

# Mega-OATS

## Technik und Ergebnisse

### Zusammenfassung

Große osteochondrale Defekte in der Belastungszone des medialen bzw. lateralen Femurkondylus sind insbesondere bei jüngeren Patienten noch immer ein ungelöstes Problem.

Als ein operatives Salvageverfahren wurde der posteriore Femurkondylentransfer beschrieben. Mega-OATS stellt eine technische Weiterentwicklung des posterioren Femurkondylentransfers dar, indem die Vorteile der OATS-Technik in das posteriore Femurkondylentransferverfahren integriert wurden, sodass iatrogene Läsionen des transferierten Knorpels durch Press-fit-Verankerung und Reoperationen zur Entfernung des Fixationsmaterials vermieden werden können. Nichtsdestotrotz bleibt auch die Mega-OATS-Technik ein Salvageverfahren und sollte nur jüngeren Patienten unter Berücksichtigung einer strengen Indikationsstellung vorbehalten werden.

In einer ersten Patientenserie (n=17) zeigte sich eine subjektiv deutliche Verbesserung der Beschwerdesymptomatik mit postoperativ signifikanter Steigerung ( $p=0,003$ ) des Lysholm-Scores nach durchschnittlich 12 (5–19) Monaten.

### Schlüsselwörter

Knorpeldefekt · Osteochondrales Autograft · Femurkondylentransfer · OATS

In der operativen Therapie osteochondraler Läsionen des Kniegelenks finden sich verschiedene operative Verfahren wie Débridement [13], anterograde Anbohrung [17], Abrasionsarthroplastik [12] und Mikrofrakturierung [20], allerdings führen all diese Verfahren lediglich zu einer Bildung eines weniger belastungsfähigen Ersatzgewebes aus Faserknorpel. Dies wirkte sich insbesondere bei Studien mit einem langen Follow-up negativ auf das klinische Outcome aus, was sich an einem Fortschreiten der chondralen Degeneration zeigte [7, 14, 15].

Die Mikrofrakturierung stellt ein eher neueres Verfahren dar, sodass hier noch keine Langzeitergebnisse vorliegen. Eine ebenfalls neuere Methode ist die autologe Chondrozytenimplantation (ACI), wobei in einem primären operativen Eingriff hyalines Knorpelmaterial entnommen und nach mehrwöchiger Kultivierung in die Defektzone implantiert wird [2, 3]. Abgesehen von den hohen Behandlungskosten ist die ACI nur bei einem eingeschränkten Indikationspektrum angezeigt. So ist dieses Verfahren insbesondere bei chondralen Läsionen und intaktem subchondral gelegenen Knochengewebe eine geeignete Methode. Darüber hinaus zeigen histologische Untersuchungen der reimplantierten Chondrozyten ein lediglich hyalin-ähnliches Knorpelgewebe [5].

Die derzeit einzigen Verfahren, die zu hyalinem Gelenkknorpel in der osteochondralen Defektzone führen, sind die Transplantation von Knorpel-

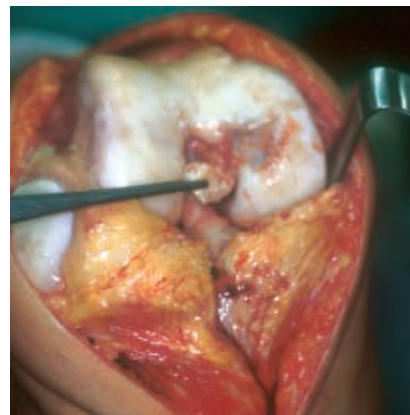


Abb. 1 ▲ Osteochondrosis dissecans medialer Femurkondylus

Knochen-Zylindern (OATS) [1, 9] sowie der posteriore Femurkondylentransfer [10]. Verschiedene Studien zeigen ermutigende Ergebnisse nach Transplantation von OATS-Zylindern in die Belastungszone des Femurkondylus, insbesondere wenn der osteochondrale Defekt lediglich einen begrenzten Bereich betrifft und dabei eine Ausdehnung von ca. 4 cm<sup>2</sup> nicht überschreitet. Problematisch wird der Einsatz der OATS-Technik allerdings bei großen osteochondralen Läsionen, da nur limitierte Knorpelareale als Donor aus weniger belasteten Bereichen des Kniegelenks (medialer/lateraler Trochlearand, interkondyläre Notch) zur Verfügung stehen. Darüber hin-

## Mega-OATS. Technique and results

### Abstract

Big osteochondral defects in the weight-bearing zone of the medial respectively the lateral femoral condyle are still an unsolved problem especially in younger patients.

The transfer of the posterior aspect of the femoral condyle was described as a salvage procedure. Mega-OATS is a technical improvement of the transfer of the posterior condyle-procedure. Essential advantages of the conventional OATS-technique are integrated in the Mega-OATS procedure, so that iatrogenic lesions of the transferred cartilage by press-fit-fixation and secondary hardware removal can be avoided. However, the Mega-OATS procedure itself remains a salvage procedure and should only be reserved for younger patients.

The results of the first series of 17 patients (average follow-up 12 (5–19) months) showed an improvement of quality of life and a significant ( $p=0,003$ ) increase in the Lysholm-score.

### Keywords

Osteochondral lesion ·  
Osteochondral autograft ·  
Femoral condyle transfer · OATS

## Originalien



Abb. 2 ▲ Meißel-Osteotomie des posterioren Femurkondylus. [Mod. nach 10]

aus ist eine Press-fit-Verankerung mehrerer, direkt aneinanderliegender OATS-Zylinder bei entsprechender Defektgröße als kritisch anzusehen.

Der posteriore Femurkondylentransfer stellt ein Salvageverfahren – allerdings unter Verlust des posterioren Femurkondylus – bei großen osteochondralen Defekten dar, so dass eine Kniehemi- bzw. totalendoprothese zumindest für Jahre hinausgezögert, wenn nicht sogar vermieden werden kann. Erste klinische Ergebnisse zeigen insgesamt eine deutliche Reduktion der klinischen Beschwerdesymptomatik und eine daraus resultierende Verbesserung der Lebensqualität [10].

## Material und Methoden

### Operationstechnik

Mega-OATS stellt ein Kombinationsverfahren aus der Press-fit-Fixationsmethode bei der konventionellen OATS-Technik

mit dem posterioren Femurkondylentransfer dar:

In Rückenlage des Patienten erfolgt unter Verwendung einer Blutsperrung ein operativer Zugang über einen zentralen Längsschnitt. Die Lokalisation des Defekts bestimmt den weiteren operativen Zugangsweg entsprechend einer antero-medialen bzw. anterolateralen Arthrotomie, wobei die Patella nach lateral bzw. medial luxiert wird (Abb. 1). Nach Darstellung, Markierung und Ausmessung des Defektareals wird der ipsilaterale posteriore Femurkondylus als autologes Knorpelknochentransplantat mit einem scharfen Meißel (Ombredanne-Meißel, Größe 20–30 mm) gewonnen, indem die Osteotomie idealerweise in direkter Verlängerung der posterioren Femurkondylusachse verläuft (Abb. 2). Das Knie befindet sich hierbei in einer maximalen Flexionsstellung. Während der Osteotomie werden die interkondylären Strukturen sowie der posteriore Kapselanteil mit 2 stumpfen Hohmann-Haken geschützt. Aus dem posterioren Femurkondylus kann beim Erwachsenen ein Mega-OATS-Zylinder mit einem Durchmesser von bis zu 30–35 mm gewonnen werden. Die Zylinderhöhe variiert dabei zwischen 15–20 mm.

Zur Gewinnung des Mega-OATS-Zylinders wird das posteriore Femurkondylustransplantat in einer dafür speziell entwickelten Workstation (Artrex, Abb. 3) mit 4 Schrauben am lateralen Transplantatrand fixiert, sodass eine iatrogene Läsion der Knorpeloberfläche des späteren Mega-OATS-Zylinders vermieden wird. Mit einem Hohlbohrer wird dieser aus dem posterioren Femurkondylus unter besonderer Be-

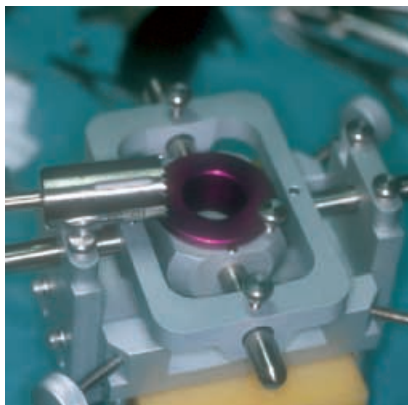


Abb. 3 ▲ Workstation mit Hohlfräse

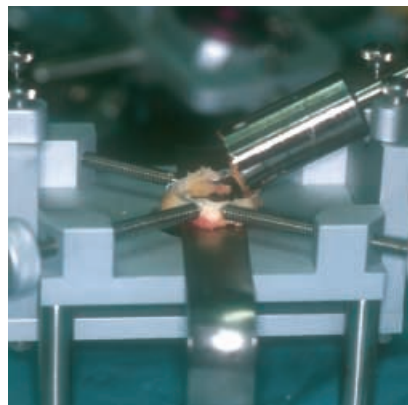


Abb. 4 ▲ Gewinnung des Mega-OATS-Zylinders

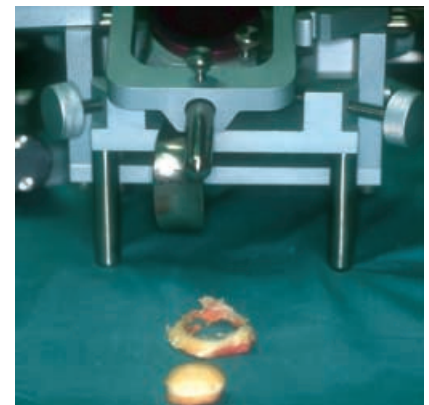


Abb. 5 ▲ Mega-OATS-Zylinder

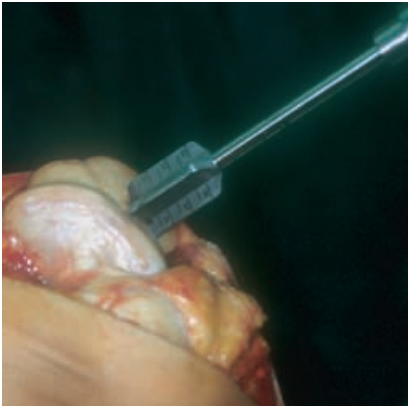


Abb. 6 ▲ Vorbereitung des Transplantatbetts

rücksichtigung der Defektgröße gewonnen (Abb. 4, 5). Um eine orthograde Bohrrichtung zur Knorpeloberfläche zu erhalten, welches als wesentliche Voraussetzung für eine symmetrische Knorpeloberfläche des Mega-OATS-Zylinders anzusehen ist, läuft der Hohlbohrer über einen an der Workstation angebrachten Führungstunnel. Der Durchmesser des Mega-OATS-Zylinders ist hierbei um 0,3 mm größer als der entsprechende Durchmesser nach Präparation des Transplantatbettes, um eine spätere Press-fit-Verankerung des Zylinders im Transplantatbett zu gewährleisten.

Bei osteochondralen Defekten am medialen bzw. lateralen Rand der Belastungszone des medialen bzw. lateralen Femurkondylus ist ein symmetrisch gefrästes Transplantatbett nicht zu realisieren, sodass in diesen Fällen sowohl das Transplantatbett als auch der Mega-OATS-Zylinder nicht streng orthograd präpariert werden dürfen, um ein exaktes Offset zwischen Zylinder und umgebendem Knorpelareal zu erreichen. Voraussetzung einer stabilen Press-fit-Verankerung ist eine knöchernerne Umrandung von mindestens 75% um den Zylinder herum.

Die Vorbereitung des Defektareals beginnt mit einem zur Knorpeloberfläche orthograd eingebrachten Kirschner-Draht, welcher exakt in der Mitte des Knorpeldefektes plaziert wird. Der Kirschner-Draht dient als Führungsinstrument für eine Hohlfräse, die zur Vorbereitung des Transplantatbettes eingesetzt wird (Abb. 6). Der Durchmesser der Hohlfräse kann in Abhängigkeit der Defektgröße zwischen 20–35 mm (je-

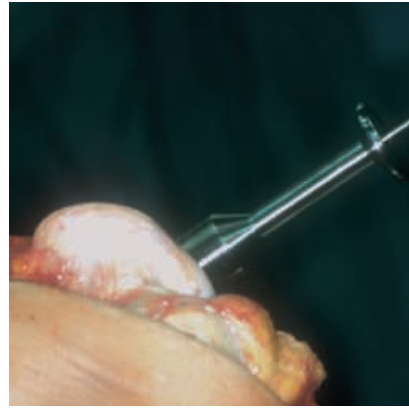


Abb. 7 ▲ Press-fit-Verankerung des Mega-OATS-Zylinders

weils in 5 mm-Abständen) gewählt werden. Die Tiefe des Transplantatbettes kann über eine Millimeter-Skalierung an der Hohlfräse kontrolliert werden. Die primäre Bohrtiefe sollte ca. 1 mm geringer als die Gesamtzylinderhöhe sein, da vor dem definitiven Einbringen des Knorpelknochentransplantats eine Impaktation des spongiösen Knochens im Transplantatbett mit einem Stößel, der ebenfalls mit einer Tiefenskalierung ausgestattet ist, erfolgen sollte.

Voraussetzung für ein Einheilen des Mega-OATS-Zylinders ist ein vitales Transplantatbett mit einem blutenden spongiösen Knochen. Bei tief reichender Nekrosierung bzw. Sklerosierung des subchondralen Knochens ist die Fortführung der Präparation notwendig, bis eine spongiöse Blutung auftritt. In diesen Fällen ist eine zusätzlich unterfütternde Spongiosaplastik notwendig, wobei spongiöser Knochen entweder aus der Tibiavorderkante oder aus dem Beckenkamm verwendet werden kann.

Die Einpflanzung des Mega-OATS-Zylinders in das Transplantatbett erfolgt mit einem speziellen Instrumentarium, um eine Press-fit-Fixation zu gewährleisten (Abb. 7). Entscheidend für eine nahezu anatomische Rekonstruktion der Knorpelkongruenz im Bereich der Belastungszone setzt ein korrektes Einbringen des Mega-OATS-Zylinders, insbesondere unter Berücksichtigung des Krümmungsradius der Zylinderknorpeloberfläche, voraus. Da der Krümmungsradius des posterioren Femurkondylusbereichs geringer als der Radius im Bereich der Belastungszone des Femurkondylus ist, d. h. der Zone der Kontaktfläche des Femur-

kondylus mit der tibialen Gelenkseite in Extensionsstellung, muss der Mega-OATS-Zylinder in den meisten Fällen um 90° um seine Zylinderlängsachse gedreht werden, um einen annähernd anatomischen femoralen Krümmungsradius zu erhalten, da der Krümmungsradius des posterioren Femurkondylus in transversaler Richtung eher als der Krümmungsradius in sagittaler Richtung dem sagittalen Krümmungsradius in der Belastungszone entspricht.

Ziel der Mega-OATS-Technik sollte eine nahezu anatomische Rekonstruktion der Knorpelverhältnisse in der Belastungszone des Femurkondylus sein (Abb. 8), wobei Stufenbildungen zwischen der Knorpeloberfläche des Mega-OATS-Zylinders und dem umgebenden Knorpel vermieden werden sollten, da hierbei Druckspitzen in jeweils hervorstehenden Knorpelarealen auftreten, die ihrerseits vermehrten unphysiologischen Belastungen ausgesetzt und somit frühzeitiger degenerativen Prozessen unterworfen sind. Ist nach vollständigem Einbringen des Mega-OATS-Zylinders dessen Knorpeloberfläche zum umgebenden Knorpel noch deutlich prominent, so kann der Zylinder mit einem speziellen Retraktor erneut entfernt werden, um entweder das Transplantatbett zu vertiefen oder die Zylinderhöhe auf der ossären Seite zu verringern. Der Verschluss der Arthrotomie erfolgt üblicherweise unter Einlage einer intraartikulären und einer subkutanen Redondrainage.

## Patienten

Die ersten klinischen Ergebnisse nach posteriorem Femurkondylentransfer



Abb. 8 ▲ Mega-OATS-Zylinder *in situ*

wurden von Imhoff et al. [10] beschrieben. Seit Juli 1999 werden derartige große osteochondrale Defekte am Femurkondylus der Mega-OATS-Technik zugeführt, sodass bis Januar 2001 mittlerweile 21 Patienten operiert wurden. Der durchschnittliche Follow-up der ersten Patientenserie von 17 Patienten mit einem durchschnittlichen Lebensalter von 39,1 (16–60) Jahren betrug 12 (5–19) Monate. Die Größe der osteochondralen Läsion lag zwischen 4 und 9 cm<sup>2</sup>. Tabelle 1 zeigt eine Auflistung der Patienten.

Alle Patienten berichteten präoperativ von belastungsabhängigen Schmerzen mit Verlust der sportlichen Belastbarkeit und deutlicher Verkürzung der schmerzfreien Gehstrecke. Bei mehr als 50% der Patienten fand sich eine intermittierend auftretende oder persistierende Schwellneigung des betroffenen Kniegelenks. 10 von 17 Patienten wurden bereits einen oder mehreren operativen Eingriffen zugeführt, vornehmlich antero- bzw. retrograde Anbohrungen, Abrasionsarthroplastiken oder Refixationen abgelöster osteochondraler Fragmente.

Die präoperative apparative Diagnostik umfasste neben konventionellem Röntgen eine kernspintomographische Bildgebung, ggfs. mit i.v.-Gadolinium zur Bestimmung der Defektgröße bzw. -tiefe und Vitalität des angrenzenden osteochondralen Gewebes (Abb. 9). Bei klinisch manifester Varusfehlstellung wurden zusätzlich Röntgen-Ganzbeinaufnahmen angefertigt.

Zur Korrektur eines Malalignements wurde bei 9 Patienten mit Varusfehlstellung in der gleichen Operations-sitzung eine valgisierende Tibiakopfumstellungsosteotomie (HTO) in „Closed-wedge“-Technik durchgeführt. Aufgrund eines tiefreichenden osteochondralen Defekts mit einer Defektiefe von mehr als 2 cm wurde bei 2 Patienten zusätzlich eine unterfütternde Spongiosoplastik eingesetzt, um ein Einsinken des Mega-OATS-Zylinders in das Transplantatbett mit konsekutiver Stufenbildung an der Knorpeloberfläche zu vermeiden. 4 Patienten wurden ferner einer autologen osteochondralen Transplantation nach konventioneller OATS-Technik bei chondralen Läsionen im Bereich der Trochlea bzw. der Patella zugeführt.

Das postoperative Regime beinhaltete 4 Rehabilitationsphasen mit jeweils unterschiedlicher Schwerpunktsetzung und Belastungsintensität. In der 1. Phase über 6 Wochen wurde das betroffene Kniegelenk vollständig entlastet und die Flexion auf 90° limitiert. Nachfolgend schloss sich eine ebenfalls 6-wöchige Phase mit progressiver Belastung und Steigerung der Flexion an, sodass nach 3 Monaten eine volle Belastung und freie Beweglichkeit erreicht werden konnte. Ab dem 4. Monat (3. Phase) war im Rahmen der Physiotherapie eine weitere Belastungssteigerung unter Berücksichtigung individueller sportartspezifischer Bewegungsmuster realisierbar. Nach ca. 6–9 Monaten konnte eine sportliche Tätigkeit wieder aufgenommen werden.

Bei gleichzeitig durchgeführter valgisierender Umstellungsosteotomie war eine Veränderung des Nachbehandlungsschemas nicht notwendig, lediglich bei zusätzlicher Spongiosaunderfütterung des Mega-OATS-Zylinders war eine protrahierte Entlastungsphase bis zu 3 Monaten erforderlich.

Tabelle 1  
Patientenkollektiv

Nr.	Geschlecht, Alter [Jahre]	Diagnose	Defektlokalisierung [cm <sup>2</sup> ]	Defektgröße	Kombinationstherapie
1	w., 47	Osteochondrosis dissecans	med. FK	5	HTO 6° valg.
2	m., 43	Osteochondrale Läsion	lat. FK	7	–
3	m., 28	Osteochondrosis dissecans	med. FK	9	HTO 6° valg.
4	m., 34	Osteochondrosis dissecans	lat. FK	5	Spongiosoplastik
5	m., 20	Osteochondrosis dissecans	med. FK	6	Spongiosoplastik
6	m., 59	Osteochondrale Läsion	Trochlea	4	OATS lat. Patella-Facette
7	m., 31	Osteochondrosis dissecans	med. FK	6	HTO 6° valg.
8	w., 57	M. Ahlbäck	med. FK	7	HTO 6° valg.
9	m., 56	Osteochondrosis dissecans	med. FK	7	HTO 6° valg., TME
10	m., 60	Osteochondrale Läsion	Trochlea	5	OATS Trochlea
11	m., 51	Osteochondrale Läsion	lat. FK	4	OATS Trochlea/Patella
12	m., 28	Osteochondrosis dissecans	med. FK	7	HTO 6° valg.
13	m., 16	Osteochondrosis dissecans	med. FK	7	HTO 6° valg.
14	m., 18	Posttraumatische osteochondrale Läsion	med. FK	5	–
15	w., 41	Osteochondrosis dissecans	med. FK	5	–
16	m., 31	Osteochondrosis dissecans	med. FK	7	HTO 6° valg.
17	m., 44	Osteochondrale Läsion	med. FK	7	HTO 6° valg., OATS Trochlea, Mikrofrakturierung
∅	<b>39,1</b>			<b>6</b>	

FK: Femurkondylus; HTO: hohe valgisierende tibiale Umstellungsosteotomie; TME: Teilmeniskektomie.



Abb. 9 ▲ Osteochondrosis dissecans medialis Femurkondylus (MRT, T1-gewichtet, ohne i.v.-Gadolinium)

### Statistik

Die Lysholm-Scores zu den jeweiligen Zeitpunkten wurden als Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler zusammengefasst. Als statistisches Verfahren wurde eine Multivarianzanalyse (MANOVA) zur Bestimmung einer Signifikanz im Vergleich post- zu präoperativ verwendet. Als „Post-hoc“-Test wurde zu den jeweiligen postoperativen Zeitpunkten mit dem Scheffé-Test nachgetestet. Der Scheffé-Test stellt ein parametrisches Testverfahren dar, mit dem der gesamte, mit allen möglichen Einzelvergleichen verbundene Hypothesenkomplex auf dem  $\alpha$ -Niveau der MANOVA abgesichert wird.

Statistisch signifikante Unterschiede im Lysholm-Score zwischen kombiniertem Mega-OATS-/HTO-Verfahren und Mega-OATS-Technik ohne HTO wurden ebenfalls im Rahmen der MANOVA mitbestimmt. Das Signifikanzniveau wurde sowohl bei der MANOVA als auch beim Scheffé-Test mit  $p < 0,05$  festgelegt.

### Ergebnisse

Die prä- und postoperativen klinischen Werte im Lysholm-Score sind in Abb. 10 wiedergegeben. Nach 12 Monaten postoperativ zeigte der Lysholm-Score eine signifikante Verbesserung der Kniefunktion, welche sich unabhängig von einer begleitenden valgisierenden Tibiakopfumstellungsosteotomie fand. Ein Vergleich zwischen der Gruppe mit kombinierter HTO zur Gruppe ohne HTO ergab in der MANOVA zu keinem

Zeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0,84$ ; Abb. 11). Der protrahierte Anstieg im Lysholm-Score bei der Gruppe ohne begleitende HTO ist insbesondere auf die Patienten zurückzuführen, die einer zusätzlichen Spongiosaunterfütterung des Mega-OATS-Zylinders bedurften, welches mit einem verzögerten Belastungsaufbau einherging.

Insgesamt berichteten 90% Patienten postoperativ von deutlich verringerter Schmerzsymptomatik und Schwellungsneigung vornehmlich bei alltäglichen Belastungssituationen. Von 12 Patienten der ersten Patientenserie, die präoperativ sportlich ambitioniert waren, konnten 9 Patienten wieder eine sportlichen Betätigung auf Freizeit- und Amateurniveau, z. B. im Fitnessbereich, Inline-Skating, alpines Skifahren (Schonkskilaufl) oder Fußball, aufnehmen. Subjektives Missempfinden auch bei sportlichen Tätigkeiten, bei denen es im Kniegelenk zu Flexionsstellungen von mehr als  $90^\circ$  unter gleichzeitiger Druckbelastung kommt, z. B. beim Fahrradfahren bzw. Mountain Biking, wurde von den Patienten nicht berichtet. Lediglich statische Haltungen in knieender bzw. hockender Position wurden von den Patienten nicht ausreichend toleriert. Bisher zeigte sich eine postoperative Arthrofibrose, welche arthroskopisch behandelt wurde. Ansonsten traten bis zu diesem Zeitpunkt keine intra- bzw. postoperativen Komplikationen auf.

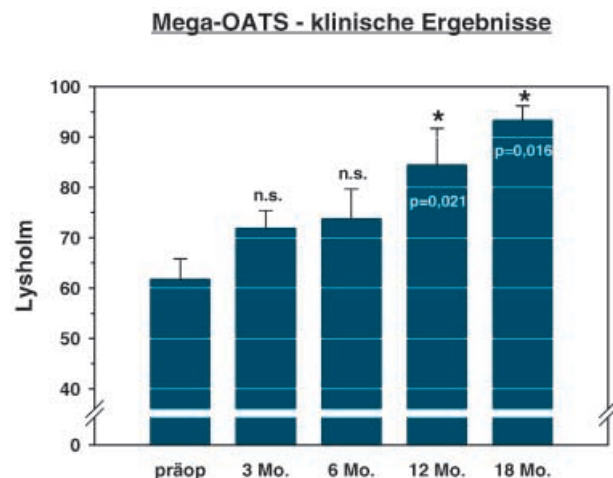
In allen Fällen konnte die 6 Wochen bis 3 Monate postoperativ durchgeführte kernspintomographische Kontrolle mit i.v.-Gadolinium eine entsprechende Kontrastmittelanreicherung im trans-

plantierten Mega-OATS-Zylinder nachweisen, was auf eine gute Vitalität des Transplantats hinweist (Abb. 12). Insbesondere der artikuläre chondrale Überzug war bei allen Patienten in der Kernspintomographie intakt. Bei Rearthroskopien, die im Rahmen der Materialentfernung der Umstellungsosteotomie durchgeführt wurden, konnte ein intakter glatter und fester Knorpelüberzug des Transplantats beobachtet werden. Der Übergang zwischen dem chondralen Mega-OATS-Zylinderrand und dem umliegenden Knorpel war mit fibrocartilaginärem Gewebe vollständig ausgefüllt. Im ehemaligen posterioren Femurkondylusbereich war ebenfalls ein fibrocartilaginärer Überzug festzustellen. Bei keinem der Patienten fanden sich Läsionen im Hinterhorn des ipsilateralen Meniskusgewebes.

### Diskussion

Ziel einer operativen Therapie von Knorpelknochendefekten insbesondere in der Belastungszone des Femurkondylus sollte im Hinblick auf Langzeitergebnisse einerseits eine anatomische Wiederherstellung der Gelenkkongruenz der femoralen Krümmung sowie andererseits ein genuiner hyaliner Knorpelüberzug sein. Zwar sind verschiedene Arten der operativen Knorpeltherapie bekannt [12, 13, 17, 20], allerdings erfüllen sie nur zum Teil diese Forderungen, sodass ein Fortschreiten der Degeneration nicht zwangsläufig aufgehalten werden kann [18]. Operationstechniken wie das Débridement, die anterograde Anbohrung sowie die Abrasionsarthroplastik führen lediglich zu einem minder bela-

Abb. 10 ► Mega-OATS – klinische Ergebnisse



## Mega-OATS plus HTO vs. non-HTO

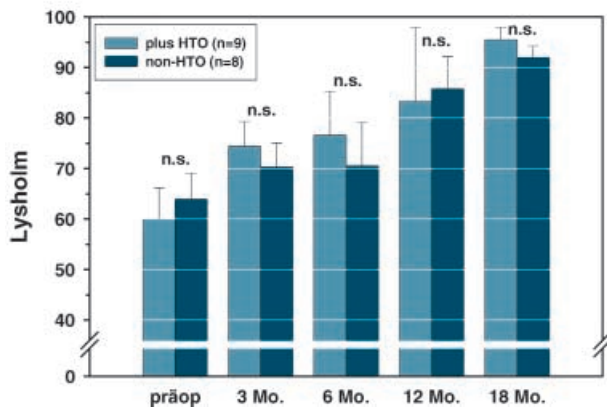


Abb. 11 ◀ Mega-OATS plus HTO vs. non-HTO

stungsfähigen faserknorpelhaltigen Ersatzgewebe, was sich insbesondere bei Langzeitresultaten in einer Progression des Arthrosegrads zeigt [7, 14, 15]. Die autologe Chondrozytenimplantation ist eine neuartige, jedoch kostspielige Therapieform, die v. a. bei chondralen Defekten eine Therapieoption darstellt [2, 3].

Die konventionelle OATS-Technik bzw. Mosaikplastik sind mittlerweile etablierte Verfahren zur Therapie von osteochondralen Defekten in der Belastungszone des Femurkondylus mit guten Mittelzeitresultaten [1, 9]. Hierbei werden aus weniger belasteten Arealen des Kniegelenks, wie z. B. Trochlearand, interkondyläre Notch, Knorpelknochenzylinder in die Defektzone eingesetzt. Die Grenzen der OATS-Technik werden bei osteochondralen Defekten größer als ca. 4–5 cm<sup>2</sup> erreicht, da zum einen nur eine begrenzte Anzahl von OATS-Zylindern zur Verfügung steht, zum anderen beim Einbringen mehrerer OATS-Zylinder die Gefahr von minimalen Stufenbildungen zwischen den einzelnen Niveaus der Zylinderknorpeloberflächen besteht, welches zu unterschiedlichen Belastungsdrücken und langfristig zur entsprechend lokalisierten Knorpeldegeneration führt.

Bei der Mega-OATS-Technik werden wie beim posterioren Femurkondylentransfer sowohl eine annähernd anatomische Gelenkkongruenz als auch ein hyaliner Knorpel in der Belastungszone des Femurkondylus erreicht. Lediglich im Übergangsbereich zwischen dem Knorpelüberzug des Mega-OATS-Zylinders und dem unmittelbar angrenzenden Knorpel bildet sich eine schmale Brücke von fibrocartilaginärem Gewebe

aus. Im Bereich der „donor site“ formt sich in einem mehrere Monate dauernden Prozess ebenfalls ein faserknorpelhaltiges Ersatzgewebe aus, welches sich der Formgebung des ehemaligen posterioren Femurkondylus annähert.

Bereits 1964 bzw. 1978 sahen Wagner [21] bzw. Müller [16] im posterioren Femurkondylus einen möglichen Spenderort für Knorpelknochentransplantationen, wobei sie einen posterioren Zugangsweg postulierten. Imhoff et al. [10] publizierten erstmals Langzeitergebnisse nach dem posterioren Femurkondylentransfer und sahen darin ein Salvageverfahren beim jungen Patientenkollektiv mit großen osteochondralen Defekten des Femurkondylus, die für eine konventionelle OATS-Technik eine zu große Ausdehnung aufwiesen. Der durch Meißelosteotomie gewonnene posteriore Femurkondylus wird hierbei an die Größe bzw. Form des Knorpeldefektes adaptiert. Da eine Press-fit-Verankerung des Transplantates nicht möglich ist, bedarf es einer zusätzlichen Fixation mittels Kleinfragmentschrauben, welche ihrerseits zu kleinen iatrogenen Knorpelläsionen führen. Darüber hinaus ist nach Einheilen des posterioren Femurkondylustransplantates eine operative Materialentfernung nötig.

Bei der Mega-OATS-Technik sehen wir im Vergleich zum posterioren Femurkondylentransfer eindeutige Vorteile, da eine zusätzliche Fixation des Mega-OATS-Zylinders mittels Verschraubung wegen ausreichender Primärstabilität durch Press-fit-Verankerung nicht notwendig ist. Dies erspart zum einen eine Reoperation zur Materialentfernung, zum anderen wird der in die Belastungs-

zone transferierte Knorpel nicht initial durch Einbringen von Schrauben iatrogen geschädigt.

Noch offen ist allerdings die Frage, ob bzw. inwieweit sich der Verlust des posterioren Femurkondylus langfristig negativ auf die Knorpeloberfläche der korrespondierenden Tibiagelenkfläche sowie auf das ipsilaterale Meniskushinterhorn auswirkt. Bereits bei der konventionellen OATS-Technik kann gelegentlich eine meist temporär begrenzte Morbidität im Bereich der „donor site“ auftreten [11]. In einer eigenen biomechanischen Studie am Leichenpräparat [4] konnten bei Verlust des posterioren Femurkondylus erhöhte Belastungsdrücke im Bereich des Tibiaplateaus sowie des Meniskushinterhorns erst ab einer Flexionsstellung von mehr als 60° nachgewiesen werden, wohingegen zwischen 0° und 60° Flexion nahezu unveränderte Belastungsdrücke auftraten, einem Bereich, in dem hauptsächlich die normalen alltäglichen Belastungen stattfinden. Zwar finden sich auch im Alltag Bewegungen, die mit mehr als 60° Flexion einhergehen (z. B. Sitzen), allerdings sind diese Bewegungen bzw. diese Gelenkstellungen nicht zwangsläufig mit einer Kniegelenksbelastung vergesellschaftet.



Abb. 12 ▲ Vitaler Mega-OATS-Zylinder medialer Femurkondylus 6. Woche postoperativ (MRT, T1-gewichtet mit i.v.-Gadolinium; Artefaktbildung Tibiakopf durch HTO-Osteosynthesematerial)

Bei kombiniert auftretenden Achsenfehlstellungen, die ihrerseits mit erhöhten Belastungsdrücken im medialen bzw. lateralen Kompartiment vergesellschaftet sind und in einer unikompartimentellen Knorpeldegeneration im Sinne einer Osteoarthrose resultieren [6], ist eine operative Korrektur der Varus- bzw. Valgusfehlstellung durch Umstellungsosteotomie zu empfehlen. Dies führt zur Reduktion unphysiologisch hoher unikompartimenteller Belastungsdrücke. Darüber hinaus ist das Einheilverhalten des (ipsilateral eingebrachten) Mega-OATS-Zylinders begünstigt.

Nach unserer Auffassung ist das Überleben der Mega-OATS-Knorpeloberfläche im Langzeitverlauf wesentlich von den vorherrschenden Belastungsdrücken abhängig. Die operative Korrektur des Malalignements sollte nur minimal überkorrigiert werden, um nicht eine Knorpeldegeneration im kontralateralen Gelenkkompartiment zu induzieren. Neben der Achsenfehlstellung ist eine akute bzw. chronische Knieinstabilität ebenfalls in gleicher Sitzung operativ zu korrigieren, da eine Instabilität per se zu Knorpelläsionen führen und nach Jahren in osteoarthrotischen Veränderungen resultieren kann [8, 19].

In dem vorgestellten Patientenkollektiv stellten wir unabhängig vom Malalignement auch bei den Patienten, die zum Mega-OATS-Verfahren keine weiteren Begleiteingriffe erhielten, vergleichbare Verbesserungen im Lysholm-Score fest, sodass der deutliche Rückgang der Beschwerdesymptomatik nicht nur auf die Korrektur der Achsenfehlstellung zurückzuführen ist.

## Zusammenfassung

Es läßt sich feststellen, dass die Mega-OATS-Technik ein Salvageverfahren darstellt, welches eine prothetische Versorgung verhindern, zumindest jedoch für Jahre hinauszögern soll. Falls nach Mega-OATS dennoch die Indikation einer Knieendoprothese gestellt wird, jedoch aufgrund des posterioren Femurkondylenverlusts eine wesentliche anatomische Landmarke zur Ausrichtung der

Kniegelenkprothese fehlt, ist ein Revisionsendoprotheseninstrumentarium mit einer intramedullären Ausrichtung zu verwenden.

Berücksichtigt werden sollte eine strenge Indikationsstellung des Mega-OATS-Verfahrens. So sollten lediglich jüngere Patienten bis zum ca. 50. Lebensjahr der Mega-OATS-Technik zugeführt werden, da sich bei höherem Lebensalter Probleme im Einheilverhalten des Zylinders mit protrahiertem Rehabilitationsverlauf gezeigt haben. Bei beruflich exponierten Tätigkeiten vor allem in hockender bzw. kniender Position ist ebenfalls von der Transplantation eines Mega-OATS-Zylinders aufgrund des posterioren Femurkondylusverlusts abzuweichen. Als Salvageverfahren kann die Mega-OATS-Technik sowohl bei lokalisierten posttraumatischen osteochondralen Läsionen, bei der Osteochondrosis dissecans als auch beim M. Ahlbäck eingesetzt werden.

**Danksagung.** Wir bedanken uns bei Dipl.-Sportwiss. P. Buttgerit für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

## Literatur

1. Bobic V (1996) Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: A preliminary clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3: 262–264
2. 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
3. Brittberg M, Nilsson A, Lindahl A et al. (1996) Rabbit articular cartilage defects treated with autologous cultured chondrocytes. *Clin Orthop* 326: 270–283
4. Burkart A, Imhoff AB, Dirisamer F et al. (2000) Klinische und biomechanische Ergebnisse nach posterioren Kondylentransfer als Salvageoperation (Abstract). DGOT 2000, Wiesbaden
5. Burkart A, Imhoff AB (1998) Erste Ergebnisse nach autologer Implantation unter Berücksichtigung kernspintomographischer und histologischer Befunde. In: Imhoff AB, Burkart A (Hrsg) Knieinstabilität – Knorpelschaden. Steinkopff, Darmstadt
6. Bruns J, Volkmer M, Luessenhop S (1993) Pressure distribution at the knee joint. Influence of varus and valgus deviation without and with ligament dissection. *Arch Orthop Trauma Surg* 133: 12–19
7. Coletti JM, Akeson WH, Woo SL-Y (1972) A comparison of the physical behaviour of normal cartilage and the arthroplasty surface. *J Bone Joint Surg* 54-A: 147–160
8. Geissler WB, Whipple TL (1993) Intraarticular abnormalities in association with posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 21: 846–849
9. Hangody L, Karpati Z, Szigeti I, Sükösd L (1996) Clinical experience with the mosaic technique. *Rev Osteol* 4: 32–36
10. Imhoff AB, Burkart A, Öttl GM (1999) Der posteriore Femurkondylentransfer – erste Erfahrungen mit einer Salvageoperation. *Orthopäde* 28: 45–51
11. Imhoff AB, Öttl GM, Burkart A, Traub S (1999) Osteochondrale autologe Transplantation an verschiedenen Gelenken. *Orthopäde* 28: 33–44
12. Johnson LL (1991) Arthroscopic abrasion arthroplasty. In: McGinty JB (ed) *Operative arthroscopy*. Raven, New York, pp 341–360
13. Magnuson PB (1941) Joint debridement: Surgical treatment of degenerative arthritis. *Surg Gynecol Obstet* 73: 1
14. Mitchell N, Shephard N (1987) Effect of patellar shaving in the rabbit. *J Orthop Res* 5: 388–392
15. Mitchell N, Shephard N (1976) The resurfacing of adult rabbit articular cartilage by multiple perforations through the subchondral bone. *J Bone Joint Surg* 58-A: 230–233
16. Müller W (1978) Osteochondrosis dissecans. In: Hastings DE (ed) *Progress in orthopedic surgery*, vol 3. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 135–142
17. Pridie KH (1959) A method of resurfacing osteoarthritic knee joints. *J Bone Joint Surg* 41-B: 618–619
18. Radin EL, Burr DB (1984) Hypothesis: joints can heal. *Semin Arthritis Rheum* 13: 293–302
19. Seitz H, Chrysopoulos A, Egkher E, Mousavi M (1994) Long-term results of replacement of the anterior cruciate ligament in comparison with conservative therapy. *Chirurg* 65: 992–998
20. Rodrigo JJ, Steadman RJ, Silliman JF, Fulstone HA (1994) Improvement of full-thickness chondral defect healing in the human knee after debridement and microfracture using continuous passive motion. *Am J Knee Surg* 7: 109–116
21. Wagner H (1964) Operative Behandlung der Osteochondrosis dissecans des Kniegelenks. *Z Orthop* 98: 333–335