

Autologe osteochondrale Transplantate

Zur Therapie von Knorpelläsionen stehen verschiedene operative Verfahren zur Verfügung. Deren Vergleichbarkeit ist äußerst problematisch, da in publizierten Untersuchungen unterschiedliche Knorpeldefekte mit verschiedenen Therapiekonzepten behandelt, und die Ergebnisse mit morphologisch und funktionell uneinheitlichen Bewertungskriterien analysiert wurden [24].

Es werden zum einen Verfahren eingesetzt, die durch die Eröffnung des subchondralen Knochens mit der Folge des Einwanderns pluripotenter Stammzellen die natürlichen Regenerationsmechanismen des Gelenks stimulieren. In der Folge bildet sich ein faserknorpeliges Ersatzgewebe [21, 33].

Zum anderen kann die Wiederherstellung der Knorpeloberfläche durch die Übertragung von Knorpelgewebe erfolgen. Hier kommt die Knorpelzelltransplantation, auch als „autologe chondrozyten transplantation (ACT)“ bzw. „autologous chondral implantation (ACI)“ bezeichnet, zur Anwendung [9]. Als weiteres Verfahren steht die Knorpel-Knochen-Transplantation (KKT), in der angloamerikanischen Literatur als „osteochondral autologous transplantation“ (OATS) benannt, zur Verfügung. Hierbei werden Knorpel-Knochen-Zylinder aus einer weniger belasteten Region des Gelenks in das Areal des Knorpelschadens transferiert [5, 15, 36]. Als besonderer Vorteil dieses Operationsprinzips ist zu erwähnen, dass hiermit sowohl der geschädigte Knorpel, als auch der darunter liegende, evtl. ebenfalls pathologisch veränderte Knochen durch

die Übertragung eines vitalen Knorpel-Knochen-Dübels ersetzt wird. Somit kann die Methode unabhängig von der Defektursache und -tiefe angewendet werden.

Biologie des Transplantateinbaus

Das Operationsverfahren der KKT basiert auf der Beobachtung, dass der knöchernen Anteil eines transferierten osteochondralen Dübels im spongiosen Lager schnell und zuverlässig einheilt [23]. Zur Entnahme haben sich innengeschülte diamantbeschichtete Hohlschleifen besonders bewährt, da es zu keiner Hitzeschädigung oder Mikrofrakturierung des Transplantats kommt. Auch Verletzungen des Transplantatlagers bleiben in der Regel aus. Im sog. Nassschleifverfahren lassen sich diese Zylinder sehr exakt mit hoher Primärstabilität pressfit implantieren. Tierexperimentell konnte neben einer hohen Präzision für die Pressfit-Verankerung eine frühzeitige Einheilung im spongiosen Knochen nachgewiesen werden (■ **Abb. 1**). Des Weiteren hat sich gezeigt, dass die Primärstabilität mit der Größe des Transplantats signifikant zunimmt [11, 12, 22].

Auch in der humanmedizinischen Anwendung lassen sowohl magnetresonanztomographische Verlaufskontrollen als auch histologische Untersuchungen aus Stanzbiopsien im Rahmen von Kontrollarthroskopien eine knöcherne Integration des Transplantats erkennen [5, 15, 17, 23]. Während das übertragene Knorpelgewebe auch in Langzeituntersuchungen nach 5 Jahren als originärer hyaliner Knorpel nachweisbar ist, zeigt sich im Bereich der Grenze zwischen Transplantat und orts-

ständigem Gewebe (Interface) jedoch keine Integration. Hier persistiert makro- und mikroskopisch ein von Faserknorpel gefüllter Spalt [17, 23]. Auch der ursprüngliche Hebedefekt wird in der Folge vom Faserknorpel bedeckt [1, 15].

Bezüglich des idealen Entnahmeareals wird in der Regel das Transplantat aus dem medialen oder lateralen kranialen Anteil des Patellagleitlagers gewonnen (■ **Abb. 2**). Hierbei handelt es sich zwar um artikulierende Gelenkanteile, diese weisen jedoch eine relativ geringe Druckbelastung auf. Es muss dennoch darauf hingewiesen werden, dass während der physiologischen Kniegelenkbewegung auch diese Areale unter Kompression stehen [34]. Auch der dorsale inferiore Anteil des medialen und lateralen Femurkondylus kann als Spendeareal genutzt werden [1, 16].

Die Tatsache, dass die Knorpelqualität je nach Lokalisation erhebliche Unterschiede aufweisen kann [29], scheint auf das Ausheilungsergebnis keine negativen Auswirkungen zu haben.

Diagnostik

Anamnestisch berichten die Patienten typischerweise über belastungsabhängige, relativ gut lokalisierbare Gelenksbeschwerden und teilweise über rezidivierende Schwellungszustände. Bei der klinischen Befunderhebung liegt das Hauptaugenmerk auf dem Ausschluss von Begleitpathologien. Hier ist neben der freien Beweglichkeit insbesondere darauf zu achten, dass z. B. am Kniegelenk kein Hinweis auf eine Meniskusläsion, eine Bandinstabilität oder Abweichungen der

Hier steht eine Anzeige.



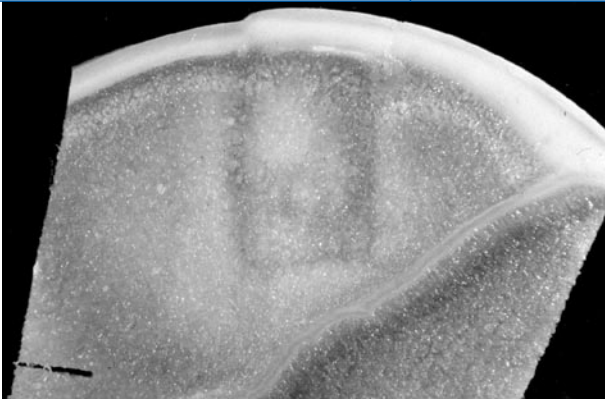


Abb. 1 ◀ Knöcherne Integration eines autologen KKT nach 4 Wochen im Tierversuch (Minipig)

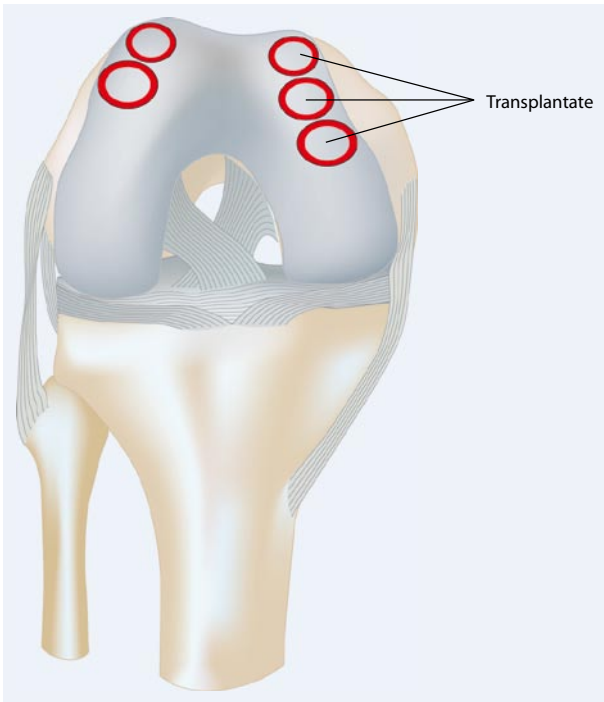


Abb. 2 ◀ Geeignete Areale zur Gewinnung des Transplantats im medialen und lateralen Gleitlager der Patella

Beinachse vorliegen, die vor oder zeitgleich mit einer Knorpeltransplantation zu behandeln sind.

Zur präoperativen apparativen Diagnostik stehen die nativradiologische Darstellung des betroffenen Gelenks und die MRT zur Verfügung, ggf. ergänzt durch eine Einbeinstandanzaufnahme des Beins.

Die konventionelle Röntgenaufnahme zeigt bei osteochondralen Defekten eine Aufhellung der Knochenstruktur, teilweise mit umgebendem Sklerosesaum. Die MRT hat in der präoperativen Diagnostik durch die Möglichkeit einer gewebespezifischen Weichteildarstellung entscheidend an Bedeutung gewonnen. Die Untersuchung erfolgt in koronarer und sagittaler Schnittführung in den T1- und T2-gewichteten Spinechsequenzen. Eine zu-

sätzliche T1-Gewichtung mit Kontrastmittel (Gadoliniumchelate) lässt neben der Beurteilung der Knorpelsituation auch Aussagen über Veränderungen des subchondralen Knochens zu, die sich der Röntgenativdiagnostik entziehen. Die Untersuchung dient darüber hinaus auch der Beurteilung der Entnahmestellen und des Femoropatellargelenks. Die definitive Einschätzung des Knorpelschadens sowie seines Schweregrades wird im Rahmen der arthroskopischen Befunderhebung gestellt.

Indikationen und Kontraindikationen

Als ideale Indikation zur KKT werden symptomatische umschriebene Knorpelschäden in der Belastungszone 3. und 4. Grades nach der Klassifikation der Osteo-

chondrosis dissecans von Berndt u. Harty [4] bzw. der Klassifikationen der Knorpel-läsionen nach Outerbridge [27] oder dem ICRS-Score angesehen (■ **Tab. 1**).

Als typische Lokalisation sind der mediale und laterale Femurkondylus, die Patellarrückfläche sowie die mediale Talus-schulter zu nennen [2, 5, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 24, 25, 31].

Bezüglich der KKT in Lokalisationen außerhalb des Kniegelenks ist insbesondere der Transfer eines Zylinders aus dem Kniegelenk in das obere Sprunggelenk in der sog. Zweigelenktechnik zu erwähnen. Bei entsprechender Indikation hat sich dieses Vorgehen als geeignete Methode zur Therapie umschriebener osteochondraler Defekte am Talus mit gutem und sehr gutem klinischen Ergebnis bewährt. Die in der Regel erforderliche Osteotomie des medialen Malleolus und die Notwendigkeit, eine Arthrotomie eines 2. unversehrten Gelenks durchzuführen, müssen jedoch Anlass zu einer kritischen Indikationsstellung sein [15, 20, 25].

Über die KKT bei Knorpelschäden weiterer Gelenke (z. B. Schulter-, Ellenbogen- oder Hüftgelenk) bestehen bislang noch keine ausreichenden Erfahrungen bzw. wurden unbefriedigende Ergebnisse publiziert [18, 30, 31, 35].

Bezüglich der zu behandelnden Defektgröße ist das Verfahren für Knorpelschäden von 1–3 cm² etabliert. Die Transplantation größerer Defekte ist aufgrund der steigenden Komorbidität an der Entnahmestelle sehr kritisch zu bewerten und stellt nach Ansicht der Autoren eher eine Indikation zur autologen Chondrozytentransplantation (ACT) dar. Bei ausgedehnten Veränderungen des subchondralen Knochens kann diese ggf. durch eine Spongiosoplastik ergänzt werden. Ebenso ist die Kombination beider Verfahren im Sinne eines Aufbaus des Defektrandes mittels Knorpel-Knochen-Zylindern mit Deckung des zentralen Defektanteils mittels ACT möglich [6, 8].

Bestehende Achsenabweichungen von >5° in der Frontalebene bzw. >15° in der Sagittalebene müssen zunächst operativ korrigiert werden. Erst bei Persistenz der Beschwerden über einen Zeitraum von weiteren 6 Monaten hinaus ist die Indikation zu Knorpel reparativen Maßnahmen gegeben.

R. Schnettler · U. Horas · C. Meyer

Autologe osteochondrale Transplantate

Zusammenfassung

Zur Wiederherstellung von Knorpeloberfläche und geschädigtem subchondralem Knochen steht die Knorpel-Knochen-Transplantation (KKT) zur Verfügung. Hierbei werden Knorpel-Knochen-Zylinder aus einer weniger belasteten Region des Gelenks in das Areal des Knorpelschadens transferiert. Das Operationsverfahren basiert auf dem Prinzip der Pressfit-Verankerung des in der Regel aus dem medialen oder lateralen kranialen Anteil des Patellagleitlagers gewonnenen Transplantats mit nachfolgender zuverlässiger Einheilung im knöchernen Lager.

Die Indikationsstellung erfolgt nach der klinischen, radiologischen, magnetresonanztomographischen und arthroskopischen Diagnostik sowie dem Ausschluss von Begleitpathologien. Als ideale Indikation zur KKT werden symptomatische isolierte Knorpelschäden 3. und 4. Grades in der Belastungszone des medialen oder lateralen Femurkondylus angesehen. Auch die retropatellare Knorpel-

läsion und die Osteochondrosis dissecans der medialen Talusschulter gelten als Operationsindikation. Das Verfahren ist für Knorpelschäden von 1–3 cm² Ausdehnung etabliert.

Nach bisherigem Kenntnisstand ist die KKT das einzige operative Verfahren, das in der Lage ist, langfristig eine Defektdeckung mit hyalinem Knorpel zu erreichen. Bei dieser Operationsmethode ist die Spendermorbidity im Patellagleitlager zu diskutieren. Insbesondere nach der Entnahme mehrerer Zylinder kann eine Belastungsschmerzhaftigkeit auftreten. Daher werden Knorpeldefekte, welche die Größe von 2 Zylindern zu maximal 12 mm und eines weiteren kleinen Zylinders überschreiten, als Indikationsgrenze angesehen.

Schlüsselwörter

Autologe Knorpel-Knochen-Transplantation · Knorpeldefektbehandlung · Osteochondrosis dissecans

Gelenkinstabilitäten (z. B. bei Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes) sind vor bzw. im Rahmen einer KKT operativ zu sanieren. Ebenso sind bestehende Bewegungseinschränkungen zunächst durch eine adäquate Physiotherapie zu behandeln.

Neben einer bereits bestehenden generalisierten Arthrose stellen sog. „kissing lesions“, d. h. Knorpelschäden miteinander artikulierender Gelenkflächen, eine weitere Kontraindikation zur KKT dar. In der Anamnese des Patienten sind eine stattgehabte bakterielle Arthritis sowie das Vorliegen systemischer Gelenkerkrankungen auszuschließen.

Technik

Der operative Eingriff wird am Beispiel der KKT des Kniegelenks mittels des Nassschleifverfahrens „Diamond-Bone-Cutting-System“ (DBCS) bzw. „Surgical Diamond Instruments“ (SDI) beschrieben. Die Besonderheit bei dieser Technik besteht darin, dass beim Schleifen des Transplantats durch diamantbeschichtete Hohlschleifenpaare über eine Spülvorrichtung das Abriebmaterial entfernt und die Schlifffläche am Knochen gekühlt wird. Die spätere „Pressfit-Verankerung“ wird durch die Wahl eines im Innendurchmesser 0,15 mm größeren Diamantschleifers für das Transplantat erreicht (▣ **Abb. 3**).

Nach anteromedialer oder anterolateraler Arthrotomie erfolgt zunächst die Beurteilung der Knorpeldefektgröße. Nach der Entfernung des Knorpeldefekts durch Ausschleifen eines Knorpel-Knochen-Zylinders wird ein entsprechend 0,15 mm größer dimensionierter Knorpel-Knochen-Dübel mit intaktem hyalinem Knorpel z. B. aus dem Rand des Patellagleitlagers mit der Zwillingshohlschleife gewonnen. Zur Entnahme der Zylinder verwendet man einen mit 3 Nuten versehenen Extraktor, der durch eine ruckartige Drehbewegung das Knorpel-Knochen-Präparat an seiner Basis aus dem spongiösen Knochen abgeschert (▣ **Abb. 3**). Dieses lässt sich danach mit einem Kunststoffstößel ohne Beschädigung der Knorpeloberfläche in toto aus diesem vorsichtig heraus schieben.

Bei der Wahl des Transplantats ist auf die vergleichbare Oberflächenkrüm-

Autologous osteochondral transplants

Abstract

Osteochondral transplantation is a treatment option for restoring lesions of the cartilage surface and the underlying subchondral bone. For this technique, osteochondral cylinders are taken from less loaded regions of the knee joint and brought into the defect. It is based on press-fit implantation of osteochondral cylinders that are harvested from the mediocranial or laterocranial aspect of the patellofemoral joint with subsequent stable bony integration of the transplant.

Indications for osteochondral transplantation must consider clinical, radiological, and magnetic resonance aspects, and concomitant pathologies of the joint should be eliminated. Isolated grade III and IV cartilage lesions in the load-bearing area of the medial or lateral femoral condyle are considered to be ideal indications for osteochondral transplantations. Further indications are retropa-

tellar defects and lesions of the medial aspect of the talus. The technique is established for defects from 1 cm² to 3 cm².

At this time, osteochondral transplantation is the only surgical method to achieve long-term coverage of the defect with hyaline cartilage. Donor site morbidity at the patellofemoral joint needs to be discussed because, particularly after the harvest of several cylinders, pain syndromes can develop. Therefore, the technique should be limited to two cylinders with a maximum diameter of 12 mm and one further cylinder with a smaller diameter.

Keywords

Autologous osteochondral transplantation · Treatment of cartilage defects · Osteochondritis dissecans

Tab. 1 Etablierte Klassifikationen von Knorpelschäden

Stadium	Klassifikation osteochondraler Läsionen nach Berndt u. Harty (1959) [4]	Klassifikation von Knorpelschäden nach Outerbridge (1961) [28]	ICRS-Score zur Klassifikation von Knorpelschäden [7]
I	Kompression der subchondralen Trabekulae	Leichte Knorpelerweichung und -verdickung	Oberflächliche Läsion, Knorpelerweichung (A) und/oder oberflächliche Einrisse und Aufbrüche (B)
II	Inkomplette Avulsion eines osteochondralen Fragments	Oberflächliche Rissbildung, Länge <1,77 cm (0,5 Inch)	Läsionen, deren Tiefe <50% der Dicke der Knorpelschicht erreicht
III	Komplette Avulsion ohne Dislokation	Tiefe Rissbildung, bis zum subchondralen Knochen reichend, Länge >1,77 cm (0,5 Inch)	Läsionen, deren Tiefe >50% der Dicke der Knorpelschicht erreicht (A), die bis zur kalzifizierten Knorpelschicht reichen (B), die bis zum subchondralen Knochen reichen (C), Knorpelaufreibungen (D)
IV	Komplette Avulsion mit Dislokation	Freiliegender subchondraler Knochen	Schwere Knorpelläsionen

mung und -neigung zu achten, um eine möglichst kongruente Defektdeckung erreichen zu können. Dies ist für die Belastungszone der Femurkondylen am ehesten durch Transplantate aus der anteromedialen oder der anterolateralen Trochlea gewährleistet [3, 16].

Die Länge des gewonnenen Knorpelknochen-Dübels wird nun an die des Resektats angepasst, um eine vollständige Versenkbarkeit in den Defekt zu gewährleisten. Falls das Transplantat einen kürzeren Spongiosaanteil aufweist als das Resektat, muss der Defekt durch vitale autologe Spongiosa (aus dem Resektat gewonnen) teilweise gefüllt werden, um ein späteres Einsinken des Transplantats zu vermeiden. Es folgt durch Einschieben und behutsames Stößeln die „Pressfit-Transplantation“ des Zylinders in den vorbereiteten Defekt ohne weitere Fixation (▣ **Abb. 4**). Insbesondere beim Eintritt der Knorpelschicht in den Defekt ist darauf zu achten, dass diese sich nicht vom subchondralen Knochen ablöst.

Bei größeren Defekten werden 2 oder auch mehrere Zylinder in sich geringgradig überlappender Anordnung nebeneinander eingebracht (▣ **Abb. 4, 5**). Hierbei ist die exakte Entnahme und Implantation besonders wichtig, um eine Stufenbildung im Bereich der Knorpelübergänge zu vermeiden.

Die Hebedefekte können mit der Spongiosa des aus dem Defekt gewonnenen Zylinders oder mit Knochensatzmaterial gefüllt werden (▣ **Abb. 6**).

Der schichtweise Gelenk- und Wundverschluss beendet den Eingriff. Eine postoperative Ruhigstellung ist nicht erforderlich. Die Mobilisierung erfolgt unter schmerzadaptiertem Belastungsaufbau. Nach der Transplantation eines ein-

zelen Zylinders ist prinzipiell eine Vollbelastung möglich. Aufgrund der durchgeführten Arthrotomie hat sich jedoch eine Abrollbelastung bis zum Abklingen der postoperativen Schwellungsphase bewährt. Im Anschluss an eine KKT mehrerer Zylinder sollte eine 20-kg-Abrollbelastung für 6 Wochen durchgeführt werden. Die Wiederaufnahme sportlicher Tätigkeiten wie Fahrradfahren oder Schwimmen ist bereits nach 6 Wochen gewünscht, die Steigerung der sportlichen Aktivität kann nach 3 Monaten erfolgen.

Diskussion

Während sowohl die ACT als auch die KKT gute und sehr gute Langzeitergebnisse aufweisen, belegen tierexperimentelle und klinische Studien bislang nur für das Verfahren der KKT, dass originärer hyaliner Knorpel im ursprünglichen Defekt dauerhaft wiederhergestellt werden kann.

Durch die ACT entsteht ein Reparaturgewebe, das aufgrund seiner histologischen und immunhistochemischen Eigenschaften als hyalinartiger Knorpel bezeichnet wird. Als wichtigstes Kriterium des „hyaline-like cartilage“ ist der immunhistochemische Nachweis von Kollagen II zu nennen. Darüber hinaus sollte der Proteoglykangehalt vergleichbar mit dem des hyalinen Knorpels sein. Die weiteren Eigenschaften des hyalinen Knorpels wie der typische mehrschichtige Aufbau, die charakteristischen Zellformationen und die sog. Maskierung der Kollagenfasern in der histologischen Anfärbung weist dieses Regeneratgewebe in der Regel nicht auf.

Das beschriebene Nassschleifverfahren mittels Diamant besetzter Hohlschlei-

fen zeichnet sich durch seine hohe Präzision in Verbindung mit einem minimalen Substanzverlust aus, was sich insbesondere bei der Defektdeckung mit mehreren überlappenden Zylindern durch eine hohe Primärstabilität und eine schnelle osäre Integration der eingebrachten Transplantate widerspiegelt [11, 17, 23]. Im sog. Interface zwischen ortsständigem und transplantiertem Knorpel verbleibt nach aktuellem Kenntnisstand jedoch dauerhaft ein mit Faserknorpel gefüllter Spalt [17, 23].

Obwohl die Wiederherstellung der Kongruenz durch das Einbringen mehrerer kleiner Zylinder (Mosaikplastik) operationstechnisch gegebenenfalls besser möglich ist, wirkt sich die beschriebene Faserknorpelbildung zwischen den Transplantaten nachteilig auf die Stabilität der Knorpeloberfläche aus. Ebenso ist die knöchernen Primärstabilität signifikant geringer, je kleiner das Transplantat ist [12, 15, 20].

Unterschiedliche klinische Nachuntersuchungen nach 5–7 Jahren nach KKT belegen übereinstimmend einen hohen Prozentsatz von 80–90% guter und sehr guter klinischer Ergebnisse mit Erreichen eines überwiegend hohen sportlichen Aktivitätsniveaus [5, 14, 15, 17, 22]. Auch Biopsien aus dem Transplantationsgebiet zeigten nach diesem Zeitraum makroskopisch und histologisch hyalinen Knorpel [17]. Hierzu korrespondierend konnte auch tierexperimentell ein dauerhafter Erhalt des hyalinen Gelenkknorpels nach 6 Jahren nachgewiesen werden. Die histologische Aufarbeitung der Präparate zeigte einen Anteil von bis zu 80% hyalinen Knorpels [15].

Bezüglich der Spendermorbidity im Patellagleitlager werden insbesondere

Abb. 3 ▶ Schematische Darstellung des DBCS-Systems: **a** Mit dem Diamanten besetztes Zwillingshohlschleifenpaar werden die Knorpel-Knochen-Dübel präpariert. **b** Der jeweilige Dübel wird mit einem Extraktor durch eine ruckartige Drehbewegung an seiner Basis gelöst und aus seinem Lager gehoben

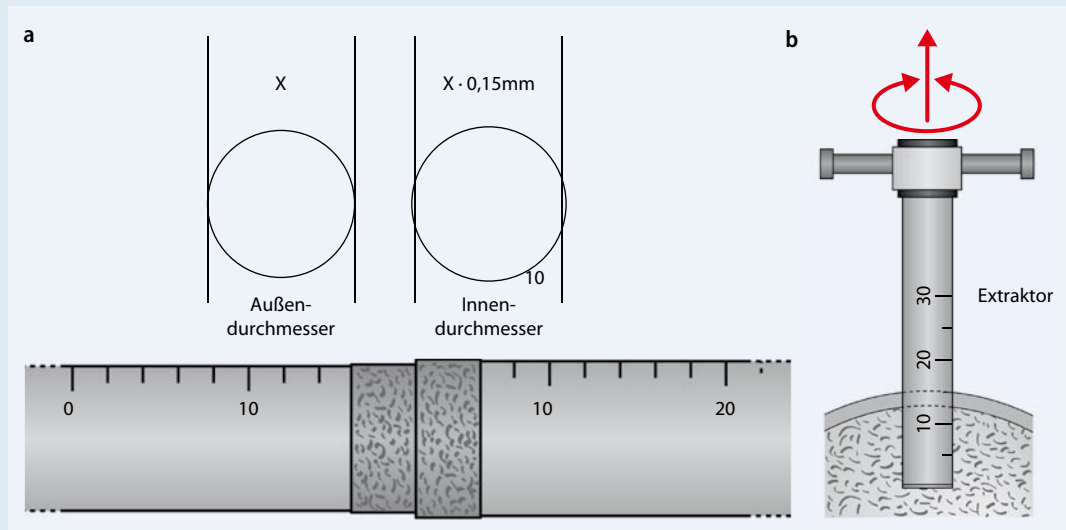


Abb. 4 ▶ Einbringen des Transplantats in den ehemaligen Defekt: **a** Der Knorpel-Knochen-Dübel wird mittels Kunststoffstößels vorsichtig eingeschoben. **b** Deckung eines länglichen Defekts durch einen 2. Dübel, der überlappend implantiert wird

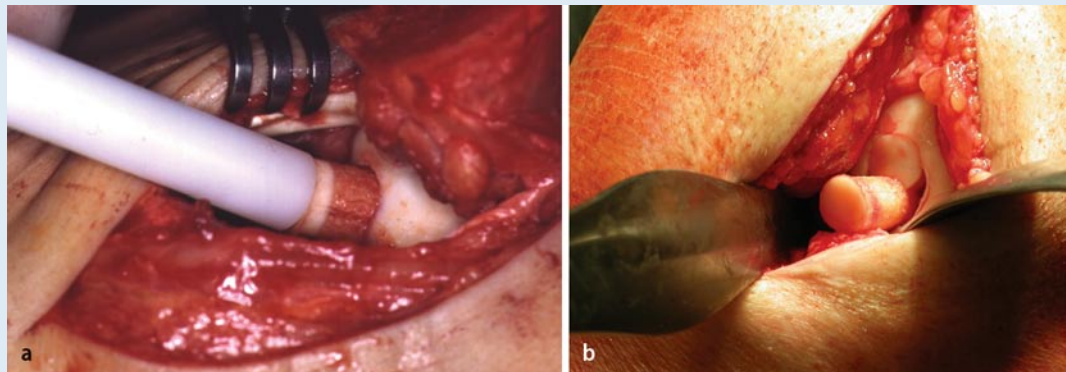


Abb. 5 ◀ Vollständige Deckung eines ca. 3 cm² großen Defekts durch überlappende KKT mit 3 Dübeln (12, 10 und 6 mm Durchmesser)

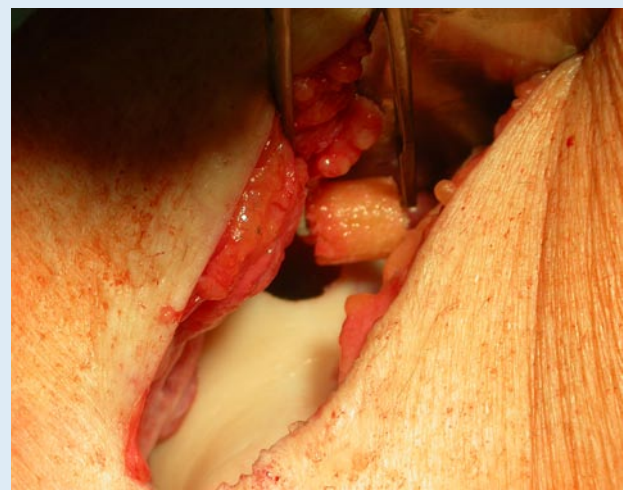


Abb. 6 ▶ In den knöchernen Anteil des Hebedefekts wird die Spongiosa des Resektats eingebracht und stabil verklemmt

nach der Entnahme mehrerer Zylinder vorübergehende und auch persistierende Belastungsschmerzen beschrieben. Daher ist das Heben von >3 Zylindern aus diesem Bereich nicht zu empfehlen [16, 18]. Alternativ besteht die Möglichkeit der Gewinnung zusätzlicher Knochen-Knorpel-Zylinder aus dem Bereich der dorsalen Fe-

murkondylen. Diese können in beschriebener Weise über einen gesonderten Zugang in Bauchlage [16] oder als sog. Mega-OATS durch Transfer der posterioren Femurkondyle entnommen werden [2, 18]. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die zwangsläufig entstehenden Entnahmedefekte in diesen dorsalen Kniegelenkantei-

len sicherlich auch eine Auswirkung auf die Kinematik des Roll-Gleit-Prinzips und damit auf das funktionelle System des Gelenks haben.

Bei Knorpeldefekten, welche die Größe von 2 Zylindern zu maximal 12 mm und eines weiteren kleinen Zylinders überschreiten, sollte jedoch nach Auffassung

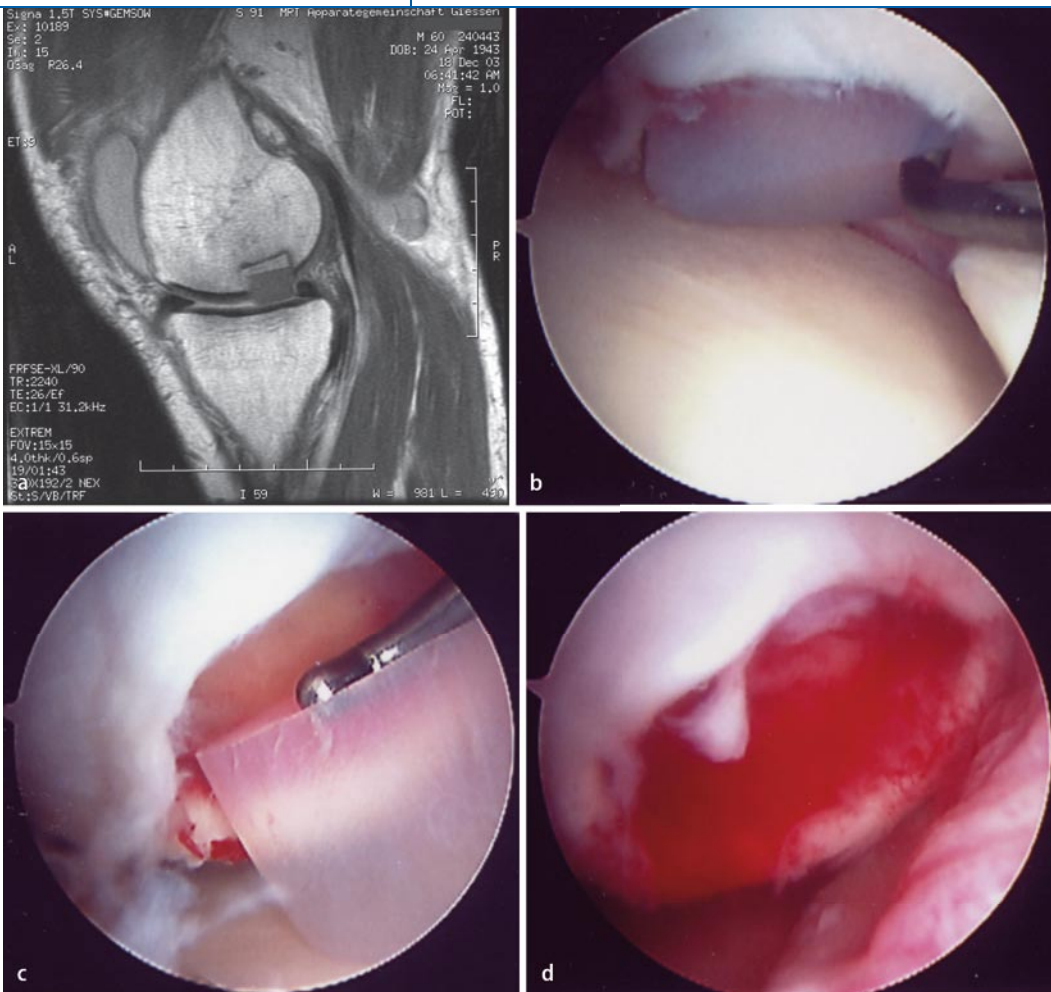


Abb. 7 ◀ Arthroskopische Entfernung eines instabilen Polyvinylalkoholimplantats: Der Defekt wurde sekundär mittels KKT behandelt (s. **Abb. 4b**): **a** Die präoperative MRT zeigt das dislozierte Implantat. **b** Bei der arthroskopischen Befunderhebung bestätigt sich die völlige Instabilität. Eine Refixation ist bei deutlich erweitertem Implantatlager nicht möglich. **c** Arthroskopische Entfernung des Kunstknorpels. **d** Verbliebender Knorpel-Knochen-Defekt

der Autoren eine ACT, bei Bedarf in Verbindung mit einer Spongiosaunterfütterung des Defekts durchgeführt werden. Die Gewinnung eines Transplantats aus dem kontralateralen Knie sollte einer sehr kritischen Indikationsstellung unterzogen werden, da hierdurch ein gesundes Gelenk in Mitleidenschaft gezogen wird.

Zur Hebedefektfüllung werden sowohl das unveränderte Belassen, die Füllung mit vitaler Spongiosa aus der Empfängerstelle, das Einbringen von Knochenersatzmaterial oder die Transplantation von Periost gedecktem Beckenkammknochen beschrieben [5, 16].

Eine vergleichende Studie über die Komorbidität im Bereich der Hebedefekte in Bezug auf unterschiedliche Verfahren der Defektfüllung ist nicht bekannt. Wir selbst füllen den Entnahmedefekt wenn möglich mit vitaler autologer Spongiosa aus der Empfängerstelle auf, sofern diese stabil im Defekt verklebmt werden kann. Ist dies nicht möglich bzw. handelt es sich nicht um ausreichend vitalen Knochen,

so verwenden wir bei einem Defekt von >10 mm Durchmesser einen Zylinder aus Knochenersatzmaterial (Hydroxylapatit oder Tricalciumphosphat, TCP). Kleinere Defekte bleiben dagegen unbehandelt. Die Entnahme eines weiteren Knochendübels zur Hebedefektfüllung aus dem Beckenkamm führen wir wegen des zusätzlichen Operationstraumas und -risikos (weiterer knöcherner Defekt, Nachblutungs- und Entzündungsrisiko, prolongierte postoperative Beschwerden) nicht durch, da ein Vorteil für den Patienten hierdurch bislang nicht erwiesen ist.

Zur Vermeidung der Entnahmemorbidität besteht darüber hinaus die Möglichkeit der Verwendung von Allografts [9, 20]. Als ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist neben der unbeschränkten Verfügbarkeit die Möglichkeit der Implantatwahl aus der analogen Region zum Knorpeldefekt zu nennen. Hierdurch kann ein Zylinder mit vergleichbarer Knorpelhöhe und Oberflächenkrümmung verwendet werden.

Neben der Problematik der potentiellen Gefahr der Übertragung viraler Erkrankungen scheint der Knorpel des Allograftzylinders dauerhaft mit einer relevanten Verminderung der Vitalität der Chondrozyten behaftet zu sein. So berichten Czitrom et al. 1990 [10] von einer Rate von lediglich 37% vitaler Zellen nach einer Zeit von 6 Jahren nach Implantation. Dagegen zeigen publizierte klinische Verläufe jedoch zu ca. 95% gute und sehr gute Ergebnisse nach 5 Jahren und noch immerhin zu ca. 70% nach 10 Jahren [13, 32].

Ansätze der Behandlung isolierter Knorpelschäden durch einen künstlichen Knorpelersatz aus Polyvinylalkohol wurden zwischenzeitlich wieder verlassen. Nach optimistischen Kurzzeitergebnissen zeigten sich durch das Auftreten von sekundären Dislokationen Hinweise auf eine nicht zufrieden stellende dauerhafte Stabilität des Implantats (**Abb. 7**) [26].

Derzeit beschäftigen sich mehrere Arbeitsgruppen innerhalb der Knorpelforschung mit der Entwicklung von Implan-

Hier steht eine Anzeige.



taten, die im Sinne eines Knorpel-Knochen-Implantats autologe Knorpeltransplantate mit einem Dübel aus Knochenersatzmaterial kombinieren. Hierdurch könnten die Probleme der begrenzten Verfügbarkeit, der Spendemorbidität und auch der passenden Oberflächenkongruenz gelöst werden [28].

Fazit für die Praxis

Die KKT stellt, insbesondere bei Verwendung des Diamanten besetzten Hohl-schleifensystems eine sehr bewährte Methode dar, um Knorpel- und gegebenenfalls auch Knochendefekte in der Belastungszone der Knie-, Sprung-, Ellenbogen- oder auch Schultergelenks zu therapieren. Bei korrekter Indikationsstellung, unter konsequenter Beachtung der Kontraindikationen sowie Anwendung einer sorgfältigen Operationstechnik sind sehr gute Langzeitergebnisse mit dauerhafter Wiederherstellung der hyalinen Knorpeloberfläche zu erwarten.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. R. Schnettler



Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen
Rudolf-Buchheim-Straße 7,
35385 Gießen
reinhard.schnettler@chiru.med.uni-giessen.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Ahmad CS, Guiney WB, Drinkwater CJ (2002) Evaluation of donor site intrinsic healing response in autologous osteochondral grafting of the knee. *Arthroscopy* 18: 95–98
- Agneskirchner JD, Brucker P, Burkart A, Imhoff AB (2002) Large osteochondral defects of the femoral condyle: press-fit transplantation of the posterior femoral condyle (MEGA-OATS). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10: 160–168
- Bartz RL, Kamaric E, Noble PC et al. (2001) Topographic matching of selected donor and recipient sites for osteochondral auto grafting of the articular surface of the femoral condyles. *Am J Sports Med* 29: 207–212
- Berndt AL, Harty M (1959) Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus. *Am J Orthop* 41: 988–1020
- Bobic V (1999) Die Verwendung von autologen Knorpel-Knochen-Transplantaten in der Behandlung von Gelenkknorpelläsionen. *Orthopade* 28: 19–25
- Brittberg M (2001) Die Transplantation autogener Knorpelzellen in Gelenkflächendefekte des Kniegelenks. *Operat Orthop Traumatol* 13: 198–207
- Brittberg M, Winalski CS (2003) Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am* 85(Suppl 2): 58–69
- Brittberg M, Peterson L, Sjörgen-Jansson E et al. (2003) Articular cartilage engineering with autologous chondrocyte transplantation. *J Bone Joint Surg Am* 85(Suppl 3): 109–115
- Bugbee WD (2004) Osteochondral allograft transplantation. In: Cole BJ, Malek MM (Hrsg). *Articular cartilage lesions. A practical guide to assessment and treatment*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 82–94
- Czitrom A, Keating S, Gross A (1990) The viability of articular cartilage in fresh osteochondral allografts after clinical transplantation. *J Bone Joint Surg Am* 72: 574–581
- Draenert K, Draenert Y (1988) A new procedure for bone biopsies and cartilage and bone transplantation. *Sandorama III/IV*: 33–40
- Duchow J, Hess T, Kohn D (2000) Primary stability of press-fit-implanted osteochondral grafts. Influence of graft size, repeated insertion, and harvesting technique. *Am J Sports Med* 28: 24–27
- Ghazavi M, Pritzker K, Davis A, Gross A (1997) Fresh osteochondral allografts for post-traumatic osteochondral defects of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 79: 1008–1013
- Gudas R, Kalesinskas RJ, Kimtys V et al. (2005) A prospective randomized clinical study of mosaic osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of osteochondral defects in the knee joint in young athletes. *Arthroscopy* 21: 1066–1075
- Hangody L, Fules P (2003) Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *J Bone Joint Surg Am* 85: 25–32
- Horas U, Schnettler R (2002) Knorpeldefekte am Kniegelenk und autogene osteochondrale Zylindertransplantation. *Operat Orthop Traumatol* 14: 237–252
- Horas U, Pelinkovic D, Herr G et al. (2003) Autologous chondrocyte implantation and osteochondral cylinder transplantation in cartilage repair of the knee joint. A prospective, comparative trial. *J Bone Joint Surg Am* 85: 185–192
- Imhoff A, Öttl G, Burkart A, Traub S (1999) Osteochondrale autologe Transplantation an verschiedenen Gelenken. *Orthopade* 28: 33–44
- Karataglis D, Learmonth DJ (2005) Management of big osteochondral defects of the knee using osteochondral allografts with the MEGA-OATS technique. *Knee* 12: 389–393
- Kish G, Módis L, Hangody L (1999) Osteochondral mosaicplasty for the treatment of focal chondral and osteochondral lesions of the knee and talus in the athlete. *Clin Sports Med* 18: 45–66
- Knutsen G, Engebretsen L, Ludvigsen TC et al. (2004) Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee – a randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 86: 455–464
- Laprell H, Petersen W (2001) Autologous osteochondral transplantation using the diamond bone-cutting system: 6–12 years' follow-up of 35 patients with osteochondral defects at the knee joint. *Orthop Trauma Surg* 121: 248–253
- Makino T, Fujjoka H, Kurosaka M et al. (2001) Histologic analysis of the implanted cartilage in an exact-fit osteochondral transplantation model. *Arthroscopy* 17: 747–751
- Marlovits S, Vécsei V (2000) Möglichkeiten zur chirurgischen Therapie von Knorpeldefekten, Teil 1: Grundlagen der Knorpelbiologie und der Heilung von Knorpeldefekten. *Acta Chir Austriaca* 32: 124–129
- Meyer C, Schnettler R (2005) Therapiemöglichkeiten von Knorpeldefekten des Talus. *Arthroscopie* 18: 226–232
- Meyer C, Horas U, Hörbelt R, Schnettler R (2005) Implantatdislokation bei künstlichem Knorpelersatz (SaluCartilage). *Unfallchirurg* 108: 163–166
- Outerbridge RE (1961) The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br* 43: 752–757
- Petersen JP, Ueblacker P, Goepfert C et al. (2008) Long term results after implantation of tissue engineered cartilage for the treatment of osteochondral lesions in a minipig model. *J Mater Sci Mater Med* 19: 2029–2038
- Quinn TM, Hunziker EB, Häuselmann HJ (2005) Variation of cell and matrix morphologies in articular cartilage among locations in the adult human knee. *Osteoarthr Cart* 13: 672–678
- Rittmeister M, Hochmuth K, Kriener S, Richolt J (2005) 5-Jahres-Ergebnisse nach autologer Knorpel-Knochen-Transplantation bei Hüftkopfnekrose. *Orthopade* 34: 320–326
- Rose T, Lill H, Verheyden P et al. (2000) Die retro-patellare Knorpel-Knochen-Transplantation. Eine Behandlungsmöglichkeit bei schwerem Knorpelschaden. *Unfallchirurg* 103: 999–1002
- Salai M, Ganev A, Horoszkowski H (1997) Fresh osteochondral allografts at the knee joint: good functional results in a follow-up study of more than 15 years. *Arch Orthop Trauma Surg* 116: 423–425
- Shapiro F, Koide S, Glimcher MJ (1993) Cell origin and differentiation in the repair of full thickness defects of articular cartilage. *J Bone Joint Surg Am* 75: 532–553
- Simonian PT, Sussmann PS, Wickiewicz TL et al. (1998) Contact pressures at osteochondral donor sites in the knee. *Am J Sports Med* 26: 491–494
- Takahara M, Mura N, Sasaki J et al. (2008) Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitulum. *J Bone Joint Surg Am* 90: 1205–1214
- Wagner H (1964) Operative Behandlung der Osteochondrosis dissecans des Kniegelenkes. *Z Orthop* 98: 333–355