

Unfallchirurg 2020 · 123:797–806  
<https://doi.org/10.1007/s00113-020-00798-3>  
 Online publiziert: 2. April 2020  
 © Der/die Autor(en) 2020

**Redaktion**

W. Mutschler, München  
 H. Polzer, München  
 B. Ockert, München



H. Rüter<sup>1</sup> · A. Seif Amir Hosseini<sup>2</sup> · S. Frosch<sup>1</sup> · D. Hoffmann<sup>1</sup> · J. Lotz<sup>2</sup> ·  
 W. Lehmann<sup>1</sup> · U. Streit<sup>2</sup> · M. M. Wachowski<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie, Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen, Deutschland

<sup>2</sup>Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen, Deutschland

<sup>3</sup>DUO – Duderstädter Unfallchirurgie und Orthopädie, Duderstadt, Deutschland

# Refixation von osteochondralen Fragmenten mit resorbierbaren Polylactid-Implantaten

## Klinische und MR-morphologische Langzeitergebnisse

### Hinführung

Traumata an Kniegelenk und oberem Sprunggelenk gehen häufig mit osteochondralen Abscherverletzungen einher. Die Therapie selbiger ist bis heute kontrovers diskutiert. Es wird zwar meist die primäre Refixation empfohlen, das Evidenzlevel dieser Empfehlungen ist allerdings sehr niedrig. Es ist bisher kein langfristiges Outcome beschrieben. In dieser Arbeit wurden die langfristigen klinischen und MR-morphologischen Ergebnisse nach Refixation osteochondraler Fragmente mit PLLA-Implantaten nachuntersucht.

### Hintergrund

Mehrere Studien konnten zeigen, dass im Falle von Kniegelenk- bzw. Sprunggelenktraumata häufig osteochondrale Begleitverletzungen auftreten [11]. Hierbei zeigte Arøen [3], dass bei 11 % von 993 Kniegelenkarthroskopien Knorpelopathologien vorlagen. Bei Kindern im Durchschnittsalter von 14 Jahren zeigte sich bei 88 Patienten mit 109 Patellaluxationen in 9 % der Fälle [17], über die gesamte Population gesehen, bei ca. 50 %

der Patellaluxationen eine osteochondrale Verletzung [35].

Im Bereich des Sprunggelenks sind ca. 2–5 % aller Distorsionstraumata, die zu einer Kapsel-/Bandläsion führen, mit akuttraumatischen osteochondralen Läsionen vergesellschaftet [19]. Ein Innenrotations-, Plantarflexions- und Inversionstrauma führt dabei zu einem Schaden an der medialen Talusschulter, während ein lateraler Schaden durch eine Kombination aus Dorsalextension, Inversion und axialer Belastung entsteht [8].

Unbehandelt bzw. übersehen können diese Pathologien im Lebensverlauf zu erheblichen Folgeschäden bzw. Beschwerden führen, da der Knorpel nur eine geringe Selbstheilungspotenz besitzt [9].

Liegt ein Knorpelschaden vor, zeigt die Literatur in Abhängigkeit von der Größe des Fragments und der Schwere des Schadens verschiedene Therapieoptionen. Neben der Pridie-Bohrung, der Mikrofrakturierung und der autologen matrixinduzierten Chondrozytogenese (AMIC) als regenerative Verfahren, stehen transplantierende Verfahren (osteochondrale Zylinder (OCT), die autologe Chondrozyten-Transplantation (ACT) [12]) und die Minced Knorpeltherapie [32] zur Verfügung.

Nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft sollten Defekte bis 2,5 cm<sup>2</sup> (OSG

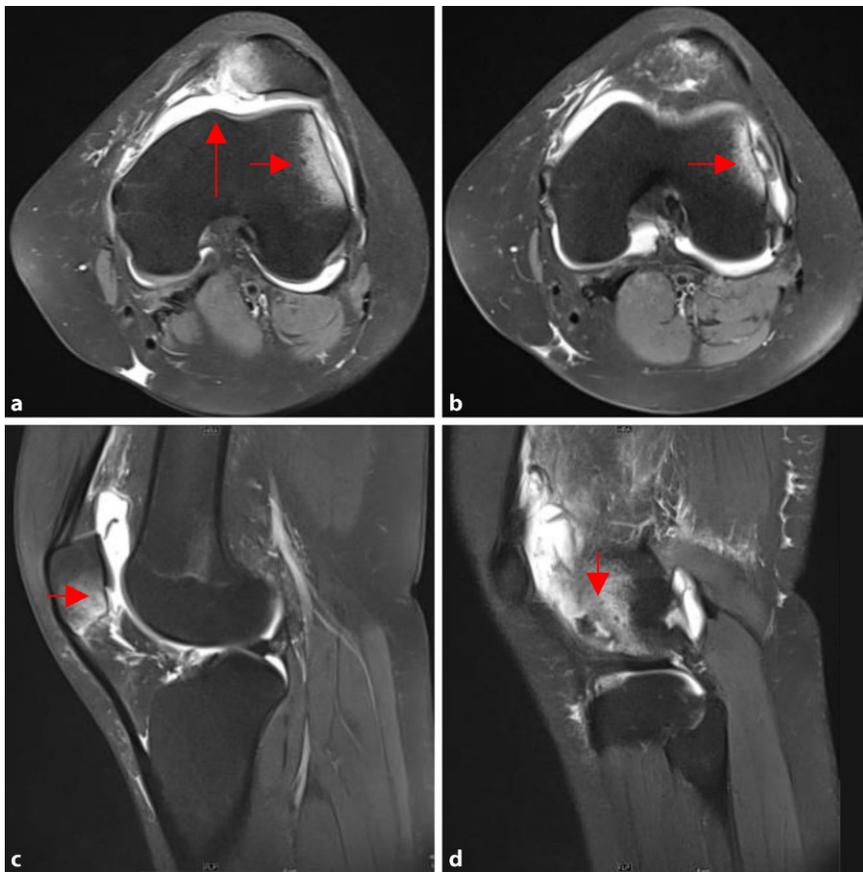
<1,5 cm<sup>2</sup>) bei niedrigem bis moderatem Aktivitätsniveau mit knochenmarkstimulierenden Verfahren (Mikro- oder Nanofrakturierung) bzw. bei hohem Aktivitätsniveau eher mit einer ACT versorgt werden. Defekte ab 2,5 cm<sup>2</sup> (OSG >1,5 cm<sup>2</sup>) können mit einer ACT oder mit einer AMIC behandelt werden. Ab 4 cm<sup>2</sup> kommt am ehesten die ACT infrage [2, 28, 31]. Die Transplantation von osteochondralen Zylindern wird von vielen Autoren zunehmend kritisch gesehen und hat einen abnehmenden Stellenwert [28].

Alle Methoden haben jedoch gemeinsam, dass keine vollwertige Wiederherstellung des Ausgangszustands und Überdeckung des Defekts mit hyalinem Knorpel erfolgt. In allen Fällen entwickelt sich langfristig ein Mischknorpelgewebe mit unterschiedlichen Anteilen von Faser- und hyalinem Knorpel [7].

Aus diesem Grund wird aktuell empfohlen, ein noch vorhandenes osteochondrales Fragment zu refixieren. Da Langzeitergebnisse hierzu bisher fehlen, handelt es sich dabei am ehesten um Expertenmeinungen mit entsprechend geringerer Evidenz.

Im Verlauf der Jahre versuchte man zunächst, die Fragmente mittels eines metallischen Osteosynthesematerials zu refixieren. Dies hatte den Nachteil der Notwendigkeit einer weiteren Operation

Die Autoren M. Wachowski und U. Streit haben zu gleichen Teilen zum Manuskript beigetragen.



**Abb. 1** ▲ Präoperative Bildgebung: retropatellarer osteochondraler Defekt an der kaudalen, medialen Patella. **a** Axial – Vertikaler Pfeil markiert Frakturbett, horizontaler Pfeil das Ödem, **b** axial – osteochondrales „flake“, **c** sagittal – Pfeil zeigt das Frakturbett, **d** sagittal – Pfeil markiert das Flake

zur Metallentfernung und eines potenziellen Schadens durch das in der Gelenkfläche liegende Osteosynthesematerial [42].

Mit Weiterentwicklung der Materialien kamen im Verlauf Gewebekleber auf den Markt. Diese hatten jedoch lediglich eine geringe Stabilität, sodass langfristige Gipsruhigstellungen notwendig waren und dies zu Folgeschäden führte. Ebenfalls bestand initial aufgrund des Inhaltsstoffes Fibrinogen das Restrisiko einer Infektion. Bei den neueren Produkten ist dieses Risiko deutlich reduziert [20, 34].

Der nächste Schritt in der Entwicklung waren bioresorbierbare Materialien, wie Polyglykoxide (PGA) und Polylactide (PLLA). Die ersten Implantate zeigten v. a. im Bereich der PGA noch große Nebenwirkungen wie z. B. Fremdkörperreaktionen, Zystenbildung etc. [6, 16]. Mit zunehmender Entwicklung konnten diese reduziert werden. Aufgrund der sehr

geringen Komplikationsrate von 0,1 % und extrem seltenen Nebenwirkungen setzten sich v. a. die PLLA-Materialien durch.

Neu zur Verfügung stehen aktuell biodegradierbare Implantate aus Magnesium (MAGNEZIX®, Fa. Syntellix AG, Hannover). Hier gibt es derzeit nur kurzfristige Ergebnisse [5].

Trotz der zuvor beschriebenen Häufigkeit der Verletzungen gibt es kaum langfristige Studienergebnisse, insbesondere zur Refixation der osteochondralen Fragmente mit PLLA-Materialien. Aus der eigenen Arbeitsgruppe liegen aus 2 Studien kurz- und mittelfristige Ergebnisse vor [13, 39].

Ziel dieser retrospektiven Arbeit war die klinische und MR-morphologische Untersuchung langfristiger Ergebnisse nach Refixation traumatischer osteochondraler Läsionen mittels bioresorbierbarer Implantate an Knie- und oberem Sprunggelenk.

## Material und Methoden

### Patientenkollektiv

In die Studie wurden 12 Patienten mit 13 Läsionen eingeschlossen (10-mal Kniegelenk, 2-mal OSG), bei denen ein Trauma Ursache des osteochondralen Schadens war. Bei allen Patienten war zwischen dem Jahr 2000 und 2005 eine Refixation eines traumatisch abgelösten osteochondralen „flake“ mittels PLLA-Implantaten durchgeführt worden. Eine isolierte Separation im Rahmen einer Osteochondrosis dissecans war ein Ausschlusskriterium für die Studie.

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 26,75 ( $\pm 8,68$ ) Jahre zum Operationszeitpunkt. Mittels bioresorbierbarer PLLA-Implantate (Fa. Bionx, Tampere, Finnland) wurden die osteochondralen Fragmente an Femur (2-mal), Patella (8-mal), Tibia (einmal) und Talus (2-mal) refixiert. Hierbei lag bei einer Patientin eine Kombination aus Fragment an Patella und benachbartem Dissekat am Femur vor. Die Durchschnittsgröße der osteochondralen Fragmente betrug  $3,33 \text{ cm}^2$  ( $\pm 2,33$ ). Die Studie wurde im Schnitt 13,9 ( $\pm 1,2$ ) Jahre postoperativ durchgeführt, wobei 8 der 12 Patienten bereits an einer Studie nach 6,5 Jahren teilnahmen.

Neben der osteochondralen Verletzung fand sich in 7 Fällen eine Patellaluxation. Diese wurde mit einer medialen Dopplung und einem lateralen Release adressiert. In diesem Patientenkollektiv mit Luxation kam es nur bei einer Patientin zu einer Relaxation.

Sechs Patienten zeigten eine isolierte Abscherung an der Patella. Bei einem Patienten lag eine Kombination aus vorderer Kreuzbandruptur, Innenmeniskus-korbhenkelriss und Abscherung an der Femurkondyle vor. In einem Fall lag ein isoliertes osteochondrales Fragment am Femur vor und in einem weiteren Falle eine Kombination aus Osteochondrosis dissecans (OD) und frischer osteochondraler Abscherung an der Patella. Ein Patient mit Abscherung an der Tibia wies zusätzlich eine mediale und laterale Tibiakopffraktur auf. Bei beiden untersuchten Sprunggelenken fand sich eine isolierte Abscherung an der medialen Talus-

H. Rüter · A. Seif Amir Hosseini · S. Frosch · D. Hoffmann · J. Lotz · W. Lehmann · U. Streit · M. M. Wachowski

**Refixation von osteochondralen Fragmenten mit resorbierbaren Polyactid-Implantaten. Klinische und MR-morphologische Langzeitergebnisse****Zusammenfassung**

**Hintergrund.** Bei Patienten, die im Rahmen eines Traumas an Knie- und Sprunggelenk eine Verletzung mit Abscheren eines osteochondralen „flake“ erleiden, ist heute die Refixation mittels resorbierbarer Implantate eine häufig verwendete Therapieoption. Hierzu gibt es bisher wenige Studien mit klinischen Langzeitergebnissen. Ziel dieser Studie war die Erfassung der klinischen und MR-morphologischen Langzeitergebnisse nach Refixation mittels resorbierbarer PLLA-Implantate.

**Material und Methoden.** In dieser retrospektiven Studie wurden 12 Patienten mit 13 Läsionen erfasst, die im Schnitt 13,9 ( $\pm 1,2$ ) Jahre zuvor eine Refixation eines durchschnittlich  $3,33 \text{ cm}^2$  ( $\pm 2,33$ ) großen osteochondralen Flake an Knie- (10 Patienten) und oberem Sprunggelenk (2 Patienten) mit resorbierbaren Implantaten (Nägel, Stifte, Schrauben) aus Polyactid (PLLA) (Fa. Bionx,

Tampere, Finnland) erhalten hatten. Zur Objektivierung des klinischen Ergebnisses wurden 8 etablierte Scores (VASS, Tegner, Lysholm, McDermott, KSS, WOMAC, AOFAS, FADI+Sports) verwendet. Des Weiteren wurden die knöchernen Integration und Knorpelmorphologie mittels protonengewichteter und knorpelsensitiver „3D-double-echo-steady-state“ (DESS)-Sequenzen im MRT (3 T) erfasst. Zur Objektivierung der Ergebnisse diente ein modifizierter MRT-Score nach Henderson et al.

**Ergebnisse.** Nach 13,9 ( $\pm 1,2$ ) Jahren zeigten sich sowohl für die Knie- als auch die Sprunggelenkpatienten sehr gute Ergebnisse (Knie: VASS: 1,2 ( $\pm 1,7$ ); Tegner 4,4 ( $\pm 1,3$ ); Lysholm 85,7 ( $\pm 12,2$ ); McDermott 90,7 ( $\pm 8,6$ ); KSS 189 ( $\pm 14,2$ ); WOMAC (6,16 % ( $\pm 8,45$ ))), (OSG: VASS: 2,5 ( $\pm 2,5$ ); Tegner 5,5 ( $\pm 1,5$ ); Lysholm 87 ( $\pm 13$ ), McDermott 88 ( $\pm 12$ ); WOMAC (8,54 % ( $\pm 8,54$ ); AOFAS 75,5 ( $\pm 24,5$ );

FADI+Sports 118 ( $\pm 18$ ))). In der MRT zeigte sich in allen 12 Fällen eine gute Integration des refixierten Flake. In 5 Fällen kam es zu einer moderaten subchondralen Zystenbildung ( $\varnothing \leq 1 \text{ mm}$ ). Allerdings zeigten alle Patienten milde Veränderungen der Knorpelkontur. Hieraus ergab sich ein durchschnittlicher modifizierter Henderson-Score-Wert von 14,4 ( $\pm 2,0$ ) (Bestwert: 8, schlechtester Wert: 32), was einem guten MR-morphologischen Ergebnis entspricht.

**Schlussfolgerung.** Aufgrund der klinischen und auch MR-morphologischen Langzeitergebnisse ist die Refixation von osteochondralen Flakes mittels resorbierbarer Implantate (PLLA) als empfehlenswertes Verfahren zu werten.

**Schlüsselwörter**

Bioresorbierbare Implantate · Polyactid · Knorpelschaden · Refixation · MRT

**Refixation of osteochondral fragments with resorbable polyactid implants. Long-term clinical and MRI results****Abstract**

**Background.** Refixation with resorbable implants is a common surgical treatment in patients who suffer an injury with shearing of an osteochondral flake due to trauma of the knee or the upper ankle joint. To date there are no studies which outline long-term outcomes for this procedure. The aim of this study was to evaluate long-term clinical and magnetic resonance imaging (MRI) results after refixation with resorbable polyactide (PLLA) implants.

**Material and methods.** In this retrospective study 12 patients with 13 injuries were examined 13.9 years ( $\pm 1.2$  years) after refixation of an osteochondral fragment of the knee (10 patients) and the upper ankle joint (2 patients) with a mean size of  $3.33 \text{ cm}^2$  ( $\pm 2.33$ ) by resorbable polyactide (PLLA) implants (nails, pins, screws, Bionx,

Tampere, Finland). To objectify the clinical results eight established clinical scores (VASS, Tegner, Lysholm, McDermott, KSS, WOMAC, AOFAS, FADI+Sports) were used. Furthermore, the morphological integration of bone and cartilage was assessed by MRI (3 T) using proton-weighted and cartilage-sensitive 3D double-echo steady-state (DESS) sequences. The morphological results were objectified with a modified MRI score according to Henderson et al.

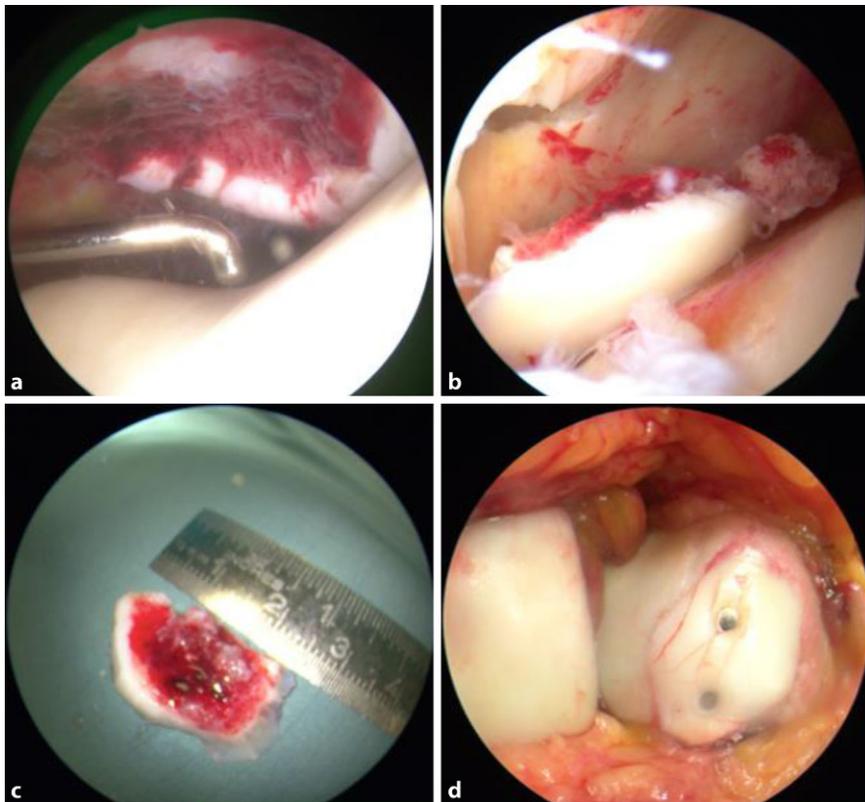
**Results.** After 13.9 years ( $\pm 1.2$ ) the patients with an injury of the knee as well as of the upper ankle joint showed good to excellent results (knee: VASS 1.2 ( $\pm 1.7$ ), Tegner 4.4 ( $\pm 1.3$ ), Lysholm 85.7 ( $\pm 12.2$ ), McDermott 90.7 ( $\pm 8.6$ ), KSS 189 ( $\pm 14.2$ ), WOMAC (6.16% ( $\pm 8.45$ ))) (upper ankle joint: VASS 2.5 ( $\pm 2.5$ ), Tegner 5.5 ( $\pm 1.5$ ), Lysholm 87 ( $\pm 13$ ),

McDermott 88 ( $\pm 12$ ); WOMAC (8.54% ( $\pm 8.54$ ), AOFAS 75.5 ( $\pm 24.5$ ), FADI+Sports 118 ( $\pm 18$ ))). In all cases there was evidence of good integration of the osteochondral fragment in MRI. In five patients there was moderate subchondral cyst formation ( $\varnothing \leq 1 \text{ mm}$ ); however, mild changes of the cartilage contour were found in all patients. The mean modified Henderson score achieved was 14.4 ( $\pm 2.0$ , best 8, worst 32), which corresponds to a good morphological result.

**Conclusion.** Because of good clinical and morphological results shown by MRI, refixation through resorbable implants (PLLA) can be recommended for treatment of traumatic osteochondral flakes.

**Keywords**

Bioresorbable implants · Polyactide · Cartilage damage · Refixation · MRI



**Abb. 2** ▲ Intraoperative Bildgebung: **a** Frakturbett, **b** osteochondrales „flake“ in situ, **c** osteochondrales Flake ex situ, **d** refixiertes Flake mit 2 „smart nails“ an dem Defekt der kaudalen, medialen Patella

schulter mit begleitender Verletzung des Außenbandkomplexes.

## Methoden

Bei allen Patienten wurde nach entsprechender klinischer Untersuchung und konventioneller Röntgenbildgebung eine Magnetresonanztomographie (3T) zur weiterführenden Diagnostik durchgeführt (Abb. 1). Nach Indikationsstellung und den standardisierten Operationsvorbereitungen erfolgte dann durchschnittlich 9 ( $\pm 7,83$ ) Tage nach der Verletzung die Operation.

Nach einer diagnostischen Arthroskopie wurde im Anschluss die Reinigung der Fragmente über eine Arthrotomie durchgeführt, und Fragmente mit einer Mindestgröße von 7–8 mm mit subchondraler Knochenlamelle wurden selektiert. Kleinere bzw. instabile Fragmente wurden verworfen.

Im nächsten Schritt wurde das Frakturbett gereinigt und angefrischt. Es folgten eine ergänzende Mikrofrakturierung und gründliche Einpassung des Frag-

ments in das Frakturbett. Die Retention erfolgte dann mittels bioresorbierbarer PLLA-Implantate (Fa. Bionx, Tampere, Finnland) in entsprechender Anzahl und Größe (Abb. 2). Die Implantate hatten eine Länge von 16–25 mm und einen Durchmesser von 1,5–2,7 mm. Es wurden je nach Größe des osteochondralen Fragments 2 bzw. 3 Implantate verwandt. Diese haben eine Resorptionsdauer von mindestens 5 Jahren bei einer Biegefestigkeit von 238 N/mm<sup>2</sup> [6].

In einem Fall wurden eine ergänzende offen chirurgische vordere Kreuzbandplastik mit dem mittleren Patellarsehnen-drittel sowie eine Resektion eines Innenmeniskuskorbhenkelrisses durchgeführt. Drei weitere Patienten erhielten eine mediale Dopplung des Retinaculum nach Majo mit lateralem „release“. Bei 2 Patienten erfolgte lediglich ein laterales Release. Eine Patientin erhielt eine begleitende Anbohrung einer OD mit Spongiosaanlagerung mit Entnahme vom Beckenkamm. Diese Anbohrung erfolgte unabhängig von der Traumagenese bei Zufallsbefund. Das MR-morphologische

Ergebnis dieser Läsion floss nicht in die Studie ein. Bei einem weiteren Patienten erfolgte eine begleitende Schraubensynthese einer Tibiakopffraktur.

## Klinische Untersuchung und Scores

Zur Objektivierung des klinischen Ergebnisses wurden folgende 8 etablierte Scores verwendet: Visuelle Analogskala Schmerz (VASS), Tegner-Aktivitätsscore, Lysholm Score, McDermott Score, Knee Society Score (KSS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS), The foot and ankle disability score – Sports module (FADI+Sports) [4, 14, 18, 21, 24, 27, 36, 41].

## Radiologische Untersuchung

### Magnetresonanztomographie

Die knöcherne Integration und Knorpelmorphologie wurde mittels 3 T MRT (Magnetom Skyra, Fa. Siemens Healthineers, Erlangen) untersucht. Hierbei wurde eine kommerziell erhältliche 16-Kanal-Oberflächenspule (Fa. Noras, Höchberg) mit einem zuvor festgelegten Untersuchungsprotokoll verwendet. Dabei wurden die Knie- und Sprunggelenke der untersuchten Patienten mittels protonengewichteter Sequenz (PD) triplanar dargestellt (sagittal, koronar, transversal). Zur dreidimensionalen Volumenakquisition wurde die knorpelsensitive „3D-double-echo-steady-state“ (DESS)-Sequenz angewendet. Zur Beurteilung des Vorliegens einer Osteonekrose wurden zudem kontrastmittelverstärkte (Gadolinium) T1-gewichtete Sequenzen angefertigt.

### Radiologischer Score

Zur Evaluation der Fragmentvitalität, des Knorpelstatus und des Vorliegens von Osteolysen und Nekrosen wurde in dieser Studie ein modifizierter Score nach Henderson et al. [15] verwendet. Der Score berücksichtigt die Signalintensität des Knorpels, die Oberflächenkonturen von Knorpel und Knochen, die

Transplantatintegration, das Vorhandensein und ggf. Ausmaß von Nekrosen, Knorpeldicke sowie das Vorhandensein und Ausmaß von Osteolysen und Knochenmarködemen. Dabei wurden für jede der 8 Kategorien einer bis 4 Punkte vergeben (1: optimales Ergebnis, 4: schlechtestes Ergebnis). Somit konnten jeweils 8 (exzellente) bis 32 (schlecht) Punkte erreicht werden.

Des Weiteren wurde im Vergleich zu der mittelfristigen Nachuntersuchung von Wachowski et al. [39] ergänzend der derzeit üblicherweise zur Evaluation von Knorpeltransplantaten benutzte Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue (MOCART) Score verwandt [40].

Der MOCART Score setzt sich aus 9 verschiedenen Variablen zusammen und ist damit detaillierter als der Henderson-Score. Die verschiedenen Variablen des MOCART Score beschreiben die Morphologie und die Signalintensität des Knorpelersatzgewebes und des angrenzenden gesunden Knorpels sowie die Integration des Transplantats in das umliegende Knorpelgewebe. Eine vergleichbare Dicke, eine homogene Oberfläche des Knorpels im Vergleich zum angrenzenden, gesunden Knorpel, eine vollständige Integration in den chondralen Verbund sowie eine intakte subchondrale Knochenlamelle und ein intaktes Knochenmark gelten als Kriterien für eine erfolgreiche Knorpelersatztherapie.

## Ergebnisse

Im Rahmen der vorliegenden Langzeitstudie wurden insgesamt 12 Patienten mit 13 Läsionen (7 Männer, 5 Frauen) klinisch sowie MR-morphologisch nachuntersucht. Es fand sich eine relative Homogenität der Fragmentgröße zwischen den Fragmenten am Femur  $4,2 \text{ cm}^2 (\pm 3,5)$ , der Patella  $2,9 \text{ cm}^2 (\pm 1,6)$ , der Tibia  $6 \text{ cm}^2$  und dem Talus  $2,2 \text{ cm}^2 (\pm 0,7)$ . Die ausführlichen Daten des Patientengutes sehen Sie in [Tab. 1](#).

## Klinische Ergebnisse

Die Patienten berichteten im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung nach

durchschnittlich  $13,9 (\pm 1,2)$  Jahren über gute bis exzellente Ergebnisse und gaben eine hohe Zufriedenheit an.

Mit  $1,2 (\pm 1,7)$  für die Kniepatienten und  $2,5 (\pm 2,5)$  für die Sprunggelenkpatienten wurde ein sehr niedriges durchschnittliches Schmerzniveau in der VASS angegeben. Dabei fiel auf, dass 6-mal ein Wert von 0 und somit eine völlige Beschwerdefreiheit angegeben wurden. Eine Patientin gab einen Wert von 1 an. Das durchschnittliche Alter dieser 7 Patienten lag bei  $35,2 (\pm 7,1)$  Jahren. Der Älteste dieser Gruppe war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 44 Jahre alt. Drei weitere Personen gaben hingegen einen deutlich höheren Wert von 3–4 an. Diese wiesen auch ein höheres Durchschnittsalter von  $52 (\pm 1,4)$  Jahren auf. Die beiden Sprunggelenkpatienten hatten ein Alter von 43 und 45 Jahren.

Durchschnittlich wurde ein mäßiges postoperatives Aktivitätsniveau von  $4,4 (\pm 1,3)$  im Tegner-Aktivitätsscore angegeben. Vor der Verletzung gaben die Patienten einen Wert von  $5,8 (\pm 1,3)$  an, für die Sprunggelenkfrakturen  $5,5 (\pm 1,5)$  vor und  $6 (\pm 1)$  zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

Die Funktionsfähigkeit des betroffenen Gelenks schränkte die Patienten im Alltag wenig ein, was sich im hohen Lysholm-Wert von  $85,7 (\pm 12,2)$  für die Kniepatienten und  $87 (\pm 13)$  für diejenigen mit Verletzung am Talus abbildet.

Auch im McDermott Score finden sich sehr hohe Punktzahlen mit  $90,7 (\pm 8,6)$  für die Knie- und  $88 (\pm 12)$  für die Taluspatienten, was einem sehr guten Ergebnis entspricht.

Im KSS werden zumeist exzellente Werte von durchschnittlich  $189 (\pm 14,2)$  erreicht. Dabei fallen sogar 2 Ausreißer mit 165 und 159 auf. Ohne diese beiden erreichen die Probanden Werte von  $195,9 (\pm 4,6)$ , was einem exzellenten funktionellen Ergebnis entspricht.

Die Auswertung des WOMAC ergab mit einem Wert von  $6,16\% (\pm 8,45\%)$  für die Knie- und  $8,54\% (\pm 8,54\%)$  sehr gute Ergebnisse.

Im Fall der beiden Sprunggelenkfrakturen ergaben sich sowohl im AOFAS mit 100 und im FADI+Sports mit 136 Punkten für einen Patienten sehr gute Ergebnisse. Der zweite Patient zeigte mit 51

im AOFAS einen befriedigenden und mit 100 im FADI+Sports einen guten Wert ([Tab. 2](#)).

Bei der klinischen Untersuchung fanden sich bei allen Patienten durchgehend reizlose Weichteile. Die Probanden zeigten alle ein sauberes und zügiges Gangbild. Bei einer Patientin bestand eine Anlaufschmerzsymptomatik im Kniegelenk. Selbige zeigte in vorhandenen konventionellen Röntgenbildern jedoch bereits Arthrosezeichen in den nicht von dem osteochondralen Defekt betroffenen Kompartimenten. Bei keinem Patienten fand sich ein Anhalt für einen Infekt. Ein Kniegelenkerguss konnte kein einziges Mal objektiviert werden. Der Bandapparat zeigte sich in allen Fällen stabil. Die Patella war jeweils frei verschieblich mit negativem Apprehensionstest. Die Beweglichkeit war physiologisch mit durchgehend voller Streckung und Beugung möglich. Lediglich der Patient mit begleitender Tibiakopffraktur zeigte eine maximale Flexion von  $130^\circ$ . Ein Druckschmerz war über den Kniegelenken nicht auslösbar. Zeichen für eine Meniskuspathologie lagen nicht vor.

Die beiden Patienten mit Verletzung im Bereich des Talus zeigten einen altersentsprechenden Bewegungsumfang mit Dorsalextension von  $20^\circ$  und Plantarflexion von  $40^\circ$ .

## Radiologische Ergebnisse

Im Rahmen der 3-T-MRT-Untersuchung zeigten sich alle osteochondralen Fragmente vital. Eine Nekrose fand sich nicht. Es zeigte sich bei allen 13 Läsionen bei 12 Patienten eine gute Integration des jeweiligen refixierten Flake ([Abb. 3](#)). In 5 Fällen kam es zu einer moderaten subchondralen Zystenbildung ( $\varnothing \leq 1 \text{ mm}$ ). Eine Veränderungen der Knorpelkontur zeigte sich bei allen Patienten. Hieraus ergaben sich ein durchschnittlicher modifizierter Henderson-Score von  $14,4 (\pm 2,0)$  und ein durchschnittlicher MOCART Score von  $55,5 (\pm 9,5)$  ([Tab. 3 und 4](#)).

## Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden nun erstmalig Langzeitergebnisse  $13,9 (\pm 1,2)$

Tab. 1 Allgemeine Studiendaten zum Patientenkollektiv

Patientennummer	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Mittelwert	STD
Geschlecht	m	m	m	w	w	w	w	m	w	mS	m	m	–	–
Alter bei Operation (Jahre)	38	26	29	38	15	13	36	27	12	29	29	29	26,8	8,7
Tage bis Operation	5	1	8	14	4	13	5	10	30	7	10	1	9	7,83
Alter bei Studie (Jahre)	54	38	44	51	28	27	51	41	27	42	43	45	40,9	9
Defektgröße (cm <sup>2</sup> )	2,9	3	4,34	9	1	1,1 + 0,6	2,91	6	2,14	6	2,91	1,5	3,3	2,3
Follow-up (Monate)	185	145	176	158	156	167	180	161	177	144	172	185	167	13,8
Follow-up (Jahre)	15,4	12,1	14,7	13,2	13	13,9	15	13,4	14,8	12	14,3	15,4	13,9	1,1
Lokalisation	Femur	Patella	Patella	Patella	Patella	Patella + Femur	Patella	Patella	Patella	Tibia	Talus	Talus	–	–

STD Standardabweichung

Tab. 2 Erhebung der klinischen Scores

Klinische Scores	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Mittelwert	STD
VASS	4	0	0	3	0	0	4	0	1	0	0	5	1,41	1,89
Tegner (vor Unfall)	9	4	6	5	6	6	6	5	5	6	5	7	5,83	1,27
Tegner (aktuell)	4	3	5	4	3	7	4	5	3	6	7	4	4,58	1,44
Lysholm	61	94	100	83	100	94	88	85	84	68	100	74	85,91	12,89
McDermott	85	100	100	87	100	100	76	90	90	79	100	76	90,25	9,75
KSS	194	200	200	189	200	200	189	195	165	159	<sup>b</sup>	<sup>b</sup>	189,1	14,98
WOMAC	0	0	0	23,3	0	0	17,1	0	3,3	11,7	0	17,1	6,04	8,72
AOFAS <sup>a</sup>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100	51	75,5	34,65
FADI+Sports <sup>a</sup>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	136	100	118	25,46

STD Standardabweichung, VASS visuelle Analogskala Schmerz, KSS Knee Society Score, WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, AOFAS American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score, FADI+Sports The foot and ankle disability score – Sports module

<sup>a</sup>AOFAS und FADI+Sports wurden nur bei den Patienten mit Läsion am Talus erhoben

<sup>b</sup>Keine Angabe durch Patient

Jahre nach Refixation von osteochondralen Fragmenten mit resorbierbaren PLLA-Implantaten erhoben. Diese Daten fehlen trotz der häufigen Anwendung des Verfahrens in der täglichen Praxis, was auch von Kühle et al. [23] in einer Multizenterstudie gezeigt werden konnte.

Unter Berücksichtigung gesicherter Kenntnisse darüber, dass die stufenfreie Wiederherstellung von Gelenkoberflächen eine Arthrose verzögern oder gar verhindern kann [37], und der Tatsache, dass knorpelregenerative Verfahren im Vergleich zum originären hyalinen Knorpel minderwertigeres Gewebe hervorbringen [7], erscheint die Refixation

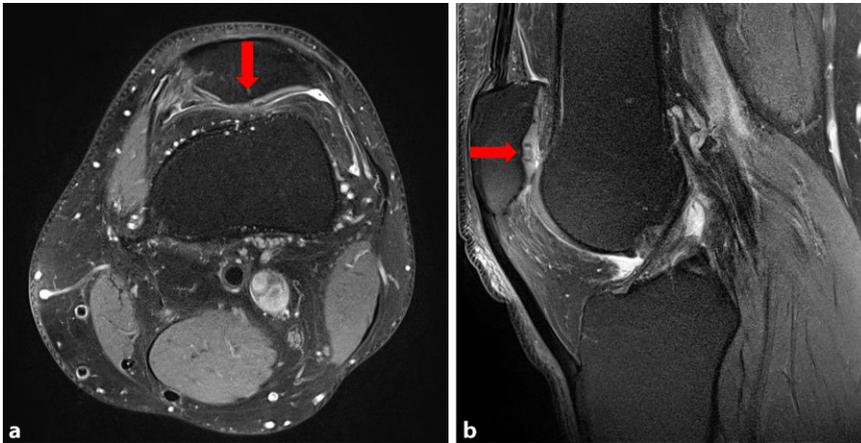
osteochondraler Fragmente sinnvoll und wird entsprechend häufig durchgeführt.

Bisher fehlen Studien zu Langzeitergebnissen bzw. einem Therapiestandard von osteochondralen Abscherfrakturen. So zeigen die vorhandenen und im Weiteren aufgeführten Studien entweder ein kurzes Follow-up [20, 26, 33], eine Heterogenität der Therapiearten bei adäquater Kollektivgröße [30] oder bei Nachuntersuchung lediglich einer Therapieart sehr geringe Fallzahlen [10, 20, 25, 26, 42] bzw. eine Vermischung von chondralen und osteochondralen frischen Abscherfrakturen bzw. einer Osteochondrosis dissecans [10, 42].

Die größte Studie mit einem Patientenkollektiv von 180 stammt von

Paar et al. [30]. Hier konnten aufgrund der großen Varianz der Operationsmethoden (Fibrinkleber; PLLA-Pins; Fibrinkleber + PLLA-Pins; Kirschner-Drähte) und des mit 30 Monaten kurzen Follow-up kaum Empfehlungen ausgesprochen werden. Beschrieben wurde letztlich, dass es bei 9 Patienten zu dauerhaften Schmerzen und bei 6 Fragmenten zu einem fehlenden Einheilen kam.

Die zweitgrößte Studie beschrieb lediglich die Mosaikplastik und nicht die Refixation von osteochondralen Fragmenten bei 142 Patienten, von denen 79 eine osteochondrale Abscherfraktur erlitten hatten [29]. Hier konnte gezeigt werden, dass bei einem Großteil der Patienten nach 8 Jahren keine ausreichende



**Abb. 3** ▲ Protonengewichtete Sequenz. **a** Axial und **b** sagittal 13,9 Jahre nach Refixation eines osteochondralen Fragmentes mittels Poly lactid-Pin

Heilung eingetreten war und lediglich 75 % eine vollständige Beschwerdefreiheit angeben.

Weitere Studien beschrieben einzelne Operationstechniken (alleiniges Débridement; Osteosutur; Fibrinkleber; PLLA-Pins; Schraubenrefixation) mit niedrigen Fallzahlen bis 20 Patienten bei kurzem Follow-up.

Das alleinige Débridement bzw. eine Osteosutur zeigte bei 20 Patienten nach 36 Monaten eine ebenfalls mit 75 % niedrige Erfolgsrate [33].

Kaplonyi et al. [20] untersuchten die Refixation mit Fibrinkleber, Mayer und Seidlein u. a. die Refixation mit allogenen Knochen-Pins [26]. Beide Studien verwendeten im kurzen Follow-up keine standardisierten Evaluationsbogen oder Untersuchungen.

Mittelfristige gute Ergebnisse mit bioresorbierbaren Pins konnten Chotel et al. [10] zeigen. Limitierend waren die geringe Fallzahl mit 5 Patienten und der Einschluss von Patienten mit Schraubenrefixation, Osteosuturen und teilweise additiver Einsatz von Fibrinkleber.

Wouters et al. [42] untersuchten zunächst im Leichenpräparat die biomechanischen Eigenschaften von „smart nails“ und „meniscus arrows“. Hier wurde eine nahezu identische Stabilität gefunden. In der klinischen Anwendung konnte die Arbeitsgruppe für die Meniscus arrows gute klinische und arthroskopische Ergebnisse nach 5 Jahren feststellen und bevorzugte diese aufgrund des kleinen Durchmessers gegenüber den Smart nails

bei fehlenden weiteren Vorteilen. Hier wurde keine Vergleichsgruppe mit Smart nails gebildet, und es wurden 2 Patienten mit OD sowie 3 mit frischer Abscherfraktur untersucht.

Matsusue et al. [25] untersuchten nach Refixation mit PLLA-Pins 5 Patienten (2-mal OD, 3-mal osteochondrale Fraktur) im 4,1-Jahre-Follow-up. Es zeigte sich ein regelrechtes Einheilen ohne Entzündungsreaktion bei vollem Bewegungsumfang und fehlenden Schmerzen.

### Klinische Ergebnisse und Patientenkollektiv

Die klinischen Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass das Verfahren, wenn auch bei kleinem Patientenkollektiv, zu keinen Langzeitkomplikationen, wie Nekrosen des Knorpels oder Knochens, Schädigung des umliegenden Gewebes, Infektionen oder Fremdkörperreaktionen geführt hat. Es konnte weiterhin auch in Korrelation mit den bereits publizierten kurz- und mittelfristigen Ergebnissen [13, 39] gezeigt werden, dass auch langfristig klinisch ein gutes Ergebnis erzielt worden ist.

Dies wird von dem sehr guten Wert im KSS von 189 Punkten objektiviert. Bei der Patientin mit dem schlechtesten Wert zeigte sich neben dem osteochondralen Flake an der Patella eine OD am femoralen Gegenpol. Des Weiteren berichtete sie, in der Folge eine Revision nach einem Jahr am gleichen Knie sowie eine Operation am anderen Knie bei rezidi-

vierenden Patellaluxationen erhalten zu haben. Dieser Umstand könnte die klinischen Ergebnisse hier beeinflussen. Bei allen anderen Patienten mit stattgehabter Patellaluxation trat bis zum Untersuchungszeitpunkt keine Relaxation auf, wobei die damalige Therapie mit Raffung nach Majo bzw. lateralem Release heute nicht mehr State of the Art ist [22]. Der Patient mit dem zweitschlechtesten Outcome hatte eine begleitende Tibiakopffraktur, was das Outcome entscheidend beeinflusst haben könnte. Ähnliches berichteten u. a. Vassilidis et al. [38] in einer Langzeitstudie nach 12,6 Jahren. Hier wurden chondrale Läsionen nach Durchführung einer ACT am patellofemorale Gelenk nachuntersucht.

Im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Verletzung erscheint das Aktivitätsniveau (widergespiegelt im Tegner-Wert von 4,4 ( $\pm 1,3$ )) eher gering. Allerdings muss hinterfragt werden, ob das reduzierte Niveau tatsächlich auf die Verletzung zurückzuführen ist. Bis auf die beiden oben erwähnten Patienten ergeben sich bei allen anderen Probanden hohe funktionelle Score-Werte (z. B. KSS durchschnittlich) trotz eines geringen Aktivitätslevels von z. T. 3–4. Möglicherweise wurde das Aktivitätslevel auch alters- oder zeitbedingt reduziert, ohne dass eine signifikante Limitation seitens des Kniegelenks vorlag. Nach 15 Jahren Lebenszeit werden häufig viele Aktivitäten z. B. im Sportverein bzw. Leistungssport aus unterschiedlichen Gründen nicht mehr ausgeübt. Im näheren Gespräch gaben die Patienten an, dass sie ihr Aktivitätsniveau aufgrund des Alters und anderer Lebensschwerpunkte bewusst angepasst haben. Des Weiteren wurde der Tegner-Aktivitätsscore eher als Ergänzung zum Lysholm Score entwickelt. Die hohen Werte in diesem sprechen also eher für sehr gute Score-Ergebnisse.

In der VASS ergeben sich bei bis auf 3 Patienten sehr geringe Werte von durchschnittlich 0,1 ( $\pm 0,3$ ). Die 3 Probanden mit dem höheren Schmerzlevel sind die 3 ältesten Patienten des Kollektivs mit im Schnitt 52 ( $\pm 1,4$ ) Jahren. Des Weiteren zeigten sich in der aktuellen MRT bereits degenerative Schäden in den vom Trauma nichtbetroffenen

**Tab. 3** Ergebnisse des modifizierten Henderson-Score. (Henderson et al. [15])

Modifizierter Henderson-Score	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Mittelwert	STD
Defektfüllung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Kontur des Knochens	3	3	3	3	2	3	3	1	2	1	2	2	2,33	0,78
Nekrose	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1,08	0,29
Osteolyse/Zyste	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1,42	0,51
Ödem	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1,58	0,51
Intensität des Knorpels	3	2	3	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2,42	0,51
Kontur des Knorpels	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2,42	0,51
Knorpeldicke	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	1	1	2,17	0,72
Gesamt	17	14	17	16	15	15	16	11	14	11	13	14	14,42	2,02

STD Standardabweichung

**Tab. 4** Ergebnisse des MOCART Score. (Welsch et al. [40])

MOCART Score	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Mittelwert	STD
Defektfüllung	10	20	20	10	10	10	15	20	20	10	20	5	14,17	5,57
Integration	10	10	10	10	10	10	15	15	15	10	10	10	11,25	2,26
Oberfläche des Gewebes	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	4,58	1,44
Adhäsion	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
Struktur des Gewebes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intensität des Gewebes (T2-Wichtung)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
Subchondrale Lamelle	5	5	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	4,17	1,95
Subchondraler Knochen	0	0	5	0	0	0	5	5	0	0	0	0	1,25	2,26
Erguss	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	5	5	4,58	1,44
Gesamt	50	60	65	50	50	40	65	70	60	45	60	45	55	9,53

STD Standardabweichung

Kompartimenten der Kniegelenke. Hier hat man es möglicherweise mit idiopathischem Verschleiß zu tun, der auch ohne osteochondrale Läsion aufgetreten wäre. Diese 3 Patienten haben mit 17 (einmal) und 16 (zweimal) auch die schlechtesten Werte im modifizierten Henderson-Score.

Bei den Sprunggelenken spiegelt sich auch in der VASS das Ergebnis der FADI+Sports- und AOFAS-Score-Erhebung wider. Der Patient mit den sehr guten Score-Werten gab einen Wert von 0 an, während der zweite Patient mit 5 einen sehr hohen Wert angab.

Generell ist zu diskutieren, ob nicht die Begleitverletzungen, das Alter und der idiopathische Verschleiß das aktuelle Ergebnis mindestens in Teilen beeinflussen.

### Magnetresonanzmorphologische Ergebnisse

Um eine Vergleichbarkeit mit Vorstudien und mit den vorangegangenen Studien der eigenen Arbeitsgruppe aus den Jahren 2003 [13] und 2010 [39] zu ermöglichen, wurde hier ebenfalls der weitverbreitete modifizierte Score nach Henderson et al. verwendet. Ergänzend wurde nach dem MOCART Score ausgewertet.

Die Ergebnisse nach modifiziertem Henderson-Score zeigten eine geringe Verschlechterung der Werte von 12,6 ( $\pm 3,7$ ) nach 6,5 Jahren und schließlich 14,4 nach 14 Jahren. Hier ist ebenfalls, wie bei der Auswertung nach dem MOCART Score zu diskutieren, ob möglicherweise zusätzliche degenerative Veränderungen zu einer Verschlechterung geführt haben.

In der näheren Auswertung lässt sich zeigen, dass es in keinem Fall zu einer Nekrosebildung gekommen ist und nur

in 5 Fällen noch Restzysten darzustellen sind. Bei einer geringen Größe von kleiner 1 mm Durchmesser handelt es sich am ehesten um eine dezente subchondrale Zystenbildung und nicht um eine Zystenbildung im Bereich des Implantats. Die in der letzten Studie [39] befürchtete Zystenbildung bedingt durch PLLA-Implantate kann somit nicht bestätigt werden. Des Weiteren zeigen sich die Implantate nun komplett resorbiert. Eine Stufenbildung ist nicht mehr zu erkennen, und die Fragmente sind vollständig integriert.

Die Resorptionsdauer der Implantate liegt laut unserer Erkenntnis zwischen 6,5 und 14 Jahren. Dies wurde bisher mit 5 Jahren angegeben [6].

In Hinblick auf den MOCART Score zeigen sich in unserer Studie ebenfalls gute Werte mit einem Median von 55. In einer vergleichbaren Studie wurden 26 Tali nach Therapie einer osteochondralen Läsion mit AMIC mit dem MOCART Score

**Tab. 5** Vergleich der klinischen Scores aus Fuchs et al. [13], Wachowski et al. [39] und aktuell

Score	1,19 ± 0,81 Jahre (Fuchs et al.) [13]	6,5 ± 1 Jahre (Wachowski et al.) [39]	13,9 ± 1,2 Jahre (aktuell)
VASS	–	1,9 ± 2,4	1,41 ± 1,89
Tegner vor Unfall	5,06 ± 1,0	6,8 ± 2,1	5,83 ± 1,27
Tegner zum Studienzeitpunkt	4,63 ± 1,02	5,0 ± 1,7	4,58 ± 1,44
Lysholm	–	84,8 ± 14,3	85,91 ± 12,88
McDermott	89 ± 8,61	91,3 ± 7,9	90,25 ± 9,75
KSS	–	189,4 ± 12,1	189,1 ± 14,98
WOMAC	–	–	6,04 ± 8,72

VASS visuelle Analogskala Schmerz, KSS Knee Society Score, WOMAC Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

ausgewertet und zeigten nach 12 Monaten ähnliche Werte, welche als gut benannt wurden [1]. Beim MOCART Score gibt es mehrere Kriterien, die sich auf das gesamte Knie beziehen, und somit ergeben sich bei zusätzlichen degenerativen Veränderungen schlechtere Werte. Auf die umschriebene Region des Flake bezogen, liegen häufig bessere Ergebnisse vor als durch den Gesamt-Score projiziert.

### Vergleich mit früheren Ergebnissen

Verglichen mit den klinischen Ergebnissen von Fuchs et al. [13] und Wachowski et al. [39] mit nahezu vollständig übereinstimmenden Patientenkollektiven nach 14 Monaten bzw. 6,5 Jahren finden sich weiterhin bis auf wenige Ausnahmen sehr gute bis exzellente Werte (Tab. 5). Damit können auch wir nach 13,9 (±1,2) Jahren bestätigen, dass die Refixation von osteochondralen Flakes zumindest unter klinischen Gesichtspunkten absolut zu empfehlen ist.

Magnetresonanzmorphologisch zeigten sich im Rahmen der Nachuntersuchung im Vergleich zu den früheren Zeitpunkten ebenfalls leichte Alterationen der Knorpeloberfläche und auch Inhomogenitäten des Knorpels. Die damals deutlich auffallenden zystischen Veränderungen, welche auf die aus der Literatur bekannte [16], auch nach 6,5 Jahren noch andauernde, Resorption der Implantate zurückgeführt wurden, zeigen sich deutlich regredient. Die befürchtete Persistenz oder gar Verschlechterung des Integrationsgrades der Fragmente ist ausgeblieben. Dies relativiert die damals

zurückhaltende Bewertung der MR-morphologischen Resultate. Der subjektiv positive Eindruck wird durch die objektiv konstant guten Werte im modifizierten Henderson-Score auch nach 13,9 (±1,2) Jahren widergespiegelt. Für das Gesamtkollektiv der untersuchten Kniepatienten zeigte sich eine nichtsignifikante Änderung des Score von 12,6 (±3,7) nach 6,5 Jahren auf schließlich 14,4 nach 13,9 (±1,2) Jahren. In der Untersuchung nach 1,19 (±0,81) Jahren von Fuchs et al. [13] wurde noch kein vergleichbarer Score erhoben.

Als Einschränkung der hier präsentierten Studie wären die geringe Anzahl der Patienten, heterogene Lokalisationen der osteochondralen Fragmente und das retrospektive, rein deskriptive Studiendesign zu nennen. Weiterhin wurden Patienten mit Begleitverletzungen nicht ausgeschlossen. Daher können Beschwerden nicht sicher mit der Knorpelverletzung assoziiert werden. Diese würden aber eher zu einer Verschlechterung der Ergebnisse führen, daher werden die guten klinischen und MR-morphologischen Resultate sogar aufgewertet.

### Schlussfolgerung

Aufgrund der guten bis sehr guten klinischen und guten MR-morphologischen Langzeitergebnisse (13,9 (±1,2) Jahre) ist die Refixation von osteochondralen Fragmenten mittels resorbierbarer PLLA-Implantate als empfehlenswertes Verfahren zu werten.

### Fazit für die Praxis

- Osteochondrale Fragmente sollten aufgrund der guten bis sehr guten Langzeitergebnisse primär refixiert werden.
- Durch die Refixation kann im Gegensatz zu regenerativen Verfahren der hyaline Knorpel erhalten werden.
- Refixation mit Polylactid-Implantaten stellt ein risikoarmes Verfahren dar.
- Es zeigen sich klinisch gute bis sehr gute und MR-morphologisch gute Langzeitergebnisse.

### Korrespondenzadresse



**H. Rüter**  
Klinik für Unfallchirurgie,  
Orthopädie und Plastische  
Chirurgie, Universitätsmedi-  
zin Göttingen  
Robert-Koch-Str. 40,  
37075 Göttingen,  
Deutschland  
hauke.ruether@med.uni-  
goettingen.de

**Funding.** Open Access funding provided by Projekt DEAL.

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** H. Rüter, A. Seif Amir Hosseini, S. Frosch, D. Hoffmann, J. Lotz, W. Lehmann, U. Streit und M. M. Wachowski geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Diese retrospektive Studie erfolgte nach Konsultation der zuständigen Ethikkommission und im Einklang mit nationalem Recht.

**Open Access** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

## Literatur

- Albano D, Martinelli N, Bianchi A et al (2017) Evaluation of reproducibility of the MOCART score in patients with osteochondral lesions of the talus repaired using the autologous matrix-induced chondrogenesis technique. *Radiol Med* 122:909–917. <https://doi.org/10.1007/s11547-017-0794-y>
- Anders S, Götz J, Grifka J, Baier C (2017) Knorpelreparative Eingriffe am oberen Sprunggelenk: Therapieoptionen, Ergebnisse und technische Aspekte. *Orthopäde* 46:938–946. <https://doi.org/10.1007/s00132-017-3470-y>
- Årøen A, Løken S, Heir S et al (2004) Articular cartilage lesions in 993 consecutive knee arthroscopies. *Am J Sports Med* 32:211–215. <https://doi.org/10.1177/0363546503259345>
- Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH et al (1988) Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 15:1833–1840
- Biber R, Pauser J, Brem M, Bail HJ (2017) Bioabsorbable metal screws in traumatology: a promising innovation. *Trauma Case Reports* 8:11–15. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2017.01.012>
- Böstman OM, Laitinen OM, Tynniinen O et al (2005) Tissue restoration after resorption of polyglycolide and poly-l-lactic acid screws. *J Bone Joint Surg Br* 87-B:1575–1580. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.87B11.16520>
- Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A et al (1994) Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N Engl J Med* 331:889–895. <https://doi.org/10.1056/NEJM199410063311401>
- Bruns J, Rosenbach B (1990) Pressure distribution at the ankle joint. *Clin Biomech* 5:153–161. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(90\)90018-2](https://doi.org/10.1016/0268-0033(90)90018-2)
- Buckwalter JA, Mankin HJ (1998) Articular cartilage: degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration, and transplantation. *Instr Course Lect* 47:487–504
- Chotel F, Knorr G, Simian E et al (2011) Knee osteochondral fractures in skeletally immature patients: French multicenter study. *Orthop Traumatol Surg Res* 97:S154–S159. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2011.09.003>
- Curl WW, Krome J, Gordon ES et al (1997) Cartilage injuries: a review of 31,516 knee arthroscopies. *Arthroscopy* 13:456–460. [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(97\)90124-9](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(97)90124-9)
- Fritz J, Gaissmaier C, Schewe B, Weise K (2006) Biologische Knorpelrekonstruktion im Kniegelenk. *Unfallchirurg* 109:563–576. <https://doi.org/10.1007/s00113-006-1121-6>
- Fuchs M, Vosshenrich R, Dumont C, Stürmer KM (2003) Refixation osteochondraler Fragmente mit resorbierbaren Implantaten: Erste Ergebnisse einer retrospektiven Studie. *Chirurg* 74:554–561. <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0623-9>
- Hale SA, Hertel J (2005) Reliability and sensitivity of the foot and ankle disability index in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Train* 40:35–40
- Henderson IJP, Tuy B, Connell D et al (2003) Prospective clinical study of autologous chondrocyte implantation and correlation with MRI at three and 12 months. *J Bone Joint Surg Br* 85-B:1060–1066. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.85B7.13782>
- Hoffmann R, Weiler A, Helling HJ et al (1997) Local foreign-body reactions to biodegradable implants. *Unfallchirurg* 100:658–666. <https://doi.org/10.1007/s001130050172>
- Höhne S, Gerlach K, Irlenbusch L et al (2017) Patella dislocation in children and adolescents. *Z Orthop Unfall* 155:169–176. <https://doi.org/10.1055/s-0042-122855>
- Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN (1989) Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res* 248:13–14
- Jerosch J, Schulz A (2003) Therapiekonzepte bei osteochondralen Läsionen und der Osteochondrosis dissecans tali. *Arthroskopie* 16:51–57. <https://doi.org/10.1007/s00142-003-0204-4>
- Kaplonyi G, Zimmermann I, Frenyo AD et al (1988) The use of fibrin adhesive in the repair of chondral and osteochondral injuries. *Injury* 19:267–272. [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(88\)90043-5](https://doi.org/10.1016/0020-1383(88)90043-5)
- Kitaoka HB, Alexander J, Adelaar RS et al (1994) Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int* 15:349–353. <https://doi.org/10.1177/107110079401500701>
- Köhne M, Münch E-O (2013) Patellaluxation: Risikofaktoren, Diagnose und patientenorientierte Therapie: Detaillierte Anatomiekenntnisse wichtig für Behandlungserfolg. *Orthop Rheuma* 16:21–31. <https://doi.org/10.1007/s15002-013-0130-4>
- Kühle J, Angele P, Balcarek P et al (2013) Treatment of osteochondral fractures of the knee: a meta-analysis of available scientific evidence. *Int Orthop* 37:2385–2394. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-2070-7>
- Lysholm J, Gillquist J (1982) Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10:150–154. <https://doi.org/10.1177/036354658201000306>
- Matsusue Y, Nakamura T, Suzuki S, Iwasaki R (1996) Biodegradable pin fixation of osteochondral fragments of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 322:166–173
- Mayer G, Seidlein H (1988) Chondral and osteochondral fractures of the knee joint? Treatment and results. *Arch Orthop Trauma Surg* 107:154–157. <https://doi.org/10.1007/BF00451595>
- McDermott AG, Langer F, Pritzker KP, Gross AE (1985) Fresh small-fragment osteochondral allografts. Long-term follow-up study on first 100 cases. *Clin Orthop Relat Res* 197:96–102
- Niemeyer P, Becher C, Brucker P et al (2018) Stellenwert der matrixaugmentierten Knochenmarkstimulation in der Behandlung von Knorpelschäden des Kniegelenks: Konsensempfehlungen der AG Klinische Geweberegeneration der DGO. *Z Orthop Unfall* 156:513–532. <https://doi.org/10.1055/a-0591-6457>
- Ollat D, Lebel B, Thauinat M et al (2011) Mosaic osteochondral transplantations in the knee joint, midterm results of the SFA multicenter study. *Orthop Traumatol Surg Res* 97:S160–S166. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2011.08.005>
- Paar O, Boszotta H (1991) Avulsion fractures of the knee and upper ankle joint. Classification and therapy. *Chirurg* 62:121–125
- Rauch A, Rembeck E, Kohn L (2018) Operative Therapie von Knorpelschäden. *Orthopäde* 47:965–978. <https://doi.org/10.1007/s00132-018-3630-8>
- Salzmann GM, Calk A-K, Preiss S (2017) Second-generation autologous minced cartilage repair technique. *Arthrosc Tech* 6:e127–e131. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2016.09.011>
- Savarese A, Lunghi E (1990) Traumatic dislocations of the patella: problems related to treatment. *Chir Organi Mov* 75:51–57
- Shah NV, Meislin R (2013) Current state and use of biological adhesives in orthopedic surgery. *Orthopedics* 36:945–956. <https://doi.org/10.3928/01477447-20131120-09>
- Stefancin JJ, Parker RD (2007) First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res* 455:93–101. <https://doi.org/10.1097/BLO.0b013e31802eb40a>
- Tegner Y, Lysholm J (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 198:43–49. <https://doi.org/10.1097/0003086-198509000-00007>
- Touten Y, Adachi N, Deie M et al (2007) Histologic evaluation of osteochondral loose bodies and repaired tissues after fixation. *Arthroscopy* 23:188–196. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.10.019>
- Vasiladis HS, Lindahl A, Georgoulis AD, Peterson L (2011) Malalignment and cartilage lesions in the patellofemoral joint treated with autologous chondrocyte implantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:452–457. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1267-1>
- Wachowski M, Floerkemeier T, Balcarek P et al (2011) Mittelfristige klinische und kernspintomografische Ergebnisse nach Refixation osteochondraler Fragmente mit resorbierbaren Implantaten. *Z Orthop Unfall* 149:61–67. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250591>
- Welsch GH, Zak L, Mamisch TC et al (2009) Three-dimensional magnetic resonance observation of cartilage repair tissue (MOCART) score assessed with an isotropic three-dimensional true fast imaging with steady-state precession sequence at 3.0 tesla. *Invest Radiol* 44:603–612. <https://doi.org/10.1097/RLI.0b013e3181b5333c>
- Wilkie D, Lovejoy N, Dodd M, Tesler M (1990) Cancer pain intensity measurement: concurrent validity of three tools—finger dynamometer, pain intensity number scale, visual analogue scale. *Hosp J* 6:1–13. <https://doi.org/10.1080/0742-969X.1990.11882622>
- Wouters DB, Bos RRM, van Horn JR, van Luyn MJA (2008) Should in the treatment of osteochondritis dissecans biodegradable or metallic fixation devices be used? A comparative study in goat knees. *J Biomed Mater Res Part B Appl Biomater* 84B:154–164. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30857>