

Gian M Salzmann<sup>1</sup>, Peter Balcarek<sup>2</sup>

# Knorpeltherapie im Patellofemoralgelenk

## *Cartilage restoration techniques for the patellofemoral joint*

**Zusammenfassung:** Knorpelschäden des Kniegelenks bedeuten eine signifikante Einschränkung für den Betroffenen. Zudem erhöht sich die Gefahr der Entwicklung einer Arthrose deutlich. Aus diesem Grund gilt die Empfehlung, bei fokalen Schäden und Einhaltung der Indikationskriterien eine operative Intervention anzustreben. Aufgrund der anatomischen Komplexität dieses Gelenkabschnitts stellt die patellofemorale Knorpelchirurgie eine besondere Herausforderung dar. Co-Pathologien bestehen in einem sehr hohen Anteil der Betroffenen und müssen adressiert werden. Durch moderne Verfahren der Knorpeltherapie mit korrektem Angehen der Co-Pathologie lassen sich aber mittlerweile zufriedenstellende Ergebnisse erreichen. Jedoch reichen diese Ergebnisse meistens nicht an die des tibiofemorale Gelenkabschnitts heran.

**Schlüsselwörter:** Knorpel, Patella, Trochlea, Patellofemoral, Knie, Knorpelzelltransplantation, Mikrofrakturierung

### Zitierweise

Salzmann GM, Balcarek P: Knorpeltherapie im Patellofemoralgelenk. OUP 2017; 6: 320–327 DOI 10.3238/oup.2017.0320–0327

**Summary:** Symptomatic osteochondral lesions of the patellofemoral joint are clinically challenging to manage because of the limited healing potential of articular cartilage; the complex morphology of the patellofemoral joint; the heterogeneity of the articular surface between patients; and high stresses across the joint, which can be altered by malalignment, tilt or maltracking. Co-pathology has to be addressed whenever existent. Irrespective of the surgical technique used, outcomes are generally worse in the patellofemoral compartment than in the tibiofemoral joint. The concomitant management of associated pathology, including patellar malalignment, is recommended because it has been shown to improve the success of cartilage restoration procedures.

*Cartilage, patella, trochlea, patellofemoral, knee, ACL, microfracture*

### Citation

Salzmann GM, Balcarek P: Knorpeltherapie im Patellofemoralgelenk. OUP 2017; 6: 320–327 DOI 10.3238/oup.2017.0320–0327

Knorpelschäden im Bereich des Kniegelenks sind eine immer häufiger diagnostizierte Entität. Das hängt zum einen mit der vermehrten sportlichen Aktivität der Bevölkerung zusammen. Zum anderen ist die Behandlungssensitivität durch frequente MR-Bildgebung deutlich angestiegen. Nach der medialen Femurkondyle sind Knorpelschäden retropatellär und trochleär die häufigsten. Das funktionelle Ergebnis nach Knorpelschadenbehandlung ist jedoch patellär und trochleär das schlechteste im Vergleich zu den anderen Lokalisationen im Kniegelenk. Das lässt sich begründen durch die ausgeprägte anatomische Komplexität dieses Gelenkabschnitts zum einen

und der Konstellation des Knorpels dort zum anderen.

### Ätiologie

Die ätiologische Unterteilung von Knorpelschäden ist relativ simpel entweder traumatisch oder degenerativ bedingt. Infekt-assoziierte oder Rheuma-assoziierte Knorpelschäden werden auch beschrieben, sind aber vergleichsweise selten aufzufinden. Osteochondrosis-dissecans-(OD) Läsionen finden sich trochleärseits und stellen in der Regel eine wahrscheinlich hereditäre chronische oder akut auf chronische Entität dar. OD-Läsionen im Bereich der Patella sind

eine absolute Rarität [1]. Des Weiteren lassen sich im jungen Patientengut mitunter osteolytische Läsionen am superolateralen Anteil der Patella (häufig bilateral) identifizieren. Diese treten oft in der zweiten Lebensdekade auf. Es wird vermutet, dass eine Ossifikationsstörung im Sinne einer Patella bipartita oder multipartita vorliegt, welche sich im weiteren Verlauf dann aber zumindest partiell verschlossen hat. Diese Läsionen können dann als sog. dorsaler Patelladefekt (DPD) symptomatisch werden [2].

Wichtige Differenzialdiagnosen hierzu sind OD-Läsionen und Chondroblastoma. Gerade bei OD-Läsionen als auch bei dorsalen Patelladefekten spielt

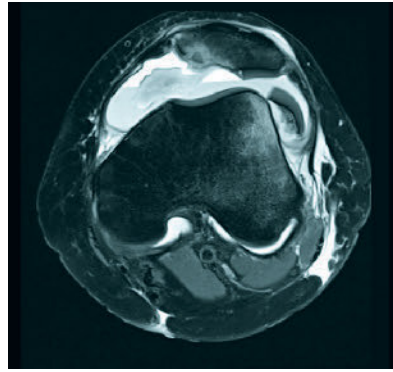
<sup>1</sup> Gelenkzentrum Rhein-Main, Wiesbaden, Schulthess Klinik Zürich, Schweiz

<sup>2</sup> Arcus Sportklinik, Pforzheim

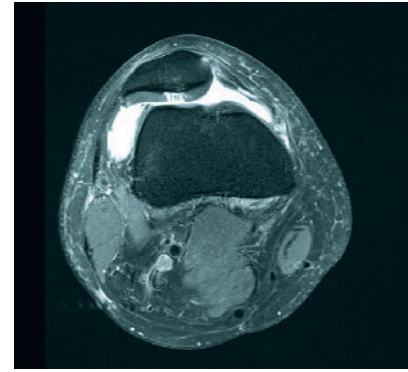
die sensible Behandlung von Knochendefekten eine enorme Rolle im Erreichen eines guten Gesamtergebnisses der osteochondralen Reparatur. Stattgehabte Frakturen der Patella infolge konservativer aber auch operativer Versorgung hinterlassen nicht selten chronische rein chondrale und osteochondrale Defekte an der Patellarrückfläche. Die klassische Ursache für einen retropatellaren Knorpelschaden ist aber die primäre laterale Patellaluxation [3]. In diesen Fällen kommt es häufig zu Schäden im Bereich der distalen medialen Patellarrückfläche. Diese können assoziiert sein mit Contre-coup-Schäden im Bereich der proximalen lateralen Femurkondyle. Im Rahmen der akuten Patellaluxation beträgt das Auftreten einer begleitenden osteochondralen Fraktur (Abb. 1) zwischen 20 und 60 % [4]. Während bei der akuten Patellaluxation vorwiegend retropatellare Defekte auftreten, kann bei der habituellen Patellaluxation durch den ruckartigen Zug des M. quadriceps bei der Spontanreposition eine Abscherfraktur eher an der lateralen Femurkondyle verursacht werden.

Diese chondralen oder häufiger osteochondralen Abscherfrakturen werden umgangssprachlich auch oft „Flakes“ genannt. Diese Konstellation bedeutet in den meisten Fällen eine dringende Operationsindikation, um nicht die Möglichkeit zu verpassen, das Fragment in toto zu refixieren. Chronische Patellainstabilitäten, welche sich mit oder ohne initiale Knorpelschäden entwickelt haben, führen dann sehr oft zu chronisch und damit automatisch degenerativen, meist retropatellären Knorpelschäden. Diese befinden sich nicht immer zwingend im Bereich der medialen Patellarrückseite, sondern haben sich oft nach zentral und weiter ausgebreitet (Abb. 2). Der mediale Begrenzungsrand des Schadens ist häufig nicht mehr rein chondral, sondern oft bereits nach ganz medial hin komplett degenerativ verändert und stellt damit automatisch eine chirurgische Herausforderung dar im Sinne einer potenziellen Refixation von Trägermaterialien.

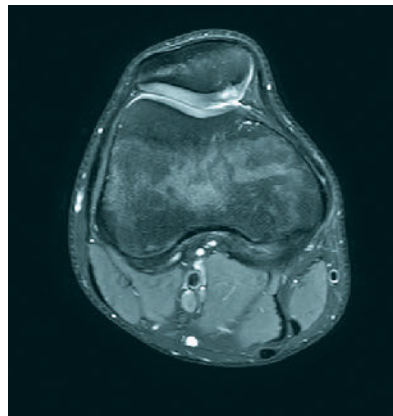
Diese chronisch instabilen Patienten haben eher selten chronische trochleäre Schäden. Eine Knorpeltherapie kann hier nur funktionieren, wenn man die bestehende Co-Pathologie ausschaltet. Im weiteren Fortschritt trifft man dann auf bifokale patello-trochleäre



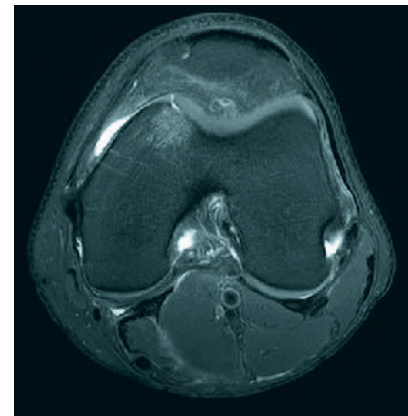
**Abbildung 1** Axiales MRT eines linken patellofemorales Gelenksabschnitts (T2-gewichtet). Es zeigt sich der Zustand nach traumatischer Erstluxation der Patella nach lateral. Neben einem deutlichen intraartikulären Erguss als Zeichen des frischen Unfalls zeigt sich eine ausgeglichene osteochondrale Flanke, welche aktuell im lateralen Rezessus zu liegen gekommen ist (typische Lokalisation). Dazu passend ausgeglichene osteochondrale Läsion retropatellar medial. Typisch und in den meisten Fällen Bedingung nach Erstluxation, zeigt sich zudem das rupturierte mediale patellofemorale Ligament sowie Retinakulum.



**Abbildung 2** Axiales MRT eines rechten patellofemorales Gelenksabschnitts (T2-gewichtet) bei chronischer Patellainstabilität mit degenerativem Knorpelschaden retropatellär, lateralisierter Patella und rupturiertem medialem patellofemoralem Ligament sowie Retinakulum bei flach angelegter Trochlea.



**Abbildung 3** Axiales MRT eines rechten patellofemorales Gelenksabschnitts (T2-gewichtet). Es zeigt sich eine Plica mediopatellaris, welche im patellofemoralem Konflikt steht und in diesem Fall sogar einen Knorpelschaden der medialen Patellafacetten hervorgerufen hat. Dieser Patient war lange symptomatisch und wurde schlussendlich konservativ behandelt, sodass neben Plicaresektion bei ausgedehntem Schaden eine retropatelläre ACT durchgeführt wurde.



**Abbildung 4** Axiales MRT eines linken patellofemorales Gelenksabschnitts (T2-gewichtet), Zustand nach direktem Anpralltrauma im Rahmen eines Motorradunfalls. Hier zeigt sich eine partielle Delamination des Knorpels im Bereich der medialen Trochlea mit unterliegendem Knochenmarködem. Ein Einheilen der chondralen Schicht nach der Pubertät ist eher unwahrscheinlich und eine operative Intervention (z.B. Refixation) ist zu empfehlen.

Schäden, welche sich in den größten Anteilen der Durchbewegung küssen. Hier besteht per se eine Kontraindikati-

on für eine Knorpeltherapie. Oft sieht sich der Arzt aber konfrontiert mit jungen Patienten und einer deutlichen Ein-

schränkung der Aktivität. Hier kann nur individuell und oft nicht mehr Leitlinien-gerecht gehandelt werden. Die Indikation für teil-prothetische Versorgungsvarianten kann geprüft werden [5]. Ein nicht geringer Anteil an Patienten leidet unter einer globalen Chondromalazie des retropatellaren Knorpels. Diese flächige Erweichung geht ohne bedeutende Substanzdefekte einher. Typische Belastungsbeschwerden werden beschrieben. Ein Auftrainieren der Muskulatur ist für die Patienten sehr oft nur eingeschränkt möglich, weil der Schmerz während des Trainings exazerbiert. Bei diesem Patientengut fällt eine optimale Behandlung oft schwer, da operative Verfahren wenig zielführend sind und konservative frustan.

Eine weitere typische Ätiologie für chronische Knorpelschäden retropatellar sind ausgeprägte Plica mediopatellaris Syndrome, welche zu einem chronischen „Reiben“ im Bereich der medialen Patellafacetten führen und dort ausgeprägte und behandlungsbedürftige Knorpelschäden hinterlassen können (Abb. 3). Direkte Anpralltraumata führen klassischerweise zu Knorpelschäden im Bereich der Trochlea. Dashboard-Verletzungen oder direkte Stürze auf die Kniescheibe sind häufig die Ursache (Abb. 4). Diese trochleären Knorpelschäden sind wahrscheinlich die einzigen, welche nicht zwingend mit einer unterliegenden anatomischen Pathologie assoziiert sind. Es ist nochmals zu betonen, dass chronische Knorpelschäden des Patellagelenks fast immer eine unterliegende Begleitpathologie aufweisen und der Knorpelschaden als Epiphänomen der Grundpathologie betrachtet werden muss. Mehl und Co-Autoren beschrieben zuletzt eine Quote von 90 % in welcher eine ursächliche Co-Pathologie gefunden werden konnte [6].

## Pathoanatomic

In Betrachtung des patellofemorale Gelenksabschnitts aus pathoanatomischer Sicht muss dieser in seine Bestandteile zersetzt werden. Nicht zwingend stimmt eine Pathologie der Bildgebung mit einer klinischen Symptomatik überein [7]. Die Patella selbst lässt sich nach Wiberg aufteilen in

Typ I: Die Crista mediana retropatellaris teilt die mediale und laterale Gelenkfläche in zwei gleich große Teile

Typ II: Die Crista mediana retropatellaris liegt etwas medial, was in einer kleineren medialen Gelenkfläche resultiert. Mit 65 % ist dieser Typ die am häufigsten vorkommende Patellaform

Typ III: Crista mediana retropatellaris ist noch weiter medial gelegen und lässt nur noch eine kleine konvexe mediale Gelenkfacetten übrig.

Inwieweit diese unterschiedlichen Patellaformen mit einer höheren oder niedrigeren Frequenz von Knorpelschäden assoziiert sind, ist bis heute nicht hinreichend beschrieben worden. Es wird vermutet, dass eine muskuläre Dysbalance (vermehrter lateraler Patella-Tilt) und die Form der Trochlea femoris (abgeflachte laterale Trochleafacetten) zu erhöhten lateralen Druckbelastungen führen und somit eine dysplastische mediale Patellagelenkfacetten (wie bei Wiberg II) verursachen. Das femorale Gleitlager ist der wichtigste lokale Stabilisator der Patella. Um die Tiefe und Neigung desselben festzustellen, muss man im MRT (Magnetresonanztomografie) den Sulcuswinkel in der axialen Patellaaufnahme messen. Werte zwischen 138–142° sind als normal zu bewerten, wohingegen ein Winkel > 145–150° als dysplastisch angesehen wird.

Als erste wiesen Maldague und Malghem auf die Bedeutung der sagittalen Aufnahme zur Diagnostik der Trochleadysplasie hin. Pathologische Zeichen in der streng lateralen Ansicht, wie die Überkreuzung der ventralen Zirkumferenz der Kondylen („crossing sign“), die ventrale Prominenz („supratrochlear spur“) und die doppelte Kontur der distalen ventralen Femurdiaphyse („double contour“), wurden von Dejour und Kollegen zusammengefasst. Die femorotibiale Artikulation in Relevanz für das Kniescheibengelenk lässt sich mittels dem Q-Winkel bzw. dem tibial tuberosity trochlea groove distance (TTTG-Abstand) darstellen. Ein erhöhter Wert zeigt eine vermehrte Lateralisation der Tuberositas tibiae, die eine pathologische Zugrichtung des M. quadriceps zur Folge hat, an. Der TTTG-Abstand wird mittels Computertomografie (CT) oder Magnetresonanztomografie (MRT) ermittelt. Ein TTTG-Abstand über 20 mm gilt aktuell als pathologisch. Dabei ist zu beachten dass diese beiden Bildmodali-

täten verschiedene Werte herausgeben. Zudem ist der TTTG-Wert abhängig von einer Rotationsstellung. Die von Seitlinger und Kollegen beschriebene TTPCL-Distanz „tibial tuber-cle-posterior cruciate ligament distance“ (TT-PCL-Abstand) zeigt sich robust gegenüber möglicherweise zusätzlich bestehenden Rotationsfehlstellungen [8]. Die Beinachse in koronarer und sagittaler Ansicht ist eine weitere wichtige architektonische Komponente, welche in die Analyse des Patienten mit einbezogen werden muss. Gerade valgische Fehlstellungen bedeuten eine lateralisierte Artikulation der Patella, erhöhte Luxationsneigung und laterale patellofemorale Hyperkompression.

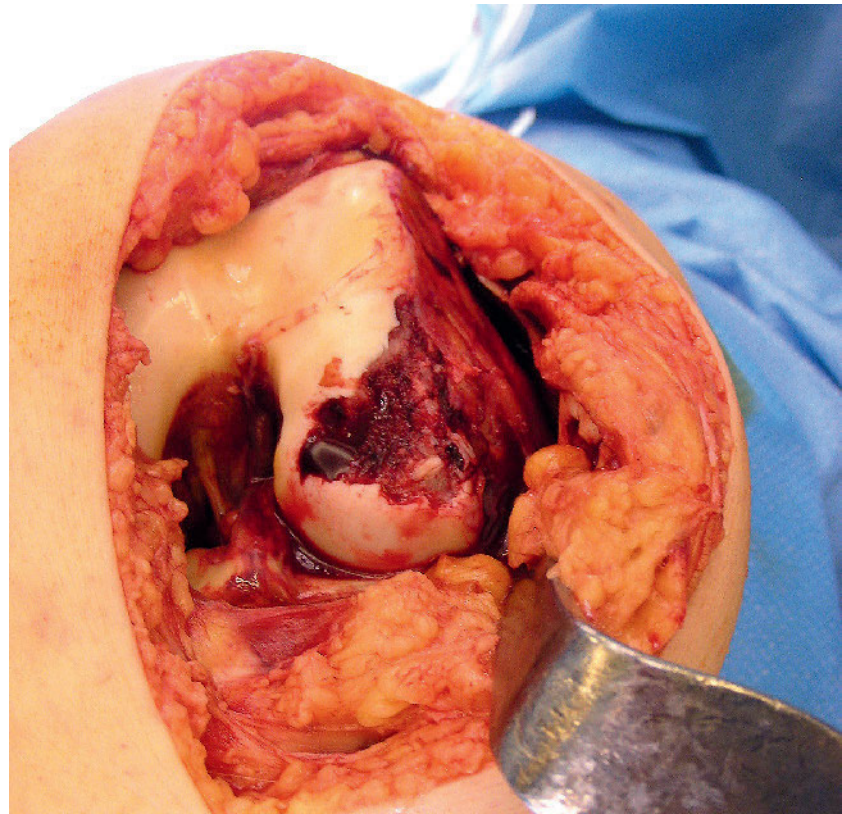
In Bezug auf varische Fehlstellungen und patellofemorale Problematik ist die Literatur aktuell nicht eindeutig. Zuletzt fördert ein genu recurvatum eine elevierte Patellainstabilität. Seitlinger und Kollegen haben in 2010 die notwendige Bildgebung für patellofemorale Fragestellungen zusammengefasst [9]. Bei Analyse des Patienten müssen aber auch der muskuläre Status sowie die funktionellen Fähigkeiten (Koordination, Balance, Propriozeption, Reaktion) klar in Betracht gezogen werden. Funktionelle Messungen der Beinkraft, Funktion und Stabilität können hier hilfreich sein, um dem Patienten ggf. bestehende signifikante Defizite aufzuzeigen, welche Ursache der unterliegenden Problematik sein können. Häufig bestehen patellofemorale Probleme oder auch ein anteriorer Knieschmerz bei Nichtfinden einer strukturellen Problematik auf einer muskulären Schwäche, einer fehlenden Koordination oder dem Gangbild bzw. einer Kombination daraus. Moderne 3D/4D Bewegungsanalysen können hier sicher hilfreich sein, dem Patienten Defizite aufzuzeigen. Verfrühte Operationen bei funktionellen Beschwerden sollten vermieden werden.

## Symptome und Diagnose

Die typischen Beschwerden bei unterliegendem patellofemoralem Knorpelschaden sind Schmerzen, vor allem bei Belastung. Dieser Schmerz gestaltet sich initial oft wie ein vorderer Knieschmerz. In fortgeschrittenen Stadien kann es auch zu Ruheschmerzen und Krepitationen kommen. Klassischer-

weise bereitet ein patellofemorales Knorpelschaden Beschwerden beim Herabgehen einer Treppe, nicht so beim Hinaufsteigen einer Treppe (Ausnahmen bestätigen die Regel). Zudem führt längere sportliche Belastung zu Schmerz- und Schwellungszuständen. Patienten sind in ihrer sportlichen Aktivität dementsprechend eingeschränkt. Gerade retropatelläre Knorpelschäden können lange klinisch stumm sein und erst bei einer Bildgebung aus anderem Grund auffallen. Nicht zwingend stellen diese dann die Schmerzursache dar und müssen in jedem Fall chirurgisch behandelt werden.

Trochleäre Knorpelschäden stellen sehr häufig einen Zufallsbefund dar im Rahmen einer Routine-MRT-Diagnostik oder bei einer Arthroskopie aus anderem Grund (z.B. Meniskusteilresektion) und sollten diesbezüglich sehr vorsichtig behandelt werden, oder es sollte bis zum Beweis des Gegenteils eine andere Pathologie als Schmerzursache gesucht werden. Von einer spontanen Behandlung im Rahmen von Routine-Arthroskopien wird abgeraten. Eine eingehende klinische Untersuchung beider Kniegelenke entspricht der initialen Beurteilung des Patienten. Diese geht Hand in Hand mit der zusätzlichen zwingenden bildgebenden Diagnostik. Zur korrekten bildgebenden Diagnostik bei bestehendem Knorpelschaden des Kniegelenks gehören primär ein MRT sowie konventionelle Röntgendiagnostik [9]. Dabei ist zu beachten, dass ein gut eingestelltes axiales MRT der Kniegelenke einer erweiterten Routine in der Geräteauswahl und Einstellung der Spule bedarf. Die Sensitivität für die Detektion eines Knorpelschadens nimmt mit dem Schweregrad signifikant ab. Die Größe von Knorpelschäden wird im MRT – verglichen mit der arthroskopischen Beurteilung – im Mittel um etwa 30 % unterschätzt. Grundsätzlich verfügt das MRT aber über eine hohe Sensitivität (Patella 87 %, Trochlea 72 %) und Spezifität (Patella 86 %, Trochlea 89 %) in der Detektion von Knorpelschäden im patellofemoralem Gelenkabschnitt [10]. Anhand der MR-Bildgebung sollte eine Klassifikation des Knorpelschadens erfolgen. Dabei kann die Pidioriano/Fulkerson-Klassifizierung, die Lokalisation des Schadens und damit des Schweregrads erfolgen:

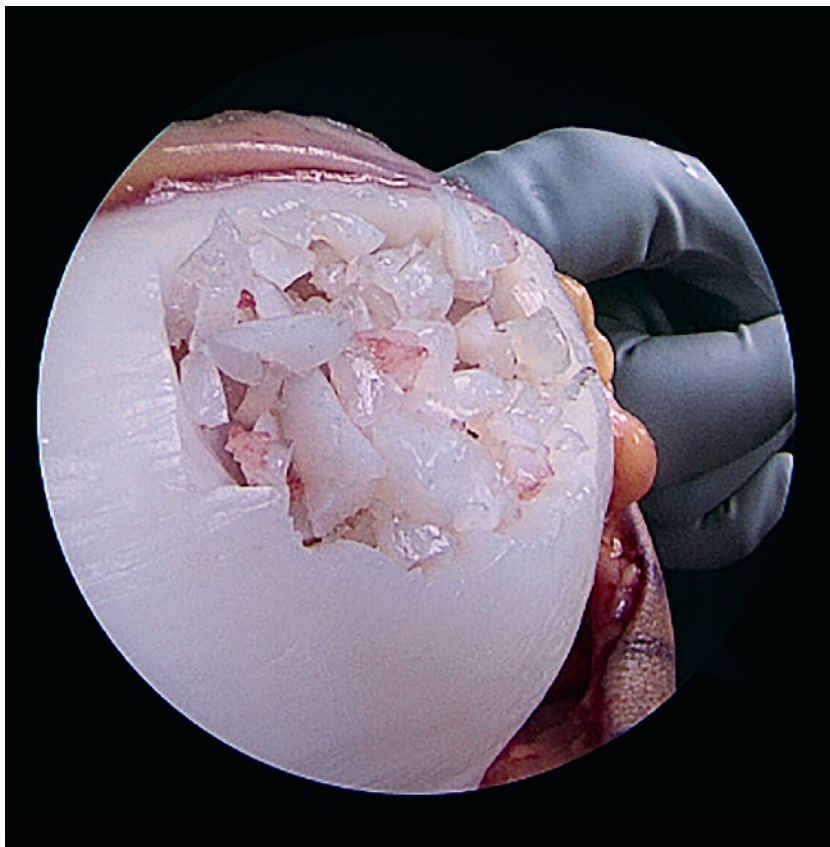


**Abbildung 5** Makroskopisches Bild eines linken Kniegelenks. Nach Patella-Erstluxation ausgedehnte osteochondrale Läsion im Bereich der lateralen Femurkondyle.

Typ 1: distal  
Typ 2: lateral  
Typ 3: medial und  
Typ 4: zentral/panpatella  
(Je höher die Zahl des Typs, desto schwerwiegender die Läsion in Anbetracht der Prognose) [11]. Zudem sollte die Tiefe des Schadens anhand der ICRS-Klassifikation (International Cartilage Repair Society) erfolgen. Des Weiteren kann dem Schaden selbst mittels AMADEUS-Score eine Schweregrad-Bewertung zugeordnet werden [12]. Mithilfe des MRT können wichtige Zusatzinformationen wie der TTTG oder TTPCL, Trochleaform, Tilt, patello-trochleäre Überdeckung [13] und damit die Höhe identifiziert werden. Die konventionell radiologische Diagnostik sollte das betroffene Kniegelenk in 3 Ebenen abbilden. Zudem sollte eine Ganzbeinaufnahme erfolgen. Eine erweiterte Diagnostik im Sinne von 30–60–90°-Aufnahmen ist abhängig von der klinischen Untersuchung. Rotations-CT/MRT-Untersuchungen müssen angefertigt werden bei Verdacht auf rotatorische Fehlstellungen. Dabei

kann auch immer der TTTG bestimmt werden.

Andere radiologische Untersuchungen bleiben besonderen Fragestellungen vorbehalten. In der kompletten Diagnostik dieses Patientenguts sollte der Arzt nicht davor scheuen, auch intra- und/oder periartikuläre Infiltrationen durchzuführen, um einen Gelenkschmerz von einer peripheren Schmerzursache unterscheiden zu können. Des Weiteren können Tapes hilfreich sein, um z.B. eine lateralisierte Patella zu medialisieren. Damit können potenzielle Operationen simuliert werden und eine gewisse Vorhersage eines Operationsergebnisses abgeschätzt werden. Im Besonderen muss durch den Arzt die muskuläre Kompetenz und Führung des patellofemoralem Gelenkabschnitts genauestens eingeschätzt werden. Es ist durchaus möglich, dass eine Schwäche oder Fehlfunktion der Quadrizepsmuskulatur deutliche patellofemorale Beschwerden verursacht. Bei diesen Patienten führt eine eventuelle Operation zu einer Verschlechterung der Beschwerden auf Patientenseite. Die Unterstützung eines



**Abbildung 6** Makroskopisches Bild einer evertierten Patella. Im Rahmen einer Knorpelchipsplastik wurde autologer Knorpel in kleinste Stückchen zerschnitten und direkt wieder in den Defekt transplantiert. Im nächsten Schritt der Operation erfolgt die Fixation mittels Fibrinkleber und zusätzlich z.B. einer Kollagenmembran.

erfahrenen Physiotherapeuten in der Analyse des Kases ist oft hilfreich, um hier eine Einschätzung von dieser Seite zu bekommen.

## Therapie

Die konservative Therapie von patellofemorale Knorpelschäden spielt sicher eine Rolle, ist aber im Nicht-Arthrose Kniegelenk nur bei Chondromalazie indiziert. Besteht ein symptomatischer Knorpelschaden bei jungen Patienten ohne Arthrose-Zeichen, muss eine operative Intervention ernsthaft in Betracht gezogen werden [14]. Dies vor dem Hintergrund, dass dadurch das Gelenk wahrscheinlich vor der Entwicklung einer verfrühten Arthrose geschützt werden kann oder diese zumindest deutlich in die Zukunft verlagert werden kann – abgesehen von einer schmerzfreien Rückkehr des Patienten in bekannte Aktivitäten. Die Symptombdauer sollte so

kurz wie möglich gehalten werden, da sie einer der wichtigsten Faktoren ist in der Sicherung des Gesamtergebnisses einer Knorpeltherapie [15]. Die operative Therapie muss mit den Patienten sehr penibel geplant werden, Patienten müssen zudem auf eine lange Rehabilitationszeit vorbereitet werden.

Es gilt zu unterscheiden, ob eine frische Luxation vorliegt, ein direktes Anpralltrauma den Schaden hervorgerufen hat, eine chronische Instabilität aufzufinden ist, eine Fehlstellung zu einem chronischen Knorpelschaden geführt hat oder eine Kombination mehrerer pathologischer Ursache der Beschwerden ist. Mouzopoulos und Kollegen haben einen Algorithmus beschrieben, welcher sicher als Grundlage für ein operatives Herangehen bei patellofemorale Knorpelschäden herangezogen werden kann [16]. Liegt eine frische Erstluxation und eine Flake-Verletzung vor, ist eine zeitnahe Versorgung (Tage) zu empfehlen (Abb. 1 und 5). Auch dieser Patient

muss jedoch klinisch-anamnestisch und Bild-morphologisch komplett „basis-analysiert“ werden.

Besteht der Verdacht auf ausgedehnte Instabilitäts-fördernde Komponenten wie beispielsweise 7° Valgus oder deutlich überhöhter TTTG, muss mit dem jeweiligen Patient eingehend besprochen werden, ob in gleichem Eingriff diese Co-Pathologie behoben wird. Die Autoren dieses Artikels empfehlen diese Vorgehensweise. Der vorliegende Flake muss genau analysiert werden. Häufig sind diese osteochondral und können damit hervorragend refixiert werden. Das funktioniert eigentlich nur über eine Arthrotomie. Ob diese medial oder lateral erfolgt, muss vom Co-Eingriff abhängig gemacht werden. Laterale Arthrotomien lassen sich in der Regel gut mit Tuberositas-Osteotomien und lateralen Verlängerungsplastiken kombinieren. Vor jeder Arthrotomie muss eine Arthroskopie erfolgen.

Die weitere Indikation der operativen Intervention kann nicht allein vom MR-Bild abhängig gemacht werden. Durch Arthroskopie kann der bestehende Schaden genau analysiert werden, genauso wie der vorliegende Flake. In seltenen Fällen führt die initiale Arthroskopie zu einem Umschwenken des initialen OP-Plans. Flakes, welche in die Kniekehle abgerutscht sind, können durch Arthroskopie deutlich einfacher geborgen werden als durch Arthrotomie. Ist der Flake viel kleiner als erwartet und damit auch der Knorpelschaden, kann auch auf eine Knorpel-Intervention verzichtet werden und lediglich der Flake geborgen werden. Dies ist häufig bei kondylären Schäden der Fall.

Alternativ können diese direkt mikrofrakturiert werden. Eignen sich Flake und Knorpelschaden für eine Refixation, sollte dies avisiert werden. Häufig ist der Flake einteilig. Abhängig von der Zeit zwischen Unfall und Operation ist dieser angeschwollen und muss mitunter vor Refixation getrimmt werden. Auch dies ist ein Grund für ein eher zeitnahes Vorgehen. Die technische Realisierung der Fixation kann auf verschiedenen Wegen erreicht werden. Hier gibt es keine harte Evidenzlage [17, 18].

Die Autoren dieses Artikels präferieren resorbierbare Pins, welche ausreichend interfragmentäre Kompression erzeugen und sich resorbieren können. Ein Zweiteingriff bleibt in diesem Fall

aus. Oft macht aber die Resorption Probleme im Sinne von ossären Lysen oder chondralen Defekten. Zudem verursachen sie einen artifiziellen osteochondralen Stift-förmigen Knorpelschaden pro Pin. Aus diesen beiden Gründen sollte die Anzahl der Pins klein gehalten werden. Die Knochen- auf Knochen-Heilung geschieht rasch und es bedarf keiner Winkelstabilität. Lässt sich der Flake nicht refixieren, kann er bei kleiner Größe einfach entfernt werden. Ist der Flake rein chondral, kann trotzdem eine Refixation angestrebt werden, wobei hier die Versagensraten deutlich höher sind als bei osteochondralen Flakes (jüngere Patienten haben höhere Erfolgsraten). Ist der chondrale Flake in mehrere Teile zerbrochen, sollte eine Refixation vermieden werden (Abb. 5). Ist der osteochondrale Flake getrümmert und eine Refixation technisch hochanspruchsvoll oder assoziiert mit multiplen Pins oder anderem Fixationsmaterial, sollte dies nicht angestrebt werden. In beiden Fällen kann der Flake entfernt werden und auf klassische Verfahren der Knorpelreparatur zurückgegriffen werden [19, 20]. Davor müsste der Patient auf eine potenzielle Probenentnahme für eine sekundäre ACT (autologe Chondrozytentransplantation) aufgeklärt werden.

Alternativ kann das Flake-Material asserviert werden und aus den chondralen Anteilen eine sogenannte einzeitige Knorpelchipsplastik generiert werden [21, 22]. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Chondrozyten innerhalb eines frisch abgeschlagenen Flakes vital verbleiben. Vor diesem Hintergrund sowie der dazu bestehenden Evidenzlage ist es möglich, diesen Knorpel autolog wieder einzusetzen. Dazu kann er mithilfe z.B. eines Skalpell in kleinste Stückchen zerschnitten werden und dann im gleichen Schritt der Operation mit Fibrinkleber und/oder Kollagenmembran wieder eingesetzt werden [23]. Vorteil dieses Verfahrens ist klar die Einzeitigkeit und die Verwendung von autologem Knorpel, welcher undifferenziert direkt wiederverwendet wird (Abb. 6).

Bei chronischen Knorpelschäden im Bereich der Kniescheibenrückfläche als auch bei chronischen osteochondralen Defekten empfehlen die Autoren dieses Artikels zum jetzigen Zeitpunkt die Knorpelzelltransplantation. Dies im

Spiegel der Literatur mit hohen Versagerraten der Mikrofrakturierung als auch osteochondralen Transplantation an dieser Lokalisation, welche jedoch in absoluten Einzelfällen angewendet werden kann [24–27]. Im Besonderen entstehen nach osteochondralen Transplantationen neben Entnahmeschäden morphologische Probleme an der Implantationsstelle. Der entnommene Knorpel ist in der Regel deutlich dünner als der umliegende patelläre. Damit entsteht eine Inkongruenz am osteochondralen Übergang zum umliegenden Knorpel. Dies führt in vielen Fällen zum Versagen der Zylinder im Verlauf nach Implantation [24]. Diese Problematik wird aggraviert mit steigender Anzahl der Zylinder.

Infolge der Mikrofrakturierung entsteht in der Regel vor allem faserartiger Knorpel, der reich ist an Kollagen Typ 1, welcher hohen Belastungen nicht standhalten kann (typisch für das Patellofemoralgelenk). Dieser kann den subchondralen Knochen vor ausgedehnten patellofemorale Belastungen nicht schützen. Es persistieren Beschwerden auf Patientenseite und es entwickeln sich häufig schmerzhafte Knochenmarködeme direkt subchondral. Ursächlich dafür scheint die ausgeprägte biomechanische Belastung in diesem Gelenkabschnitt zu sein, welche teils bis zum 25-fachen des Körpergewichts betragen kann. Dies führt wiederum dazu, dass der hyaline Knorpel retropatellar im Verlauf der Entwicklung/des Wachstums an dieser Stelle sehr dick wird und damit die Perfusionsstrecke lang ist. Dadurch ändert sich aber auch das Zell/Matrix-Verhältnis: wenige Chondrozyten pro Fläche extrazellulärer Matrix [28]. Damit ist der retropatellare Knorpel sehr belastbar.

Zugleich aber ist das Regenerationspotenzial sehr gering; noch geringer als zum Beispiel tibiofemoral. Kleintiere wie etwa Kaninchen besitzen deutlich mehr Knorpelzellen pro Fläche und haben damit ein viel höheres Regenerationspotenzial. Eine Reparatur dort ist gleichsam schwierig. Im Bereich der Trochlea kann bei bestimmten Indikationen eine Mikrofrakturierung (bis 1,5–2,0 cm<sup>2</sup>) und an wenig gekrümmten Stellen ggf. eine osteochondrale Transplantation (max. 1 Zylinder) durchgeführt werden. Leitlinien der DGOU können hier unterstützend herangezogen

werden [19]. Ansonsten empfehlen die Autoren dieses Artikels dort ebenfalls grundsätzlich eher eine ACT aufgrund der ausgedehnten Belastungssituation. Im Falle von osteochondralen Defekten kann diese im Sinne einer Sandwichplastik problemfrei mit einer unterliegenden Spongiosoplastik kombiniert werden. Diese Spongiosa kann autolog vom seitlichen Femur, der proximalen Tibia, vom Beckenkamm oder auch lateral aus dem Calcaneus entnommen werden. Gerade bei chronischen Defekten ist nochmals darauf hinzuweisen, dass in diesem Fall die unterliegende Co-Pathologie identifiziert und eliminiert werden muss. Die Behandlung der Co-Pathologien im Sinne von Osteotomien, Bandplastiken, Erweiterungen, Zügelungen etc. ist nicht Teil dieses Artikels.

## Ergebnisse

Vor dem Spiegel der gesamten Literatur nach Knorpelintervention ist vorab anzumerken, dass aufgrund der besonderen Pathologie des Gelenks sowie der Knorpelkonstellation im Speziellen die Ergebnisse der patellofemorale Knorpelchirurgie denen der tibiofemorale nachstehen [29]. In einer eigenen Studie mit insgesamt 454 Patienten, welche allesamt mikrofrakturiert wurden, zeigten die 47 Patienten, an welchen eine patellofemorale Mikrofrakturierung durchgeführt worden war, die signifikant schlechtesten Ergebnisse [26, 27]. Dieser Trend zeigte sich auch an einem sehr kleinen Kollektiv von Kindern und Jugendlichen, in welchem die patellofemorale Mikrofrakturierungen deutlich schlechter waren als die tibiofemorale [30]. Grundsätzlich ist zu bedenken, dass die Technik der Mikrofrakturierung eine rein arthroskopische Technik ist. Allein das Debridement retropatellar kann technisch schon anspruchsvoll sein.

Eine Anbohrung retropatellar antegrad ist ebenfalls nicht einfach zu realisieren. Die Verwendung von Aalen wird mittlerweile nicht mehr empfohlen. Eine Arthrotomie vorzunehmen, um eine retropatellare Mikrofrakturierung durchzuführen, ist nicht zu empfehlen. Demgegenüber ist die Trochlea sehr gut zugänglich und bei Einhaltung der Defektgrößen eine gute Indikation für eine Mikrofrakturierung. Als Alternative zur

reinen Mikrofrakturierung existiert die sogenannte AMIC-Technik, bei welcher nach erfolgter Installation der Bohrungen/Löcher z.B. eine Kollagenmembran zusätzlich übernäht oder geklebt wird. Volz und Kollegen beschrieben hier kürzlich zufriedenstellende 5-Jahres-Daten, differenzierten jedoch im Ergebnisteil nicht weiter zwischen den Defektlokalisationen [31].

Die Behandlung von OD-Läsionen, welche sich zumeist im Bereich der Trochlea befinden, bedarf einer sehr genauen Analyse des Kases und kann multimodal angegangen werden. Die durchaus zufriedenstellenden Ergebnisse hiervon wurden kürzlich von Juneau zusammengefasst [1]. Astur und Kollegen beschrieben in einer 2-Jahres-Studie zufriedenstellende Ergebnisse (Lysholm 80 Punkte) an 33 Patienten, welche allesamt mit einer osteochondralen Zylinder-Plastik versorgt worden waren. Dabei wurde die Defektgröße von 2,5 cm nicht überschritten.

Bei der Anwendung osteochondraler Zylinder kann neben Entnahmemorbidität ein klares Inkongruenzproblem entstehen, welches in einer MR-begleitenden Studie von Nho im Sinne einer fortschreitenden Degeneration im Umfeld der Zylinder über die Zeit beschrieben worden ist. Gracitelli beschrieb gemischte Ergebnisse nach allogener osteochondraler Zylinderplastik im Bereich der Kniescheibe an 28 Kniegelenken. Davon wurden 60 % re-operiert. Die Überlebensrate der Zylinder lag bei 55 % nach 10 Jahren. Jedoch zeigten die Patienten, bei welchen die Zylinderplastik noch funktionierte, gute Ergebnisse im Sinne der Zufriedenheit. Allogene os-

teochondrale Zylinder sind im europäischen Raum eher eine Seltenheit. Es bleibt aber anzumerken, dass hier zumindest eine Entnahmeproblematik entfällt, wie diese von Paul et al. eingehend beschrieben worden ist [32]. In einer 2016 publizierten Meta-Analyse im Vergleich OATS versus Mikrofrakturierung konnte eine tendenzielle Überlegenheit der OATS-Plastiken nachgewiesen werden. Vor allem aber war die Rückkehr-Quote in die sportliche Aktivität in der OATS-Gruppe deutlich besser [33]. Da der Zylinder hypothetisch nur ossär einwachsen muss, kann spätestens nach 6 Monaten von einer vollen Integration gesprochen werden und der Sportler früher in diese Aktivität reintegriert werden [34, 35].

Von Keudell und Kollegen [36] beschrieben kürzlich die Ergebnisse von isolierter ACT im Bereich des patellofemorale Gelenkabschnitts. Bei dieser prospektiven Studie erhielten 19 von 30 Patienten neben der ACT zusätzlich eine Tuberositas-Osteotomie nach medial sowie eine weichteilige Balancierung der Kniescheibe. Nach 2–14 Jahren Nachbeobachtungszeit war die Kniefunktion gut bis exzellent in 25 Patienten (83 %), moderat in 4 Patienten (13 %) und schlecht bei einem Patienten (3 %). Bei 3 Patienten versagte die Therapie nach durchschnittlich 6 Jahren.

Andere Studien, welche die Ergebnisse nach ACT beschrieben, berichteten in der Regel durchweg, dass patellofemorale Patienten schlechter abschneiden [37–39]. Dabei wird immer wieder betont, dass der co-pathologische Eingriff von besonderer Bedeutung ist. Filardo und Kollegen konnten mit einer

Studie an 49 konsekutiven Patienten, welche alle entweder patelläre oder trochleäre ACT bekamen, nachweisen, dass trochleäre Schäden signifikant besser abschneiden als patelläre. Der Unterschied im IKDC zwischen diesen beiden Defektlokalisationen war mit über 20 Punkten hoch signifikant 5 Jahre nach Intervention (Trochlea:  $89,6 \pm 12,7$  und Patella:  $69,7 \pm 17,6$ ) [40]. Siebold und Kollegen beschrieben die Ergebnisse infolge MPFL-Plastik und ACT im Bereich der Patella. Alle 10 Patienten zeigten 2 Jahre nach Intervention eine stabile Kniescheibe und einen Lysholm-Wert von 74 Punkten [41]. Jedoch sind diese Ergebnisse deutlich schlechter im Vergleich zu einer isolierten MPFL-Plastik. Trinh et al. bewiesen in einer vergleichenden Literatur-Studie, dass eine kombinatorische ACT (zur Adressierung der Co-Pathologie) signifikant bessere Ergebnisse hervorbringt als eine isolierte. Dabei wurden innerhalb von 11 Studien 366 Patienten eingeschlossen. Der Co-Eingriff in dieser Analyse war immer nur eine Tuberositasosteotomie [42]. Literaturangaben zu einem interventionellen Knorpelgelenk- und Femur-Osteotomie (oder Tibia-Osteotomie) bei patellofemorale Knorpelschäden ist bisher nicht vorhanden. OUP

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben

#### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Gian M. Salzmann  
Wilhelmstraße 30  
65183 Wiesbaden  
salzmann@gelenkzentrum-rheinmain.de

## Literatur

1. Juneau C et al.: Current Concepts in Treatment of Patellofemoral Osteochondritis Dissecans. *Int J Sports Phys Ther* 2016; 11: 903–25
2. Kwee TC, Sonneveld H, Nix M: Successful conservative management of symptomatic bilateral dorsal patellar defects presenting with cartilage involvement and bone marrow edema: MRI findings. *Skeletal Radiol* 2016; 45: 723–7
3. Salonen EE et al.: Traumatic Patellar Dislocation and Cartilage Injury: A Follow-up Study of Long-Term Cartilage Deterioration. *Am J Sports Med* 2017; 45: 1376–82
4. Kuhle J et al.: Treatment of osteochondral fractures of the knee: a meta-analysis of available scientific evidence. *Int Orthop* 2013; 37: 2385–94
5. van der List JP, Villa JC, Pearle AD: Why do patellofemoral arthroplasties fail today? A systematic review. *Knee* 2017; 24: 2–8
6. Mehl J et al.: Association between patellar cartilage defects and patellofemoral geometry: a matched-pair MRI comparison of patients with and without isolated patellar cartilage defects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016; 24: 838–46
7. Drew BT et al.: Which patellofemoral joint imaging features are associated with patellofemoral pain? Systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* 2016; 24: 224–36
8. Seitlinger G et al.: Tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance: a new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. *Am J Sports Med* 2012; 40: 1119–25
9. Seitlinger G, Scheurecker G, Högler R, Kramer J, Hofmann S: Bildgebende Diagnostik des Patellofemoralgelenks. *Arthroscopie*. 2010; 23: 176–83

10. Harris JD et al.: Sensitivity of magnetic resonance imaging for detection of patellofemoral articular cartilage defects. *Arthroscopy* 2012; 28: 1728–37
11. Pidorian AJ et al.: Correlation of patellar articular lesions with results from anteromedial tibial tubercle transfer. *Am J Sports Med* 1997; 25: 533–7
12. Jungmann PM et al.: Magnetic Resonance Imaging Score and Classification System (AMADEUS) for Assessment of Preoperative Cartilage Defect Severity. *Cartilage*, 2016.
13. Biedert RM, Albrecht S: The patello-trochlear index: a new index for assessing patellar height. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14: 707–12
14. Brophy RH, Wojahn RD, Lamplot JD: Cartilage Restoration Techniques for the Patellofemoral Joint. *J Am Acad Orthop Surg* 2017; 25: 321–29
15. Angele P et al.: Defect type, localization and marker gene expression determines early adverse events of matrix-associated autologous chondrocyte implantation. *Injury* 2015; 46 Suppl 4: S2–9
16. Mouzopoulos G, Borbon C, Siebold R: Patellar chondral defects: a review of a challenging entity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19: 1990–2001
17. Abouassaly M et al.: Surgical management of osteochondritis dissecans of the knee in the paediatric population: a systematic review addressing surgical techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014; 22: 1216–24
18. Chotel F et al.: Knee osteochondral fractures in skeletally immature patients: French multicenter study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97 (8 Suppl): S154–9
19. Niemeyer P et al.: Autologous chondrocyte implantation (ACI) for cartilage defects of the knee: A guideline by the working group „Clinical Tissue Regeneration“ of the German Society of Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Knee* 2016; 23: 426–35
20. Niemeyer P et al.: Cartilage repair surgery for full-thickness defects of the knee in Germany: indications and epidemiological data from the German Cartilage Registry (KnorpelRegister DGOU). *Arch Orthop Trauma Surg* 2016; 136: 891–7
21. Christensen BB et al.: Autologous Cartilage Chip Transplantation Improves Repair Tissue Composition Compared With Marrow Stimulation. *Am J Sports Med* 2017; p 363546517694617
22. Christensen BB et al.: Autologous Dual-Tissue Transplantation for Osteochondral Repair: Early Clinical and Radiological Results. *Cartilage* 2015; 6: 166–73
23. Salzmann GM, Calek AK, Preiss S: Second-Generation Autologous Minced Cartilage Repair Technique. *Arthrosc Tech* 2017; 6: e127–e131
24. Nho SJ et al.: Magnetic resonance imaging and clinical evaluation of patellar resurfacing with press-fit osteochondral autograft plugs. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1101–9
25. Pestka JM et al.: Clinical outcome of autologous chondrocyte implantation for failed microfracture treatment of full-thickness cartilage defects of the knee joint. *Am J Sports Med* 2012; 40: 325–31
26. Salzmann GM et al.: Clinical outcome following the first-line, single lesion microfracture at the knee joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133: 303–10
27. Salzmann GM et al.: Reoperative characteristics after microfracture of knee cartilage lesions in 454 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21: 365–71
28. Muir H: The chondrocyte, architect of cartilage. *Biomechanics, structure, function and molecular biology of cartilage matrix macromolecules*. *Bioessays* 1995; 17: 1039–48
29. Gomoll AH et al.: Autologous chondrocyte implantation in the patella: a multicenter experience. *Am J Sports Med* 2014; 42: 1074–81
30. Salzmann GM et al.: Microfracture for treatment of knee cartilage defects in children and adolescents. *Pediatr Rep* 2012; 4: e21
31. Volz M, Frick H, Grifka J, Anders S, A randomized controlled trial demonstrating sustained benefit of Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis over microfracture at five years. *Int Orthop* 2017; 41: 797–804
32. Paul J et al.: Donor-site morbidity after osteochondral autologous transplantation for lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 1683–8
33. Pareek A et al.: Osteochondral Autograft Transfer Versus Microfracture in the Knee: A Meta-analysis of Prospective Comparative Studies at Midterm. *Arthroscopy* 2016; 32: 2118–30
34. Werner BC et al.: Accelerated Return to Sport After Osteochondral Autograft Plug Transfer. *Orthop J Sports Med* 2017; 5: p. 2325967117702418
35. Campbell AB et al.: Return to Sport After Articular Cartilage Repair in Athletes’ Knees: A Systematic Review. *Arthroscopy* 2016; 32: 651–68 e1
36. von Keudell A et al.: Autologous Chondrocyte Implantation to Isolated Patella Cartilage Defects. *Cartilage* 2017 8: 146–54
37. Salzmann GM et al.: Long-term T2 and Qualitative MRI Morphology After First-Generation Knee Autologous Chondrocyte Implantation: Cartilage Ultrastructure Is Not Correlated to Clinical or Qualitative MRI Outcome. *Am J Sports Med*, 2014; 42: 1832–40
38. Niemeyer P et al.: Long-term outcomes after first-generation autologous chondrocyte implantation for cartilage defects of the knee. *Am J Sports Med* 2014; 42: 150–7
39. Kon E et al.: Long-term Results After Hyaluronan-based MACT for the Treatment of Cartilage Lesions of the Patellofemoral Joint. *Am J Sports Med* 2016; 44: 602–8
40. Filardo G et al.: Treatment of „patellofemoral“ cartilage lesions with matrix-assisted autologous chondrocyte transplantation: a comparison of patellar and trochlear lesions. *Am J Sports Med* 2014; 42: 626–34
41. Siebold R, Karidakis G, Fernandez F: Clinical outcome after medial patellofemoral ligament reconstruction and autologous chondrocyte implantation following recurrent patella dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014; 22: 2477–83
42. Trinh TQ et al.: Improved outcomes with combined autologous chondrocyte implantation and patellofemoral osteotomy versus isolated autologous chondrocyte implantation. *Arthroscopy* 2013; 29: 566–74