



Online verfügbar unter [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SciVerse ScienceDirect

Fuß &  
Sprunggelenk

[www.elsevier.de/fuspru](http://www.elsevier.de/fuspru)

## Therapie chondraler und osteochondraler Defekte am Talus durch Autologe Matrix Induzierte Chondrogenese

### Treatment of chondral and osteochondral defects of the talus by Autologous Matrix Induced Chondrogenesis

Markus Walther<sup>1,\*</sup>, Christoph Becher<sup>3</sup>, Christoph Volkering<sup>1</sup>,  
Anke Röser<sup>1</sup>, Ferzan Süzer<sup>2</sup>, Hajo Thermann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zentrum für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie, Schön Klinik München Harlaching, FIFA Medical Centre, München, Deutschland

<sup>2</sup> Zentrum für Hüft-/Knie- und Fußchirurgie, Sporttraumatologie, ATOS-Klinik, Heidelberg, Deutschland Heidelberg

<sup>3</sup> Orthopädische Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) im Annastift, Department Knie-, Schulter- und Sportorthopädie, Hannover, Deutschland

Eingegangen am 13. Februar 2012; akzeptiert am 29. Februar 2012

#### SCHLÜSSELWÖRTER

Osteochondraler Defekt;  
Talus;  
Osteochondrosis dissecans;  
AMIC;  
Knorpel;  
Oberes Sprunggelenk

#### Zusammenfassung

Die Behandlung von osteochondralen Defekten des Talus wird unverändert kontrovers diskutiert. Neben dem Débridement des Defekts mit nachfolgender Mikrofrakturierung oder der Transplantation eines osteochondralen Zylinders (OATS) hat sich in den letzten Jahren die Deckung des Defekts mit Kollagenmembranen etabliert. Der Eingriff kann in offener Technik oder arthroskopisch durchgeführt werden. Der Vorteil des offenen Vorgehens ist die Möglichkeit, die Kollagenmembran präzise in den Defekt einzupassen und auch subchondrale Zysten mit einer Spongiosaplastik

\* Korrespondierender Autor. Prof. Dr. med. Markus Walther, Schön Klinik München Harlaching, FIFA Medical Centre, Harlachinger Straße 51, 81547 München, Deutschland, Tel.: +49 (0)89 6211 2041, Fax: +49 (0)89 6211 2042.

E-Mail: [mwalther@schoen-kliniken.de](mailto:mwalther@schoen-kliniken.de) (M. Walther).

URL: <http://www.schoen-kliniken.de> (M. Walther).

doi:10.1016/j.fuspru.2012.03.002

Please cite this article in press as: M. Walther, et al., Therapie chondraler und osteochondraler Defekte am Talus durch Autologe Matrix Induzierte Chondrogenese, Fuß & Sprunggelenk (2012), doi:10.1016/j.fuspru.2012.03.002

**KEY WORDS**

Osteochondral defect;  
talus;  
osteochondritis dissecans;  
OCT;  
AMIC;  
cartilage;  
ankle

aufzufüllen. Die arthroskopische Technik bietet den Vorteil einer deutlich geringeren Weichteiltraumatisierung. Nachteilig sind dabei allerdings die limitierten Möglichkeiten der Defektauffüllung.

Ziel des Artikels ist es die offene und arthroskopische Technik der Autologen Matrix Induzierten Chondrogenese (AMIC) in der Therapie von chondralen und osteochondralen Läsionen des Talus mit ersten Ergebnissen darzustellen.

**Summary**

The treatment of osteochondral defects of the talus is still controversial. Besides debridement of the defect with microfracture or osteochondral cylinder transplantation (OCT), the coverage of the defect with a collagen membrane has gained increasing popularity. This procedure can either be done open or arthroscopically. The advantage of an open procedure is the precise placement of the membrane and the option to address subchondral cysts with a graft. Advantageous of the arthroscopic approach is fewer trauma to the soft tissues. However, there are technical limitations to fill bony defects with a graft.

The aim of this article is to present the open and arthroscopic approach with preliminary results in the treatment of chondral and osteochondral defects of the talus by Autologous Matrix Induced Chondrogenesis (AMIC).

**Einleitung**

Chondrale und osteochondrale Defekte am Talus haben verschiedene Ursachen. Diese umfassen traumatische Knorpelschäden, die Osteochondrosis dissecans sowie degenerative Veränderungen. Die Notwendigkeit einer Therapie orientiert sich vor allem am klinischen Erscheinungsbild. Regelmäßig finden sich osteochondrale Verletzungen am Talus ohne Zeichen einer Aktivierung auf MRT-Bildern, die aus anderen Gründen angefertigt wurden. Die Indikation für eine operative Intervention ist bei stummen Läsionen kritisch zu sehen, insbesondere da die Rolle der Osteochondrosis dissecans bei der Entstehung der Sprunggelenkarthrose fraglich ist [10,30].

Die meist symptomatischen Knorpelläsionen sind mit einer konservativen Therapie kausal nicht zu behandeln. Die Indikation zur operativen Intervention besteht bei einem entsprechenden Beschwerdebild, welches von einem diffusen Sprunggelenkschmerz bis hin zu Blockierungsercheinungen gehen kann. Verschiedene Techniken stehen zur Knorpelrekonstruktion am Talus zur Verfügung. Diese umfassen eine Knorpelstimulation durch Perforation des subchondralen Knochens (z.B. Mikrofrakturierung oder Anbohrung), die Deckung des Defekts mit zellfreien Kollagenmembranen, die osteochondrale Transplantation sowie die autologe Chondrozytentransplantation [1,4,12,18,25,34]. Die Überlegenheit dieser aufwändigen Knorpelrekonstruktionstechniken

gegenüber der Mikrofrakturierung konnte bisher anhand einer klinischen Verlaufsstudie nicht abschließend belegt werden [15]. Verschiedene histologische Untersuchungen am Tiermodell haben aber gezeigt, dass mit Hilfe der autologen Chondrozytentransplantation ein qualitativ besseres Knorpelregenerat erreicht werden kann, welches sich von Faserknorpelregenerat deutlich unterscheidet [19,24,35,36]. Mittlerweile hat die Matrix assoziierte Chondrozytentransplantation (MACT) unter Verwendung verschiedener Trägermaterialien für die kultivierten Chondrozyten die traditionelle autologe Chondrozytentransplantation (ACT) mit Verwendung eines aufgenähten Periostlappens im klinischen Alltag abgelöst. Das Verfahren ist allerdings teuer und benötigt zwei operative Eingriffe durch eine zunächst notwendige Knorpelentnahme zur Knorpeltransplantatzüchtung. Zudem ist bisher trotz guter kurzfristiger Ergebnisse keine Überlegenheit gegenüber den einzeitigen Operationsverfahren erkennbar [12,32].

Die aktuelle Entwicklung fokussiert daher auf einzeitige Verfahren. Da sich die prinzipiell guten Ergebnisse nach Mikrofrakturierung am Talus [2,8] bei größeren Defekten (>1,5 cm<sup>2</sup>) zu verschlechtern scheinen [7,8], könnte durch Aufbringen einer Kollagenmembran (Chondro-Guide®, Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Schweiz) oder mit patienteneigenem Serum bedeckten zellfreien Polymerbasiertem Implantat (Chondrotissue®, BioTissue Technologies, Zürich, Schweiz) die Knorpelregeneration unterstützt werden. Für diese Verfahren wird auch der Begriff „AMIC“ (Autologe Matrixinduzierte

Chondrogenese) verwendet. Ziel ist die Stabilisierung des stammzellhaltigen „Superclots“ mit dem Ziel, eine bessere Differenzierung in Richtung Knorpel zu erreichen. Die Autoren dieser Arbeit verwenden eine Matrix aus porcinem Kollagen Typ I/III (Chondro-Guide®, Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Schweiz). Im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten wurde gezeigt, dass Chondro-Gide® ein geeigneter Zellträger ist [11], der die chondrogene Differenzierung mesenchymaler Stammzellen positiv beeinflusst und die Chondrozyten in zu einer verbesserten Proteoglykandeposition anregen kann [9].

Kontrovers wird diskutiert, ob ein offenes Vorgehen gewählt werden muss, oder ob auch ein arthroskopisches Vorgehen möglich ist. Hauptunterschied ist, dass beim offenen Vorgehen die Membran perfekt auf den Defekt zugeschnitten wird, während beim arthroskopischen Vorgehen dies nicht möglich ist und die Membran die Defektränder nach dem Einbringen überlappt.

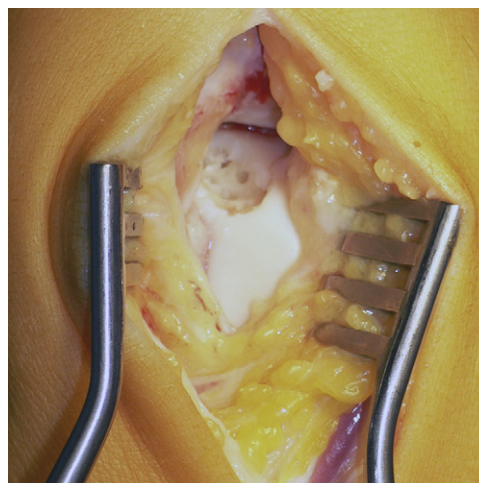
## OP-Techniken

### Offene Technik (M. Walther)

Das Konzept der Implantation einer Kollagenmembran über eine Arthrotomie basiert auf der Überlegung, dass bei einem arthroskopischen Vorgehen häufig Kompromisse bezüglich der Therapie der knöchernen Veränderungen und der Passgenauigkeit der Kollagenmembran zu schließen sind. Die Indikation sehe ich bei Knorpeldefekten  $> 1,5 \text{ cm}^2$ , basierend auf den Daten von Choi (2009) und Chuckpaiwong (2008) [7,8] die ab dieser Defektgröße weniger gute Resultate bei alleiniger Mikrofrakturierung beobachtet haben.

Ziel beim offenen Vorgehen ist es, zystische subchondrale Veränderungen oder lokale Knochennekrosen vollständig auszuräumen, die Randzone anzubohren und den Defekt mit Spongiosa aufzufüllen. Die Kollagenmembran wird mit Fibrinkleber passgenau in der Defektzone fixiert.

Die Arthrotomie erfolgt, je nach Lage des Defekts, medial zwischen Tibials-anterior-Sehne und Innenknöchel, zentral zwischen Tibialis anterior- und Extensor-hallucis-longus-Sehne oder lateral der Strecksehnen. Auch weit dorsal gelegene Defekte lassen sich mit dieser Technik gut darstellen, auf eine Innen- oder Außenknöchelosteotomie kann fast immer verzichtet werden. Das Sprunggelenk lässt sich über Spreizer ausreichend distrahieren. Sehr weit dorsal gelegene Defekte lassen sich über eine Arthrotomie dorsal des medialen oder lateralen Malleolus erreichen.

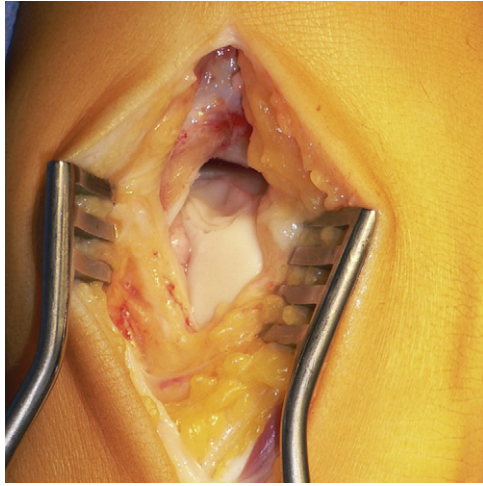


**Abbildung 1.** Osteochondraler Defekt nach Débridement und Anbohrung.

In über 90% der Fälle nutze ich den ventromedialen oder ventrolateralen Zugang.

Zunächst wird der instabile Knorpel debridiert bis überall stabile Knorpelränder vorhanden sind. Für die passgenaue Deckung mit der Kollagenmembran wird eine ovale Defektstruktur angestrebt. Anschließend werden vorhandene Zysten kurettiert und nekrotischer Knochen entfernt (Abb. 1). Die Sklerosezone wird mit multiplen Bohrungen (2mm) perforiert und der Defekt mit Spongiosa vom Kalkaneus oder Beckenkamm aufgefüllt. Die Spongiosa wird mit dem Stößel impaktiert, so dass eine glatte Oberfläche erreicht wird. Ein Niveau über dem ursprünglichen Knochen sollte vermieden werden. Anschließend wird die Defektgröße über eine Aluminium-Schablone auf die eingeweichte Kollagenmembran übertragen. Die zugeschnittene Kollagenmembran wird dann möglichst passgenau mit Fibrinkleber in die Defektzone geklebt. Ein Überstand in den Randbereichen könnte mit dem Risiko einer Delaminierung verbunden sein und sollte nach meiner Meinung vermieden werden. Es ist möglich, auch mehrere Lagen der Kollagenmembran in Sandwichtechnik aufeinander zu kleben (Abb. 2).

Nach dem Aushärten des Fibrinklebers wird das Gelenk durchbewegt. Etwaige Instabilitäten des Transplantates können so erkannt und behoben werden. Auf eine Redondrainage kann meist verzichtet werden. Es erfolgt der schichtweise Wundverschluss und die Anlage einer dorsalen Gipsplongette in 90°-Stellung. Nach 48h strikter Ruhigstellung wird ggf. die Drainage entfernt und die passive Mobilisation des Sprunggelenks eingeleitet. Es beginnt eine sechswöchige Phase mit Teilbelastung 10kg, Motorschiene und Beübung des Sprunggelenks. Nach sechs Wochen erfolgt ein



**Abbildung 2.** Deckung des Defekts mit Kollagemambran unter Niveau des umliegenden Knorpels.

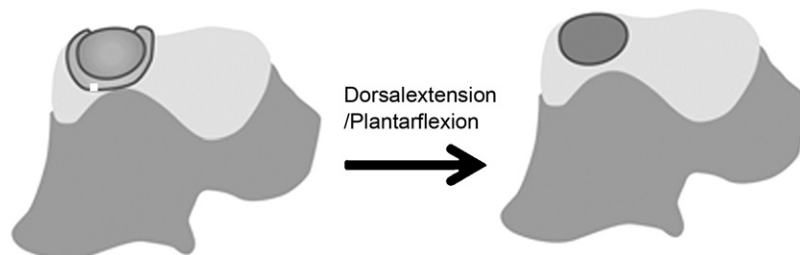
stufenweiser Belastungsaufbau mit 10-20 kg pro Woche bis zum Erreichen der Vollbelastung. Nach ca. 12 Wochen ist die Vollbelastung unter Alltagsbedingungen möglich.

### Arthroskopische Technik (H. Thermann)

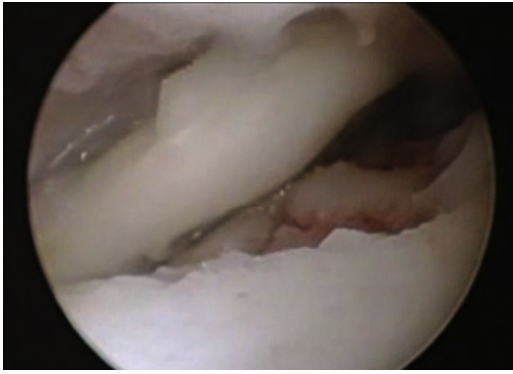
Die arthroskopische Implantation der Kollagemembran ermöglicht ein weichteilschonendes Vorgehen ohne Notwendigkeit einer Arthrotomie oder Osteotomie der Malleolen. Die Indikation sehe ich aufgrund der einfachen Anwendbarkeit und des Vorteils einer Art Versiegelung des Defektes durch die Membran bei Defektgrößen  $> 1 \text{ cm}^2$ . Durch Bewegung werden die über den Defektrand überstehenden Bereiche der Membran abgerieben. So entsteht eine perfekte Deckung der subchondralen Schicht (**Abb. 3**)

Ich bevorzuge eine Standard-Rückenlage mit herabhängendem Bein [3] oder mit leichter Unterstützung einer Rolle unter dem Kniegelenk zur Entspannung der Wadenmuskulatur. Aufgrund der engen Gelenkverhältnisse sollte ein 2,5 mm oder 2,7 mm Arthroskop mit 30°-Optik zur Verfügung

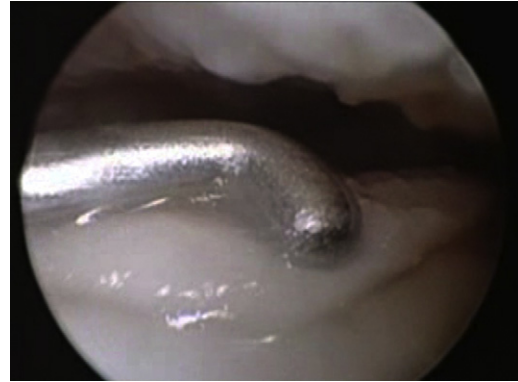
stehen, um alle Gelenkbereiche einsehen und behandeln zu können. Zusätzlich müssen entsprechend kleine Shaver, Fräsen, Faszangen und Küretten zur Verfügung stehen. Zunächst wird das Gelenk von anteromedial mit einer Punktionskanüle mit NaCl aufgefüllt. Dies sollte parallel zur Talusrolle erfolgen, um nicht den Knorpel durch die Punktionskanüle zu verletzen. Dann Eingehen mit dem 11er Skalpell. Der zweite anterolaterale Zugang wird unter Sicht angelegt. Das Portal, über welches die Kollagenmatrix eingeführt werden muss, sollte in etwa 1 cm groß sein. Nach Voroperationen oder bei schwerer Synovialitis muss anfänglich eine partielle Synovektomie durchgeführt werden, um eine ausreichende Sicht über das Gelenk zu haben. Unter leichtem Zug des Calcaneus und durch Plantarflexion lässt sich normalerweise jede chondrale oder osteochondrale Läsion darstellen. Entsprechend des MRT-Befundes wird der Knorpel mit dem Tasthaken auf seine Stabilität überprüft. Bei sehr weichem Knorpel mit tiefem Eintauchen des Tasthakens sowie bei aufgebrochener Knorpeloberfläche besteht die Indikation zu einem Débridement mit folgender Mikrofrakturierung. Dazu wird aller instabiler Knorpel und nekrotisches Knochengewebe mit einer Kürette sowie feinen Faszangen und evtl. Moskitoklemmen, welche gut durch die Krümmung nach posterior greifen können, entfernt. Für die optimale Anheftung des Blutkoagels nach der Mikrofrakturierung müssen die Knorpelränder stabil und senkrecht sein. Danach noch leichtes Shaven der subchondralen Fläche und der Ränder des Knorpels. Dann Durchführung einer Mikrofrakturierung. Je nach Lokalisation der Läsion werden schwanhalsförmige Ahlen mit unterschiedlichen Krümmungsradien benötigt. Die Ahlen werden von den beschriebenen Zugängen aus tangential aufgesetzt und unter vorsichtigen Hammerschlägen ca. 1 mm tief eingebracht, um ein Abrutschen und damit hervorgerufene Destruktion des subchondralen Raumes zu verhindern. Danach werden weitere Perforationen von ca. 3 mm Tiefe bis



**Abbildung 3.** Prinzip der arthroskopischen AMIC-Therapie. Nach üblicher Mikrofrakturierung wird die Membran in den Defekt eingelegt. Durch Bewegung werden die über den Defektrand überstehenden Bereiche abgerieben. So entsteht eine perfekte Deckung der subchondralen Schicht.



**Abbildung 4.** Einbringen der Membran in den vorbereiteten Defekt.



**Abbildung 5.** Anmodellierung der Membran in den Defekt mit Überlappung über den Defektrand.

zum Auftreten von Fettaggen als Zeichen der Markraumperforation angelegt. Die Mikrofrakturen sollten von der Peripherie der Läsion aus nach zentral im Sinne eines Schachbrettmusters mit ca. 2-4mm großen Zwischenräumen durchgeführt werden. Nach Beendigung der Mikrofrakturierung Glätten und Entfernung von kleinen Knochenanteilen mit Shaver und Kugelfräse.

Nun Aussaugen des Gelenkes mit feinen Saugern nach Abstellen der Flüssigkeitszufuhr. Verbesserung der Trockenheit mit kleinen ausgezogenen Tupfern an Moskitoklemmen. Optional verwende ich thrombozytenassoziierte Wachstumsfaktoren (Autologous Conditioned Plasma - ACP) durch Einträufeln in den Defektbereich. Bei zystischen Läsionen wird die Zyste mit größeren Ahlen debridiert, ausgesaugt und dann mit autologem konditioniertem Knochenmark, welches durch Punktion vom Beckenkamm gewonnen wird, aufgefüllt. Verfahren zur Anreicherung von Stammzellen aus dem Beckenkammpunktat werden u.a. von Biomet (MarrowStim™) und Harvest (MarrowPrep™) angeboten. Bei beiden Verfahren wird durch Zentrifugieren eine Fraktion mit hoher Konzentration von Stammzellen isoliert, die dann zur Auffüllung von Knochendefekten eingesetzt wird.

Die Kollagenmembran wird nun mit Hilfe einer Moskitoklemme redundant überlappend im Sinne einer Versiegelung auf den Defekt gelegt (Abb. 4) und mit einem Tasthaken anmodelliert (Abb. 5). Bei tieferen Defekten wird evtl. eine Doppelung der Kollagenmembran im Sinne einer Sandwichtechnik vorgenommen, um somit eine größere Oberfläche zu erreichen. Nun Einspritzen des Finbrinklebers und Abwarten der Aushärtung des Klebers von 10 Minuten in Neutralstellung des OSG. Es erfolgen der Wundverschluss und die Anlage einer dorsalen Gips-Longette in Neutralstellung.

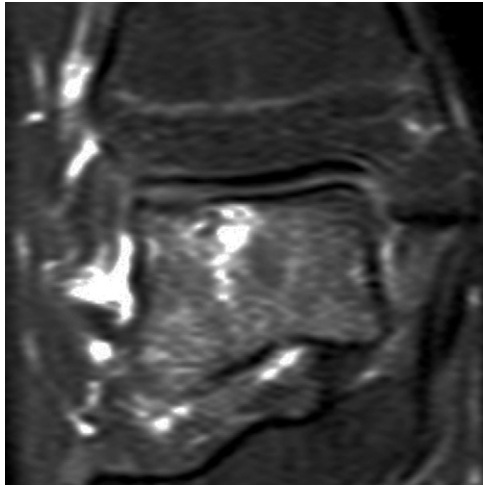
Die Gips-Longette sollte je nach Defektgröße 3-4 Tage belassen werden um das neue Regenerat zu

stabilisieren und anwachsen zu lassen. Eine Delaminierung kann meiner Ansicht nach verhindert werden. Neben Physiotherapie werden Bewegungsübungen des OSG wenn möglich unter Zuhilfenahme einer Motorschiene über 4-5 Wochen, möglichst 5-8 Stunden/Tag durchgeführt. Eine Teilbelastung von 15 kg sollte für sechs Wochen eingehalten werden, danach nochmals zwei Wochen mit 30 kg. Danach darf der schmerzfreie Patient mit gut gepolsterten Schuhen vollbelasten. Im weiteren Verlauf Fahrradfahren und Sportarten ohne Impactbelastung wie beispielsweise Aquajogging. Impact- und Kontaktsportarten sollten ein Jahr lang möglichst unterlassen werden.

## Ergebnisse

### Offene Technik

Von 42 Patienten mit Knorpeldefekten am Talus (Grad III und IV entsprechend der Klassifikation der International Cartilage Research Society (ICRS), größer 1,5 cm<sup>2</sup>) liegen Ergebnisse von 12 und mehr Monaten vor. Intraoperativ kam es zu keinen Komplikationen. In zwei Fällen war eine Osteotomie des Innenknöchels notwendig, in 31 Fällen wurde eine zusätzliche Spongiosaplastik vom Kalkaneus verwendet. Der AOFAS Score (Score der American Orthopedic Foot and Ankle Society, basierend auf dem von Kitaoka etablierten Score [21]) verbesserte sich von  $47,3 \pm 17,2$  auf  $88,3 \pm 10,5$ . In drei Fällen zeigten sich im MRT-Verlauf erneute Zysten. In vier Fällen wurde bei Restbeschwerden eine erneute Arthroskopie durchgeführt. Dabei zeigte sich bei zwei Fällen ein instabiles Transplantat, in den anderen beiden Fällen wurde eine hypertrophe Regeneratbildung mit Impingement festgestellt. Die restlichen MRT-Verläufe wiesen eine



**Abbildung 6.** Anterolaterale osteochondrale Läsion präoperativ.

gute Defektfüllung ohne vermehrte Ergussbildung auf.

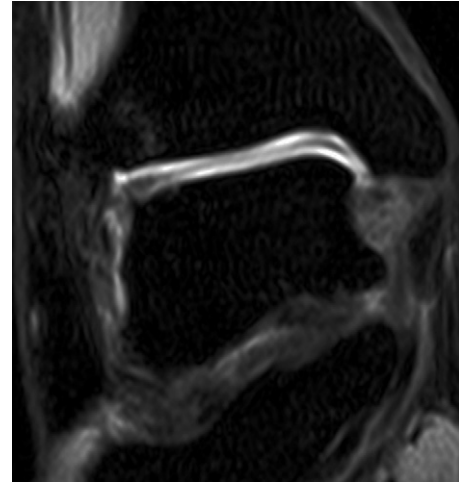
### Arthroskopische Technik

Bisher wurden in einer prospektiven Studie Ergebnisse von 16 Patienten in einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens einem Jahr evaluiert. Das Durchschnittsalter der 7 männlichen und 9 weiblichen Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 37 Jahre (15 bis 65 Jahre). Entsprechend der Klassifikationen nach Berndt & Harty [5] wurden acht Läsionen als viertgradig und acht als drittgradig beurteilt. Intraoperativ kam es zu keinen Komplikationen. Bei einem Patient wurde neun Monate postoperativ eine Revision mit arthroskopischer Arthrolyse durchgeführt.

Die Ergebnisse im Hannover Nachuntersuchungs-Score OSG (HNS-OSG) [33] verbesserten sich von durchschnittlich  $53 \pm 12$  auf  $82 \pm 14$  Punkte. In der Visuellen Analog Skala (VAS) ergab sich ein Durchschnittswert von  $1,4 \pm 2,0$  (präop.  $5,8 \pm 2,1$ ) in Bezug auf „Schmerz“,  $8,0 \pm 2,8$  (präop.  $2,8 \pm 2,0$ ) für „Funktion“ und  $8,1 \pm 2,9$  (präop.  $2,0 \pm 1,9$ ) für „Zufriedenheit“. In den MRT-Nachuntersuchungen wurde keine Delaminierung der Membran festgestellt mit meist guter Defektauffüllung (Abb. 6 und 7).

### Diskussion

Unverändert wird die Wertigkeit der verschiedenen Verfahren zur Rekonstruktion osteochondraler Defekte am Talus kontrovers diskutiert. Bisher gibt es nur eine prospektiv angelegte vergleichende



**Abbildung 7.** Ergebnis 2 Jahre postoperativ nach arthroskopischer Behandlung mit Mikrofrakturierung und Chondro-Guide®. Es zeigt sich eine gute Auffüllung des Defektes und Konsolidierung des subchondralen Knochens.

Studie. Die inzwischen wegen Verfahrensmängeln stark in die Kritik geratene Studie von Gobbi et al. [15] konnte keinen Unterschied zwischen einfacher Chondroplastik, Mikrofrakturierung und osteochondraler Transplantation finden [15]. Allerdings sind diese Ergebnisse limitiert durch die kurze Beobachtungsdauer von 24 Monaten und die kleine Fallzahl. Weiterhin hat sich zwischenzeitlich herausgestellt, dass es sich nicht, wie vom Autor ursprünglich behauptet, um eine prospektiv randomisierte Studie gehandelt hat, sondern dass die Patienten an drei Zentren mit unterschiedlichen Therapiekonzepten behandelt und im Rahmen der Studie verglichen wurden [14]. Die technischen Mängel bei der Durchführung der Studie reduzieren den Evidenzlevel auf 4 – analog zu allen anderen Studien, die sich mit dem Thema der Knorpelrekonstruktion am Talus beschäftigen.

Verschiedene Studien deuten auf limitierte Ergebnisse der Mikrofrakturierung, insbesondere bei größeren Defekten am Talus hin. So berichten beispielsweise Lee et al. [23] über eine inkomplette Defektdeckung bei 40% der Patienten nach Mikrofrakturierung. Die Grenze der Defektgröße für ein erfolgreiches Ergebnis nach Mikrofrakturierung am Talus scheint bei  $1,5 \text{ cm}^2$  zu liegen [7,8]. Ob sich die Ergebnisse nach Mikrofrakturierung am Talus im Verlauf verschlechtern oder bei älteren Patienten >50 Jahre mit einer geringeren Prognose zu versehen sind, wird noch kontrovers diskutiert. Aktuell veröffentlichte Arbeiten weisen allerdings auf keinen signifikanten Einfluss des Alters und keine Verschlechterung der Ergebnisse zu einem mittelfristigen Nachuntersuchungszeitpunkt hin [2,6].

Eine umfassendere Datenlage gibt es am Kniegelenk. Hier konnten Mithoefer et al. [28] zeigen, dass eine inkomplette Abdeckung des Defektes mit schlechteren Ergebnissen korrelierte. Weiterhin verschlechtern sich die Resultate über einen längeren Zeitraum [16,26] und mit zunehmendem Alter der Patienten [22,31]. Allerdings wurde magnetresonanztomografisch keine statistische Korrelation zwischen dem Volumen des Regeneratknorpelgewebes und dem Alter des Patienten festgestellt [27]. Die schlechteren Ergebnisse älterer Patienten nach Mikrofrakturierung im Kniegelenk könnten daher eher auf andere Gelenkpathologien zurückzuführen sein, welche weit häufiger zu erwarten sind als im oberen Sprunggelenk.

Die Verwendung von Matrices verspricht durch die verbesserte Defektabdeckung und verbesserten Möglichkeit der Organisation des Regeneratgewebes insbesondere bei größeren Defekten einen Fortschritt in der Behandlung von chondralen und osteochondralen Defekten. Die Matrix-gestützte Autologe Chondrozyten Transplantation (MACT) konnte bisher keine Überlegenheit gegenüber den Standardverfahren für die Anwendung am Talus aufzeigen. Eine Kostenübernahme zu Lasten der Gesetzlichen Krankenversicherung ist momentan in Deutschland nicht möglich. Zwischenzeitlich wurde am Talus die autologe Chondrozytentransplantation (z.B. MACI®) von den zellfreien Membranen (z.B. AMIC®) weitgehend abgelöst. Giannini et al. [13] berichten über die Kombination einer Kollagenmembran mit autologen Stammzellen. Der AOFAS Score verbesserte sich von 64 auf 91 Punkte bei einer Beobachtungszeit von 24 Monaten und mehr. Für die Anwendung der Chondro-Gide®-Membran sind bis auf die Beschreibung der Technik und einen Fallbericht noch keine Ergebnisse publiziert [34]. Der Standard dieser Technik stellt momentan ein offenes Vorgehen mit genauem Anpassen der Membran auf die Defektgröße dar. Überstände in den Randbereichen und eine Lage der Membran über Knorpelniveau implizieren das Risiko der Delamination und können durch eine passgenaue Implantation vermieden werden. Ein entsprechendes Vorgehen ist in den meisten Fällen über eine kleine Arthrotomie ohne Osteotomie der Malleolen möglich. Auch können ossäre Defekte wie Zysten und lokale Knochennekrosen beim offenen Vorgehen besser therapiert werden, bis hin zur lokalen Spongiosaplastik. Beim arthroskopischen Vorgehen ist die Therapie der ossären Pathologie auf das Débridement des Defektes und der Mikrofrakturierung limitiert. Ob die Therapie von gleichzeitig bestehenden ossären Pathologien allerdings notwendig ist, kann bisher nicht abschließend beantwortet werden. Jung et al. (2011)

[20] berichteten eine signifikante Besserung des Schmerzniveaus bei alleiniger Mikrofrakturierung von zystischen osteochondralen Läsionen ohne weitere Auffüllung. Saxena et al. (2007) [29] stellte einen Behandlungsalgorithmus vor, der bei Hepple Stadium 5 [17] eine Defektauffüllung vorsah, bei Defekten Hepple Stadium 3 und 4 jeweils ein alleiniges Mikrofrakturierung [17]. Die Resultate in beiden Gruppen zeigten nach einem Follow up von sechs Jahren keinen signifikanten Unterschied.

Unverändert kann keine klare Behandlungsempfehlung für osteochondrale Defekte am Talus gegeben werden. Als weitgehend gesichert gilt die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Defektgröße. Das Aufbringen einer Membran könnte hier einen Vorteil bieten und zu einer Verbesserung der Ergebnisse führen. Ob eine akkurate Defektauffüllung mit passgenauer Membrandeckung durch ein offenes Vorgehen notwendig ist oder ein arthroskopisches Vorgehen mit überlappender Implantation keinen Nachteil im Sinne einer möglichen Delaminierung in sich birgt, kann anhand der vorliegenden Daten noch nicht abschließend beurteilt. Gute Ergebnisse werden mit beiden Behandlungskonzepten berichtet. Wie aggressiv knöcherne Defekte zu behandeln sind ist ebenfalls weiterhin unklar. Entsprechend sind weitergehende wissenschaftliche Studien mit Vergleichsgruppen zu fordern.

## Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt vorliegt.

## Literatur

- [1] J.A. Assenmacher, A.S. Kelikian, C. Gottlob, S. Kodros, Arthroscopically assisted autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talar dome: an MRI and clinical follow-up study, *Foot Ankle Int.* 22 (2001) 544–551.
- [2] C. Becher, A. Driessen, T. Hess, U.G. Longo, N. Maffulli, H. Thermann, Microfracture for chondral defects of the talus: maintenance of early results at midterm follow-up, *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 18 (2010) 656–663.
- [3] C. Becher, A. Driessen, H. Thermann, Microfracture technique for the treatment of articular cartilage lesions of the talus, *Orthopade* 37 (2008) 196, 198–196, 203.
- [4] C. Becher, H. Thermann, Results of microfracture in the treatment of articular cartilage defects of the talus, *Foot Ankle Int.* 26 (2005) 583–589.

- [5] A. Berndt, M.P. Harty, Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus, *J. Bone Joint Surg. Am.* 41-A (1959) 988–1020.
- [6] W.J. Choi, B.S. Kim, J.W. Lee, Osteochondral lesion of the talus: could age be an indication for arthroscopic treatment? *Am. J. Sports Med.* 40 (2012) 419–424.
- [7] W.J. Choi, K.K. Park, B.S. Kim, J.W. Lee, Osteochondral lesion of the talus: is there a critical defect size for poor outcome? *Am. J. Sports Med.* 37 (2009) 1974–1980.
- [8] B. Chuckpaiwong, E.M. Berkson, G.H. Theodore, Microfracture for osteochondral lesions of the ankle: outcome analysis and outcome predictors of 105 cases, *Arthroscopy* 24 (2008) 106–112.
- [9] A. Dickhut, V. Dexheimer, K. Martin, R. Lauinger, C. Heisel, W. Richter, Chondrogenesis of human mesenchymal stem cells by local transforming growth factor-beta delivery in a biphasic resorbable carrier, *Tissue Eng. Part A* 16 (2010) 453–464.
- [10] I. Elias, J.W. Jung, S.M. Raikin, M.W. Schweitzer, J.A. Carrino, W.B. Morrison, Osteochondral lesions of the talus: change in MRI findings over time in talar lesions without operative intervention and implications for staging systems, *Foot Ankle Int.* 27 (2006) 157–166.
- [11] M. Fuss, E.M. Ehlers, M. Russlies, J. Rohwedel, P. Behrens, Characteristics of human chondrocytes, osteoblasts and fibroblasts seeded onto a type I/III collagen sponge under different culture conditions. A light, scanning and transmission electron microscopy study, *Ann. Anat.* 182 (2000) 303–310.
- [12] S. Giannini, R. Buda, B. Grigolo, F. Vannini, Autologous chondrocyte transplantation in osteochondral lesions of the ankle joint, *Foot Ankle Int.* 22 (2001) 513–517.
- [13] S. Giannini, R. Buda, F. Vannini, M. Cavallo, B. Grigolo, One-step bone marrow-derived cell transplantation in talar osteochondral lesions, *Clin. Orthop. Relat. Res.* 467 (2009) 3307–3320.
- [14] A. Gobbi, Error in level of evidence, *Arthroscopy* 24 (2008) 247.
- [15] A. Gobbi, R.A. Francisco, J.H. Lubowitz, F. Allegra, G. Canata, Osteochondral lesions of the talus: randomized controlled trial comparing chondroplasty, microfracture, and osteochondral autograft transplantation, *Arthroscopy* 22 (2006) 1085–1092.
- [16] A. Gobbi, P. Nunag, K. Malinowski, Treatment of full thickness chondral lesions of the knee with microfracture in a group of athletes, *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 13 (2005) 213–221.
- [17] S. Hepple, I.G. Winson, D. Glew, Osteochondral lesions of the talus: a revised classification, *Foot Ankle Int.* 20 (1999) 789–793.
- [18] A.B. Imhoff, J. Paul, B. Ottinger, K. Wortler, L. Lammle, J. Spang, S. Hinterwimmer, Osteochondral transplantation of the talus: long-term clinical and magnetic resonance imaging evaluation, *Am. J. Sports Med.* 39 (2011) 1487–1493.
- [19] C.W. Jones, C. Willers, A. Keogh, D. Smolinski, D. Fick, P.J. Yates, T.B. Kirk, M.H. Zheng, Matrix-induced autologous chondrocyte implantation in sheep: objective assessments including confocal arthroscopy, *J. Orthop. Res.* 26 (2008) 292–303.
- [20] H.G. Jung, J.A. Carag, J.Y. Park, T.H. Kim, S.G. Moon, Role of arthroscopic microfracture for cystic type osteochondral lesions of the talus with radiographic enhanced MRI support, *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 19 (2011) 858–862.
- [21] H.B. Kitaoka, G.L. Patzer, Analysis of clinical grading scales for the foot and ankle, *Foot Ankle Int.* 18 (1997) 443–446.
- [22] P.C. Kreuz, C. Erggelet, M.R. Steinwachs, S.J. Krause, A. Lahm, P. Niemeyer, N. Ghanem, M. Uhl, N. Sudkamp, Is microfracture of chondral defects in the knee associated with different results in patients aged 40 years or younger? *Arthroscopy* 22 (2006) 1180–1186.
- [23] K.B. Lee, L.B. Bai, T.R. Yoon, S.T. Jung, J.K. Seon, Second-look arthroscopic findings and clinical outcomes after microfracture for osteochondral lesions of the talus, *Am. J. Sports Med.* 37 (Suppl 1) (2009) 63S–70S.
- [24] Z. Lin, C. Willers, J. Xu, M.H. Zheng, The chondrocyte: biology and clinical application, *Tissue Eng.* 12 (2006) 1971–1984.
- [25] P.J. McGahan, S.J. Pinney, Current concept review: osteochondral lesions of the talus, *Foot Ankle Int.* 31 (2010) 90–101.
- [26] K. Mithoefer, J.M. Scopp, B.R. Mandelbaum, Articular cartilage repair in athletes, *Instr. Course Lect.* 56 (2007) 457–468.
- [27] K. Mithoefer, R.J. Williams III, R.F. Warren, H.G. Potter, C.R. Spock, E.C. Jones, T.L. Wickiewicz, R.G. Marx, The microfracture technique for the treatment of articular cartilage lesions in the knee. A prospective cohort study, *J. Bone Joint Surg. Am.* 87 (2005) 1911–1920.
- [28] K. Mithoefer, R.J. Williams III, R.F. Warren, T.L. Wickiewicz, R.G. Marx, High-impact athletics after knee articular cartilage repair: a prospective evaluation of the microfracture technique, *Am. J. Sports Med.* 34 (2006) 1413–1418.
- [29] A. Saxena, C. Eakin, Articular talar injuries in athletes: results of microfracture and autogenous bone graft, *Am. J. Sports Med.* 35 (2007) 1680–1687.
- [30] C. Shearer, R. Loomer, D. Clement, Nonoperatively managed stage 5 osteochondral talar lesions, *Foot Ankle Int.* 23 (2002) 651–654.
- [31] J.R. Steadman, K.K. Briggs, J.J. Rodrigo, M.S. Kocher, T.J. Gill, W.G. Rodkey, Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up, *Arthroscopy* 19 (2003) 477–484.
- [32] H. Thermann, A. Driessen, C. Becher, Autologous chondrocyte transplantation in the treatment of articular cartilage lesions of the talus, *Orthopade* 37 (2008) 232–239.
- [33] H. Thermann, T. Hufner, A. Roehler, H. Tscherne, Screw arthrodesis of the ankle joint. Technique and outcome, *Orthopade* 25 (1996) 166–176.



- [34] M. Wiewiorski, A. Leumann, O. Buettner, G. Pagenstert, M. Horisberger, V. Valderrabano, Autologous matrix-induced chondrogenesis aided reconstruction of a large focal osteochondral lesion of the talus, *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* 131 (2011) 293–296.
- [35] C. Willers, J. Chen, D. Wood, J. Xu, M.H. Zheng, Autologous chondrocyte implantation with collagen bioscaffold for the treatment of osteochondral defects in rabbits, *Tissue Eng.* 11 (2005) 1065–1076.
- [36] M.H. Zheng, C. Willers, L. Kirilak, P. Yates, J. Xu, D. Wood, A. Shimmin, Matrix-induced autologous chondrocyte implantation (MACI): biological and histological assessment, *Tissue Eng.* 13 (2007) 737–746.