteoporose innerhalb weniger Monate bei hochaktiver RA, besonders deutlich über Handwurzel und MCP-Gelenken

leichte gelenknah betonte Rarefizierung der Knochenstruktur (eine normale Knochenstruktur und -dichte spricht eher gegen eine RA), diskrete Weichteilschwellungen, leichte Verschmälerungen der Gelenkspalten, besonders an den Interkarpalgelenken.

■ **Direkte Arthritiszeichen.** Das wichtigste direkte Arthritiszeichen ist die erosive Knochendestruktion. Eine Erosion ist nach Larsen [23] definiert als eine Unterbrechung der Kortikalis um wenigstens 1 mm. Der tatsächlichen Unterbrechung der Grenzlamelle geht meist ihre Verdünnung und Unschärfe sowie eine Rarefizierung der Struktur des darunter gelegenen Knochens mit Verdünnung der Knochen trabekel voraus [24] (Abb. 1.3). Die Grenzlamelle kann aufgrund dieser Veränderungen schließlich einbrechen (Abb. 1.4). Erosionen entstehen meist zuerst im Bereich der Kapselumschlagsfalten an den sog. „bare areas“, d.h. den nicht von Knorpel bedeckten Anteilen der Gelenkoberfläche. Auf dv-Aufnahmen sind sicher als solche erkennbar nur randständig gelegene Erosionen. Orthograd getroffene Erosionen stellen sich entweder gar nicht oder bei entsprechender Größe nur als sog. „Signalzysten“ dar, die aber oft nur schwer von degenerativ bedingten Zysten zu unterscheiden sind. Dies ist die theoretische Grundlage, aufgrund welcher von verschied-

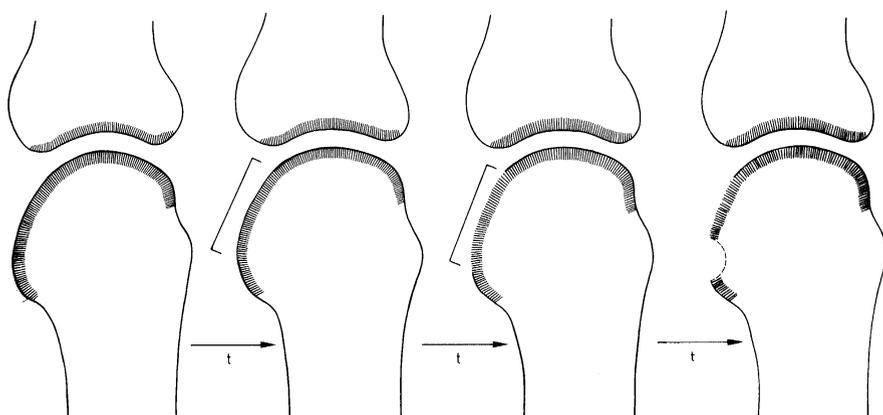


Abb. 1.3. Schematische Darstellung der Entstehung einer Usur: zunächst Unschärfe, dann Auslöschung der Grenzlamelle, schließlich knöcherner Defekt (nach [17])

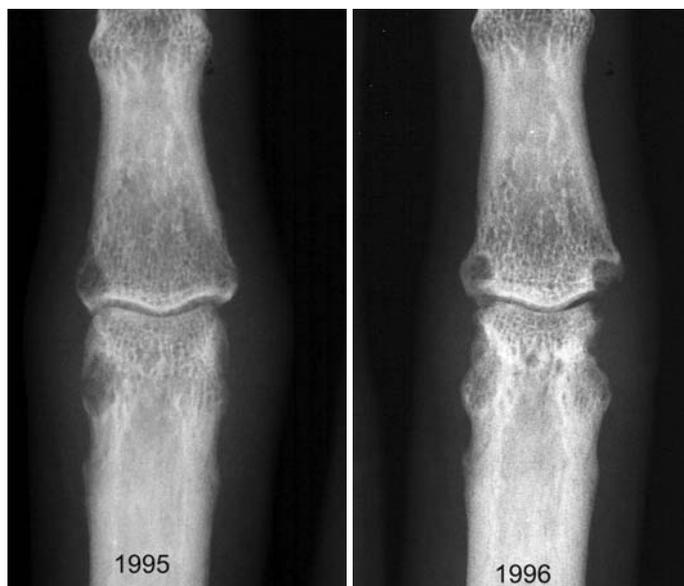


Abb. 1.4. Verdünnung und Verdämmern der Grenzlamelle mit subchondraler Osteoporose (1995). Ein Jahr später ausgeprägte Usurierungen (1996)

denen Autoren die Anfertigung von Schrägaufnahmen propagiert wird. Die Aufnahmen nach Nørgaard projizieren die „bare areas“ ulnovolar, die radial angehobenen Aufnahmen die „bare areas“ voloradial randständig [6, 9]. Die Prädisloktionsstellen von Erosionen an der Hand gehen aus Abb. 1.5 hervor. Häufig zuerst befallen werden die Gelenke MCP II, MCP V, PIP II, Handwurzelkno-

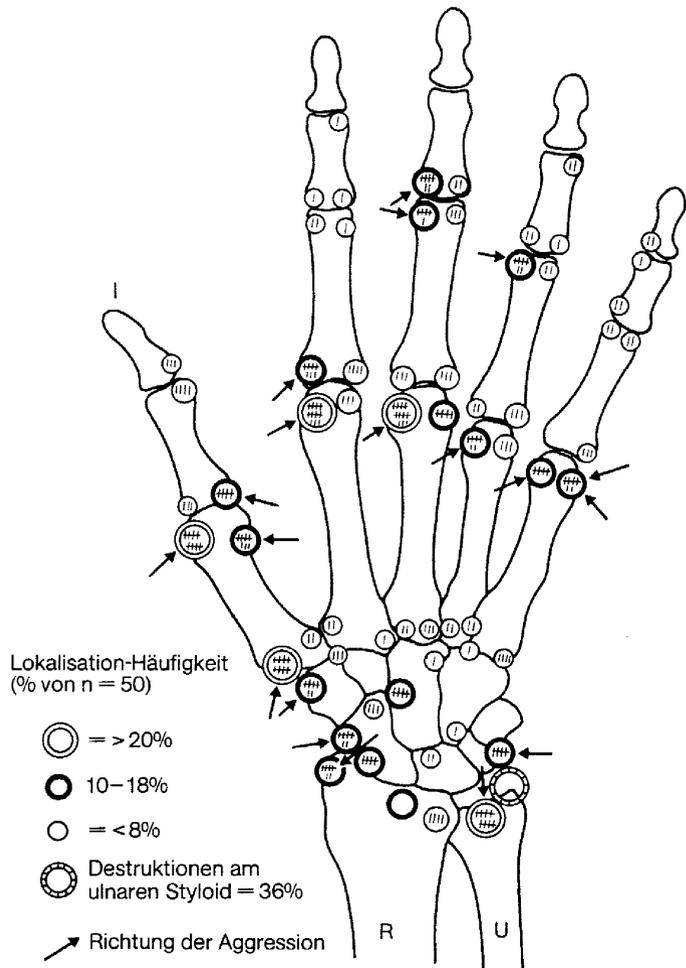


Abb. 1.5. Verteilung der Randerosen als knöcherne Frühläsion bei rheumatoider Arthritis (nach [18])

chen, vor allem Processus styloideus ulnae [17, 18]. An den Vorfüßen treten Erosionen oft vor dem ersten Nachweis an den Händen auf [21, 25, 26], bevorzugt an MTP V und Interphalangealgelenk (IP) I. An der dorsoradialen Basis der Grundphalangen II–V treten manchmal schon im Frühstadium die sog. Nørgaard-Erosionen auf, deren Unterscheidung von an dieser Stelle nicht seltenen normalen Einkerbungen schwierig sein kann. Überhaupt erfordert die Abgrenzung von Früherosionen gegenüber Normvarianten große Erfahrung.

Die Häufigkeit des Nachweises von Erosionen steigt in Inzeptionskohorten von 8–40% zu Beginn auf 60–79% innerhalb der ersten zwei Jahre nach Krankheitsbeginn an [16]. Nur ca. 25% der Patienten bleiben länger als 5 Jahre frei von Erosionen.

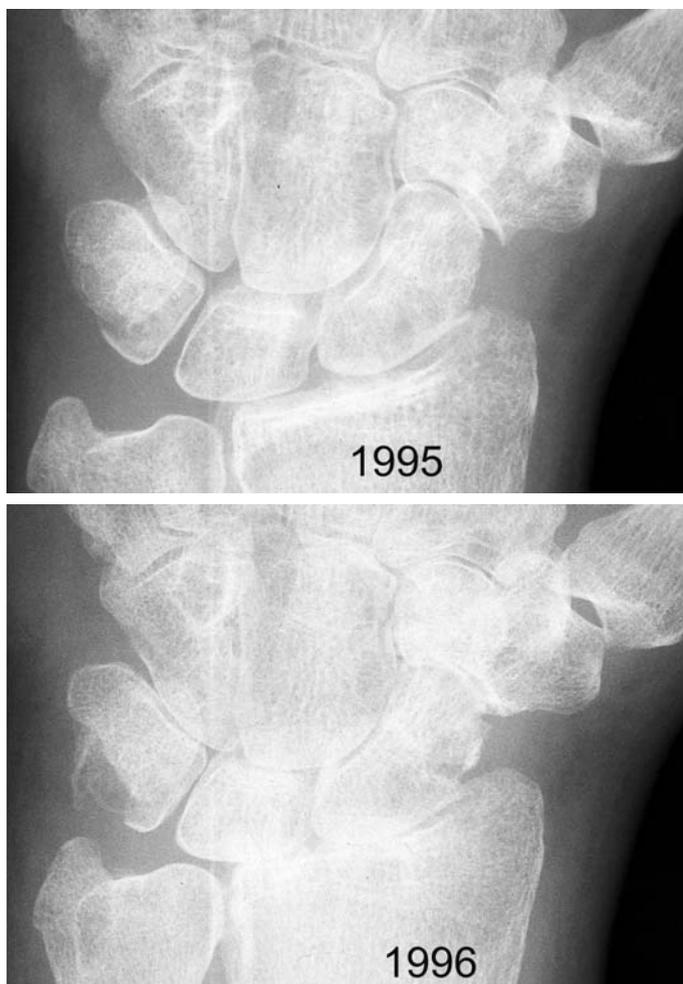


Abb. 1.6. Entwicklung von Gelenkspaltverschmälerungen an der Handwurzel: 1995 sind karpometakarpale, interkarpale und radiokarpale Gelenkspalten noch nahezu normal weit, 1996 sind sie teilweise deutlich verschmälert. Gleichzeitig bestehen Usuren am Navikulare und eine Manerfeld-Krypte im distalen Radius

Ein besonderes Kennzeichen der RA, im Unterschied zur Arthrose, Arthritis urica oder Psoriasisarthritis, ist die Symmetrie des Befalls schon im Frühstadium der Erkrankung.

Da der Gelenkknorpel im Röntgenbild nicht sichtbar gemacht werden kann, gilt eine Gelenkspaltverschmälerung als indirekter Nachweis der Knorpeldestruktion und somit als direktes Arthritiszeichen. Bei Frühfällen kann die Gelenkspaltverschmälerung zwischen den Carpalia mit ihrem straffen Bandapparat das erste direkte Arthritiszeichen darstellen (s. Abb. 1.6). Echte Gelenkspaltverschmälerungen sind an Finger- und Zehen-

gelenken mit ihrem lockereren Kapsel-Band-Apparat sehr viel seltener. Hier wird eine Gelenkspaltverschmälerung durch eine Fehlprojektion des Gelenkspalts oft nur vorgetäuscht: Synovitis, Ergussbildung, Tenosynovitis, schon minimale Kontrakturen oder aber Subluxationen infolge Auflockerung des Kapsel-Band-Apparates machen es dem Patienten unmöglich das Gelenk plan auf die Unterlage zu drücken. Gelegentlich deuten Erweiterungen des Gelenkspalts auf einen Erguss hin.

Veränderungen bei fortgeschrittener RA

Im weiteren Krankheitsverlauf werden durch Vergrößerung der Erosionen in Fläche und Tiefe sowie Ineinanderfließen von Erosionen immer größere Anteile der knöchernen Gelenkoberfläche einschließlich des Knorpels zerstört. Durch die so entstehende Verkürzung der artikulierenden Knochenenden sowie entzündliche Auflockerung der Gelenkkapsel und der Sehnen wird das Gelenk instabil. Es kommt zu den bekannten Deformitäten wie volarer Subluxation der MCP-Gelenke, Ulnardeviation, Fibulardeviation, Luxationen und schließlich Schlottergelenken. Durch Destruktion des Kapsel-Band-Apparates entstehen Schwanenhals- und Knopflochdeformität, 90/90-Deformität des Daumens, etc. Im eindimensionalen Röntgenbild lassen sich diese Deformitäten oft schlecht erkennen; sie werden durch entsprechende Lagerung bei der Aufnahme häufig auch korrigiert und damit unsichtbar gemacht. Eine pathognomonische Veränderung an der Handwurzel ist die Mannerfelt-Krypte [27], eine tiefe Erosion der distalen Radiusfläche infolge Entzündung des Testutschen Bandes zwischen Radius, Navikulare und Lunatum. Eine Zerstörung dieses Bandes, angekündigt durch die Mannerfelt-Krypte, führt zum Abdriften der proximalen Carpaliereihe nach ulnar, damit zur Handskoliose, die wiederum die Ulnardeviation der Finger begünstigt. Mutilierende Veränderungen infolge starker Knochenresorption sind an den Fingern seltener, am Handgelenk aber sind schwere Fehlstellungen (z. B. Bajonettfehlstellung, dokumentierbar durch seitliche Aufnahme) und Instabilitäten aufgrund starker Knochenresorption bei schwer destruierenden Verläufen relativ häufig. Auch Ankylosierungen unter Ausbildung eines Os carpale kommen vor. Mit Ausnahme der Handwurzel sind Ankylosen aber bei der RA sehr selten.

Reparative Veränderungen

Neben der meist beschriebenen Progredienz der Destruktionen gibt es auch im Röntgenbild erkennbare Phänomene reparativer Veränderungen, die, da sie eine Besserung anzeigen, auch als Heilphänomene bezeichnet werden können. Die Existenz derartiger Besserungen wurde bis vor kurzem aus unterschiedlichen Gründen von führenden Kapazitäten geleugnet (J. T. Sharp, A. Larsen, D. v. d. Heijde: persönliche Mitteilungen): Erosionen aufgrund einer Arthritis galten als irreversibel; Reduktionen des Scores waren daher bei allen Scoringmethoden verboten („once an erosion, always an erosion“ – [28]). Die bisherigen klinischen Studien waren zum erkenn-