

Journal für
Mineralstoffwechsel

Zeitschrift für Knochen- und Gelenkerkrankungen

Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Nuklearmedizinische Diagnostik der
Osteomyelitis**

Zettinig G, Dudczak R, Leitha T

*Journal für Mineralstoffwechsel &
Muskuloskelettale Erkrankungen*

2003; 10 (2), 20-23

Homepage:

**[www.kup.at/
mineralstoffwechsel](http://www.kup.at/mineralstoffwechsel)**

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

Member of the



Indexed in SCOPUS/EMBASE/Excerpta Medica
www.kup.at/mineralstoffwechsel



Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft
zur Erforschung des Knochens
und Mineralstoffwechsels



Österreichische Gesellschaft
für Orthopädie und
Orthopädische Chirurgie



Österreichische
Gesellschaft
für Rheumatologie

Krause & Pachernegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P. b. b. GZ02Z031108M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

Nuklearmedizinische Diagnostik der Osteomyelitis

G. Zettinig, T. Leitha, R. Dudczak

Aufgrund ihrer hohen Sensitivität stellt die Dreiphasen-Skelettszintigraphie, mit der in einer Untersuchung eine lokale Hyperämie, ein lokal gesteigerter Blutpool (Permeabilitätsstörung), sowie ein gesteigerter Knochenstoffwechsel festgestellt werden kann, die primäre nuklearmedizinische Diagnostik bei Verdacht auf Osteomyelitis dar. Die Dreiphasen-Skelettszintigraphie hat bei nativradiologisch unauffälligem Befund auch eine hohe Spezifität, bei radiologischen Veränderungen sinkt die Spezifität dieser Methode jedoch deutlich. Bei diesen Patienten kann bei unauffälliger Drei-Phasen-Skelettszintigraphie die Diagnostik beendet werden, bei positiver Drei-Phasen-Skelettszintigraphie ist häufig noch eine zweite nuklearmedizinische Methode notwendig. Dies ist an den meisten nuklearmedizinischen Zentren eine Szintigraphie mit markierten monoklonalen Antikörpern gegen Granulozyten; zur Verfügung stehen unter anderem auch noch markierte Leukozyten, Gallium-67 oder die Positronenemissionstomographie (PET). In dieser Übersicht werden nuklearmedizinische Methoden zur Osteomyelitisdiagnostik vorgestellt und ihr Stellenwert besprochen.

Because of its high sensitivity, three phase bone scan is the routine nuclear medicine procedure for diagnosis of osteomyelitis. In patients with normal radiographs, the method is also highly specific. Specificity of the method decreases when lesions are present that cause increased bone turnover. In patients with a positive three phase bone scan and increased bone remodelling, a second scintigraphic investigation should be added. It can be performed with labelled antigranulocyte antibodies or other scintigraphic methods such as labelled leukocytes, Gallium-67, or positron emission tomography. This article reviews the current scintigraphic procedures used in the diagnosis of osteomyelitis and discusses some of the newer radiopharmaceuticals now being developed. *J Miner Stoffwechs* 2003; 10 (2): 20–3.

Osteomyelitis ist definiert als eine durch unspezifische oder spezifische Erreger hervorgerufene Infektion des Knochens, die vor allem in den gefäßreichen Markräumen auftritt [1]. Die häufigste Form ist die durch *Staphylococcus aureus* hervorgerufene eitrige Osteomyelitis, an zweiter Stelle folgt die Knochentuberkulose. Nach dem Ausbreitungsweg wird die hämatogene (endogene) von der posttraumatischen und postoperativen (exogenen) Form unterschieden [2], andere mögliche Einteilungen erfolgen nach dem Alter oder dem Verlauf. Bereits 1975 erschienen drei wegweisende Arbeiten, die nuklearmedizinische Methoden zur Abklärung bei suspekter Osteomyelitis etablierten [3, 4, 5]. Duszinsky erkannte, daß sich eine Osteomyelitis bereits Tage, bevor sie nativradiologisch faßbar ist, im Szintigramm darstellt [3]. Gilday etablierte zusätzlich dazu (sozusagen als Vorläufer des Dreiphasen-Knochen-szintigramms) die Darstellung des Blutpools [4]. Im gleichen Jahr berichtete auch Deysine erstmals über den Stellenwert von Gallium-67 in der Diagnostik der Osteo-

myelitis. In der Folge führten Radiopharmaka wie radioaktiv markierte Leukozyten, markierte monoklonale Antikörper gegen Granulozyten und in jüngster Zeit eventuell der Positronenstrahler F-18-Fluorodesoxyglukose zu einer Erweiterung und auch Verbesserung der nuklearmedizinischen diagnostischen Möglichkeiten.

Diese Übersicht stellt die verschiedenen nuklearmedizinischen Methoden zur Abklärung einer suspekten Osteomyelitis vor. Im Gegensatz zur klinischen Einteilung der Osteomyelitis (Tabelle 1, nach [2]) ist für die Nuklearmedizin der nativradiologische Befund, der ausgenommen bei Verdacht auf akute hämatogene Osteomyelitis bei Säuglingen und Kleinkindern stets vor einer Szintigraphie durchgeführt werden sollte, das wichtigste Kriterium. Die Wahl der nuklearmedizinischen Diagnostik orientiert sich am jeweiligen Patienten: Jene mit unauffälligem Röntgenbild müssen anders abgeklärt werden als solche mit radiologisch bekannten Veränderungen.

Nuklearmedizinische Methoden zur Osteomyelitisdiagnostik

Drei-Phasen-Skelettszintigraphie

Bei der Drei-Phasen-Skelettszintigraphie werden dem Patienten Technetium-99m (Tc^{99m}) markierte Diphosphonate intravenös verabreicht und in Folge im zeitlichen Verlauf die räumliche Verteilung des markierten Tracers mit einer Gammakamera gemessen. MDP (Methylen-Diphosphonat), DPD (Diphosphone-Propan-Dicarbonsäure) oder HDP (Hydroxy-Ethylen-Diphosphonat) sind knochenaffin und haben ähnliche pharmakologische Eigenschaften. Sie werden mit dem Gammastrahler Tc^{99m} markiert, der aufgrund seiner günstigen physikalischen Eigenschaften eine breite Anwendung in der Nuklearmedizin hat. Die Halbwertszeit des Isotops beträgt 6 Stunden, die Gammalinie bei 140 keV ist gut zur Bildgebung geeignet, die Strahlenbelastung ist niedrig und das Radionuklid ist an nuklearmedizinischen Abteilungen immer verfügbar, da es aus einem Generatorsystem eluiert werden kann. Der Einbau des markierten Tracers ist abhängig vom Blutfluß, von einer Permeabilitätsstörung und von der osteoblastischen Aktivität [6, 7].

Tabelle 1: Klinische Einteilung der OM (nach [2])

Hämatogene OM

- Akute hämatogene OM
 - Säuglings-OM
 - Juvenile hämatogene OM
 - Akute hämatogene OM im Erwachsenenalter
- Knochentuberkulose
- Subakute hämatogene OM
- Sekundär chronische hämatogene OM
- Sonderformen
 - Brodie-Abszeß
 - Sklerosierende OM Garré
 - Plasmazelluläre OM

Posttraumatische Osteitis (akut/chronisch)

- Ohne Knochenverletzung
- Mit Knochenverletzung

Postoperative Osteitis (akut/chronisch)

- Osteitis ohne Osteosynthese
- Osteitis nach Bohrdrahtung, Marknagelung
- Osteitis nach Schrauben- oder Plattenosteosynthese
- Osteitis nach Drahtcerclage

Infekt der Endoprothese

Von der Universitätsklinik für Nuklearmedizin Wien.

Korrespondenzadresse: Dr. Georg Zettinig, Universitätsklinik für Nuklearmedizin, A-1090 Wien, Währinger Gürtel 18–20, e-mail: georg.zettinig@akh-wien.ac.at

Die Radionuklidangiographie in den ersten 60 Sekunden nach Applikation (Perfusionsphase) ist Ausdruck der arteriellen Durchblutung und dient zum Nachweis einer lokalen Hyperämie in der betreffenden Region. Die zweite Phase (Blutpoolphase) umfaßt ungefähr die fünfte bis zehnte Minute nach Applikation. Bei Weichteilentzündungen kommt es durch eine gesteigerte Gefäßpermeabilität zu einer Anreicherung des Tracers im Interstitium. Ab der ca. zehnten Minute kommt es zur Anlagerung des Tracers an den Knochen, die in einer Spätaufnahme drei Stunden nach Applikation dargestellt wird (Abb. 1). Die Spätaufnahme repräsentiert somit den regionalen osteoblastischen Umbau.

Die Drei-Phasen-Skelettszintigraphie ist eine exzellente Methode, mit der in einem einzigen Untersuchungsgang eine lokale arterielle Hyperämie, ein Weichteilödem sowie ein lokal abnorm gesteigerter Knochenstoffwechsel erfaßt werden können. Diese Veränderungen zeigen sich bereits mehrere Tage, bevor radiologische Abnormitäten zur Darstellung kommen. Reine Weichteilentzündungen können von Weichteilentzündungen mit Knochenmitbeteiligung unterschieden werden. In einer Ganzkörperaufnahme drei Stunden nach Applikation können in Folge auch hämatogene Streuherde ausgeschlossen werden. Eine genaue Übersicht über weitere Einsatzmöglichkeiten der Knochenzintigraphie ist vor kurzem erschienen [8].

Bei klinischem Verdacht auf Osteomyelitis ist die sensitive Drei-Phasen-Skelettszintigraphie die nuklearmedizinische Screeningmethode der Wahl. Bei Erwachsenen mit normalem Skelettröntgen (die also radiologisch keine Hinweise auf lokal gesteigerten Knochenstoffwechsel zeigen) ist die Drei-Phasen-Skelettszintigraphie hochsensitiv und auch hoch spezifisch (gepoolte Analyse aus 6 Untersuchungen: Sensitivität 94 %, Spezifität 95 %) [9]. Bei der Neugeborenen-Osteomyelitis wird in Studien (die allerdings vor mehr als 20 Jahren durchgeführt wurden und mit den heutigen Aufnahmebedingungen nicht vergleichbar sind) eine niedrigere Sensitivität berichtet; es können sich falsch negative kalte Areale in 22–68 % der Fälle zeigen [10–12]. Die Ursache ist der hohe Gewebedruck, der den Tracerzufluß behindert.

Wie bereits erwähnt, sinkt die Spezifität der Drei-Phasen-Skelettszintigraphie in allen Fällen, bei denen radiologisch oder anamnestisch ein lokal gesteigerter Knochenumbau bekannt ist (Abb. 2). Aus einer Analyse von 14 Studien errechnet sich in solchen Fällen eine Sensitivität von 95 % bei einer Spezifität von nur 33 % [9]. Ferner ist zu beachten, daß die Kombination Hyperämie, Weichteilödem und gesteigerter Knochenstoffwechsel auch bei anderen Erkrankungen,

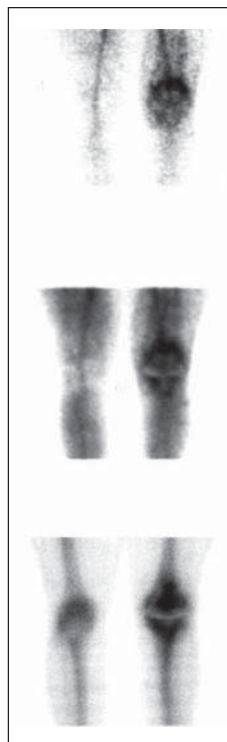


Abbildung 1: Infekt der Endoprothese im linken Knie: Sowohl in der arteriellen Phase (oben) als auch in der Weichteilphase (Mitte) und den Spätaufnahmen 3 Stunden nach Tracerapplikation (unten) zeigt sich eine gesteigerte Traceranreicherung in Projektion auf das linke Kniegelenk.

insbesondere bei Tumoren wie dem Osteosarkom, gefunden wird. Wenn die Drei-Phasen-Skelettszintigraphie positiv ist, ist in den meisten Fällen eine zweite nuklearmedizinische Untersuchung zur Abklärung einer Osteomyelitis notwendig. Bei unauffälliger Drei-Phasen-Skelettszintigraphie kann die Diagnostik häufig beendet werden, wenn eine tuberkulöse Osteomyelitis unwahrscheinlich ist.

Gallium-67-Zitrat

Ga-67-Zitrat wird schon seit langem zum Nachweis von Entzündungen verwendet; außer in entzündlichen Herden reichert sich das Radiopharmakon jedoch auch in Tumoren und Granulomen an. Die Ga-67-Aufnahme in osteomyelitischen Herden beruht auf der Anreicherung in Granulozyten oder Bakterien sowie auf Bindung an Lactoferrin [13]. Ga-67 reichert sich jedoch in geringer Menge auch in normalem Knochen an. Areale mit gesteigertem Knochenumbau wie zum Beispiel bei neuropathischer Osteopathie [14] oder Pseudoarthrosen [15] zeigen ebenfalls eine gesteigerte Ga-67-Aufnahme. Zusätzlich hat die Substanz zahlreiche andere Nachteile, wie eine problematische Logistik (Aufnahme 24 und 48 Stunden nach Applikation), schlechte Abbildungseigenschaften durch mehrere Gammalinien und eine relativ hohe Strahlenbelastung. Ein positiver Galliumscan kann zwar oft diagnostisch sein, durch die schlechte räumliche Auflösung ist ein negativer Befund meist nicht hilfreich. Heute wird die Galliumszintigraphie meist nur mehr bei chronischer Osteomyelitis (bei der sich ja oft nur ein lymphoplasmazelluläres Infiltrat findet) eingesetzt [7].

Markierte Leukozyten

Indium-111-markierte Leukozyten wurden in den 80er Jahren für die Diagnostik der Osteomyelitis etabliert, später wurden auch Verfahren entwickelt, die eine Markierung mit Tc-99m ermöglichen. Der Nachweis einer Akkumulation von Leukozyten ist spezifisch für eine Infektion, wenn eine Osteomyelitis in einem Areal mit gesteigertem Knochenumbau vermutet wird [16, 17]. Die Sensitivität und

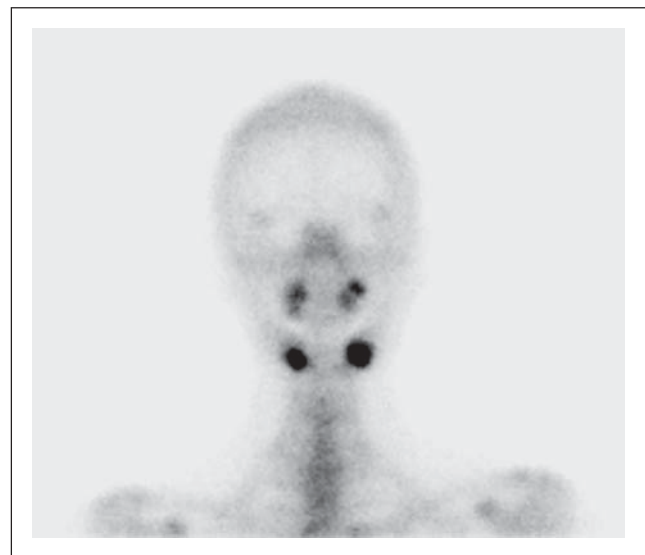


Abbildung 2: Zur Problematik der Spezifität der Skelettszintigraphie (Knochenscan drei Stunden nach Applikation): Zustand nach Extraktion aller vier Weisheitszähne. Die mäßiggradige Mehrspeicherung in Projektion auf die oberen Weisheitszähne ist als normaler Knochenumbau nach Zahnextraktion zu werten, die massiv gesteigerte Anreicherung in Projektion auf die unteren Weisheitszähne entspricht einer in der Magnetresonanztomographie und in der Szintigraphie mit monoklonalen Antikörpern gegen Granulozyten bestätigten Osteomyelitis.

Spezifität der Methode, berechnet aus 16 Arbeiten, beträgt 88 % bzw. 85 %. Zusätzlich zu diesen retrospektiven Arbeiten gibt es auch zwei prospektive Untersuchungen, die die offene Biopsie und Kultur mit der Leukozytenszintigraphie verglichen [18, 19], hier errechnete sich eine Sensitivität von 91 % und eine Spezifität von 97 %.

Bei infizierten Endoprothesen wird über eine Sensitivität von 100 % und eine Spezifität von 86 % berichtet [20, 21]. Gerade beim diabetischen Fuß zeigt sich jedoch, daß mit Hilfe dieser Methode allein eine Entzündung des Knochens nicht von einer Entzündung der umgebenden Weichteile abgegrenzt werden kann [17]. Schauwecker demonstrierte, daß mit der Leukozytenszintigraphie eine akute Osteomyelitis im gesamten Skelettsystem festgestellt werden kann, eine chronische Osteomyelitis allerdings nur im peripheren Skelettsystem adäquat diagnostiziert werden kann [22]. Minderspeichernde Areale im Achsenskelett, die durch eine Osteomyelitis, aber auch durch Metastasen, Frakturen, Tuberkulose und Bestrahlung bedingt sein können, vermindern die diagnostische Wertigkeit des Tracers im Achsenskelett zusätzlich [22]. Nachteile der Methode sind der hohe Zeitaufwand für die Markierung (2–3 Stunden) und daß nur unter erfahrenen Händen die Ausbeute an vitalen markierten Leukozyten hoch ist. Die Infektions- und Verwechslungsgefahr beim Markieren und Reinjizieren von Patientenblut birgt zusätzliche Risiken.

Markierte monoklonale Antikörper und Antikörperfragmente

Monoklonale Antikörper bzw. Antikörperfragmente gegen Granulozyten sind als Kit in nuklearmedizinischen Abteilungen meist stets verfügbar und können einfach und schnell mit dem Generatorknuklid Tc99m markiert werden. Markierte Antikörper wurden 1985 erstmals zur nuklearmedizinischen Diagnose von Infektionen vorgestellt [23]. Dieses Radiopharmakon ist vor allem in Europa weit verbreitet und wird meist für die zweite (die auf die positive Drei-Phasen-Skelettszintigraphie folgende) Untersuchung verwendet. Die murinen (durch Immunisierung von Mäusen gewonnenen) monoklonalen Antikörper werden vom Organismus als Fremdeiweiß erkannt und können bei einer zweiten Untersuchung eine allergische Reaktion

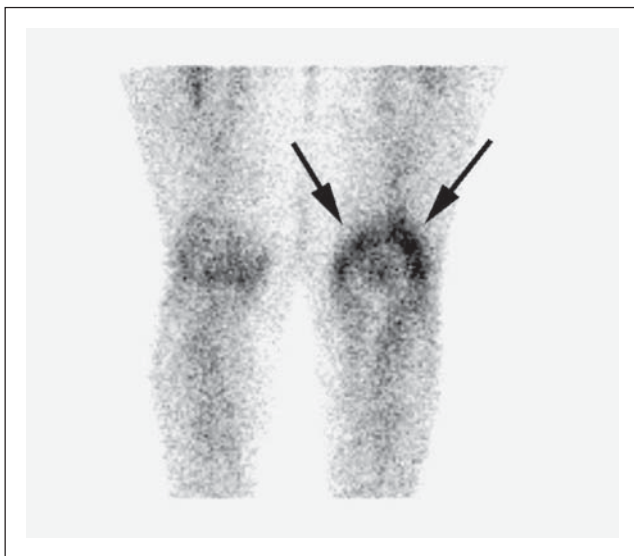


Abbildung 3: Szintigraphie mit markierten monoklonalen Antikörpern gegen Granulozyten bei infizierter Endoprothese im linken Knie: Gesteigerte granulozytäre Infiltration an der Prothesenansatzstelle (Pfeil)

auslösen. Werden Szintigraphien mit monoklonalen Antikörpern mehrmals durchgeführt, so muß eine HAMA (humane Anti-Maus-Antikörperbestimmung) durchgeführt werden, da allergische Reaktionen bis zum anaphylaktischen Schock möglich sein können. Die diagnostische Wertigkeit der Szintigraphie mit monoklonalen Antikörpern ist vergleichbar mit der von markierten Leukozyten [24], bei Antikörperfragmenten wird über geringgradig schlechtere Resultate berichtet [25]. Sciouk [26] berichtet bei Patienten mit infizierten Endoprothesen (Abb. 3) über eine Sensitivität von 89 % und Spezifität von 84 %. Die diagnostischen Grenzen der Szintigraphie mit monoklonalen Antikörpern sind ähnlich wie bei der Szintigraphie mit markierten Leukozyten: Periprothetische Granulome oder eine Beschädigung der Prothesenoberfläche führen zu falsch positiven Szintigrammen [24]. Ebenso bieten isolierte Knochenmarkinseln diagnostische Schwierigkeiten. Die Darstellung des Knochenmarks mit Tc99m-Schwefelkolloid [27] bzw. die Durchführung von Spätaufnahmen 24 Stunden nach Applikation kann in diesem Fall hilfreich sein [24]. Unvollständige Absaugung des Knochenmarks während Protheseninfektion kann ebenfalls zu diagnostischen Problemen führen.

Weitere nuklearmedizinische Tracer zur Diagnostik der Osteomyelitis

Neben den oben beschriebenen Methoden ist die nuklearmedizinische Diagnose einer Osteomyelitis auch noch mit zahlreichen anderen Radiopharmaka (unter anderem Tc99m-markiertes Nanokolloid [28], Tc99m-markiertes humanes Immunglobulin [29], Tc99m-markiertes Ciprofloxacin [30], Tc99m-markierte Polyethylenglykol-Liposomen [31]) möglich. Diese Methoden sind aber größtenteils experimentell und werden in der breiten Routine (noch) nicht eingesetzt. Eine ausgezeichnete Methode zur Diagnostik der Osteomyelitis ist die Positronenemissionstomographie (PET) mit F-18-Fluorodesoxyglukose (FDG) [32–34]. Der mit dem Positronenstrahler markierte Zucker Desoxyglukose reichert sich im Entzündungsherd an; im peripheren Skelettsystem ist die Methode der kombinierten Drei-Phasen-Skelett-/Antikörperszintigraphie gleichwertig, im Achsenskelett ist PET besser [35]. Bedingt durch die physikalischen Charakteristika der Positronenstrahler ist aber sowohl im peripheren als auch im Achsenskelett die räumliche Auflösung besser.

Diagnostischer Algorithmus bei klinischem Verdacht auf Osteomyelitis

Ausgenommen bei Säuglingen, Kindern oder bei Verdacht auf septisch-pyämische Abszesse muß vor jeder nuklearmedizinischen Osteomyelitisabklärung ein Röntgenbild angefertigt werden. Bei unauffälligem Röntgen und klinischem Verdacht auf Osteomyelitis ist die Drei-Phasen-Skelettszintigraphie, wie bereits oben ausgeführt, eine ausgezeichnete diagnostische Methode von hoher Sensitivität und Spezifität. Eine akute Osteomyelitis kommt szintigraphisch bereits Tage, bevor sie radiologisch zeichnet, zur Darstellung. Zeigen sich radiologische Veränderungen, dann sinkt die Spezifität der Drei-Phasen-Skelettszintigraphie drastisch. Trotzdem sollte diese aufgrund ihrer Sensitivität die nuklearmedizinische Methode der ersten Wahl sein; es ist bei positiver Drei-Phasen-Skelettszintigraphie im Anschluß jedoch meist noch ein zweiter Scan – in der Regel mit markierten monoklonalen Antikörpern gegen Granulozyten – vonnöten. Bei chronischer Osteomyelitis stellen sich insbesondere im Achsenskelett diagnostische Schwierigkeiten.

Obwohl die Magnetresonanztomographie (MRT) meist als wichtigste diagnostische Möglichkeit angesehen wird, fehlen bisher große Vergleichsstudien mit nuklearmedizinischen Methoden. Einzelne Autoren berichten meist über gleichwertige Ergebnisse [36, 37], beim diabetischen Fuß berichtet Newman über eine bessere diagnostische Aussage der Leukozytenszintigraphie [38]. Die Möglichkeit der Ganzkörperszintigraphie bietet neben der akuten hämatogenen Osteomyelitis auch besonders bei der chronischen multifokalen rezidivierenden Osteomyelitis Vorteile [39].

Literatur:

- Lang S. Osteomyelitis – ein pathognomonischer Überblick. *Radiologe* 1996; 36: 781–5.
- Schwameis E, Abdolvahab F, Wurnig C. Osteomyelitis – Klinik, Diagnose und Therapie. *Radiologe* 1996; 36: 823–33.
- Duszinsky DO, Kuhn JP, Afshani E, Riddlesberger MM Jr. Early radionuclide diagnosis of acute osteomyelitis. *Radiology* 1975; 117: 337–40.
- Gilday DL, Paul DJ, Paterson J. Diagnosis of osteomyelitis in children by combined blood pool and bone imaging. *Radiology* 1975; 117: 331–5.
- Deysine M, Rafkin H, Teicher I, Silver L, Robinson R, Manly J, Aufses AH. Diagnosis of chronic and postoperative osteomyelitis with gallium-67 citrate scans. *Am J Surg* 1975; 129: 632–5.
- Rosenthal L. Radionuclide investigation of osteomyelitis. *Curr Opin Radiol* 1992; 4: 62–9.
- Leitha T. Nuklearmedizinische Diagnostik der Osteomyelitis. *Radiologe* 1996; 36: 813–22.
- Langsteiger W. Nuklearmedizinische Skelettdiagnostik. *J Miner Stoffwe* 2000; 5 (2): 20–6.
- Schauwecker DS. The scintigraphic diagnosis of osteomyelitis. *AJR* 1992; 158: 9–18.
- Ash JM, Gilday DL. The futility of bone scanning in neonatal osteomyelitis: concise communication. *J Nucl Med* 1981; 22: 941–9.
- Berkowitz ID, Wenzel W. „Normal“ technetium bone scans in patients with acute osteomyelitis. *Am J Dis Child* 1980; 134: 828–30.
- Sullivan DC, Rosenfield Ms, Ogden J, Gottschalk A. Problems in the scintigraphic detection of osteomyelitis in children. *Radiology* 1980; 135: 731–6.
- Hoffer P. Gallium: mechanisms. *J Nucl Med* 1980; 21: 282–5.
- Glynn TP. Marked gallium accumulation in neurogenic arthropathy. *J Nucl Med* 1981; 22: 1016–7.
- Hadjipavlou A, Lisbona R, Rosenthal L. Difficulty of diagnosing infected hypertrophic pseudoarthrosis by radionuclide imaging. *Clin Nucl Med* 1983; 8: 45–9.
- Schauwecker DS, Park HM, Burt RW, Mock BH, Tobolsky MM, Yu PL, Wellman HN. Evaluation of complicating osteomyelitis with Tc-99m MDP, In-111 granulocytes, and Ga-67 citrate. *J Nucl Med* 1984; 25: 156–60.
- Maurer AH, Millmond SH, Knight LC, Mesgarzadeh M, Siegel JA, Shuman CR, Adler LP, Greene GS, Malmud LS. Infection in diabetic osteoarthropathy: use of indium labeled leukocytes for diagnosis. *Radiology* 1986; 161: 221–5.
- Seabold JE, Nepola JV, Conrad GR, Marsh JL, Montgomery WJ, Bricker WA, Kirchner PT. Detection of osteomyelitis at fracture nonunion sites: comparison of two scintigraphic methods. *AJR* 1989; 152: 1021–7.
- Esterhai JL, Goll SR, McCarthy KE, Velchik M, Alavi A, Brighton CT, Heppenstall RP. Indium-111 leukocyte scintigraphic detection of subclinical osteomyelitis complicating delayed and nonunion long bone fractures: a prospective study. *J Orthop Res* 1987; 5: 1–6.
- Becker W, Pasurka B, Börner W. Bedeutung der Leukozytenszintigraphie bei der infizierten Totalendoprothese. *Fortschr Röntgenstr* 1989; 150: 284–9.
- Pring DJ, Henderson RG, Rivett AG, Krausz T, Coombs RR, Lavender JP. Autologous granulocyte scanning of painful prosthetic joints. *J Bone Joint Surg Br* 1986; 68: 647–52.
- Schauwecker DS. Osteomyelitis: diagnosis with In-111 labeled leukocytes. *Radiology* 1989; 171: 141–6.
- Locher JT, Seybold K, Andres RY, Schubiger PA, Mach JP, Buchegger F. Imaging of inflammatory and infectious lesions after injection of radioiodinated monoclonal antigranulocyte antibodies. *Nucl Med Commun* 1986; 7: 659–70.
- Becker W, Goldenberg DM, Wolf F. The use of monoclonal antibodies and antibody fragments in the imaging of infectious lesions. *Sem Nucl Med* 1994; 24: 142–53.
- Devillers A, Garin E, Polard JL, Poirier JY, Arvieux C, Girault S, Moisan A, Bourguet P. Comparison of Tc-99m-labelled antileukocyte fragment Fab' and Tc-99m-HMPAO leukocyte scintigraphy in the diagnosis of bone and joint infections: a prospective study. *Nucl Med Commun* 2000; 21: 747–53.
- Sciouk J, Puskas C, Greitemann B, Schober O. White blood cell scintigraphy with monoclonal antibodies in the study of infected endoprosthesis. *Eur J Nucl Med* 1992; 19: 497–502.
- Palestro CJ, Swyer AJ, Kim CK, Goldsmith SJ. Infected knee prosthesis: Diagnosis with In111-leukocyte, Tc99m sulfur colloid and Tc99m MDP bone imaging. *Radiology* 1991; 179: 645–8.
- Hotze A, Bockisch A, Ruther M, Biersack HJ. Comparison of 99m Tc-HMPAO-labeled leukocytes and 99m Tc-nanocolloid in osteomyelitis. *Nuklearmedizin* 1988; 27: 63–5.
- Sciouk J, Brandau W, Vollet B, Stucker R, Erlemann R, Bartenstein P, Peters PE, Schober O. Comparison of technetium 99m polyclonal human immunoglobulin and technetium 99m monoclonal antibodies for imaging chronic osteomyelitis. First clinical results. *Eur J Nucl Med* 1991; 18: 401–7.
- Gallowitsch HJ, Mikosch P, Kresnik E, Heinisch M, Gomez I, Kumng G, Lind P. Ergebnisse der Entzündungsszintigraphie mittels Tc99m Ciprofloxacin bei peripherer Osteomyelitis, Spondylodisitis und Fieber unklarer Genese (FUO). *Nuklearmedizin* 2002; 41: 30–6.
- Dams ET, Nijhof MW, Boerman OC, Laverman P, Storm G, Buma P, Lemmens JA, van der Meer JW, Corstens FH, Oyen WJ. Scintigraphic evaluation of experimental chronic osteomyelitis. *J Nucl Med* 2000; 41: 896–902.
- Kalicke T, Schmitz A, Risse JH, Arens S, Keller E, Hansis M, Schmitt O, Biersack HJ, Grunwald F. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose PET in infectious bone diseases: results of histologically confirmed cases. *Eur J Nucl Med* 2000; 27: 524–8.
- Schmitz A, Risse HJ, Kalicke T, Grunwald F, Schmitt O. FDG-PET zur Diagnostik und Verlaufskontrolle entzündlicher Prozesse: Erste Ergebnisse aus orthopädischer Sicht. *Z Orthop Grenzgeb* 2000; 138: 407–12.
- Zhuang H, Duarte PS, Pourdehand M, Shnier D, Alavi A. Exclusion of chronic osteomyelitis with F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomographic imaging. *Clin Nucl Med* 2000; 25: 281–4.
- Guhlmann A, Brecht-Krauss D, Suger G, Glatting G, Kotzerke J, Kinzl L, Reske SN. Fluorine-18-FDG PET and technetium-99m antigranulocyte antibody scintigraphy in chronic osteomyelitis. *J Nucl Med* 1998; 39: 2145–52.
- Love C, Patel M, Lonner BS, Tomas MB, Palestro CJ. Diagnosing spinal osteomyelitis: a comparison of bone and Ga-67 scintigraphy and magnetic resonance imaging. *Clin Nucl Med* 2000; 25: 963–77.
- Williamson MR, Quenzer RW, Rosenberg RD, Meholic AJ, Eisenberg B, Espinosa MC, Hartshorne MF. Osteomyelitis: sensitivity of 0.064 T MRI, three-phase bone scanning and indium scanning with biopsy proof. *Magn Reson Imaging* 1991; 9: 945–8.
- Newman LG, Waller J, Palestro CJ, Hermann G, Klein MJ, Schwartz M, Harrington E, Harrington M, Roman SH, Stagnaro-Green A. Leukocyte scanning with 111In is superior to magnetic resonance imaging in diagnosis of clinically unsuspected osteomyelitis in diabetic foot ulcers. *Diabetes Care* 1992; 15: 1527–30.
- Mandell GA, Contreras SJ, Conard K, Harcke HT, Maas KW. Bone scintigraphy in the detection of chronic recurrent multifocal osteomyelitis. *J Nucl Med* 1998; 39: 1778–83.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)