



Berliner diagnostischer Algorithmus der schmerzhaften Knie-TEP

Die erfolgreichste Behandlung einer Arthrose des Kniegelenks im Endstadium ist die primäre Endoprothese. Doch ein nicht unerheblicher Anteil der Patienten ist mit dem Ergebnis des Eingriffs aufgrund von Schmerzen nicht zufrieden. Mit dem hier vorgestellten Berliner diagnostischen Algorithmus soll die schmerzhafte Knie totalendoprothese (Knie-TEP) effizient untersucht werden, damit rasch eine adäquate Therapiestrategie abgeleitet werden kann.

Einleitung

Die primäre Knieendoprothetik stellt das erfolgreichste Therapiekonzept zur Behandlung des Endstadiums der Arthrose des Kniegelenkes dar. Epidemiologische Daten mit bis zu 165.000 Implantationen/Jahr in Deutschland mit steigender Tendenz unterstreichen die Bedeutung. Dennoch sind ca. 20 % der Patienten aufgrund persistierender Schmerzen nach knieendoprothetischer Versorgung unzufrieden [1]. So wird eine Steigerung der Revisionsoperationen auf über 600 % bis zum Jahre 2030 in den USA vorhergesagt [2]. Um trotz dieser hohen Zahlen dem Patienten ein optimales Behandlungskonzept anzubieten, ist ein strukturiertes Vorgehen essenziell. Der diagnostische Pfad richtet sich dabei vor allem nach der Häufigkeit der möglichen Ursachen, um eine effiziente Anwendung in der Praxis zu ermöglichen. Zu den häufigsten Revisionsursachen zählen die periprothetische Infektion, die aseptische Lockerung und die Instabilität des endoprothetisch versorgten Kniegelenkes [3, 4]. Quantitativ weniger häufig folgt das

Malalignment, wobei unter diesem Begriff üblicherweise auch Malrotation, Overstuffing und Impingement subsumiert werden. Weitere klinisch relevante, jedoch seltene Ursachen, sind periprothetische Frakturen, Läsionen des Streckapparates, sekundäre Retropatellararthrosen und Polyethylenabrieb [3, 4]. Seltene Ursachen, wie Kausalgien, extraartikuläre Ursachen, Allergie und Arthrofibrose, sind nach ergebnisloser primärer Diagnostik zu bedenken und auszuschließen. Unser hier dargestellter „Berliner diagnostischer Algorithmus“ ermöglicht die Analyse der schmerzhaften Knie-TEP unter Berücksichtigung der häufigsten Revisionsindikationen und die Ableitung einer adäquaten Therapiestrategie (Abb. 1).

Vorgehen beim Berliner diagnostischen Algorithmus

Anamnese

Die Anamnese der Beschwerden ist das erste wichtige Element für die korrekte Diagnose. Dabei sind folgende Kriterien zum Schmerzcharakter zu erfragen:

- Sind die präoperativen Schmerzen nach der OP verändert? (Eine fehlende Änderung spricht gegen das Knie als Schmerzursache.)
- Seit wann bestehen die Schmerzen? (Ein erstmaliges Auftreten spät postoperativ hat eine andere Ursache als frühe postoperative Beschwerden.)
- Liegen Ruheschmerzen oder belastungsabhängige Schmerzen vor? (Ruheschmerzen sprechen gegen eine mechanische Verursachung und eher für eine Infektion.)

- Strahlen die Schmerzen aus oder liegt ein auffälliger Untersuchungsbefund angrenzender Gelenke vor? (Pathologien von z. B. LWS, Becken, Hüft- und Sprunggelenk können eine Schmerzprojektion in das Knie verursachen.)
- Gibt es auffällige Begleitsymptome wie Parästhesien, mechanische/thermische Hyperalgesie oder trophische Störungen? (Hier können rheumatische, vaskuläre oder neurologische Grunderkrankungen vorliegen.)

Weitere anamnestische Hinweise, wie postoperative Komplikationen, prolongierte Sekretion, sofortiger Wundschmerz, empirische Antibiotikatherapie oder Revisionseingriffe können bereits zu einer Verdachtsdiagnose führen [5].

Basisdiagnostik

Ziel der Basisdiagnostik ist die Evaluation der häufigsten Ursachen der schmerzhaften Knie-TEP. In der klinischen Untersuchung sind folgende Parameter zu erheben:

- Infektzeichen (calor, rubor, dolor, tumor und functio laesa). Das Vorliegen dieser Symptome spricht für eine periprothetische Infektion.
- Bewegungsausmaß (wann/wo schmerzhaft, Beugehemmung vs. Streckdefizit). Das eingeschränkte Bewegungsausmaß allein ist unspezifisch für eine Diagnose (periprothetische Infektion, aseptische Lockerung, Malalignment, sekundäre Retropatellararthrose, periprothetische Fraktur, Arthrofibrose). Lediglich das

K. Thiele · J. Fussi · C. Perka · T. Pfitzner

Berliner diagnostischer Algorithmus der schmerzhaften Knie-TEP

Zusammenfassung

Hintergrund. Nach Knieendoprothetischer Versorgung sind ca. 20% der Patienten mit dem postoperativen Ergebnis unzufrieden. Hauptursachen hierfür sind die periprothetische Infektion, die aseptische Lockerung, Instabilität, Malalignment und in selteneren Fällen die sekundäre Retropatellararthrose, periprothetische Frakturen, Streckapparatsuffizienzen, Polyethylenabrieb und die Arthrofibrose. Die Identifikation der Schmerzursache ist dabei häufig schwierig, jedoch Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie.

Fragestellung. Ziel dieser Arbeit ist es, durch einen reproduzierbaren diagnostischen Algorithmus eine effiziente Analyse der schmerzhaften Knieendoprothese (Knie-TEP) zu erreichen.

Diskussion. Grundlegende Bausteine sind die Anamnese mit den Kernfragen nach Nacht- oder Ruheschmerz sowie dem zeit-

lichen Verlauf des Schmerzcharakters. Daran sollte sich die Basisdiagnostik mit klinischer, radiologischer und infektiologischer Untersuchung anschließen. Eindeutige Versagensursachen, wie eine Infektion oder aseptische Lockerung, lassen sich hierdurch in den überwiegenden Fällen diagnostizieren. Ist die Schmerzursache mit der Basisdiagnostik nicht eindeutig zuordenbar, ist die weiterführende infektiologische oder bildgebende Diagnostik notwendig. Bei unklaren Befundergebnissen sind seltener Ursachen der Beschwerden wie extraartikuläre Schmerzursachen, Kausalgie oder die Arthrofibrose zu bedenken. Kann trotz dieser Maßnahmen keine eindeutige Ursache objektiviert werden, ist eine Revision nicht indiziert, sondern die Reevaluation im zeitlichen Verlauf.

Schlüsselwörter

Algorithmus · Gelenkinstabilität · Infektion · Knieendoprothese · Schmerz

(*Overstuffing/Malposition*). Die seitliche Aufnahme ermöglicht die Beurteilung der Höhe der Gelenklinie (*Malpositionierung*) und der Patella (*Läsion des Streckapparates*), des anterioren und posterioren femoralen Offsets (*Overstuffing/Instabilität*) sowie des tibialen Slopes (*Malpositionierung*).

- Stress-Röntgenaufnahmen: Dynamische Aufnahmen unter Varus-/Valgusstress in 0°, 30° und 90° sowie in vorderer und hinterer Schublade in 90° machen eine *koronare oder sagittale Instabilität* sicht- und dokumentierbar.
- Patella axial: Hiermit wird die Beurteilung der Patellaführung (*Insuffizienz der Weichteile/Malrotation*) und des patellofemorales Gelenkspaltes/Kongruenz ermöglicht (*sekundäre Retropatellararthrose*).
- Vorlage präoperativer Röntgenaufnahmen/Röntgenbilder der Gegenseite: Anhand dieser Aufnahmen kann das Ausmaß der zur Operation führenden Gonarthrose (*extraartikuläre Ursache*), die Veränderung der Gelenklinie (*Malposition/Overstuffing*), des Patellahöhenstandes (*Malposition/Läsion des Streckapparates*) und das native anteriore und posteriore Offset (*Overstuffing/Instabilität*) mit der aktuellen Situation verglichen werden.

Fakultativ sind:

- Ganzbeinaufnahme: Auf dieser Aufnahme können zusätzlich die Achsverhältnisse in der Koronarebene (*Malalignment*) und die angrenzenden Gelenke (*extraartikuläre Schmerzursache*) beurteilt werden.
- Patella-Defilee-Serie: Bei Verdacht einer patellofemorales Fehlfunktion (*Insuffizienz der Weichteile/Malalignment/Malrotation*) kann der Patellauftrieb über weite Strecken des Bewegungsumfanges dargestellt werden.
- Sonografie: Bei klinischem Verdacht auf eine Streckapparatsuffizienz kann mittels Sonografie die Lokalisation und Ausdehnung einer möglichen Ruptur objektiviert werden.

The Berlin diagnostic algorithm for painful knee TKA

Abstract

Background. Approximately 20% of patients are unsatisfied with their postoperative results after total knee arthroplasty (TKA). Main causes for revision surgery are periprosthetic infection, aseptic loosening, instability and malalignment. In rare cases secondary progression of osteoarthritis of the patella, periprosthetic fractures, extensor mechanism insufficiency, polyethylene wear and arthrofibrosis can cause the necessity for a reintervention. Identifying the reason for a painful knee arthroplasty can be very difficult, but is a prerequisite for a successful therapy.

Aim. The aim of this article is to provide an efficient analysis of the painful TKA by using a reproducible algorithm.

Discussion. Basic building blocks are the medical history with the core issues of pain character and the time curve of pain concern-

ing surgery. This is followed by the basic diagnostics, including clinical, radiological, and infectiological investigations. Unique failures like periprosthetic infection or aseptic loosening can thereby be diagnosed in the majority of cases. If the cause of pain is not clearly attributable using the basic diagnostics tool, further infectiological investigation or diagnostic imaging are necessary. If the findings are inconsistent, uncommon causes of symptoms, such as extra-articular pathologies, causalgia or arthrofibrosis, have to be considered. In cases of ongoing unexplained pain, a revision is not indicated. These patients should be re-evaluated after a period of time.

Keywords

Algorithms · Joint instability · Infection · Knee arthroplasty · Pain

- Die Dopplersonografie mit eventuell weiterführender invasiver Diagnostik (Angiografie) ermöglicht den Ausschluss einer vaskulären Pathologie (*extraartikuläre Pathologie*).
- Elektrophysiologische Untersuchungen dienen dem Ausschluss einer neurologischen Schmerzgenese (*extraartikuläre Pathologie*).
- Psychosomatische Abklärungen sind wegführend zum Ausschluss einer psychosomatischen Grunderkrankung oder widersprüchlicher Untersuchungsbefunde (*extraartikuläre Pathologie*).
- Temperaturmessung und ggf. 3-Phasen-Skelettszintigrafie zum Ausschluss eines komplexen

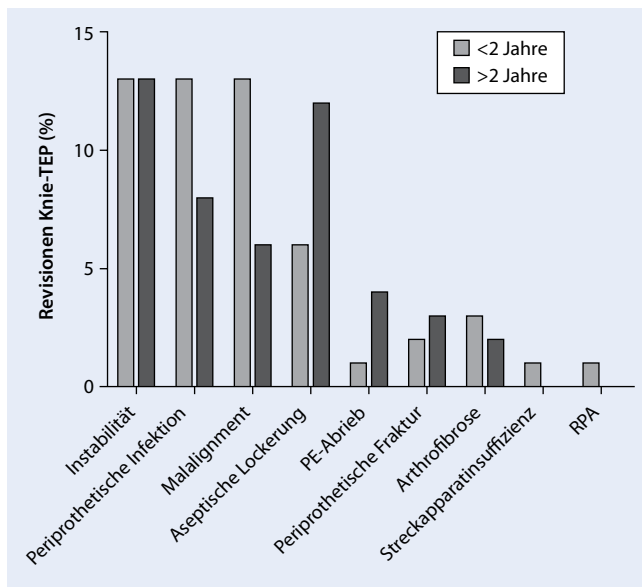


Abb. 2 ◀ Auswertung der Revisionsgründe nach Knie-TEP hausintern (2005–2010) <2 Jahre bzw. >2 Jahre postoperativ nach Primärimplantation. Die Angaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtpopulation $N=163$. (PE Polyethylen, RPA Retropatellararthrose, TEP Total-Endoprothese)

regionalen Schmerzsyndroms nur in Zusammenhang mit definierten klinischen Symptomen sind ebenfalls zu beachten (*extraartikuläre Pathologie*).

Die *infektiologische Basisdiagnostik* dient dem Ausschluss der periprotetischen Infektion (PPI). Diese ist insofern wichtig, da insbesondere Low-grade-Infektionen ohne klinische Infektionszeichen auftreten können. Im Gegensatz zum C-reaktiven Protein (CRP) spielt die Leukozytenanzahl im Serum in der Diagnostik der PPI aufgrund der geringen Sensitivität und Spezifität keine Rolle mehr. Insbesondere bei Low-grade-Infektionen können sich normalwertige Infektparameter zeigen. Daher ist die zusätzliche diagnostische Punktion des Kniegelenkes der Goldstandard in der Infektionsdiagnostik. Diese sollte mit mindestens 14-tägiger Antibiotikakarenz und aufgrund der antimikrobiellen Wirkung ohne ein Lokalanästhetikum durchgeführt werden [8]. Die Analyse der Gelenkflüssigkeit beinhaltet:

- Mikrobiologische Kultur für 14 Tage (Signifikant erhöhter Erregernachweis langsam wachsender Bakterien ohne vermehrte Kontaminationen [9], die Gram-Färbung hat sich hingegen nicht bewährt [10].)
- Bestimmung der Zellzahl und des prozentualen Anteils der neutrophilen Granulozyten (Bei liegender

Prothese muss bei >2000 Leukozyten/ μl oder $>70\%$ neutrophilen Granulozyten von einer Protheseninfektion bis zum Beweis des Gegenteils ausgegangen werden [11]).

Weiterführende Diagnostik bei unklarem Befund

Lässt sich anhand der Basisdiagnostik keine eindeutige Diagnose stellen, ist die weiterführende Diagnostik notwendig. Die einzusetzenden Verfahren richten sich dabei nach der Verdachtsdiagnose:

- Infektion/Arthrofibrose/Allergie: diagnostische Arthroskopie mit multipler Probenentnahme (Kombination aus Mikrobiologie und Histologie).
- Infektion: Inlaywechsel und Sonikation (Lösung eines Biofilms durch Ultraschall).
- Fehlpositionierung: Rotationscomputertomografie [12] (transversale Position der Komponenten, extraartikuläre Torsionsfehler und Komponentenüberhang).
- Lockerung/Osteolysen: Computertomografie (artefaktreduziert, ermöglicht Beurteilung des Interface).

Eigene Daten

Zur Identifikation der Verteilung der revisionsbedürftigen Schmerzursachen und Ableitung des diagnostischen

Algorithmus nach der Häufigkeit erfolgte die retrospektive Auswertung der Revisionsursachen in unserem Patientenkollektiv zwischen 2005 und 2010. Eingeschlossen wurden alle Patienten, die in diesem Zeitraum die Erstrevision einer Knie-TEP bei definierter Revisionsursache in unserer Klinik erhielten. Neben dem Versagensgrund wurde der Zeitraum seit Primärimplantation der Knie-TEP dokumentiert. In diese retrospektive Untersuchung konnten 163 Knie-TEP-Revisionen bei 163 Patienten eingeschlossen werden. Das durchschnittliche Alter betrug 69 ± 11 Jahre. Betroffen waren 34% Männer und 66% Frauen. Der Zeitraum seit der Indexoperation betrug durchschnittlich $4,8 \pm 4,6$ Jahre. 21% der Wechsellösungen (34/163) waren durch eine PPI bedingt. Eine mechanische Ursache war in 79% (129/163) der Fälle die Diagnose, die zur Revision geführt hat. Betrachtet man die mechanischen Revisionsursachen, so lag in 18% (29/163) eine aseptische Lockerung, in 26% (42/163) eine Instabilität und in 19% (31/163) ein Malalignment einschließlich Malpositionierung, Malrotation oder Overstuffing vor. Dabei ist ein klarer Zusammenhang zwischen Versagenszeitpunkt und Ursache erkennbar. 62% der Revisionen aufgrund einer Infektion erfolgten innerhalb der ersten 2 Jahre nach Indexoperation. Auf mechanischer Seite waren Instabilität und Malalignment die häufigste Ursache innerhalb der ersten 2 Jahre. Im späteren Verlauf überwiegt die aseptische Lockerung und auch erneut die Instabilität als dominierende Revisionsursache (Abb. 2).

Diskussion

Der vorliegende Algorithmus richtet sich nach der Häufigkeit und Bedeutung der Revisionsindikationen in der Knieendoprothetik. Somit besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, schnell und effizient zu einer Diagnose zu kommen.

Die medizinisch bedeutsamste und innerhalb der ersten 2 Jahre häufigste Revisionsursache ist die PPI. Die Diagnose erscheint in der Praxis schwierig, da ein signifikanter Anteil von Low-grade-Infektionen fälschlicherweise als aseptisch diagnostiziert wird [13]. Daher

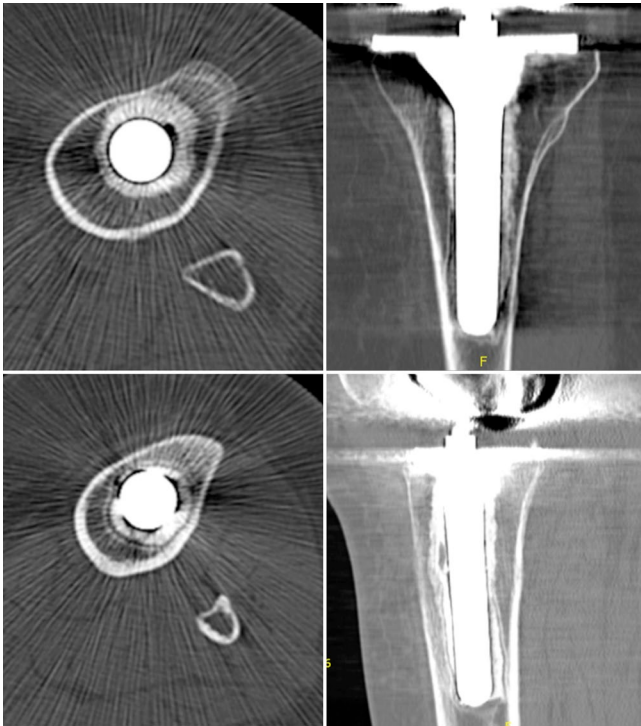


Abb. 3 ◀ Beispiel eines artefakt-reduzierten Computertomogramms zur optimierten Darstellung einer Prothesenlockerung

sollte bei jedem Patienten mit einer unklaren Schmerzsymptomatik bis zum Beweis des Gegenteils eine PPI angenommen werden. Dies ist insofern bedeutend, da die PPI eine höhere 5-Jahres-Mortalität als maligne Erkrankungen wie Mammakarzinom, Melanom und Hodgkin-Lymphom zeigt [14]. Berend et al. demonstrierten eine 7%ige Letalität bei Patienten mit zweizeitigen Endoprothesenwechsel [15]. Das Vorliegen von Ruhe- und Nachtschmerzen sowie ein fehlendes schmerzfreies Intervall nach der Operation lassen die Verdachtsdiagnose der Infektion zu.

Für die erfolgreiche Diagnostik der PPI sind grundsätzlich unten stehende Befundkonstellationen richtungsweisend [11, 16]:

- Fistel mit Kommunikation ins Gelenk.
- Intraartikulärer Pus (Ausnahme Pseudopus bei Metall-Metall-Gleitpaarungen).
- Positive Histologie (periprosthetische Membran vom infektiösen Typ (II) oder Mischtyp (III) nach Krenn und Morawietz et al.) [17, 18].
- Positive Mikrobiologie: positive Kultur der Synovialflüssigkeit, intraoperativer Gewebeprobe oder der Sonikationsflüssigkeit. Für einen

positiven Befund bei den Gewebeprobe muss hierbei ein niedrig virulenter Erreger in mindestens 2 Proben detektiert werden. Im Falle eines hoch virulenten Erregers reicht die Detektion in einer Probe.

- Leukozytenanzahl in der Synovialflüssigkeit $>2000/\mu\text{l}$ oder Anteil neutrophiler Granulozyten $>70\%$. Eine Einschränkung liegt vor bei Erkrankungen aus dem rheumatologischen Formenkreis.

Sind die Kriterien anhand der Gelenkpunktion nicht eindeutig, sollte sich eine Untersuchung von 3–5 Gewebeprobe anschließen. Diese Untersuchung ist zwar invasiv, stellt aber den aktuellen Goldstandard bezüglich Sensitivität und Spezifität dar. Abstriche sind der Entnahme von Gewebeprobe in Sensitivität und Spezifität deutlich unterlegen und nicht mehr empfohlen [19]. Die Sonikation explantierter Komponenten ermöglicht die Zerstörung des Biofilms und damit die Freisetzung und den Nachweis der sessilen Bakterien. Die Kultivierung der Sonikationsflüssigkeit kann sowohl die Quantität der Erregernachweise steigern als auch die Sensitivität gegenüber allen zuvor erwähnten Nachweismethoden verbessern [20]. Radio-

logische Verfahren, wie die häufig eingesetzte Leukozytenszintigrafie, spielen aufgrund der geringen Sensitivität und Spezifität nur eine untergeordnete Rolle in der Infektionsdiagnostik [21, 22]. Neue molekulare Techniken, beispielsweise die PCR aus der Synovialflüssigkeit, zeigen eine hohe Detektion von Pathogenen mit jedoch ebenfalls hoher Anzahl an falsch positiven Resultaten [23]. Synoviale Biomarker wie Human- α -Defensin, ELA-2, BPI, NGAL und Lactoferrin weisen zwar eine hohe Spezifität und Sensitivität auf, sind in ihrer Wertigkeit in der klinischen Routine jedoch noch nicht bestätigt [24]. Die detaillierte Bewertung der einzelnen Parameter der Infektionsdiagnostik wird in einem separaten Artikel von Trampuz et al. in diesem Heft vorgenommen.

Die aseptische Lockerung gilt mit als häufigste mechanische Revisionsursache [3, 25, 26]. In unserem Patientenkollektiv ist sie nach mehr als 2 Jahren zusammen mit der Instabilität der dominierende Revisionsgrund. Anamnestisch überwiegen belastungsabhängige Beschwerden nach einem vorherigen schmerzfreien Intervall. Radiologisch zeigen sich meist klare Lockerungszeichen in Form von Saumbildungen. Eine durchgehende Ausdehnung >2 mm oder eine zeitliche Progredienz sind beweisend für eine aseptische Lockerung [27–29]. Davon abzugrenzen sind radiolucent lines. Dabei handelt es sich um knöcherne Reaktionen, die häufig als Lockerungssaum fehlinterpretiert werden. Sie treten vor allem bei unikondylären Endoprothesen und Revisionsimplantaten auf [29, 30]. Während der echte Lockerungssaum über die Zeit progredient ist, zeigen die radiolucent lines keine Zunahme. Die häufig zur Lockerungsdiagnostik eingesetzte 3-Phasen-Skelettszintigrafie ist aufgrund der geringen Spezifität nur wenig hilfreich [29]. Innerhalb der ersten 12–18 Monate nach Implantation ist eine Differenzierung zwischen Lockerung und Remodelling des Knochens in der Skelettszintigrafie unmöglich [31]. Im Gegensatz dazu ermöglicht die Computertomografie durch Sequenzen mit Artefaktunterdrückung eine Darstellung von Lockerungssäumen, die in den konventionellen Projektionsaufnahmen nicht sichtbar sind [29] (■ Abb. 3).

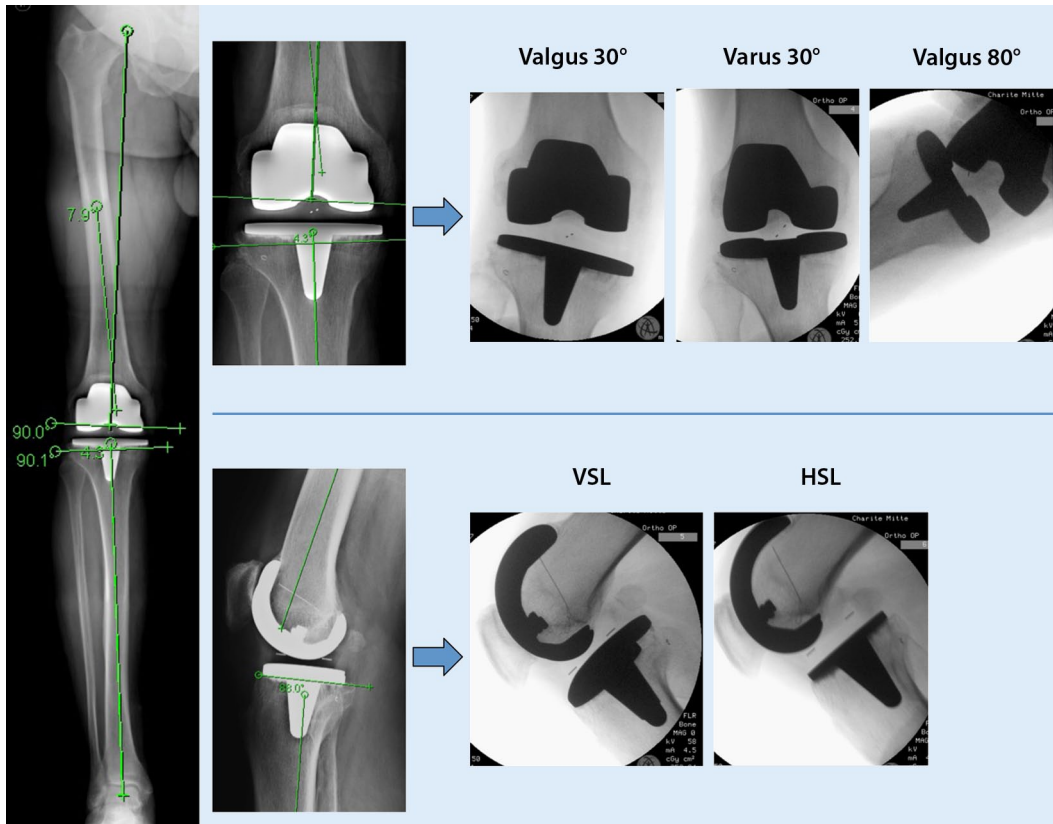


Abb. 4 ◀ Die radiologische Basisdiagnostik dieser schmerzhaften Knie-TEP zeigt regelrechte Achsverhältnisse und keine relevante Instabilität in der a.-p.-Aufnahme. In der seitlichen Aufnahme imponiert eine Reduktion des posterioren femoralen Offsets. In den dynamischen Stressaufnahmen unter dem Bildwandler sind eine vermehrte mediale Aufklappbarkeit sowie eine vermehrte hintere Schublade zu identifizieren (HSL hintere Schublade, VSL vordere Schublade)

Ebenfalls häufige Revisionsursache ist die Instabilität [3, 25, 26, 32]. Diese kann sowohl die Frontalebene, die Sagittalebene als auch die Rotation betreffen [33]. Die Herausforderung in der Diagnostik der Instabilität ist, dass nur etwa 50 % der Patienten mit einer instabilen Knie-TEP auch über ein Instabilitätsgefühl berichten [34]. In der klinischen Untersuchung zeigt sich eine vermehrte mediolaterale Aufklappbarkeit oder vermehrte anteroposteriore Translation, die jedoch häufig durch ein schmerzbedingtes Gegenspannen verschleiert wird. Im statischen Röntgen sind nur ausgeprägte Instabilitäten eindeutig zu erkennen. Zusätzliche Stressaufnahmen in der Frontal- und Sagittalebene objektivieren die Instabilität [35]. Die dynamische Durchführung mit dem Bildwandler ermöglicht zusätzlich die Visualisierung der Stabilität über alle Beugegrade (Midflexionsinstabilität) und die Korrelation zu der Schmerzangabe des Patienten (▣ Abb. 4). Auch die sekundäre Retropatellararthrose kann indirektes Zeichen einer sagittalen Instabilität sein. Die Wertigkeit als primäre Schmerzursache ist hingegen umstritten.

Auch unter dem Oberbegriff Malalignment sind mögliche Ursachen für einen mechanisch bedingten Schmerz in der Literatur beschrieben [36–38]. Dabei zeigt sich, dass Achsabweichungen der Rotation mit der größten Unzufriedenheit der Patienten verbunden sind. Abweichungen in der Koronarebene scheinen dabei klinisch am wenigsten bedeutend [39, 40]. Die Rotation der Implantatkomponenten kann auf konventionellen Röntgenbildern nicht sicher beurteilt werden. Die Rotationsanalyse mittels Computertomografie ist der Goldstandard. Als korrekte Rotation gilt die Ausrichtung in 3° Außenrotation zur posterioren Kondylenachse, 90° zur Whiteside-Line oder parallel zur chirurgischen Epikondylenachse. Nur letztere Landmarke ist nach Implantation einer Knie-TEP verwendbar. Bereits für geringe Abweichungen (> 3°), insbesondere der Femurkomponente, ist eine Instabilität oder eingeschränkte Funktion beschrieben [41]. Zur Beurteilung des koronaren und sagittalen Alignments sind eine Ganzbeinaufnahme und eine lange seitliche Röntgenaufnahme ausreichend. Eine Ausrichtung $\pm 3^\circ$ von

der Neutralen war bislang der akzeptierte Toleranzbereich der koronaren Implantatpositionierung [42]. Einige Studien zeigen jedoch keinen Nachteil, wenn dieser Bereich verfehlt wird und werfen die Frage nach einem individuellen Alignment für jeden Patienten auf. In der Sagittalebene fehlen publizierte Grenzwerte, sodass hier einzig die Instabilität in Flexion oder die klare Fehlfunktion des patellofemorales Gelenkes als eindeutige Revisionsindikationen anzusehen sind [40, 43, 44].

Das Overstuffing zählt zu den Malpositionierungen, da es durch eine fehlerhafte Größenwahl, eine fehlerhafte Position oder Design des Implantates zu einer Überfüllung des Gelenkes führt. Eine solche Überfüllung ist aufgrund der variablen Anatomie anhand eines postoperativen Röntgenbildes nur schwer zu diagnostizieren. Die schmerzhafte belastungsabhängige Bewegungseinschränkung ohne Zeichen von Lockerung oder Fehlpositionierung ist häufig das einzige Symptom. Eine Sicherung der Diagnose gelingt erst durch den Vergleich der postoperativen Röntgenbilder mit präoperativen Aufnahmen oder Bildern der Gegenseite. Femorotibial kann dabei eine

Verschiebung der Gelenklinie anhand verschiedener Landmarken evaluiert werden (30 % der transepikondylären Achse nach distal, Fibulaköpfchen, Tuberculum adductorium, Patellahöhenstand) [45–47]. Auf den seitlichen Aufnahmen kann eine Veränderung des anterioren oder posterioren femoralen Offsets identifiziert werden. Das Prinzip des bikondylären Oberflächenersatzes ist, die gleiche Menge resezierten Knochens durch das Implantat zu ersetzen. Distal femoral führt eine zu geringe Resektion zu einem Streckdefizit, tibial zu einer Einschränkung des gesamten Bewegungsumfanges. In der Sagittalebene kann ein Overstuffing durch die gewählte Implantatgröße und -position verursacht sein und damit sowohl anterior als auch posterior eine Überfüllung des Gelenkes hervorrufen. Überdimensionierung oder exzentrische Positionierung können ebenfalls ein Weichteil-impingement (Hoffa-Körper, Popliteussehne, mediales Kollateralband) und eine schmerzhafte Funktionseinschränkung induzieren [48–50]. Ein mediolateraler Überstand der Tibiakomponente ist in der Regel auf konventionellen Röntgenaufnahmen erkennbar. Die Evaluation der anteroposterioren Ausdehnung der Tibia sowie der Femurkomponente benötigt hingegen die weiterführende Diagnostik in Form einer CT [49].

Die periprothetische Fraktur ist in der Regel aufgrund eines Unfallereignisses und anhand konventioneller Röntgenaufnahmen klar zu erkennen. Bei unklarem Befund ist die CT das weiterführende bildgebende Verfahren der Wahl.

Läsionen des Streckapparates können sowohl im Bereich des Ligamentum patellae, der Patella selbst oder der Quadricepssehne auftreten. Die Kombination aus fehlender aktiver Möglichkeit zur vollen Streckung und Patella baja (Quadricepssehnenruptur) oder Patella alta (Patellasehnenruptur) sichert die Diagnose. Klinisch kann bei intaktem Reservestreckapparat häufig eine Kompensation beobachtet werden [51]. Die Sonografie ist das Diagnostikum der Wahl.

Konnte anhand der bisherigen Diagnostik keine klare Schmerzursache identifiziert werden, muss an die seltenen

Ursachen der schmerzhaften Knie-TEP gedacht werden. Ist keine Änderung der Schmerzen nach der Operation eingetreten, ist an eine extraartikuläre Schmerzursache zu denken. Gleiches gilt, wenn bei Betrachtung der präoperativen Röntgenaufnahmen das Ausmaß der degenerativen Veränderungen und die Schmerzhaftigkeit nicht zusammenpassen [52]. Hierbei können sowohl die angrenzenden Gelenke (LWS, Hüft- und Sprunggelenke) ursächlich sein, als auch eine Algodystrophie, vaskuläre Pathologien, neurologische oder psychische Erkrankungen als arthrotischer Knieschmerz imponieren [53].

Die Allergie (Spätreaktion vom Typ IV) gegen Implantat- oder Zementbestandteile als Ursache eines Implantatversagens ist in der Literatur nicht sicher belegt. Es existieren hierzu lediglich Fallberichte [54, 55]. Im Gegensatz dazu zeigten andere Studien keinerlei Auffälligkeiten, obwohl die eingesetzte Endoprothese das betreffende Allergen enthielt [56, 57]. In der Diagnostik ist auch hier primär die Infektion als wichtigste Differenzialdiagnose auszuschließen. Eine Allergietestung auf der Haut ist wenig zielführend, da es keinen Nachweis einer Verbindung zu einer allergischen Reaktion tiefer liegender Gewebe gibt [58, 59].

Die primäre Arthrofibrose stellt eine Ausschlussdiagnose dar. In der Literatur wird die Inzidenz mit 3–10 % angegeben [7]. Ein histopathologischer Hinweis auf diese Diagnose ist möglich, sodass die Konsensusklassifikation der periprothetischen Membran erweitert wurde [17]. Davon abzugrenzen ist die sekundäre Arthrofibrose durch eine bekannte biologische (Infektion) oder mechanische (Instabilität, Overstuffing, Lockerung) Ursache, die bei Behebung der Ursache eine bessere Prognose hat [60].

Trotz intensiver Diagnostik kann die Schmerzursache bei einigen Patienten nicht sicher identifiziert werden. Hier bietet sich eine Reevaluation anhand derselben diagnostischen Kriterien nach 6 Monaten an. Bleibt die Ursache unklar, ist eine Revision des Implantates nicht zielführend und mit einem hohen Risiko von persistierenden Beschwerden ver-

gesellschaftet. Die Ausschöpfung aller konservativen Maßnahmen steht bei diesen Patienten im Vordergrund. Innerhalb der ersten 5 Jahre postoperativ kann mit einer Regredienz der Schmerzen unter konservativer Behandlung gerechnet werden [61].

Fazit für die Praxis

- Die Diagnostik der schmerzhaften Knie-TEP stellt eine Herausforderung für den Untersucher dar.
- Aufgrund multipler möglicher Ursachen ist eine strukturierte Analyse Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie.
- Anhand des vorgestellten diagnostischen Algorithmus können die Ursachen der schmerzhaften Knie-TEP nach absteigender Häufigkeit effizient abgeklärt werden.
- Ist die Beschwerdeursache trotz aller diagnostischen Maßnahmen nicht objektivierbar, ist eine Revision nicht zielführend und die konservative Behandlung fortzuführen.

Korrespondenzadresse

Dr. K. Thiele

Klinik für Orthopädie, Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité – Universitätsmedizin Berlin
Chariteplatz 1, 10117 Berlin
Kathi.Thiele@charite.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. K. Thiele, J. Fussi, C. Perka und T. Pfitzner geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Es liegt eine retrospektive Studie vor mit Vorlage eine Ethikvotums. Die Nachuntersuchungen sind jedoch alle im Rahmen der normalen Nachuntersuchungen erfolgt, so dass keine explizite Vorlage einer Patienteneinwilligung notwendig war bzw. gefordert war.

Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethik-Kommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

Literatur

- Carr AJ, Robertsson O, Graves S, Price AJ, Arden NK, Judge A, Beard DJ (2012) Knee replacement. *Lancet* 379(9823):1331–1340
- Kurtz SM et al (2007) Future clinical and economic impact of revision total hip and knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 89(Suppl 3):144–151
- Sharkey PF, Hozack WJ, Rothman RH, Shastri S, Jacoby SM (2002) Insall Award paper. Why are total knee arthroplasties failing today? *Clin Orthop Relat Res* (404):7–13
- Thiele K, Perka C, Matziolis G, Mayr HO, Sostheim M, Hube R (2015) Current failure mechanisms after knee arthroplasty have changed: polyethylene wear is less common in revision surgery. *J Bone Joint Surg Am* 97(9):715–720
- Winkler T, Trampuz A, Hardt S, Janz V, Kleber C, Perka C (2014) [Periprosthetic infection after hip arthroplasty]. *Orthopade* 43(1):70–78
- Dexel J, Kirschner S, Gunther KP, Lutzner J (2014) Agreement between radiological and computer navigation measurement of lower limb alignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22(11):2721–2727
- Hauschild O, Konstantinidis L, Baumann T, Niemeyer P, Suedkamp NP, Helwig P (2010) Correlation of radiographic and navigated measurements of TKA limb alignment: a matter of time? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(10):1317–1322
- Johnson SM, Saint John BE, Dine AP (2008) Local anesthetics as antimicrobial agents: a review. *Surg Infect (Larchmt)* 9(2):205–213
- Schafer P, Fink B, Sandow D, Margull A, Berger I, Frommelt L (2008) Prolonged bacterial culture to identify late periprosthetic joint infection: a promising strategy. *Clin Infect Dis* 47(11):1403–1409
- Morgan PM, Sharkey P, Ghanem E, Parvizi J, Clohisey JC, Burnett RS, Barrack RL (2009) The value of intraoperative Gram stain in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 91(9):2124–2129
- Trampuz A, Perka C, Borens O (2013) [Prosthetic joint infection: new developments in diagnosis and treatment]. *Dtsch Med Wochenschr* 138(31–32):1571–1573
- Berger RA, Cosslett LS, Jacobs JJ, Rubash HE (1998) Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* (356):144–153
- Rasouli MR, Harandi AA, Adeli B, Purtil JJ, Parvizi J (2012) Revision total knee arthroplasty: infection should be ruled out in all cases. *J Arthroplasty* 27(6):1239–1243 e1–2
- Zmistowski B, Karam JA, Durinka JB, Casper DS, Parvizi J (2013) Periprosthetic joint infection increases the risk of one-year mortality. *J Bone Joint Surg Am* 95(24):2177–2184
- Berend KR, Lombardi AV Jr, Morris MJ, Bergeson AG, Adams JB, Sneller MA (2013) Two-stage treatment of hip periprosthetic joint infection is associated with a high rate of infection control but high mortality. *Clin Orthop Relat Res* 471(2):510–518
- Parvizi J et al (2011) New definition for periprosthetic joint infection: from the Workgroup of the Musculoskeletal Infection Society. *Clin Orthop Relat Res* 469(11):2992–2994
- Krenn V et al (2014) Revised histopathological consensus classification of joint implant related pathology. *Pathol Res Pract* 210(12):779–786
- Muller M, Morawietz L, Hasart O, Strube P, Perka C, Tohtz S (2009) [Histopathological diagnosis of periprosthetic joint infection following total hip arthroplasty: use of a standardized classification system of the periprosthetic interface membrane]. *Orthopade* 38(11):1087–1096
- Aggarwal VK, Higuera C, Deirmengian G, Parvizi J, Austin MS (2013) Swab cultures are not as effective as tissue cultures for diagnosis of periprosthetic joint infection. *Clin Orthop Relat Res* 471(10):3196–3203
- Trampuz A et al (2007) Sonication of removed hip and knee prostheses for diagnosis of infection. *N Engl J Med* 357(7):654–663
- Yue B, Tang T (2015) The use of nuclear imaging for the diagnosis of periprosthetic infection after knee and hip arthroplasties. *Nucl Med Commun* 36(4):305–311
- Palestro CJ (2014) Nuclear medicine and the failed joint replacement: past, present, and future. *World J Radiol* 6(7):446–458
- Jacovides CL, Kreft R, Adeli B, Hozack B, Ehrlich GD, Parvizi J (2012) Successful identification of pathogens by polymerase chain reaction (PCR)-based electron spray ionization time-of-flight mass spectrometry (ESI-TOF-MS) in culture-negative periprosthetic joint infection. *J Bone Joint Surg Am* 94(24):2247–2254
- Deirmengian C, Kardos K, Kilmartin P, Cameron A, Schiller K, Parvizi J (2014) Diagnosing periprosthetic joint infection: has the era of the biomarker arrived? *Clin Orthop Relat Res* 472(11):3254–3262
- Dalury DF, Pomeroy DL, Gorab RS, Adams MJ (2013) Why are total knee arthroplasties being revised? *J Arthroplasty* 28(8 Suppl):120–121
- Schroer WC, Berend KR, Lombardi AV, Barnes CL, Bolognesi MP, Berend ME, Ritter MA, Nunley RM (2013) Why are total knees failing today? Etiology of total knee revision in 2010 and 2011. *J Arthroplasty* 28(8 Suppl):116–119
- Allen AM, Ward WG, Pope TL Jr (1995) Imaging of the total knee arthroplasty. *Radiol Clin North Am* 33(2):289–303
- Ewald FC (1989) The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res* (248):9–12
- Math KR, Zaidi SF, Petchprapa C, Harwin SF (2006) Imaging of total knee arthroplasty. *Semin Musculoskelet Radiol* 10(1):47–63
- Gulati A, Chau R, Pandit HG, Gray H, Price AJ, Dodd CA, Murray DW (2009) The incidence of physiological radiolucency following Oxford unicompartmental knee replacement and its relationship to outcome. *J Bone Joint Surg Br* 91(7):896–902
- Hofmann AA, Wyatt RW, Daniels AU, Armstrong L, Alazraki N, Taylor A Jr (1990) Bone scans after total knee arthroplasty in asymptomatic patients. Cemented versus cementless. *Clin Orthop Relat Res* (251):183–188
- Mulhull KJ, Ghomrawi HM, Scully S, Callaghan JJ, Saleh KJ (2006) Current etiologies and modes of failure in total knee arthroplasty revision. *Clin Orthop Relat Res* 446:45–50
- McNabb DC, Kim RH, Springer BD (2015) Instability after total knee arthroplasty. *J Knee Surg* 28(2):97–104
- Firestone TP, Eberle RW (2006) Surgical management of symptomatic instability following failed primary total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 88(Suppl 4):80–84
- Dennis DA (2004) Evaluation of painful total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 19(4 Suppl 1):35–40
- Gromov K, Korchi M, Thomsen MG, Husted H, Troelsen A (2014) What is the optimal alignment of the tibial and femoral components in knee arthroplasty? *Acta Orthop* 85(5):480–487
- Kim YH, Park JW, Kim JS, Park SD (2014) The relationship between the survival of total knee arthroplasty and postoperative coronal, sagittal and rotational alignment of knee prosthesis. *Int Orthop* 38(2):379–385
- Lombardi AV Jr, Berend KR, Ng VY (2011) Neutral mechanical alignment: a requirement for successful TKA: affirms. *Orthopedics* 34(9):e504–e506
- Matziolis G, Adam J, Perka C (2010) Varus malalignment has no influence on clinical outcome in midterm follow-up after total knee replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* 130(12):1487–1491
- Parratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, Berry DJ (2010) Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements. *J Bone Joint Surg Am* 92(12):2143–2149
- Matziolis G, Krockner D, Tohtz S, Perka C (2006) [Variance of identification of femoral epicondyles in navigated total knee arthroplasty]. *Orthopade* 35(8):848–852
- Abdel MP, Oussedik S, Parratte S, Lustig S, Haddad FS (2014) Coronal alignment in total knee replacement: historical review, contemporary analysis, and future direction. *Bone Joint J* 96-B(7):857–862
- Bell SW, Young P, Drury C, Smith J, Anthony I, Jones B, Blyth M, McLean A (2014) Component rotational alignment in unexplained painful primary total knee arthroplasty. *Knee* 21(1):272–277
- Minoda Y, Kobayashi A, Iwaki H, Ohashi H, Takaoka K (2009) TKA sagittal alignment with navigation systems and conventional techniques vary only a few degrees. *Clin Orthop Relat Res* 467(4):1000–1006
- Iacono F et al (2015) The adductor tubercle: an important landmark to determine the joint line level in revision total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*
- Maderbacher G, Keshmiri A, Schaumburger J, Springorum HR, Zeman F, Grifka J, Baier C (2014) Accuracy of bony landmarks for restoring the natural joint line in revision knee surgery: an MRI study. *Int Orthop* 38(6):1173–1181
- Servien E, Viskontas D, Giuffre BM, Coolican MR, Parker DA (2008) Reliability of bony landmarks for restoration of the joint line in revision knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16(3):263–269
- Bonnin MP, Saffarini M, Shepherd D, Bossard N, Dantony E (2015) Oversizing the tibial component in TKAs: incidence, consequences and risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*
- Bonnin MP, Schmidt A, Basigliani L, Bossard N, Dantony E (2013) Mediolateral oversizing influences pain, function, and flexion after TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(10):2314–2324
- Lo CS, Wang SJ, Wu SS (2003) Knee stiffness on extension caused by an oversized femoral component after total knee arthroplasty: a report of two cases and a review of the literature. *J Arthroplasty* 18(6):804–808

51. Nam D, Abdel MP, Cross MB, LaMont LE, Reinhardt KR, McArthur BA, Mayman DJ, Hanssen AD, Sculco TP (2014) The management of extensor mechanism complications in total knee arthroplasty. AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am* 96(6):e47
52. Schnurr C, Jarrous M, Gudden I, Eysel P, Konig DP (2013) Pre-operative arthritis severity as a predictor for total knee arthroplasty patients' satisfaction. *Int Orthop* 37(7):1257–1261
53. Manning BT, Lewis N, Tzeng TH, Saleh JK, Potty AG, Dennis DA, Mihalko WM, Goodman SB, Saleh KJ (2015) Diagnosis and Management of Extra-articular Causes of Pain After Total Knee Arthroplasty. *Instr Course Lect* 64:381–388
54. Post ZD, Orozco FR, Ong AC (2013) Metal sensitivity after TKA presenting with systemic dermatitis and hair loss. *Orthopedics* 36(4):e525–e528
55. Thomsen M, Rozak M, Thomas P (2011) Pain in a chromium-allergic patient with total knee arthroplasty: disappearance of symptoms after revision with a special surface-coated TKA – a case report. *Acta Orthop* 82(3):386–388
56. Lutzner J, Hartmann A, Dinnebier G, Spornraft-Ragaller P, Hamann C, Kirschner S (2013) Metal hypersensitivity and metal ion levels in patients with coated or uncoated total knee arthroplasty: a randomised controlled study. *Int Orthop* 37(10):1925–1931
57. Zeng Y, Feng W, Li J, Lu L, Ma C, Zeng J, Li F, Qi X, Fan Y (2014) A prospective study concerning the relationship between metal allergy and post-operative pain following total hip and knee arthroplasty. *Int Orthop* 38(11):2231–2236
58. Granchi D, Cenni E, Tigani D, Trisolino G, Baldini N, Giunti A (2008) Sensitivity to implant materials in patients with total knee arthroplasties. *Bio-materials* 29(10):1494–1500
59. Thienpont E, Berger Y (2013) No allergic reaction after TKA in a chrome-cobalt-nickel-sensitive patient: case report and review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(3):636–640
60. Scuderi GR (2005) The stiff total knee arthroplasty: causality and solution. *J Arthroplasty* 20(4 Suppl 2):23–26
61. Brander VA, Stulberg SD, Adams AD, Harden RN, Bruehl S, Stanos SP, Houle T (2003) Predicting total knee replacement pain: a prospective, observational study. *Clin Orthop Relat Res* (416):27–36

Neue App treibt medizinische Forschung weltweit voran

Ein innovatives Netzwerk von mobilen Softwareanwendungen soll Versorgungsstrategien in medizinischer Behandlung analysieren und verbessern. Das Universitätsklinikum Freiburg beteiligt sich als erste Einrichtung in Deutschland mit einer App zum Kreuzbandriss.

Medizinische Forschung braucht Daten, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten und Behandlungsmethoden zu verbessern. Doch leider ist es oftmals schwierig

Studienteilnehmer zu finden. Die Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie am Universitätsklinikum Freiburg ist als erste universitäre Einrichtung in Deutschland mit einer neuen App zur Datenerhebung über die medizinische Versorgung von Patienten mit einer vorderen Kreuzbandruptur an den Start gegangen: „Back on Track: Kreuzbandriss-Studie“. Die App, die bald in vier weiteren Sprachen verfügbar sein soll, sammelt aber nicht nur weltweit Daten zur Versorgungsstrategie und zur Behandlungszufriedenheit von Patienten mit einer Kreuzbandinstabilität sondern kann auch „die kulturellen Unterschiede der medizinischen Therapie zwischen einzelnen Ländern und Kontinenten abbilden“ sagt Prof. Dr. Philipp Niemeyer, Sektionsleiter Knie- und Knorpelchirurgie in der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Freiburg, der das Projekt leitet. Die App wurde von Martin Zens vom Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg in Kooperation mit der Firma Design-IT (Frankfurt) entwickelt. Neben den Freiburger Forschern beteiligen sich unter anderem auch Wissenschaftler der Universitäten Oxford und Stanford.

Die technische Grundlage für die App liefert die Firma Apple. Sie hat Anfang des Jahres angekündigt eine spezielle Plattform für klinische Studien über Mobile Devices, also beispielsweise Smartphones und Tablet-PCs, einzuführen; diese heißt „Apple Research Kit“. Grundinnovation ist Patientendaten sicher und komplett außerhalb der Apple-Server-Struktur (Open-Source-Software-Framework) durch Wissenschaftler oder Studienteilnehmer erheben, verwalten und austauschen zu können. Die Einwilligung zur Teilnahme

kann rechtssicher direkt per Unterschrift auf dem Mobile Device erfolgen. Ein großer Vorteil der Idee ist, dass Studienteilnehmer beispielsweise Tests oder Fragebögen bequem von zu Hause am mobilen Gerät beantworten können. Außerdem kann jeder Anwender auch selbst auf seine Daten zugreifen und diese kontrollieren. Die Forscher haben die Möglichkeit, die Daten einfacher auszuwerten und zu analysieren.

Derzeit ist das Research Kit als Open-Source-Software ausschließlich für Apple-Geräte verfügbar. Eine Ausweitung auf Android-Systeme und Windows-Telefone ist in Planung.

Quelle: www.uniklinik-freiburg.de