

W. Petersen¹, I.V. Rembitzki², G.P. Brüggemann³, A. Ellermann⁴, R. Best⁵, A. Gösele-Koppenburg⁶, C. Liebau²

Ursachen und Therapie des vorderen Knieschmerzes nach Implantation einer Knie totalendoprothese (K-TEP)

Causes and treatment of anterior knee pain after implantation of a total knee arthroplasty (TKA)

Zusammenfassung: Der vordere Knieschmerz ist einer der häufigsten Gründe für fortbestehende Probleme nach Implantation einer Knieendoprothese. Er kann mit oder ohne Patellarückflächenersatz auftreten. Durch den operativen Eingriff können viele Veränderungen entstehen, die das sensible Zusammenspiel der Gelenkpartner im Femoropatellargelenk beeinträchtigen können (Zugangsmorbidität, Komponentenposition, funktionelle Probleme).

Diagnostisch sollte bei einer schmerzhaften Knieendoprothese immer eine Gelenkinfektion ausgeschlossen werden. Wir unterscheiden funktionelle Ursachen von mechanischen Ursachen für den vorderen Knieschmerz. Bei den funktionellen Ursachen handelt es sich um inter- und intramuskuläre Koordinationsstörungen, die auf die präoperative Arthrose zurückzuführen sind. Dabei sollte nicht nur auf die Oberschenkelmuskulatur, sondern auch auf die hüft- und rumpfstabilisierenden Muskeln geachtet werden. Ein funktionell bedingtes Maltracking kann temporär über eine Rezentrierungsorthese korrigiert werden.

Die mechanischen Ursachen für patellofemorale Probleme nach Kniegelenkersatz können danach unterschieden werden, ob sie die Instabilität im Femoropatellargelenk erhöhen, zu Veränderungen in der Übertragung des Gelenkdrucks führen oder ob sie die muskulären Hebelarme beeinflussen. Zu diesen Ursachen zählen Offsetfehler, Oversizing, Rotationsfehler, Instabilitäten, Maltracking, Chondrolyse, Patella baja und die aseptische Lockerung. In diesen Fällen ist oft eine Reoperation notwendig.

Bei den Reoperationen unterscheiden wir Revisionen mit Austausch von Komponenten von Nicht-Revisionsoperationen, die meist arthroskopisch durchzuführen sind (lateral release, Arthrolyse).

Schlüsselwörter: Schmerz, Patella Maltracking, dynamischer Valgus, Rotationsfehler, Rückflächenersatz

Abstract: The anterior knee pain is one of the most common causes of persistent problems after implantation of a total knee arthroplasty. It can occur with or without patella resurfacing. The surgical intervention may cause several changes that affect the sensitive interplay between the joint partners in femoropatellar joint (approach morbidity, component location).

In each patient with each anterior knee pain a joint infection should be excluded.

We distinguish functional causes from mechanical causes of anterior knee pain. The functional causes are problems with inter- and intra-muscular coordination, which are due to the preoperative osteoarthritis. Attention should be paid not only to the thigh muscles but also the hip and trunk stabilizes. A functional maltracking can be temporarily corrected via a recentering orthosis.

The mechanical causes of patellofemoral problems after knee replacement can be distinguished according to whether they increase instability in the femoropatellar joint, lead to changes in the transmission of the joint pressure or whether they influence the muscular lever arms. These causes are offset error, oversizing, rotational errors, instability, maltracking chondrolysis, patella baja and aseptic loosening. In these cases surgery is often required.

We distinguish revisions replacing components from non-revision surgeries, which are usually carried out arthroscopically (lateral release, arthrolysis).

Keywords: pain, patella maltracking, dynamic valgus, rotational errors, patella resurfacing

¹ Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Martin Luther Krankenhaus, Berlin Grunewald

² Asklepios Harzkliniken GmbH, Fritz-König-Stift, Bad Harzburg

³ Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Biomechanik

⁴ Arcus Sportklinik, Pforzheim

⁵ Sportklinik Stuttgart

⁶ Cross Klinik Basel, Olympic Medical Center

Zitierweise

Petersen W, Rembitzki IV., Brüggemann GP, Ellermann A, Best R, Gösele-Koppenburg A, Liebau C: Ursachen und Therapie des vorderen Knieschmerzes nach Implantation einer Knieendoprothese (K-TEP). OUP 2013; 11: 500–509. DOI 10.3238/oup.2013.0500–0509

Citation

Petersen W, Rembitzki IV., Brüggemann GP, Ellermann A, Best R, Gösele-Koppenburg A, Liebau C: Causes and treatment of anterior knee pain after implantation of a total knee arthroplasty (TKA). OUP 2013; 11: 500–509. DOI 10.3238/oup.2013.0500–0509

Einleitung

Nach Angaben im Schrifttum variieren die Zufriedenheitsraten nach Implantation einer Knieendoprothese (K-TEP) zwischen 75 % und 89% [1, 2, 3]. Innerhalb der ersten 5 Jahre nach der primären Implantation soll die Revisionsrate 2,8% betragen, die Rate der Reoperationen ohne Revision liegt nach Angaben Zimstowskis [4] bei 4,3%. Nicht-Revisions-Reoperationen sind chirurgische Eingriffe ohne Austausch von Komponenten.

Der vordere Knieschmerz ist einer der häufigsten Gründe für fortbestehende Probleme nach Implantation einer Knieendoprothese. Er kann nach Knieprothese mit oder ohne Patellarückflächenersatz auftreten. Schließlich können durch den operativen Eingriff viele Veränderungen entstehen, die das sensible Zusammenspiel der Gelenkpartner im Femoropatellargelenk beeinträchtigen können (Zugangsmorbidität, Komponentenposition). Sensi et al. [5] berichten für den vorderen Knieschmerz über eine Inzidenz von 8%. Dabei ist die Schmerzintensität bei den meisten Patienten nur gering bis mittelgradig. In dieser Studie musste in keinem Fall eine Reoperation oder Revision durchgeführt werden. Trotzdem sind patellofemorale Probleme nach der Infektion einer der häufigsten Gründe für eine Reoperation oder Revision. Bei der Indikation zum sekundären Patellarückflächenersatz bei vorderem Knieschmerz sollte jedoch sehr vorsichtig vorgegangen werden, da die Erfolgsrate nur bei 50–60% liegt [6, 7]. Ein Grund für diese Beobachtungen könnte darin liegen, dass oft andere Ursachen für den vorderen Knieschmerz verantwortlich sind als der retropatellare Knorpelschaden.

Die Ursachen für den vorderen Knieschmerz sind vielfältig und lassen sich grob in funktionelle (muskuläre Dysbalancen) und mechanische (Fehlpositionierung von Komponenten der Prothese, Patellafrakturen, aseptische Lo-

ckerung, etc.) Probleme unterscheiden. Aber auch Infektionen bei liegender K-TEP können sich klinisch als vorderer Knieschmerz manifestieren (Abb. 1).

Viele dieser Probleme können schon bei der Primärimplantation der Knieendoprothese vermieden werden. Der vorliegende Übersichtsartikel soll einen Überblick über dieses komplexe Thema geben und einen Leitfaden für eine rationale Diagnostik und Therapie präsentieren.

„Normaler“ Schmerzverlauf nach Implantation einer Knievollprothese

Brander et al. [8] und Forsythe et al. [9] haben die Schmerzintensität nach Implantation einer unkomplizierten K-TEP während des ersten postoperativen Jahres mit einer visuellen Analogskala untersucht. In der Brandner-Studie fiel das präoperative Schmerzniveau von durchschnittlich 52 Punkten nach 3 Monaten auf 25 Punkte. Nach einem Jahr lag das Schmerzniveau aber noch bei durchschnittlich 17 Punkten. Es lag nach einem Jahr somit noch bei 32% des Ausgangswertes. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Forsythe et al. [9]. In der Forsythe-Studie fiel der Schmerz auf der visuellen Analogskala von 68 Punkten auf 33 nach 3 Monaten, auf 27 Punkte nach einem Jahr und auf 22 Punkte nach 2 Jahren.

Diese Befunde sind auch im Hinblick auf den vorderen Knieschmerz relevant, da zu diesen „normalen“ Schmerzen nach K-TEP auch der vordere Knieschmerz gehören kann.

Man unterscheidet modifizierbare Prädiktoren von nicht modifizierbaren Faktoren für einen schmerzhaften Verlauf. Zu den nicht modifizierbaren Prädiktoren gehören das weibliche Geschlecht, starker präoperativer Schmerz, eine niedrige Schmerzschwelle und junges Alter [10]. Zu den modifizierbaren Prädiktoren gehören Angst, Depression

und Probleme der Schmerzverarbeitung [9]. Nach Angaben von Forsythe et al. 2008 [9] haben Patienten mit stärkeren postoperativen Schmerzen einen hohen Wert auf der „Pain-catastrophizing-Scale (PCS)“. Brandner et al. [8] konnten eine Korrelation zu einem hohen Anxiety-Score (STAI) und Depression-Score (BDI) zeigen.

Ein Problem liegt sicher auch in der Erfüllung der präoperativen Erwartungen (Abb. 2). Erfüllt sich die präoperative Erwartung der Schmerzfremheit nicht innerhalb der ersten postoperativen Monate [8, 9] kommt es zu Angst und Unsicherheit; Faktoren, die die Schmerzverarbeitung negativ beeinflussen können. Falsche Erwartungen können insbesondere im Hinblick auf Schmerzen bei bestimmten Aktivitäten (z.B. Sport) vorliegen. So haben Bonnin et al. [10] zeigen können, dass die Inzidenz von Schmerzen bei Sportarten wie Tennis oder Golf nicht gerade gering sind. Hier kann auch der Grund für fehlende Zufriedenheit nach Implantation einer K-TEP liegen.

Diese Befunde sollten in der Diagnostik des vorderen Knieschmerzes ge-

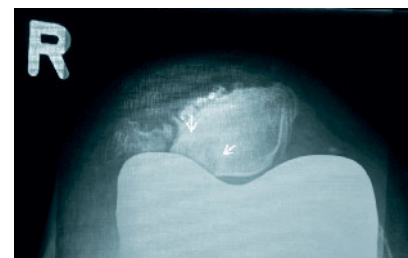


Abbildung 1 Axiale Patellaaufnahme bei einem 81 Jahre alten Patienten ca. 2 Jahre nach Erstimplantation. Auffällig sind eine laterale Verkipfung der Patella sowie laterale ossäre Anbauten. Die subchondralen Osteolysen an der lateralen Patellafacetten weisen auf ein Infektgeschehen hin. Tatsächlich konnte bei diesem Patienten in 2 konsekutiven Punktionen Staph. Epidermidis isoliert werden.

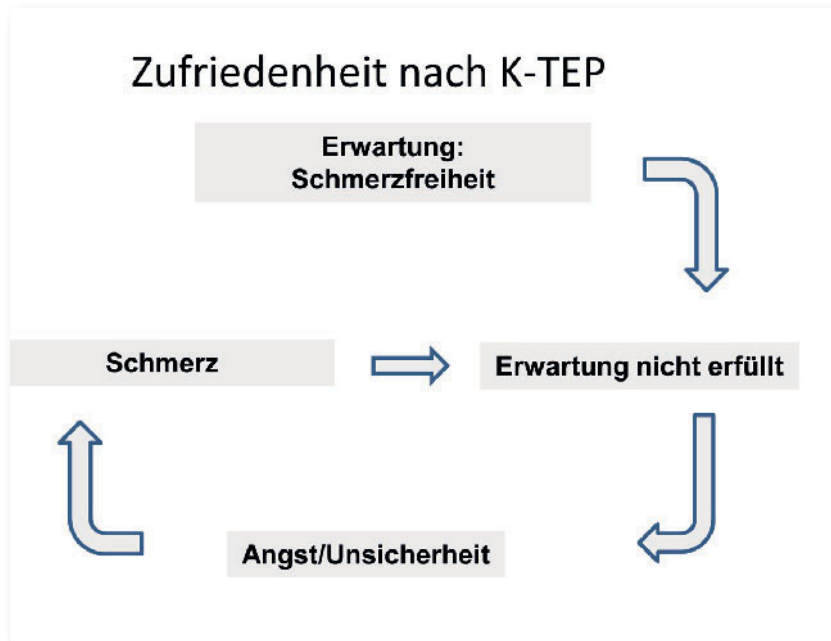


Abbildung 2 Schematische Darstellung von unerfüllten Erwartungen hinsichtlich Schmerzfreiheit auf die weitere Schmerzentwicklung.

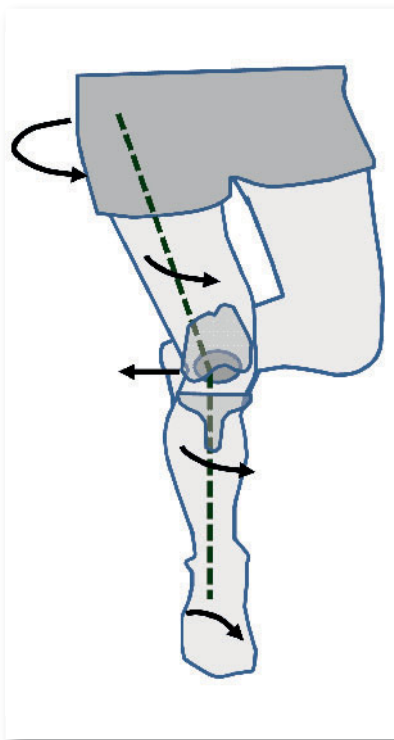


Abbildung 3 Schematische Darstellung des funktionellen Malalignements (dynamischer Valgus) bei Patienten mit einer K-TEP. Eine valgische Kniestellung kann bei korrekt sitzender K-TEP durch eine Innenrotation von Ober- und Unterschenkel bedingt sein. Eine Innenrotation des Oberschenkels kann durch eine Schwäche der Hüftabduktoren entstehen. Am Unterschenkel sind meist Fußfehlstellungen ursächlich (Pes pronatus valgus).

rade im Hinblick auf die Indikation für aufwendigere Revisionsoperationen berücksichtigt werden.

Schmerzentstehung im patellofemoralem Gelenk

Im Femoropatellargelenk artikuliert die Patella eingebettet in den Streckapparat mit dem femoralen Gleitlager der Prothese, in das sie ab ca. 20–30° Beugung tritt. Daher kann die Vertiefung des Gleitlagers der femoralen Komponente die Patella erst ab diesem Beugegrad stabilisieren.

Zwischen voller Streckung und 20–30° Beugung wird die Patella durch die medialen und lateralen Bandstrukturen stabilisiert. Da die Patella als Sesambein den Hebelarm des Streckapparats vergrößert, wird ihr Gleitverhalten auch durch die muskulären Anteile des M. quadrizeps beeinflusst.

Der genaue Mechanismus wie Schmerzen im Patellofemoralgelenk entstehen, ist unklar. Verschiedene Ursachen kommen in Betracht [11].

Da der vordere Knieschmerz bei Patienten mit und ohne Patellarückflächenersatz auftreten kann, entstehen die Schmerzen bei vielen Patienten wahrscheinlich in den Ansatzbereichen des Streckapparats [12]. So konnten Sanchez Alfonso et al. [12] bei Patienten mit

vorderem Knieschmerz eine erhöhte Nozizeptorendichte im lateralen Retinakulum nachweisen. Es ist zu vermuten, dass Störungen der patellofemoralem Mechanik zu einer lokalen Überlastung dieser Strukturen führen [12]. Zu diesen mechanischen Störungen gehört die patellofemorale Instabilität, das laterale Maltracking oder die Druckerhöhung durch den Streckapparat in der Sagittalebene. Diesen 3 Störungen können verschiedene Ursachen zugrunde liegen. Zu diesen zählen Fehlpositionen der Komponenten der Prothese, Valgusmalalignment der unteren Extremität und Instabilitäten. Dem Valgusmalalignment können fehlpositionierte Komponenten zugrunde liegen. Häufiger sind sicher muskuläre Insuffizienzen und Dysbalancen, die funktionell zu einem dynamischen Valgusmalalignment führen können [11].

Auch eine lokale peripatellare Synovialitis, entzündliche Veränderungen am Hoffaschen Fettkörper oder ossäre Ödeme kommen als Ursachen für patellofemorale Schmerzen bei liegender K-TEP in Frage. Van Jonbergen et al. [13] haben mit einem systematischen Review zeigen können, dass sich eine peripatelläre Synovialektomie und Resektion des Hoffaschen Fettkörpers positiv auf die Schmerzen nach K-TEP auswirken.

Funktionelle Ursachen für den vorderen Knieschmerz

Bei leichten oder mittelgradigen femoropatellaren Beschwerden liegen oft funktionelle Probleme vor, die keiner Reoperation oder Revision bedürfen [5].

Eine Quadrizepsschwäche persistiert oft bei Patienten nach Implantation einer Knievollprothese. Diese hat einen wesentlichen Einfluss auf die Bewegungsmuster des Knies während des Gangs [14]. Es ist außerdem bekannt, dass Quadrizepsdysbalancen mit Schwäche des M. vastus medialis und vermehrter Aktivierung des M. vastus lateralis ein laterales Maltracking der Patella bewirken können [15]. Die durch die Arthrose bedingte präoperative Quadrizepsschwäche kann sich durch die Implantation einer Knieendoprothese verschlechtern (z.B. Zugangsmorbidität) und es kann weit über 2 Jahre dauern bis die Kraft der der kontralateralen Extre-

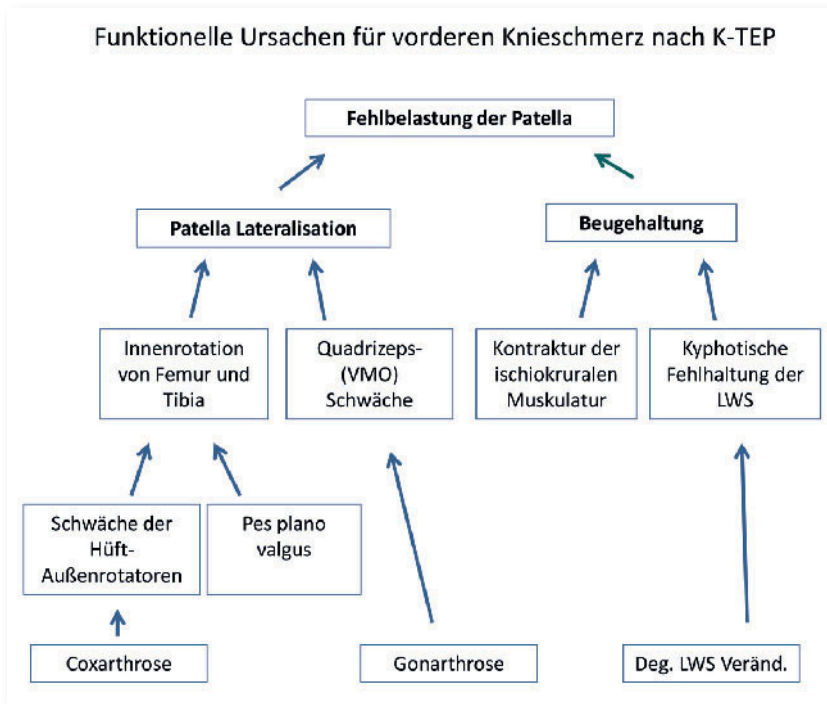


Abbildung 4 Schematische Darstellung verschiedener funktioneller Störungen, die zum vorderen Knieschmerz führen können.

mität entspricht [16]. Das bedeutet aber auch, dass sich viele funktionelle Probleme mit rehabilitativen Maßnahmen beheben lassen.

Oft liegen bei Arthrosepatienten auch zusätzlich Störungen der hüftstabilisierenden Muskulatur vor. Durch die Schwäche der Außenrotatoren kann es zu einer valgischen Stellung des Kniegelenkes kommen. Das bezeichnet man als funktionelles Malalignment (Abb. 3) [11]. Eine Glutealschwäche ist klinisch an einem positiven Trendelenburg-Zeichen erkennbar. Hier ist nicht nur das

Absinken des Beckens, sondern auch eine Balancestörung als Funktionsstörung zu werten. Ist die funktionelle Schwäche der Außenrotatoren durch eine Coxarthrose bedingt, steht die Therapie der Coxarthrose im Vordergrund um die femoropatellaren Schmerzen zu beeinflussen. Sled et al. [17] haben jedoch zeigen können, dass bei Gonarthrosepatienten ohne K-TEP Schmerz und Funktion durch ein Training der Hüftabduktoren gesteigert werden kann.

Das funktionelle Malalignment hat Auswirkungen auf das Femoropatellar-

gelenk [11]. Durch die valgische Stellung des Kniegelenkes kommt es zu einer Lateralisation der Patella. Das funktionelle „Malalignment“ kann klinisch mit einbeinigen Kniebeugen nachgewiesen werden.

Oft liegen auch Probleme im Bereich der LWS und rumpfstabilisierenden Muskulatur vor. So haben Patienten nach K-TEP aufgrund der Quadrizepschwäche oft ein „Quadrizeps-Vermeidungsgang“-Bild [18]. Dabei kommt es kompensatorisch zu einer vermehrten Vorneigung des Rumpfs [18]. Es können aber auch Komorbiditäten im Bereich der LWS vorliegen. Durch eine verminderte LWS-Lordose kommt es dabei zur vermehrten Beckenkipfung und kompensatorisch zur vermehrten Beugehaltung im Kniegelenk mit einer vermehrten Beanspruchung des Femoropatellargelenks. Degenerative Komorbiditäten im Bereich der LWS und der Hüfte sind bei Arthrosepatienten nicht selten. Abb. 4 fasst die funktionellen Ursachen für den vorderen Knieschmerz zusammen.

Diese funktionellen Probleme können mit konservativen Maßnahmen adressiert werden [11]. Bei den konservativen Maßnahmen zur Therapie des funktionell bedingten vorderen Knieschmerzes besteht Evidenz für passive rezentrierende Maßnahmen (Tape und Orthesen) und Physiotherapie [19, 20]. Positive Erfahrungen wurden mit einer Rezentrierungsothese (Patella pro, Otto Bock) gemacht, die die begleitende Physiotherapie unterstützen soll (Abb. 5). Durch die Rezentrierung soll die physiotherapeutische Korrektur des funktionellen Malalignements erleichtert und



Abbildung 5 Physiotherapeutische Übung in geschlossener Kette in der Beinpresse bei einer Patientin mit vorderem Knieschmerz nach K-TEP. Zur Rezentrierung der Patella trägt die Patientin eine Orthese (Patella pro, Otto Bock, Duderstadt).

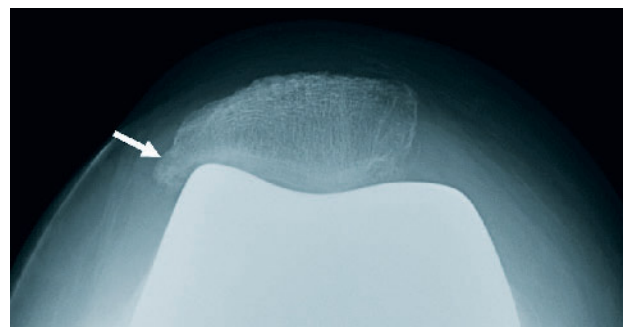


Abbildung 6 Maltracking der Patella mit vergrößertem Tilt-Winkel bei einem Patienten mit vorderem Knieschmerz.

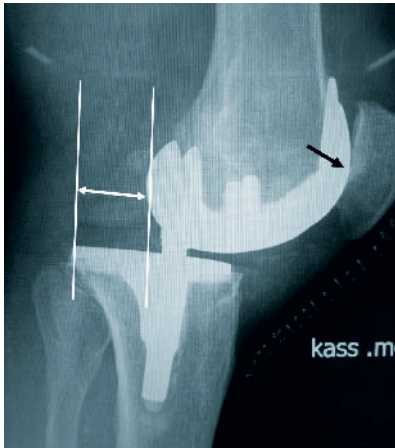


Abbildung 7 Hintere Instabilität bei einem Patienten mit einer kreuzbänderhaltenden Oberflächenersatzprothese und vorderem Knieschmerz. Durch die posterior subluxiert stehende Tibia kommt es zu einem erhöhten retropatellaren Anpressdruck.



Abbildung 8 Extreme Patella baja nach Oberflächenersatzprothese bei einem Patienten mit vorderem Knieschmerz. Durch die tiefstehende Patella kann es zu Beugeeinschränkungen und einem erhöhten Anpressdruck kommen.

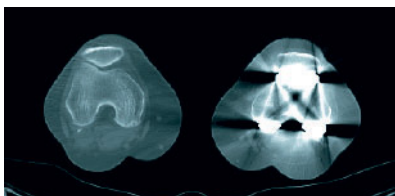


Abbildung 9 Rotations-CT zur Bestimmung eines Rotationsfehlers der femoralen Komponente.

eine normale Ansteuerung der Muskeln ermöglicht werden. Physiotherapeutisch stehen die Muskeln des Oberschenkels, der Hüftregion und Rumpfstabilisatoren im Fokus.

Dieses Konzept basiert auf Studien mit Patienten mit patellofemoralem Schmerzsyndrom ohne K-TEP [19]. Für Träger einer Knieendoprothese stehen geeignete Studien im Hinblick auf die konservative Therapie des vorderen Knieschmerzes noch aus.

Mechanische Ursachen für den vorderen Knieschmerz

Die mechanischen Ursachen für patellofemorale Probleme nach Kniegelenkersatz können danach unterschieden werden, ob sie die Instabilität im Femoropatellargelenk erhöhen, zu Veränderungen in der Übertragung des Gelenkdrucks führen oder ob sie die muskulären Hebelarme beeinflussen. Zu den mechanischen Ursachen zählen die patellofemorale Instabilität, Prothesendesign, Patella baja, Chondrolyse, Offset-Fehler der femoralen Komponente, Rotationsfehler, tibiofemorale Instabilitäten, avaskuläre Nekrosen und synoviale Hyperplasien. All diese Ursachen können zu Schmerzen und funktionellen Defiziten des Patienten führen.

Patellofemorale Instabilität und Maltracking

Die patellofemorale Instabilität ist ein häufiger Grund für postoperative Schmerzen und Funktionseinschränkungen im Femoropatellargelenk, der oft zu einer Revisionsoperation führt. Die Revisionsraten aufgrund femoropatellarer Instabilität liegen bei ca. einem Prozent [21].

Dabei handelt es sich jedoch nicht um Instabilitäten im Sinne rezidivierender Patellaluxationen, sondern um ein Maltracking (Abb. 6). Die Ursachen für eine femoropatellare Instabilität oder Maltracking können in einer unzureichenden Weichteilbalancierung oder Komponenten-Positionierung (Patella-position, femorale Rotation, Valgus Malalignment) liegen. Aber auch ein präoperativ vergrößerter TTTG-Abstand oder eine Patella alta können Instabilitäten bedingen. Meist kommt es zu lateralen Instabilitäten; aber auch mediale In-

stabilitäten kommen vor. Bei Vorliegen einer statischen femoropatellaren Instabilität ist diese auf tangentialen Patellaufnahmen (Defilée-Aufnahmen, Merchants view) diagnostizierbar. Dabei ist auf eine Lateralisation und Verkippung der Patella zu achten (Tilt). Ein lateraler Osteophyt oder Überhang kann ein Maltracking fixieren. In diesen Fällen sind externe Rezentrierungsversuche (Orthese, Physiotherapie) meist erfolglos. Dynamische Subluxationsphänomene sind oft nur durch eine sorgsame klinische Untersuchung zu erfassen.

Einfluss des Prothesendesigns

Auch das Prothesendesign kann bei der Entstehung patellofemoraler Probleme eine Rolle spielen. So ist die Tiefe der Trochlea proportional zur Stabilität der Patella und den im Patellofemoralgelenk übertragenen Kräften. Ein asymmetrisches femorales Gleitlager mit lateraler Überhöhung führte experimentell zu einem stabileren Patellalauf als ein flaches Gleitlager, besonders bei mehr als 45° Flexion [22].

Auch das Design der Patellakomponente (symmetrische Wölbung, asymmetrisches Design) kann die Stabilität im patellofemoralem Gelenk beeinflussen [3]. Diese Faktoren müssen bei der Auswahl der Knieendoprothese bedacht werden.

Aber nicht nur das Design des Femoropatellargelenks hat einen Einfluss auf den vorderen Knieschmerz. Femorale Komponenten mit einem posterioren Rotationszentrum sollen einen günstigen Einfluss auf den vorderen Knieschmerz haben [13].

Auch der Kopplungsgrad kann einen Einfluss auf die Druckübertragung im Femoropatellargelenk haben. So konnten Becher et al. [23] zeigen, dass ein posterior stabilisiertes Prothesendesign zu geringeren femoropatellaren Gelenkdrücken führt als ein Kreuzbanderhaltendes Design. Im Rahmen einer Metaanalyse konnte jedoch kein Unterschied hinsichtlich postoperativer Schmerzen zwischen kreuzbänderhaltenden und kreuzbandresezierenden Prothesen gefunden werden [24]. Klinisch relevant wird diese Beobachtung jedoch, wenn bei kreuzbänderhaltendem Inlay eine Insuffizienz der posterioren Stabilisatoren vorliegt (HKB, posterolaterale und posteromediale Gelenk-



Abbildung 10 Osteonekrose der Patella.



Abbildung 11 Typ I Patellafraktur mit Dislokation, aber festem Rückflächenersatz.

ecke). Daher sollten hintere Instabilitäten bei femoropatellaren Beschwerden immer ausgeschlossen werden (Abb. 7).

Patella baja

Auch eine tief stehende Patella (Patella baja, Abb. 8). kann zum vorderen Knieschmerz nach K-TEP führen [25]. Die Inzidenz der Patella baja nach K-TEP oder unikompartimenteller Arthroplastik ist jedoch gering [26]. Sharma et al. [26] haben 135 konsekutive Patienten nach K-TEP im Hinblick auf die Patellahöhe untersucht. In dieser Studie entwickelte nur ein Patient per definitionem eine postoperative Patella baja (Insall-Salvati weniger als 0.8). 5 Patienten hatten eine

Verringerung des Insall Salvati Indexes von 10% ohne Patella baja. Die Eversion der Patella hatte nach Angaben dieser Autoren keinen Einfluss auf die Entstehung der Patella baja.

Die Patella baja nach K-TEP kann vorbestehend oder erworben sein [25]. Zu einer postoperativen Patella baja kann es durch Kontrakturen der Patellarsehne oder Vernarbungen oberhalb der Tuberositas tibiae kommen. Eine Pseudo-Patella baja kann durch eine elevierte Gelenklinie entstehen. Dabei bleibt die Patella in ihrer normalen Position relativ zur Trochlea; die Distanz zwischen Patella und Tibia ist jedoch verringert. Eine Pseudo-Patella baja kann Resultat einer femoralen oder tibialen Überresektion mit einem hohen Inlay sein.

Problematisch wird die Patella baja bei Revisionseingriffen. Hier ist oft eine Tuberositastoosteotomie erforderlich. Dann kann ggf. eine Proximalisierung des Tuberositasfragments erfolgen. Eine Alternative zur Tuberositaproximalisierung ist die Verlängerung der Patellarsehne [25].

Chondrolyse

Bei nicht ersetzter Patella kann auch eine Chondrolyse zu femoropatellaren Schmerzen führen [3]. Die Chondrolyse kann die Fortsetzung des arthrotischen Prozesses sein; sie kann aber auch mit mechanischen Faktoren assoziiert sein, die auf die Knieprothesenimplantation zurückzuführen sind (z.B. Malrotation der Komponenten).

Offset-Fehler der femoralen Komponente

Einen großen Einfluss auf die Mechanik des femoropatellaren Gelenkes hat der anteriore femorale Überhang (Offset) der femoralen Komponente. Ein anteriorer Überhang kann durch eine zu groß gewählte femorale Komponente oder eine zu geringe anteriore Resektion (Overstuffing) bedingt sein. Das kann zu einem erhöhten Anpressdruck der Patella und auf diese Weise zu femoropatellaren Problemen führen [3].

Aber auch eine vermehrte anteriore Resektion („Undercutting“, „Notching“) kann zu femoropatellaren Problemen führen. In diesem Fall ist die

passive Quadrizeps-Insuffizienz als Ursache für den vorderen Knieschmerz zu sehen. Durch die Vergrößerung des posterioren „Offset“ kann es außerdem zu Beugeeinschränkungen kommen. Ein weiteres Problem des „Notching“ ist natürlich das Risiko supracondylarer periprothetischer Femurfrakturen.

Rotationsfehler der femoralen oder tibialen Komponente

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass eine zu sehr innenrotierte femorale oder tibiale Komponente einen erhöhten lateralen Tilt-Winkel und eine Lateralisation der Patella bedingen kann [27, 28].

Von manchen Autoren werden Fehlrotationen der femoralen Komponente als der häufigste Grund für Patella-Komplikationen nach K-TEP gesehen [27, 28]. Schon eine Innenrotation der femoralen Komponente von 3–7° kann zu chronischen Problemen führen [27]. Bhattee et al. [28] haben zeigen können, dass schlechte Ergebnisse nach einem sekundären Patellarückflächenersatz häufig auf Rotationsfehler der femoralen Komponente zurückzuführen sind.

Aber auch ein Innenrotationsfehler der tibialen Komponente kann nach Angaben von Nicoll und Rowley [29] zu femoropatellaren Problemen führen. Das gilt besonders für fixierte Gleitlager. In der Serie von Nicoll und Rowley [29] hatten mehr als die Hälfte der 38 Patienten mit einem fixierten Gleitlager einen Innenrotationsfehler der femoralen und tibialen Komponente. Inzidenz und Ausmaß des Innenrotationsfehlers waren tibial ausgeprägter als femoral. Im Gegensatz zur Innenrotation der tibialen Komponente wurden Außenrotationsfehler gut toleriert.

Aufgrund dieser Befunde sollte bei Patienten mit vorderem Knieschmerz ein Rotations-CT angefertigt werden, wenn keine anderen Ursachen evaluierbar sind (Abb. 9).

Tibiofemorale Instabilitäten

Auch hintere tibiofemorale Instabilitäten, die sich vor allem in Flexion manifestieren, können das Femoropatellargelenk beeinflussen, da sich der Gelenkdruck durch die hintere Subluxationsstellung erhöht (Abb. 7).

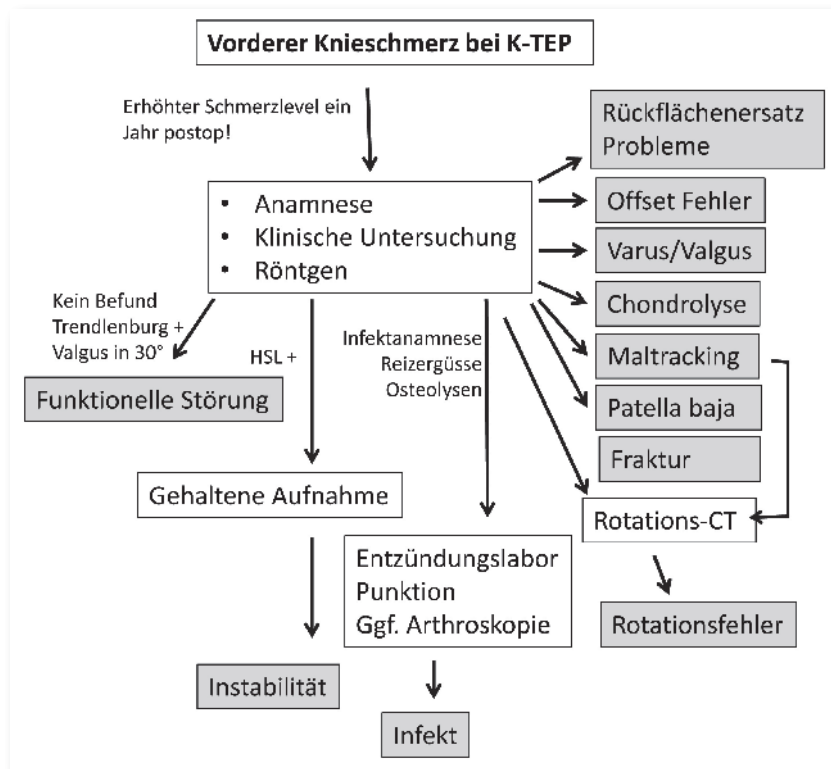


Abbildung 12 Diagnostischer Algorithmus bei vorderem Knieschmerz nach K-TEP.

Ursachen für eine Flexionsinstabilität kann ein erhöhter tibialer Slope oder eine iatrogene oder traumatische Schädigung der hinteren Weichteilstabilisatoren (hinteres Kreuzband, posteromediale und posterolaterale Gelenkecke) sein [30].

Patellarückflächenersatz

Die Notwendigkeit des Patellarückflächenersatzes wird im Schrifttum kontrovers diskutiert. Fu et al. [31] haben eine Metaanalyse zur Effektivität des Patellarückflächenersatzes durchgeführt. 10 Studien mit 1003 endoprothetisch versorgten Kniegelenken konnten eingeschlossen werden. In dieser Studie bestand kein Unterschied in der Inzidenz des vorderen Knieschmerzes. Das Risiko für eine erneute Operation war in der Rückflächenersatzgruppe allerdings niedriger als in der Gruppe ohne Rückflächenersatz. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen He et al. [32] in einer Metaanalyse in die 16 Studien mit über 3000 Kniegelenken eingeschlossen wurden. Auch in dieser Analyse zeigte sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf die vordere Knieschmerzen-Rate, Knie-Schmerz-Score,

Knee-Society-Score und Kniefunktion. Auch in dieser Studie war die Inzidenz an Reoperationen bei Patienten ohne Rückflächenersatz niedriger als bei Patienten mit Rückflächenersatz. Wurden nur qualitativ hochwertige Studien analysiert, bestand kein Unterschied in den Reoperationsraten zwischen beiden Gruppen. Aufgrund dieser Ergebnisse kann derzeit keine klare Empfehlung hinsichtlich der Notwendigkeit eines Rückflächenersatzes gegeben werden.

Eine Indikation sehen wir bei fortgeschrittenen destruktiv konkaven Veränderungen der Patellarückfläche bei klinischen Symptomen für vorderen Knieschmerz. Ansonsten wird ein „Trimming“ mit zirkulärer Synovialektomie und Denervierung durchgeführt.

Beide Verfahren können mit Komplikationen assoziiert sein. Zu den Problemen bei nicht ersetzter Patellarückfläche zählt die Chondrolyse (s.o.). Bei Patellarückflächenersatz kann es zu aseptischer Lockerung, zu Frakturen (s.u) oder zu einem „Overstuffing“ kommen [33]. Bei einem zu geringen Resektionsausmaß kann es zum „Overstuffing“ mit vermehrter Spannung auf den Retinakular kommen [33]. Bei zu großem

Resektionsausmaß steigt das Risiko einer Patellafraktur. Eine unbedeckte laterale Facette aufgrund eines kleinen medialisierten Implantats kann zu einem lateralen Facettensyndrom führen.

Die Indikation zu einem sekundären Patellarückflächenersatz bei vorderem Knieschmerz sollte jedoch vorsichtig gestellt werden, da im Schrifttum nur begrenzte Erfolgsraten von ca. 50–60% mitgeteilt werden [6, 7]. Ein Grund für diese Beobachtungen kann darin liegen, dass der retropatellare Knorpelschaden nicht bei allen Patienten Ursache für den vorderen Knieschmerz ist. Bhattee et al. [28] haben zeigen können, dass bei Patienten mit einem schlechten Ergebnis nach sekundärem Patellarückflächenersatz oft Innenrotationsfehler der femoralen Komponente von mehr als 3° vorlagen.

Avaskuläre Nekrose

Lokaler Schmerz über der Patella unter Belastung des Streckapparats kann ein Hinweis auf eine avaskuläre Nekrose oder eine transiente Ischämie sein [3] (Abb. 10). Die Inzidenz klinisch manifester ischämischer Nekrosen ist jedoch gering. Trotzdem soll es bei bis zu 10% der Patienten nach einer K-TEP-Implantation zu einer pathologischen Radionuklid Aufnahme kommen [34]. Die Inzidenz ischämischer Zustände soll nach Angaben von Gelfer et al. [35] bei Patienten ohne lateral release bei 19,5% liegen. Bei Patienten, bei denen ein lateral release notwendig war, ist die Inzidenz wahrscheinlich noch höher [36]. Nach Angaben von Kohl et al. [37] korreliert der intraossäre Blutfluss jedoch nicht immer mit postoperativem vorderem Knieschmerz.

Patellafraktur

Die Patellafraktur ist mit einer Prävalenz von 0,68% eine eher seltene Komplikation nach K-TEP [38].

Bei intaktem Streckapparat und stabilem Patellaimplantat können Patellafrakturen konservativ behandelt werden (Typ-I-Fraktur) (Abb. 11). Eine Streckapparat-Insuffizienz erfordert meist ein operatives Vorgehen (Typ-II-Fraktur). Auch eine Fraktur, die mit einem gelockerten Rückflächenersatz assoziiert ist erfordert meist ein operatives Vorgehen (Typ III).

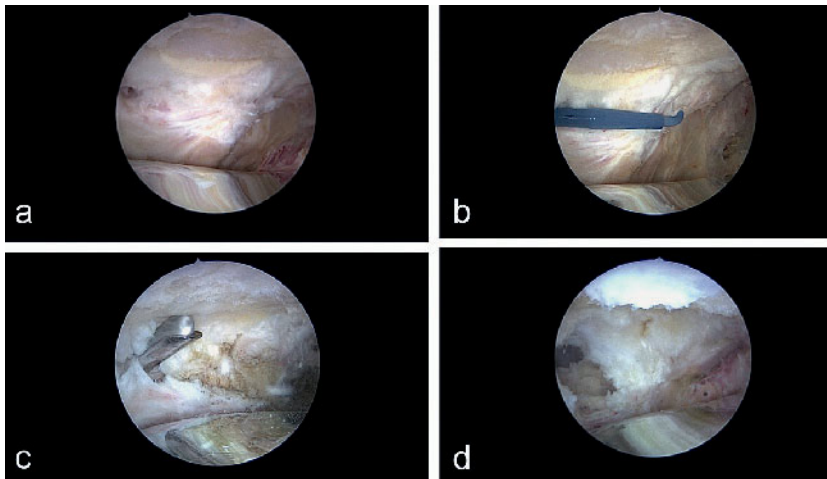


Abbildung 13 Lateral release bei patellarem Maltracking.

Patellar-clunk

Als „Patellar-clunk“ wird ein „Weichteil-Impingement“ hinter der Patella bezeichnet. Ursache ist ein fibröser Knoten oberhalb der Patella der in Beugung in der Fossa intercondylaris klemmt [39]. Die Inzidenz dieses Phänomens war bei älteren Prothesenmodellen mit kurzem Gleitlagerschild häufiger; es wird heute nur noch selten beobachtet.

Synoviale Hyperplasie

Auch eine synoviale Hyperplasie kann zu Einklemmungsphänomenen im Femoropatellargelenk führen [39] (Abb. 14). Die synoviale Hyperplasie kann Resultat eines persistierenden postoperativen Reizzustands sein. Trotzdem ist es wichtig, andere Ursachen für die synoviale Hyperplasie wie z.B. Infek-

tionen oder eine Metallhypersensitivität auszuschließen.

Diagnostik bei vorderem Knieschmerz

Aufgrund der vielfältigen möglichen Ursachen für den vorderen Knieschmerz nach Implantation einer K-TEP ist eine differenzierte Diagnostik notwendig (Abb. 12).

Der natürliche Schmerzverlauf nach Implantation einer K-TEP mit ca. 32 % des präoperativen Schmerzniveaus nach einem Jahr postoperativ sollte dabei berücksichtigt werden. Das gilt besonders im Hinblick auf die Indikation für erneute Operationen der Revisionen.

Die Diagnostik sollte dazu dienen, funktionelle von mechanischen Ursachen für den vorderen Knieschmerz zu

unterscheiden. Für funktionelle Probleme spricht eine Quadrizepsatrophie, ein positives Trendelenburg-Zeichen oder eine valgische Einbrechung des Kniegelenks bei einbeinigen Kniebeugen sein. Mechanische Ursachen oder Infekte müssen ausgeschlossen sein. Zum Infektausschluss ist eine Labordiagnostik und Punktion mit mikrobiologischer Untersuchung obligat. Da aber immer die Möglichkeit der Punction sicca oder falsch negativer Befunde besteht, sollte ein negatives Ergebnis immer kontrolliert werden. Auch beim Nachweis von Hautkeimen sollte die Punktion wiederholt werden. Im Zweifelsfall führen wir eine Arthroscopie mit Biopsie zur histologischen und mikrobiologischen Beurteilung durch. Eine radiologische Osteolyse ist immer infektverdächtig (Abb. 1).

Obligat ist die radiologische Diagnostik des Kniegelenks zum Ausschluss von Fehlpositionierungen, aseptischer Lockerung oder Osteolyse (Abb. 1). Axiale Aufnahmen der Patella liefern Hinweise auf verbliebene Osteophyten, Maltracking, Knorpelschäden oder eine aseptische Lockerung eines Patellarrückflächenersatzes.

Bei klinischem Verdacht auf eine hintere Instabilität, sollte diese mit gehaltenen Aufnahmen verifiziert werden. Bei unklaren Achsverhältnissen sollte eine Ganzbeinaufnahme angefertigt werden.

Sonografisch können Tendinosen des Streckapparats eine Synovitis im Recessus suprapatellaris oder ein intraartikulärer Erguss dargestellt werden.

Eine Skelettszintigrafie erlaubt Hinweise auf eine Lockerung, Infektionen oder aseptische Nekrosen der Patella.

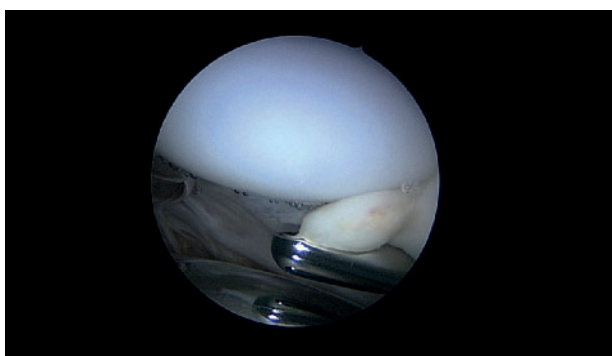


Abbildung 14 Peripatelläre Briden, die den Patellalaufler stören können und zu schmerzhaften Einklemmungsphänomenen führen können.

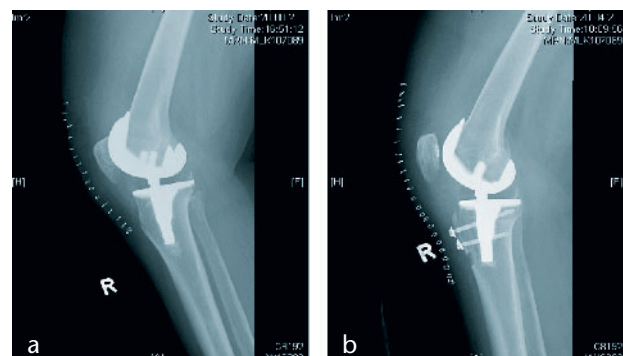


Abbildung 15 a) Postoperative Patella baja mit vorderem Knieschmerz. **b)** Die Patientin wurde mit einem Patellarrückflächenersatz versorgt. Die Tuberositas tibiae wurde osteotomiert und kranielisiert.

Therapie des vorderen Knieschmerzes

Die Therapie richtet sich bei vorderem Knieschmerz nach den Ursachen der Schmerzintensität und funktionellen Beeinträchtigung.

Therapie bei funktionellen Ursachen

Liegen funktionelle Probleme vor, sollten physiotherapeutische Maßnahmen durchgeführt werden. Ein systematisches Review hat gezeigt, dass die Physiotherapie bei Patienten mit patellofemoralem Schmerzsyndrom die Quadrizepsatrophie, aber auch das funktionelle Malalignment mit Stärkung der Hüft- und Rumpfstabilisatoren adressieren sollte [19]. Nakagawa et al. [40] berichten, dass mit einer Kombination aus Quadrizeps-, Hüft- und Rumpfstabilisationstraining ein signifikant besserer Effekt erzielt werden kann als mit Quadrizepsstraining allein. Außerdem besteht Evidenz, dass das funktionelle Maltracking der Patella bei Patienten mit patellofemoralem Schmerzsyndrom mit Tape oder Rezentrierungsothesen temporär korrigiert werden kann [20].

Therapie bei mechanischen Ursachen

Liegen mechanische Probleme vor, kann eine erneute Operation erforderlich sein. Aufgrund des natürlichen Schmerzverlaufs sollte die Indikation dazu innerhalb des ersten postoperativen Jahres eher zurückhaltend gestellt werden.

Wir unterscheiden Revisionsoperation mit Wechsel oder Austausch von Komponenten der Prothese von Nicht-Revisionsoperationen (Artholyse, Synovialektomie, lateral release).

Revisionsoperationen sollten bei fehlpositionierten Komponenten (Offset und Rotationsfehler), Instabilitäten oder aseptischen Lockerungen eines Retropatellatersatzes in Betracht gezogen werden. Fehlpositionierte Komponenten lassen sich meist erneut mit einem Oberflächenersatz korrigieren. Knochenverluste bei Offset oder Rotationskorrekturen können durch Spacer ausgeglichen werden. Hier sollten modulare Revisionsimplantate zur Verfügung stehen.

Bei Instabilitäten ist meist der Wechsel auf ein Modell mit einem höheren Kopplungsgrad notwendig (z.B. bei hinterer Instabilität Wechsel von CR auf PS).

Bei einem lateralen Facettensyndrom sollte ein Wechsel des Rückflächenersatzes in Erwägung gezogen werden. Bei einem „Overstuffing“ sollte die Patellarückfläche nachreseziert werden und das Rückflächenimplantat gewechselt werden. Bei retropatellarer Chondrolyse oder fortschreitender Retropatellararthrose sollte die Indikation zum sekundären Retropatellatersatz vorsichtig gestellt werden, da im Schrifttum Erfolgsraten von 66 % angegeben werden [31, 32]. Wir empfehlen hier funktionelle Ursachen zunächst auszuschließen und diese zu behandeln.

Liegt ein „Maltracking“ mit Lateralisation und erhöhtem „Tilt“-Winkel vor, kann auch der Versuch der operativen Rezentrierung gemacht werden. Als minimalinvasive Maßnahme kommt hier ein arthroskopisches lateral release in Betracht (Abb. 13). Diese Operation kann mit einer peripatellären Synovialektomie (Abb. 14) mit Athrolyse und zirkulärer Denervierung verbunden werden. Peripatelläre Briden und Adhäsionen können zu einer Störung des „Patellatracking“ führen. Auch laterale Osteophyten können arthroskopisch reseziert

werden. Bei den Nicht-Revisionsoperationen spielt die Arthroskopie daher eine wichtige Rolle. Eine Arthroskopie kann auch bei einer Anamnese, die für einen Low-grade-Infekt spricht (lange Schwellungszustände postoperativ mit rezidivierenden Schwellungen), in Erwägung gezogen werden. Die mikrobiologische und histologische Analyse von Biopsaten kann eine höhere Aussagekraft haben als eine Punktion. Das gilt besonders, wenn Punktionsaspirate negativ waren. Jeder vordere Knieschmerz kann auch durch eine Infektion ausgelöst sein.

Stabilisierungsoperationen im Sinne eines MPFL-Ersatzes mit einem autologen Sehnentransplantat empfehlen wir nicht, da es sich bei diesen Patienten in der Regel nicht um Patellaluxationen, sondern um Subluxationen handelt. Ursache sind meist Fehlpositionierungen der Komponenten. Durch ein autologes Sehnentransplantat kann der Anpressdruck der Patella erhöht werden.

Die Korrektur einer patella baja ist nur mit Einschränkungen möglich. Durch eine Osteotomie der Tuberositas tibia ist meist eine Proximalisierung nur um 1–2 cm möglich (Abb. 15). OUP

Interessenkonflikt: Prof. Petersen gibt Beraterverträge mit den Firmen Otto Bock, Karl Storz, AAP Implantate an. Alle anderen Autoren geben Beraterverträge mit der Firma Otto Bock an.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. W. Petersen
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Martin-Luther-Krankenhausbetrieb GmbH
Caspar-Theyß-Straße 27–31, 14193 Berlin
w.petersen@mlk-berlin.de

Literatur

- Anderson JG, Wixson RL, Tsai D, Stulberg SD, Chang RW. Functional outcome and patient satisfaction in total knee patients over the age of 75. *J Arthroplasty* 1996; 11: 831–840
- Noble PC, Gordon MJ, Weiss JM, Reddix RN, Conditt MA, Mathis KB. Does total knee replacement restore normal knee function? *Clin Orthop Relat Res* 2005; 431: 157–165
- Seil R, Pape D. Causes of failure and etiology of painful primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19:1418–1432
- Zmistowski B, Restrepo C, Kahl LK, Parvizi J, Sharkey PF. Incidence and reasons for nonrevision reoperation after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 138–145
- Sensi L, Buzzi R, Giron F, De Luca L, Aglietti P. Patellofemoral function after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2011; 26: 1475–1480
- Correia J, Sieder M, Kendoff D, Citak M, Gehrke T, Klausner W, Haasper C. Secondary Patellar Resurfacing after Primary Bicondylar Knee Arthroplasty did Not Meet Patients' Expectations. *Open Orthop J.* 2012; 6: 414–418.

7. Danilidis K, Vogt B, Gosheger G, Heinrichs M, Dieckmann R, Schulz D, Hoell S. Patellar resurfacing as a second stage procedure for persistent anterior knee pain after primary total knee arthroplasty. *Int Orthop*. 2012; 36: 1181–1183. doi: 10.1007/s00264-011-1463-8.
8. Brander VA, Stulberg SD, Adams AD, Harden RN, Bruehl S, Stanos SP, Houle T. Predicting total knee replacement pain: a prospective, observational study. *Clin Orthop* 2003; 416: 27–36
9. Forsythe ME, Dunbar MJ, Hennigar AW, Sullivan MJ, Gross M. Prospective relation between catastrophizing and residual pain following knee arthroplasty: two-year follow-up. *Pain Res* 2008; 13: 335–341.
10. Bonnin MP, Basigliani L, Archbold HA. What are the factors of residual pain after uncomplicated TKA? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011; 19: 1411–1417
11. Petersen W, Ellermann A, Liebau C, Brüggemann GP, Best R, Gösele-Koppenburg A, Semsch H, Albasini A, Rembitzki I. Das patellofemorale Schmerzsyndrom. *Orthopädische Praxis* 2010; 46: 34–42
12. Sanchis-Alfonso V. Patellofemoral pain. *Orthopade*. 2008; 37: 835–836, 838–840
13. Van Jonbergen HP, Reuver JM, Mutsaerts EL, Poolman RW. Determinants of anterior knee pain following total knee replacement: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012; Nov 18. [Epub ahead of print] PMID: 23160846
14. Mizner RL, Petterson SC, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and the time course of functional recovery after total knee arthroplasty. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005; 35: 424–436
15. Chester R, Smith TO, Sweeting D, Dixon J, Wood S, Song F. The relative timing of VMO and VL in the aetiology of anterior knee pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008; 9: 64.
16. Saleh KJ, Lee LW, Gandhi R et al.: Quadriceps strength in relation to total knee arthroplasty outcomes. *Instr Course Lect*. 2010; 59: 119–130.
17. Sled EA, Khoja L, Deluzio KJ, Olney SJ, Culham EG. Effect of a home program of hip abductor exercises on knee joint loading, strength, function, and pain in people with knee osteoarthritis: a clinical trial. *Phys Ther*. 2010; 90: 895–904
18. Li K, Ackland DC, McClelland JA, Webster KE, Feller JA, de Steiger R, Pandey MG. Trunk muscle action compensates for reduced quadriceps force during walking after total knee arthroplasty. *Gait Posture*. 2013; 38: 79–85
19. Harvie D, O’Leary T, Kumar S. A systematic review of randomized controlled trials on exercise parameters in the treatment of patellofemoral pain: what works? *Journal of Multidisciplinary Healthcare* 2011; 4: 383–392
20. Warden SJ, Hinman RS, Watson MA Jr, Avin KG, Bialocerowski AE, Crossley KM. Patellar taping and bracing for the treatment of chronic knee pain: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Rheum*. 2008; 59: 73–83.

Die komplette Literatur finden Sie im Internet unter www.online-oup.de



Lohmann & Rauscher

„Aktiv und in Bewegung das Leben genießen.“



Cellacare Manus



Cellacare Epi



Cellacare Genu



Cellacare Malleo



Cellacare Lumbasilk

Cellacare® Aktivbandagen

- Unterstützung für alle Gelenke und Körperpartien, die stark beansprucht werden
- hoher Baumwollanteil für ein angenehmes Tragegefühl
- dehnfähiges Gestrick erleichtert das Anlegen
- Massageeffekt – fördert die Durchblutung, unterstützt die Heilung



2000110 1013 d

weitere Literatur W. Petersen et al.

1. Anderson JG, Wixson RL, Tsai D, Stulberg SD, Chang RW (1996) Functional outcome and patient satisfaction in total knee patients over the age of 75. *J Arthroplasty* 1996; 11: 831–840
2. Noble PC, Gordon MJ, Weiss JM, Reddix RN, Conditt MA, Mathis KB. Does total knee replacement restore normal knee function? *Clin Orthop Relat Res* 2005; 431: 157–165
3. Seil R, Pape D. Causes of failure and etiology of painful primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19:1418–1432
4. Zmistowski B, Restrepo C, Kahl LK, Parvizi J, Sharkey PF. Incidence and reasons for nonrevision reoperation after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 138–145
5. Sensi L, Buzzi R, Giron F, De Luca L, Aglietti P. Patellofemoral function after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2011; 26: 1475–1480
6. Correia J, Sieder M, Kendoff D, Citak M, Gehrke T, Klauser W, Haasper C. Secondary Patellar Resurfacing after Primary Bicondylar Knee Arthroplasty did Not Meet Patients' Expectations. *Open Orthop J.* 2012; 6: 414–418.
7. Danilidis K, Vogt B, Gosheger G, Henrichs M, Dieckmann R, Schulz D, Hoell S. Patellar resurfacing as a second stage procedure for persistent anterior knee pain after primary total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2012; 36: 1181–1183. doi: 10.1007/s00264-011-1463-8.
8. Brander VA, Stulberg SD, Adams AD, Harden RN, Bruehl S, Stanos SP, Houle T. Predicting total knee replacement pain: a prospective, observational study. *Clin Orthop* 2003; 416: 27–36
9. Forsythe ME, Dunbar MJ, Hennigar AW, Sullivan MJ, Gross M. Prospective relation between catastrophizing and residual pain following knee arthroplasty: two-year follow-up. *Pain Res* 2008; 13: 335–341.
10. Bonnin MP, Basigliani L, Archbold HA. What are the factors of residual pain after uncomplicated TKA? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19: 1411–1417
11. Petersen W, Ellermann A, Liebau C, Brüggemann GP, Best R, Gösele-Koppenburg A, Semsch H, Albasini A, Rembitzki I. Das patellofemorale Schmerzsyndrom. *Orthopädische Praxis* 2010; 46: 34–42
12. Sanchis-Alfonso V. Patellofemoral pain. *Orthopade.* 2008; 37: 835–836, 838–840
13. Van Jonbergen HP, Reuver JM, Mutsaerts EL, Poolman RW. Determinants of anterior knee pain following total knee replacement: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; Nov 18. [Epub ahead of print] PMID: 23160846
14. Mizner RL, Petterson SC, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and the time course of functional recovery after total knee arthroplasty. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005; 35: 424–436
15. Chester R, Smith TO, Sweeting D, Dixon J, Wood S, Song F. The relative timing of VMO and VL in the aetiology of anterior knee pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008; 9: 64.
16. Saleh KJ, Lee LW, Gandhi R et al.: Quadriceps strength in relation to total knee arthroplasty outcomes. *Instr Course Lect.* 2010; 59: 119–130.
17. Sled EA, Khoja L, Deluzio KJ, Olney SJ, Culham EG. Effect of a home program of hip abductor exercises on knee joint loading, strength, function, and pain in people with knee osteoarthritis: a clinical trial. *Phys Ther.* 2010; 90: 895–904
18. Li K, Ackland DC, McClelland JA, Webster KE, Feller JA, de Steiger R, Pandya MG. Trunk muscle action compensates for reduced quadriceps force during walking after total knee arthroplasty. *Gait Posture.* 2013; 38: 79–85
19. Harvie D, O'Leary T, Kumar S. A systematic review of randomized controlled trials on exercise parameters in the treatment of patellofemoral pain: what works? *Journal of Multidisciplinary Healthcare* 2011; 4: 383–392
20. Warden SJ, Hinman RS, Watson MA Jr, Avin KG, Bialocerkowski AE, Crossley KM. Patellar taping and bracing for the treatment of chronic knee pain: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Rheum.* 2008; 59: 73–83.
21. Scuderi GR, Insall JN, Scott NW. Patellofemoral pain after total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 1994; 2: 239–246
22. Yoshii I, Whiteside LA, Anouchi YS. The effect of patellar button placement and femoral component design on patellar tracking in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1992; 275: 211–221
23. Becher C, Heyse TJ, Kron N et al.: Posterior stabilized TKA reduce patellofemoral contact pressure compared with cruciate retaining TKA in vitro. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009; 17: 1159–1165.
24. Li N, Tan Y, Deng Y, Chen L. Posterior cruciate-retaining versus posterior stabilized total knee arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; Nov 3. [Epub ahead of print, PMID: 23117166
25. Chonko DJ, Lombardi AV Jr, Berend KR. Patella baja and total knee arthroplasty (TKA): etiology, diagnosis, and management. *Surg Technol Int.* 2004; 12: 231–238.
26. Sharma V, Tsailas PG, Maheshwari AV, Ranawat AS, Ranawat CS. Does patellar eversion in total knee arthroplasty cause patella baja? *Clin Orthop Relat Res.* 2008; 466: 2763–2768
27. Akagi M, Matsusue Y, Mata T, Asada Y, Horiguchi M, Iida H, Nakamura T. Effect of rotational alignment on patellar tracking in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 2001; 392: 46–55
28. Bhattee G, Moonot P, Govindaswamy R, Pope A, Fiddian N, Harvey A. Does malrotation of components correlate with patient dissatisfaction following secondary patellar resurfacing? *Knee.* 2013 Jan 15. doi:pii: S0968-0160(12)00254-2. 10.1016/j.knee.2012.12.006. [Epub ahead of print]
29. Nicoll D, Rowley DI. Internal rotational error of the tibial component is a major cause of pain after total knee replacement. *J Bone Joint Surg [Br]* 2010; 92: 1238–1244
30. Pagnano MW, Hanssen AD, Lewallen DG, Stuart MJ. Flexion instability after primary posterior cruciate retaining total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1998; 356: 39–46
31. Fu Y, Wang G, Fu Q. Patellar resurfacing in total knee arthroplasty for osteoarthritis: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19: 1460–1466
32. He JY, Jiang LS, Dai LY. Is patellar resurfacing superior than nonresurfacing in total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized trials. *Knee.* 2011; 18: 137–144
33. Ghosh KM, Merican AM, Iranpour F, Deehan DJ, Amis AA. The effect of overstuffing the patellofemoral joint on the extensor retinaculum of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009; 17: 1211–1216.
34. Wetzner SM, Bezhreh JS, Scott RD, Bierbaum BE, Newberg AH. Bone scanning in the assessment of patellar viability following knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 1985; 199: 215–219
35. Gelfer Y, Pinkas L, Horne T, Halperin N, Alk D, Robinson D. Symptomatic transient patellar ischemia following total knee replacement as detected by scintigraphy. A prospective, randomized, double-blind study comparing the mid-vastus to the medial para-patellar approach. *Knee* 2003 10: 341–345.
36. McMahon MS, Scuderi GR, Glashow JL, Scharf SC, Meltze LP, Scott WN. Scintigraphic determination of patellar viability after excision of infrapatellar fat pad and/or lateral retinacular release in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1990; 260: 10–16
37. Kohl S, Evangelopoulos DS, Hartel M, Kohlhof H, Roeder C, Eggl S. Anterior

- knee pain after total knee arthroplasty: does it correlate with patellar blood flow? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; Sep; 19: 1453–1459.
38. Ortiguera CJ, Berry DJ. Patellar fracture after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84: 532–540
39. Dajani KA, Stuart MJ, Dahm DL, Levy BA. Arthroscopic treatment of patellar clunk and synovial hyperplasia after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2010; 25: 97–103
40. Nagakawa T, Muniz T, de Marche Bal-don R. The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomised controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2008; 22: 1051–1060