

Rainer Braunschweig¹, Andreas H.H. Tiemann²

Bildgebung: Was wirklich nötig ist*

Imaging: what is really necessary?

Zusammenfassung: Gelenkinfekte stellen grundsätzlich einen klinischen Notfall dar. Die Bildgebung ist daher in der Akutdiagnostik wesentlich. Sie liefert art- und differenzialdiagnostische Hinweise, objektiviert den Befall unterschiedlicher Gelenk-Kompartimente und stellt damit wesentliche operationstaktische Indikationskriterien und -überlegungen zur Verfügung.

Während der Therapie dokumentiert die Bildgebung den Sanierungsverlauf bzw. das morphologische „Schadens“-bild nach Gelenkinfekt.

Zum Einsatz kommt grundsätzlich die Projektionsradiographie (Röntgen) in 2 Ebenen, um den ossären Status quo zu erheben. Eine akute Infektion kann, teilweise mit beweisender Bedeutung, nur mittels Kernspintomografie hinsichtlich aller Fragestellungen umfassend eingeordnet werden. Es stehen standardisierte Untersuchungsprotokolle zur Verfügung. Wesentlich ist die klinische Fragestellung an die Bildgebung. Die Befunde sollten interdisziplinär (Klinik, Labor, Verlauf) bewertet und differenzialdiagnostisch eingeordnet werden. Fakultativ können Ultraschall (Verlaufsbeurteilungen von Kompartimentergüssen) und die PET-CT (Implantatlagen und ggf. zur Ausbreitungsdiagnostik bei multiplen Gelenkbefunden bzw. unklarem Fokus/Fieber) hinzugezogen werden. Die Computertomografie kann ossäre Destruktionen (Rezidive, Verlaufsuntersuchung) überlagerungsfrei darstellen und stellt zudem eine wesentliche diagnostische und therapeutische Brücke mittels bildgebend gestützten Kompartimentpunktionen zur operativen Therapie dar.

Schlüsselwörter: Gelenkinfekte, Bildgebung, Diagnostik, morphologisches Schadensbild, interdisziplinäre Evaluation, ossärer Status quo

Zitierweise

Braunschweig R, Tiemann AHH: Bildgebung: Was wirklich nötig ist. OUP 2017; 12: 602–607 DOI 10.3238/oup.2017.0602–0607

Summary: Joint infections are basically a clinical emergency. Therefore, imaging is essential in acute diagnosis. It provides differential diagnostic references, objectivizes the involvement of different joint compartments, and thus provides important criteria and considerations for the best surgical treatment. During the course of the therapy, the imaging documents the repair process or the morphological „damage“ after joint infections. Basically, projection radiography (X-ray) is used in two planes to elevate the osseous status quo. An acute infection can be comprehensively classified, in part with a proving importance, only by means of magnetic tomography with regard to all questions. Standardized examination protocols are available. Essential is the clinical question of imaging. The findings should be evaluated interdisciplinarily (clinic, laboratory, course) and classified in a differential diagnosis.

Optionally, ultrasound (follow-up assessments of compartmental effusions) and PET-CT (implant positioning and, if necessary, for propagation diagnosis in multiple joint findings or unclear focus/fever) can be added. Computed tomography can represent osseous destruction (recurrence, follow-up examination) without any superposition, and is also an essential diagnostic and therapeutic bridge by means of image-assisted compartment punctures for operative therapy.

Keywords: joint infections, imaging, diagnostics, morphologic damage, interdisciplinary evaluation, osseous status quo.

Citation

Braunschweig R, Tiemann AHH: Imaging: what is really necessary? OUP 2017; 12: 602–607 DOI 10.3238/oup.2017.0602–0607

Einleitung

Der klinische Verdacht einer bakteriellen Gelenkinfektion ist grundsätzlich als Notfall einzustufen [11]. Neben der klinischen Untersuchung und den Labor-

parametern (klinische Chemie, ggf. Mikrobiologie) kommt der Bildgebung ein wesentlicher Beitrag in der Diagnosestellung einerseits und der Auswahl des adäquaten Therapieregimes (Operation vs. konservative Behandlung) anderer-

seits zu [11]. Im Verlauf leistet die Bildgebung einen Beitrag in der Dokumentation der Befundsanierung.

Die Auswahl des geeigneten bildgebenden Verfahrens wird wesentlich durch die klinische Fragestellung be-

*Ein Beitrag aus der Zusammenarbeit der Sektion Knochen- und Weichteilinfektionen der DGOU und der AG BVB der DRG

¹Steinhorst

²SRH Zentralklinikum Suhl GmbH, Suhl

stimmt. Hierzu ist im Akutfall das interkollegiale Gespräch nachdrücklich zu empfehlen. Sowohl hinsichtlich der Untersuchungstechnik (z.B. Röntgen in 2 Ebenen, Kernspintomografie), der einzusetzenden Untersuchungsprotokolle (s. Homepage der AG BVB der Deutschen Röntgengesellschaft) als auch der Befundinterpretation kann die zuweisende Fachdisziplin umfassende Expertisen seitens der bildgebenden Diagnostik erwarten und leitliniengerechte standardisierte Untersuchungsverfahren nutzen (s. AWMF-Registernummer: 131/001: S2k-Leitlinie zur „Osteomyelitis der langen Röhrenknochen des Erwachsenen“/ im Druck).

Für die fakultativen Verfahren Ultraschall und PET-CT ist dies weniger eindeutig. Die Sonografie wird vorrangig im Befundverlauf eingesetzt und hängt bekanntermaßen sehr vom individuellen Erfahrungsstand des Untersuchers ab [4]. Intraartikuläre Ergüsse bzw. parakompartimentelle Liquidationen sind einfach und treffsicher nachweisbar. Die Artdiagnostik ist hingegen regelhaft nicht zu führen.

Bei Gelenkimplantaten steht mit der PET-CT ein hochsensitives Alternativverfahren zur Verfügung, das artefaktunabhängig den ossären und Gelenkinnenraum-Reaktionszustand darstellt. Die Spezifität ist weniger verlässlich [3, 6, 8].

Die Sensitivität zum Nachweis entzündlicher Gelenkveränderungen ist in den Einzelverfahren unterschiedlich, jedoch bei Kombination mindestens zweier Verfahren (Röntgen, MR; ggf. PET-CT) auf über 90 % gesichert [4, 11]. Die Einzelverfahren (MR, PET und PET-CT) erreichen ebenfalls Werte über 90 %. Die Computertomografie liegt je nach Studiendesign und Fallzahlen zwischen 50 und über 80 %.

Die Spezifitäten sind unterschiedlich (regelhaft bei ca. 80–90 %) [6, 11]. Hier ist auf die Verwendung aktueller Untersuchungsprotokolle und die Expertise des Befunders zu setzen. Differenzialdiagnostische Überlegungen (z.B. nichtbakterielle Synovialitiden) können anhand von bildgebungsassoziierten Einzelkriterien (Synovialkonfiguration; Pigmentierung etc.) [1] geführt und ggf. durch Histopathologie belegt werden [5].

Nachfolgend geben wir einen Überblick über die Untersuchungsmethodik, die Befunddetails und Diagnosekonstellationen. Damit möchten wir eine so-

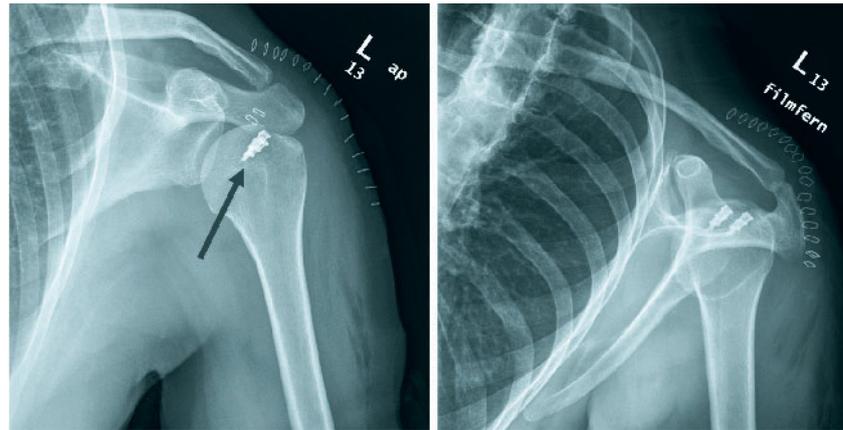


Abbildung 1 Digitale Projektionsradiografie der Schulter in 2 Ebenen: Nachweis regelrechter ossärer Verhältnisse, eines Metallimplantats und postoperativer Luftschnüseln in den Weichteilen – der Befund dokumentiert die umfassende Leistungsfähigkeit und Qualität moderner digitaler Bildgebung.

Kriterium	Wichtung	Zeitlicher Verlauf
Weichteilschwellung	+	akut (Tage)
Gelenknahe Entkalkung	+	langsam (Wochen)
Ossäre Destruktion	+++	akut (massive, bakterielle Entzündung; langsam (larvierter Verlauf)
Ossäre Reparatur	++	langsam (Wochen)
Periostale Reaktion	+++	mittelfristig (2–3 Wochen)
Impressionsfrakturen	++	langsam (Wochen)
Gelenkerstörung	+++	langsam (Wochen)

Die Summe der Einzelkriterien steigert die Spezifität.

Tabelle 1 Einzelkriterien der Projektionsradiographie und deren Diagnostikbeitrag (Wichtung/ zeitlicher Verlauf) in der Projektionsradiographie in 2 Ebenen.



Abbildung 2 Digitale Projektionsradiographie der Schulter in 2 Ebenen: Nachweis erheblicher ossärer Degenerationen und Reparationen im Schulter- und -eckgelenk, gelenknahe Entkalkungen, Humeruskopfhochstand – der Befund zeigt das bunte Bild ossär manifestierter Gelenkveränderungen

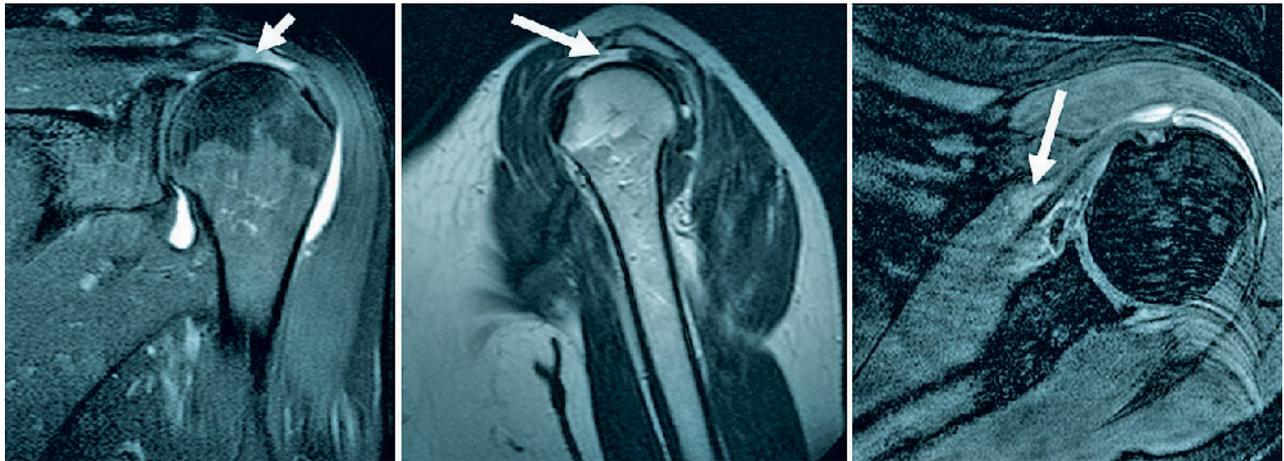


Abbildung 3 Kernspintomografie der Schulter in 3 Ebenen: Der Befund zeigt regelrechte intraossäre Markverteilung mit homogenen Signalanteilen (keine intraossäre Entzündung), das komplexe anatomische Bild einer Humeruskopfglatze bei Supraspinatusruptur (exzellente Weichteildarstellung) und sekundär mechanisch bedingter extraartikulärer Reizverhältnisse (kompartimentbezogenes, flüssigkeitsintensives Signal) – damit Nachweis einer mechanischen, nicht jedoch bakteriellen Entzündung.

wohl für die Akutdiagnostik als auch Verlaufskontrolle pragmatisch handhabbare Untersuchungstechnik in der Bildgebung empfehlen, die klinische Verdachtskriterien stützt oder relativiert und damit die Diagnosestellung sichert. Hieran orientierte Therapiekonzepte können gesichert werden.

Bildgebung bei Gelenkinfekten

Projektionsradiografie in 2 Ebenen (Röntgen):

Die Projektionsradiografie in 2 Ebenen steht grundsätzlich am Ausgangspunkt jeder bildgebenden Diagnostik des Bewegungsapparats. Wesentliches Ziel ist die Erhebung des Status quo.

Differenziert werden können ossäre Veränderungen nach evtl. früheren Verletzungen oder Entzündungen bzw. degenerative Befunde. Zudem können bei larvierten, bereits länger verlaufenden Entzündungen ggf. ossäre Reaktionsmuster (Destruktion, periostale Reaktion, ossäre Reparation mittels „Ersatzknochen“-bildung etc. [2]) erhoben werden. Im Falle von Gelenkinfekten sind zudem etwaige Instabilitäten und deren ossäre Grundlage bei Destruktionen der Gelenkpartner zu erfassen. Die erfassbaren Einzelkriterien erlauben die Einordnung der Veränderungen hinsichtlich deren Verlaufszeit. Chronische Befunde

(Degeneration, ossäre Reparation bzw. Destruktion) sind erfassbar [2, 4, 7].

Grundsätzlich sollte mittels digitaler Technik (z.B. Flachdetektoren) untersucht werden. Der exzellente Kontrastumfang macht regelhaft alle Gelenkstrukturen gut sichtbar (Abb. 1) und erlaubt zudem eine hinweisende Beurteilung der Weichteile (Schwellung, Gasbildung etc.).

Die Bewertung ossärer Veränderungen in der Projektionsradiografie bei Verdacht auf entzündliche Gelenkbefunde bedarf einer hohen Erfahrung, da die Einzelkriterien einen unterschiedlich gewichteten Beitrag (Tab. 1) für die Gesamtdiagnostik leisten.

In der Verlaufskontrolle kann bei bekanntem Ausgangsbefund der Sanierungsverlauf dokumentiert werden. Insbesondere können im Hochkontrast der Röntgentechnik die ossären Befunde validiert werden (Abb. 2).

Kernspintomographie (MR)

Die Kernspintomografie bedient sich, im Gegensatz zur Röntgentechnik, nicht eines in Grauwerten dargestellten Absorptionsverhaltens des untersuchten Mediums (z.B. Knochen), sondern stellt die Protonenverteilung (Wasserstoffprotonen) in organotypischen physiko-chemischen Zuständen dar. Für die gelenkbildenden Knochen ist dabei das Knochenmark wesentlich, dass sich in Abhängigkeit zum Alter in den hierfür typi-

schon Verteilungsmustern zwischen fett- und blutbildenden Anteilen in typischer Weise abbildet (Abb. 3).

Veränderungen sind folglich regelhaft nicht morphologisch bedingt, sondern stellen Protonenverschiebungen dar, die ihrerseits im Rahmen pathologischer Prozesse (Entzündung; Flüssigkeitseinstrom: Wasserstoffprotonenvermehrung) auftreten. Dies gilt gleichermaßen für Knochen- und Weichteilstrukturen und stellt neben der überlagerungsfreien und frei wählbaren Schichttechnik den wesentlichen additiven Vorteil der Kernspintomografie in der Entzündungsdiagnostik dar [2].

Anatomische Gegebenheiten sind, im Gegensatz zur Projektionsradiographie, exakt kompartimentell erfassbar. Bereits geringgradige protonenassoziierte Gewebeeränderungen (Entzündung, Trauma etc.) bedingen in der Kernspintomografie eine Signalveränderung. Diese können in den T1- und T2- gewichteten Sequenzen und einer Vielzahl technischer Variationen (TS-Echo, Gradienten-Echo, parallele Bildgebung, nicht-lineare k-Raum-Abtastung, Fettsättigungen oder Protonenwichtungen etc. (Protokolle der AG BVB der DRG – s. Homepage) in mindestens 2 Ebenen erfasst und spezifisch charakterisiert werden (Abb. 4).

Durch Kontrastmittelgaben können zum einen anatomische Gewebedifferenzierungen im Kontrast gesteigert, insbesondere aber pathologische Gefäßreaktionen wie z.B. bei Entzündungen

als „enhancement“ artdiagnostisch genutzt werden.

Für die Frage „Was ist wirklich nötig?“ ergibt sich neben der

1. Projektionsradiographie in 2 Ebenen vor allem der Einsatz der
2. State-of-the-art-Kernspintomografie an 1,5 oder 3,0 Tesla-Geräten mit
 - gelenkkonformen Projektionen (z.B. semicoronar und semisagittale Schulteruntersuchungen, Abb. 3),
 - dedizierten Spulenauswahl (Schulter, Hand, Finger) und optimierter Kombination von
 - Sequenzen (PD fs, T1, PD/T2, GRE und KM-Sequenz: mind. 5, regelhaft 6–8 Sequenzen).

Diese Untersuchungstechniken sind nicht erforderliche Detailkenntnis der Zuweiser. Sowohl in Klinik als auch in Praxis kann der/die Zuweiser/-in bei korrekter klinischer Fragestellung die Auswahl der zielorientierten Untersuchungsmethodik erwarten. Dies gilt auch und vor allem für die etwaige Notwendigkeit einer Kontrastmittelapplikation. Im Akutfall ist dies unter klinischen und kollegial-kommunikativen Bedingungen immer sichergestellt. Beim larvierten Befund sollte unter ggf. ambulanten Praxisbedingungen vor allem auf eine exakte klinische Fragestellung geachtet werden.

Mit der vorbeschriebenen Untersuchungstechnik lassen sich folgende, für den Gelenkinfekt wesentliche Kriterien erfassen (Tab. 2) [2]:

Im Gegensatz zur Projektionsradiografie verfügt die Kernspintomografie über mehrere hochsensitive und hinreichend spezifische Kriterien für den frühzeitigen Nachweis einer akuten Entzündung. Hieraus lassen sich Vergleichszuordnungen zu bekannten chirurgischen Klassifikationen [9] herleiten (Tab. 3).

Sonografie

Die Sonografie ist immer indiziert, wenn es um die Erstdifferenzierung einer „unklaren“ Gelenkschwellung geht. Die Trennung solider von flüssigkeitsbedingten Befunden ist hochsensitiv möglich. Die einfache Handhabung und hohe Verfügbarkeit macht die Sonografie [4] in Praxis und Klinik zum ersten orientierenden bildgebenden Verfahren und sichert ggf. auch eine gezielte Punktion zur mikrobiologischen Materialbewertung.

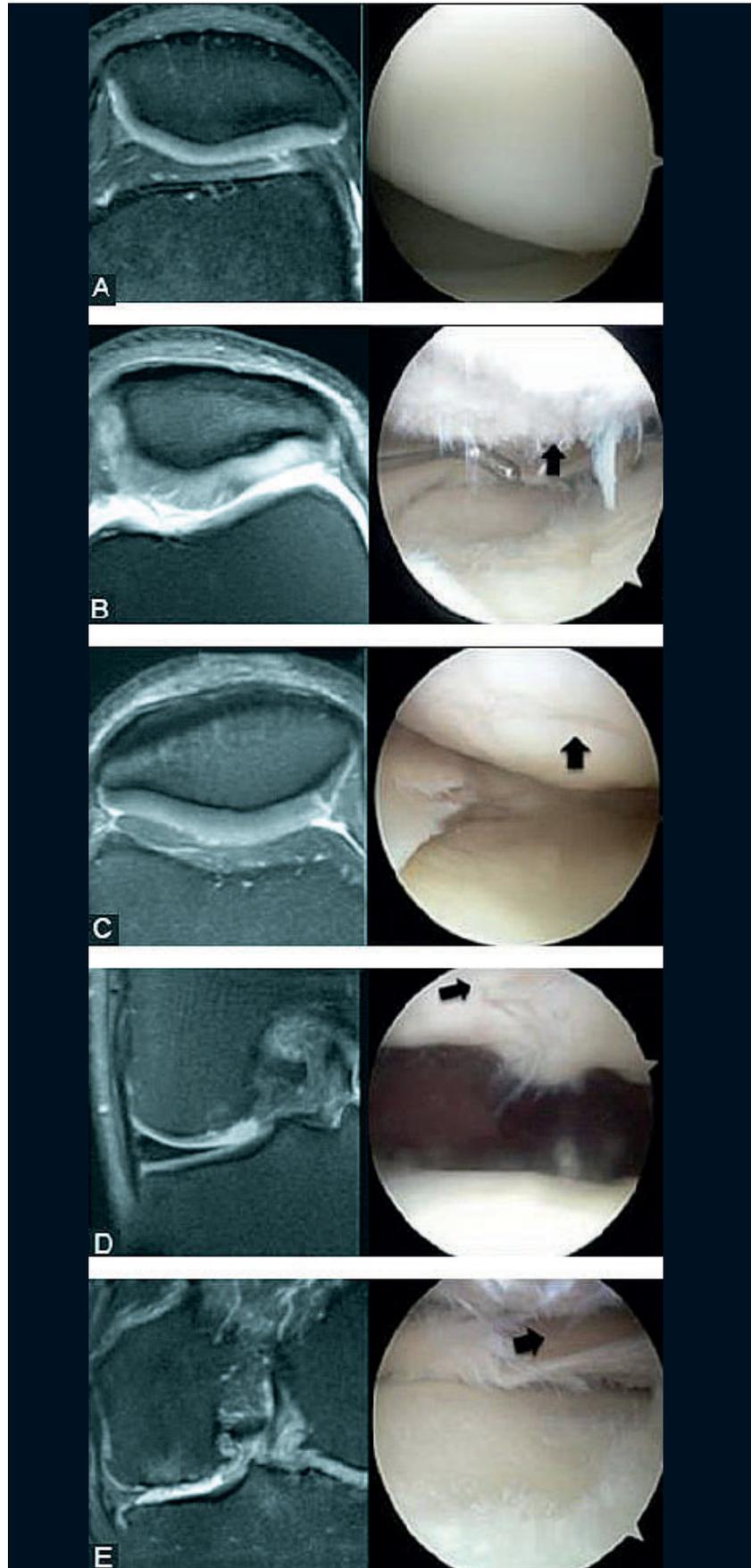


Abbildung 4 Duale Gegenüberstellung von MR- und endoskopischen Befunden: Die hervorragende Identität der regelrechten MR- und Endoskopiebefunde (Bildpaar A) bis zur subchondralen Kondylenläsion (Bildpaar E) zeigt die Leistungsfähigkeit moderner MR-Technik.

Kriterium	Wichtung	Zeitlicher Verlauf
Gelenkerguss/-flüssigkeit	+++	frühzeitig
Synovialverdickung	+++	frühzeitig
Begleit-Knochenödem	++	zeitversetzt
Mehr-Kompartimentbefall	+++	frühzeitig
Gelenkzerstörung	+++	zeitversetzt
Patholog. KM-Aufnahme	+++	frühzeitig

Tabelle 2 Kernspintomografische Bildkriterien im Hinblick auf Wichtung und zeitlichen Verlauf

Endoskopisch (nach Gächter)		Kernspintomografie (Vorschlag)
Synoviale petech. Blutungen	I	0
Inflamm. synoviale Reaktion/eitrige Gelenkflüssigkeit	II	I
Synoviale Verdickung	III	II
Subchondrale Osteolyse	IV	III*

Ab diesem Stadium röntgenpositiv

Tabelle 3 Klassifikation des Gelenkinfekts nach Gächter (endoskopisch) in Gegenüberstellung zum MR-morphologischen Befund (Vergleichsvorschlag nach Braunschweig)

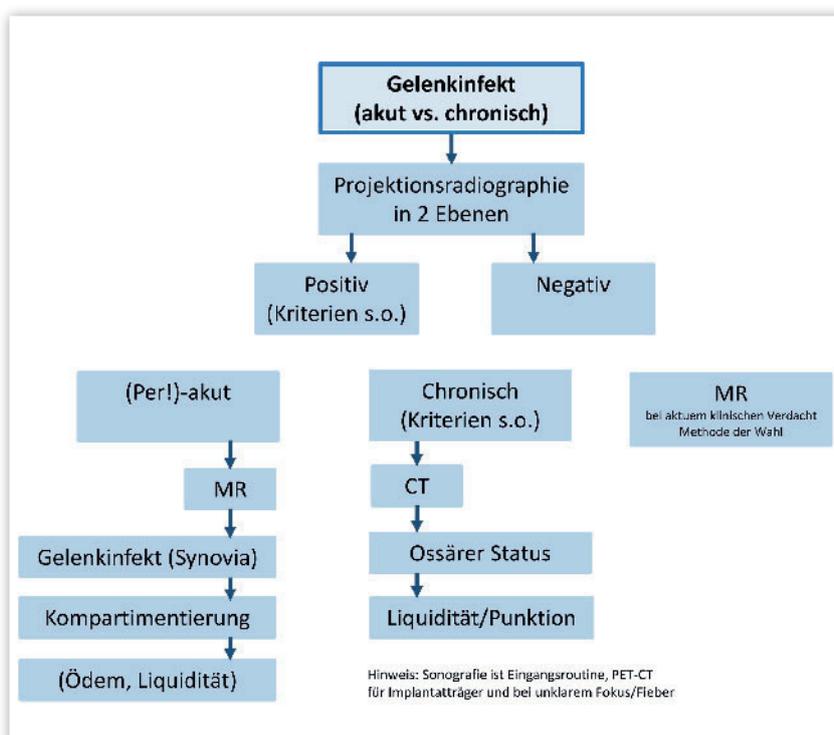


Abbildung 6 Schlussfolgerungen/Verfahrensempfehlung: Was ist wirklich nötig?

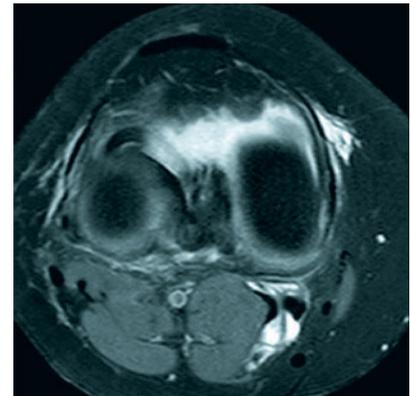


Abbildung 5 Axiale Kernspintomografie des Kniegelenks in Höhe der Femurkondylen: Nachweis mehrkompartimenteller, intra- und extraartikulärer Flüssigkeit ohne Weichteil- und Knochenödem. Keine purulente Gelenkinfektion bei klinisch auffälliger Schwellung und Rötung

Laufzeit, Destruktionsgrad und insbesondere artdiagnostische Einordnung der Liquiditätsbefunde sind jedoch kaum belegbar oder möglich. Daher sollte sich grundsätzlich (s.o.) die Projektionsradiografie zur Darstellung des ossären Befallmusters und insbesondere die Kernspintomografie zur Erfassung der hochspezifischen MR-Einzelkriterien anschließen. Frühere Erfahrungen relativieren sich damit [4].

PET-CT

Die Positronen-Emissions-Computertomografie (PET-CT) ist ein Hybridverfahren, das sich der Kombination aus hochsensitiver nuklearmedizinischer Darstellung der z.B. bakteriell bedingten Gelenk- und Knochenreaktion und der überlagerungsfreien hohen Ortsauflösung der Computertomografie zur anatomischen Einordnung der Befunde bedient. Der im entzündlichen Stoffwechsel hohe Turn-over von Fluor-markierter Glukose [6, 8] wird in seinem Anreicherungsverhalten entzündlicher Gewebstrukturen genutzt, um mit (fast) 100 %iger Sensitivität [3] einen pathologischen Prozess nachzuweisen. Die Computertomografie sichert die anatomische Zuordnung des Befunds [3, 6].

Im Hinblick auf eine Vielzahl anderer Ursachen eines erhöhten Glukosestoffwechsels ist allerdings der spezifische Aussagewert teilweise einge-

schränkt. Die Interpretation eines Gelenkinfekts ist daher nur in strenger Korrelation zur Klinik und zum Laborbefund sinnvoll und hilfreich.

Besondere Vorteile bietet die PET-CT bei liegenden Metallimplantaten, deren Artefaktbildung regelhaft die sonst favorisierte Kernspintomografie begrenzt. Dies ist beim PET-CT nicht der Fall.

Allerdings rekrutiert sich aus diesem Vorteil auch der Nachteil der Methode, die nicht in der Lage ist, andere pathologische, gelenkassoziierte Stoffwechselerhöhungen (chronische mechanische Lockerung etc.) zu differenzieren. Die alleinige Indikation zu einer operativen Intervention bei Implantatinfekt mittels PET-CT kann daher schwierig sein.

Computertomografie (CT)

Die CT ist ein röntgenologisches, überlagerungsfreies Schnittbildverfahren

(x-Achse) und nutzt die Absorptionsprofile des untersuchten Mediums mittels Grauwertdarstellung zur Struktur-differenzierung. Kontrastunterschiede sind bei hohen Absorptionsdifferenzen sehr gut (Knochen, Lunge). Weichteilkontraste bedürfen regelhaft der Kontrastmittelgabe, um diagnostische Aussagen zu ermöglichen. Dies trifft insbesondere zu bei entzündlichen Erkrankungen intraartikulärer Strukturen (Synovia, Granulationsgewebe bei Abszessen).

Sensitivität und Spezifität sind mit maximal ca. 85 % bzw. ca. 60 % unbefriedigend. Für die Akutdiagnostik scheidet die CT daher in der Regel aus. Lediglich bei Nicht-Verfügbarkeit der MR kann auf das CT als orientierende Untersuchung (Liquidität) hilfswise zurückgegriffen werden. In diesen Fällen bietet sich zudem die CT-gestützte Punktion an. Hierdurch kann in Kombination mit der His-

topathologie ein deutlicher diagnostischer Gewinn erzielt werden [5].

In der Verlaufsbeobachtung bzw. bei chronischen Infekten ist hingegen die CT aufgrund ihrer sehr hohen Ortsauflösung für den Nachweis ossärer Begleitschäden hilfreich und sollte hier bei bekanntem Befund vor der MR eingesetzt werden (Abb. 6).

Die Schlussfolgerungen/Verfahrensempfehlungen finden sie in Abbildung 6. 

Interessenkonflikt: Keine angegeben

Korrespondenzadresse

Dr. med. Rainer Braunschweig
Von Wedderkopstr. 2-4
23847 Steinhorst
rainer.braunschweig@icloud.com

Literatur

1. Ambacher T, Esenwein S, Kollig, E, Muhr G: Diagnostisches Konzept der akuten Infektion des Schultergelenkes. *Der Chirurg* 2001; 72: 54–60
2. Bohndorf K: Bildgebende Diagnostik der akuten und chronischen Osteomyelitis. *Radiologe* 1996; 36: 786–94
3. Goebel M, Rosa F, Tatsch K, Hofmann GO, Kirschner MH: Diagnostik der chronischen Osteitis des Extremitätenskeletts. *Unfallchirurg* 2007; 110: 859–866
4. Jerosch J: Akuter Gelenkinfekt. *Orthopäde* 2004; 33, 1309–20
5. Krenn V, Morawietz L, König A, Ha-eupl T: Differentialdiagnostik der chronischen Synovialitis. *Pathologie* 2006; 27: 402–8
6. Meller J, Sahlmann CO, Scheel AK: 18F-FDG PET and PET-CT in fever of unknown origin. *J Nucl Med* 2007; 48: 35–45
7. Schmidt HGK, Hadler D, Gerlach UJ, Schoop R: Prinzipien der OSG-Arthro-dese bei Gelenkinfekt. *Orthopäde* 2005; 34: 1216–28
8. Sciuk J: Scintigraphic Techniques for the Diagnosis of Infectious Disease of the Musculoskeletal System. *Seminars in Musculoskeletal Radiology* 2004; 8: 205–13
9. Stutz G, Gächter A: Diagnosis and stage-related therapy of joint infections. *Unfallchirurg* 2001; 104: 682–86
10. Temmermann OP, Raijmakers PG, Berkhof J et al.: Diagnostic accuracy and interobserver variability of plain radiography, subtraction arthrography, nuclear arthrography and bone scintigraphy in the assessment of aseptic femoral component loosening. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006; 126: 316–23
11. Tiemann AHH: Muskuloskeletale Infektionen: Handlungsleitfaden für Diagnostik und Therapie. Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston 2016