

Technische Universität München

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Abteilung für Sportorthopädie

Entnahmemorbidity nach Knorpel-Knochen-Transplantation zur Behandlung
osteocondraler Läsionen des Talus

Andreas Christian Sagstetter

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Stefan Hinterwimmer
2. Prof. Dr. Andreas Imhoff

Die Dissertation wurde am 28.11.2016 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin
am 14.06.2017 angenommen.

Aus der Abteilung und Poliklinik für
Sportorthopädie (Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie)

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. R. von Eisenhart-Rothe

Vorstand der Abteilung: Prof. Dr. A.B. Imhoff

**Entnahmemorbidity nach
Knorpel-Knochen-Transplantation zur
Behandlung osteochondraler Läsionen des Talus**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Humanmedizin
an der medizinischen Fakultät der
Technischen Universität München

vorgelegt von
Andreas Sagstetter
aus Freising

2016

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
1. Einleitung	6
2. Grundlagen und Literaturübersicht	8
2.1. Anatomie des Kniegelenkes.....	8
2.1.1. Funktionelle Anatomie des Kniegelenkes.....	9
2.1.2. Bandstrukturen	12
2.2. Knorpel	14
2.2.1. Knorpelphysiologie	17
2.3. Das OATS Verfahren als Therapieoption bei osteochondralen Läsionen am Talus	19
2.3.1. Talus OATS medial.....	28
2.3.2. Talus OATS lateral.....	33
2.3.3. Talus OATS ventral	35
2.3.4. Nachbehandlung.....	36
2.4. Entnahmemorbidität.....	36
2.4.1. Definition	37
2.4.2. Literaturüberblick.....	37
3. Material und Methode	45
3.1. Patienten.....	45
3.2. Operationsdaten	49
3.3. Patientenbefragung	53
3.4. Scores.....	54
3.4.1. Lysholm Score.....	54
3.4.2. WOMAC Score	55
3.4.3. SF-36	56
3.5. Statistische Auswertung.....	57
4. Ergebnisse	59
4.1. Lysholm Score.....	59
4.2 WOMAC Score	61
4.3. Subjektive Patientenzufriedenheit	63
4.4. SF-36	65
5. Diskussion.....	68

6.	Zusammenfassung.....	73
7.	Abbildungsverzeichnis.....	78
8.	Tabellenverzeichnis.....	80
9.	Literatur.....	81
10.	Anhang.....	101
10.1.	Gesamtergebnis.....	101
10.2.	WOMAC Score.....	102
10.3.	Lysholm Score.....	103
10.4.	SF-36.....	104
11.	Lebenslauf.....	108
12.	Danksagung.....	110

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACI	autologous chondral implantation
ACT	autologe Chondrozytentransplantation
AMIC	autologe Matrix-induzierte Chondrozytogenese
AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
d.h.	das heißt
et al.	und andere
etc.	et cetera
HI-Virus	Humanes Immundefizienz-Virus
kg	Kilogramm
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus
MACI	Matrix-assoziierte autologe Chondrozyten Implantation
m ²	Quadratmeter
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
OATS	Osteochondral Autograft Transfer System (Firma Arthrex)

OSG	oberes Sprunggelenk
SD	Standardabweichung
SF-36	Short-Form-36
WOMAC Score	Western Ontario and McMaster University Arthritis Index
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Osteochondrale Verletzungen am Talus sind ein häufiges orthopädisches und traumatologisches Krankheitsbild. R. Seil et al. [2001] rechnen bei einer Häufigkeit von 5% osteochondraler Läsionen des Talus nach Kapsel-Band-Verletzungen des oberen Sprunggelenkes und bei einer Inzidenz von einer OSG (Oberes Sprunggelenk) Distorsion pro 10.000 Einwohner/Tag mit einer Zahl von 150.000 neuen Erkrankungen pro Jahr. Da es sich hierbei meist um junge sportliche Patienten handelt, kommt dem Krankheitsbild aufgrund der damit verbundenen Anzahl an Krankheitstagen eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung zu [Imhoff et al. 1999b]. Die konservative Behandlung, bestehend aus Reduktion der körperlichen und sportlichen Aktivität bis hin zur Ruhigstellung des Sprunggelenkes für 3 Wochen bis 4 Monate, werden abhängig von der Beschwerdesymptomatik bei geringergradigen Läsionen, bei älteren und immobilen Patienten und bei hohem Operationsrisiko als Therapie der Wahl eingesetzt [Canale & Belding 1980, Huylebroek JF et al. 1985]. Neben der konservativen Behandlung bestehen stadiengerecht auch die Möglichkeiten verschiedener operativer Eingriffe. Der autologe osteochondrale Transfer mittels OATS (Osteochondral Autologous Transfer System, Firma Arthrex, Freiam, Deutschland) Technik stellt hierbei eine relativ neue Technik dar, mit der Möglichkeit vollwertigen hyalinen Knorpel an die Stelle des Defektes zu bringen [Bös & Ellermann 2003]. Das Besondere dieser Methode ist die Verwendung eines Knochen-Knorpel Zylinders aus gering belasteten Knorpelzonen des Kniegelenkes zur Transplantation in den Defekt der Belastungszone des Talus [LaPrade & Botker 2004].

Erstmalig wurde diese Therapie zur Behandlung chondraler und osteochondraler Defekte von Wagner [1964] beschrieben, wobei sie ursprünglich für die Behandlung von lokalen Knorpeldefekten in der Belastungszone des Femurs vorgestellt wurde. Mittlerweile wird diese Technik aber auch an Schulter, Ellenbogen, Tibia, Patella, Metacarpaleköpfchen und eben auch am Talus angewandt [Imhoff et al. 1999b, Kitay et al. 2016, Weigelt et al. 2015]. Bezüglich der Defektheilung zeigt diese Behandlungsmethode sehr gute Ergebnisse [Brucker et al. 2008].

Als Problem der autologen Knorpel-Knochen Transplantation könnte sich allerdings erweisen, dass das verwendete Transplantationsmaterial aus einem intakten Gelenk, meist dem ipsilateralen Kniegelenk, entnommen und dieses bisher gesunde Kniegelenk möglicherweise geschädigt wird [Petersen et al. 2006]. Denkbar wäre, dass eine Verbesserung im operierten Sprunggelenk mit neu auftretenden Beschwerden im „Entnahmekniegelenk“ erkauft werden, die gesundheitliche Problematik somit nicht gebessert, sondern nur verlagert wird.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Morbidität am Entnahmeort „gesundes Kniegelenk“ bei der operativen Therapie von osteochondralen Läsionen am „kranken Sprunggelenk“ zu prüfen. Anhand von Patienten der Abteilung für Sportorthopädie am Krankenhaus Rechts der Isar, München, die mit autologer Knorpel-Knochen-Transplantation aus dem Kniegelenk an den Talus wurde diese Thematik bearbeitet.

Zur Objektivierung der Ergebnisse diente eine telefonische Befragung unter Zugrundelegung des Lysholm Kniescores, des WOMAC Kniescores und des SF-36 Scores mit nachfolgender statistischer Auswertung.

Für diese Studie wurden nachfolgende Hypothesen bzgl. des in die OP involvierten bis dahin gesunden Kniegelenks aufgestellt:

1. Das subjektive und funktionelle Ergebnis der operativ versorgten Patienten wird mit zunehmender Anzahl von entnommenen Zylindern und / oder mit zunehmender Zylindergröße schlechter.
2. Patientenalter und BMI (Body Mass Index) bei der Operation beeinflussen das klinische Ergebnis nach der Operation.
3. Der Lysholm Score für das Kniegelenk zeigt im Zeitablauf eine signifikante klinische Verbesserung.

2. Grundlagen und Literaturübersicht

2.1. Anatomie des Kniegelenkes

Bei der Knorpel-Knochen-Transplantation am Talus in OATS Technik ist für die Entnahme des Knorpel- Knochentransplantates ein Eingriff am Kniegelenk notwendig. Um mögliche negative Folgen des Eingriffes auf das Kniegelenk zu verstehen, ist die funktionelle Anatomie und Biomechanik dieses Gelenkes primär von Bedeutung.

2.1.1. Funktionelle Anatomie des Kniegelenkes

Am Aufbau des Kniegelenkes sind als artikulierende Gelenkpartner der distale Femur, die proximale Tibia und die Patella beteiligt [Platzer 2003]. Letztere ist als Sesambein in den Streckapparat zwischen der Quadriceps- und der Patellasehne eingeschlossen [Platzer 2003]. Die Gelenkflächen des Femurs besitzen einen tibialen und einen patellaren Anteil. Im femuro-tibialen Gelenkanteil stehen die walzenförmigen *Condyli femoris* und die flachen Pfannen der *Condyli tibiae* miteinander in Verbindung [Sobotta et al. 2000]. Knorpel und Menisci verbessern hier die Gelenkkongruenz [Platzer 2003]. Die für die Entnahme von Knorpel-Knochen Zylindern wichtige Dicke des Knorpelüberzugs an beiden Femurcondylen ist annähernd gleich. Die stärkste Knorpeldicke findet sich an der Grenze zwischen mittlerem und hinterem Drittel retropatellar und beträgt bis zu 8 mm [Rauber & Kopsch 1987].

An den Femurcondylen ist die Dicke an der Grenze zwischen mittlerem und hinterem Drittel mit bis zu 7 mm am stärksten [Lang & Wachsmuth 1972].

Die Konvexität der lateralen Femurcondylen entspricht am ehesten der konvexen Kurvatur des Talus [Schöttle et al. 2001].

Die leicht konkaven Tibiagelenkoberflächen artikulieren mit den walzenförmigen Femurcondylen [Platzer 2003]. Die Knorpelstärke beträgt hier beim Erwachsenen zwischen 2 und 4 mm [Sellards et al. 2002]. Zwischen dem medialen und lateralen Tibiaplateau erhebt sich die nicht überknorpelte *Area intercondylaris*, aus der die mediale und laterale *Eminenzia intercondylaris* herausragt [Schünke et al. 2005].

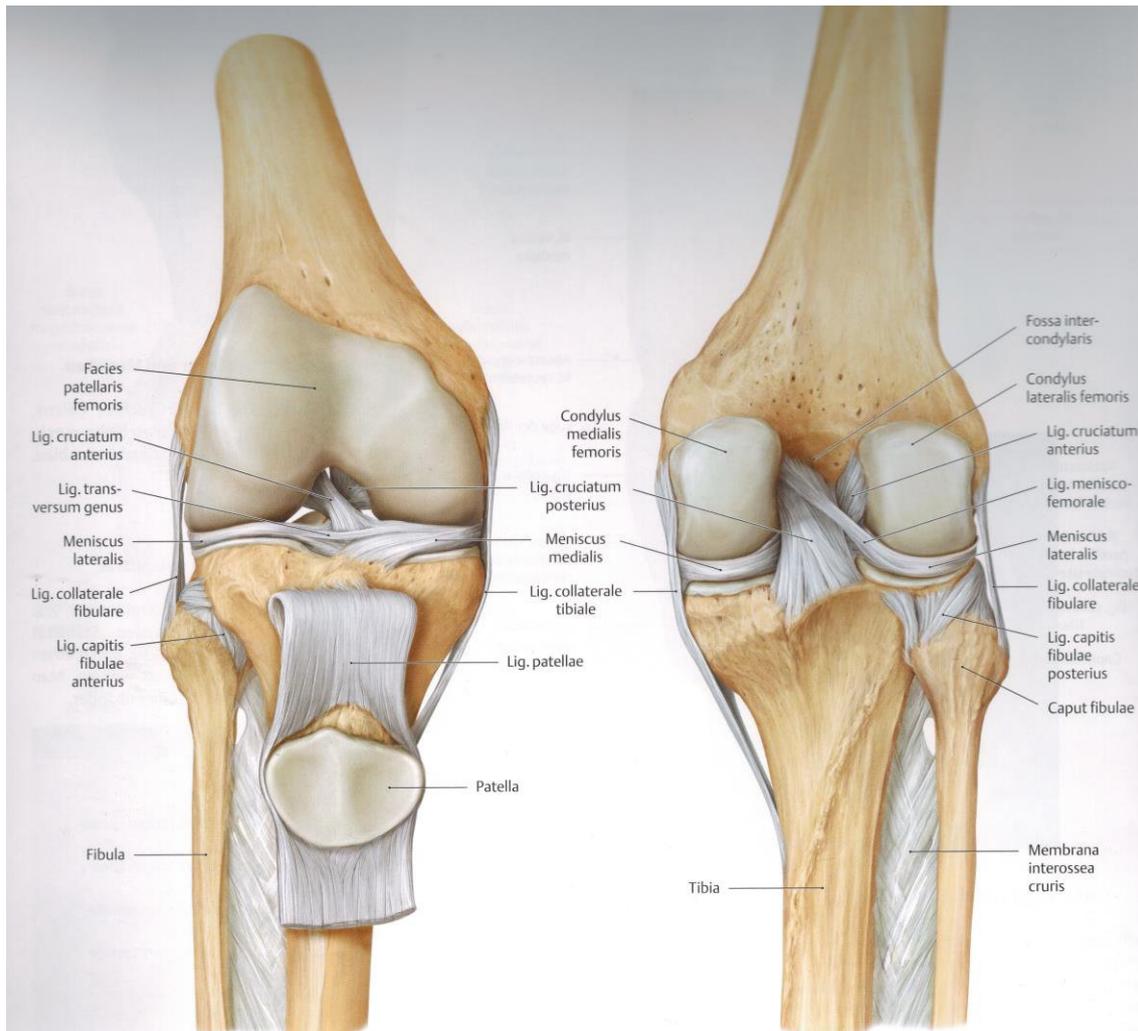


Abb. 1: Anatomie des Kniegelenkes [Schünke et al. 2005].

Auf dem Tibiaplateau liegen die faserknorpeligen Menisken (vgl. Abb. 1). Es handelt sich dabei um bikonkave Scheiben, die sich zum Gelenkzentrum hin verjüngen und damit ein keilförmiges Profil aufweisen, Scher- und Translationsbewegungen abfangen und damit die Stabilität erhöhen können [Schünke et al. 2005]. Diese knorpeligen Zwischenscheiben dienen als verschiebliche Polster, die den Druck des Oberschenkels auf größere Flächen der Tibia verteilen und die Elastizität des Gelenks erhöhen. Zusammen mit mehreren Synovialtaschen, den Bändern und dem Hoffa'schen Fettkörper polstern sie stark belastete Areale ab [Benninghoff & Drenckhahn 2008, Kapandji 1992]. Im Bereich der Menisken ist das Tibiaplateau mit einer dünneren

Knorpelschicht überzogen, als die zentralen Bereiche mit großer Krafteinwirkung [Kohn 2002].

Es handelt sich bei diesem größten Gelenkes des menschlichen Körpers um ein Getriebeelenk als Sonderform eines transportablen Drehscharniergelenkes [Platzer 2003]. So sind im Kniegelenk neben Beugung und Streckung auch leichte Drehbewegungen [Schünke et al. 2005]. Bei 90 Grad Beugung ist eine Innenrotation von 30 bis 35 Grad und eine Außenrotation von 45 bis 50 Grad möglich. In der Extension ist die Rotationsmöglichkeit jedoch stark eingeschränkt [Lang & Wachsmuth 1972].

Die normale Flexion ist bis zu 140 Grad möglich. Gerade bei jüngeren Menschen kann eine geringgradige Überstreckung von 5 Grad und mehr als physiologisch gesehen werden [Platzer 2003]. Durch den Roll- und Gleit-Mechanismus um eine wandernde Achse [Kapandji 1992, Mühlemann et al. 1987] im Kniegelenk und der Möglichkeit der Rotation in 3 Achsen beziehungsweise der Translation auf 3 Ebenen [Kentsch et al. 1991, Müller 1982] haben die Bänder und Menisken im Kniegelenk nicht nur eine stabilisierende, sondern auch eine gelenkführende Funktion. Die Achse dieser Rotationsbewegungen im Kniegelenk liegt jedoch nicht im Bereich der Eminentia intercondylaris, vielmehr verläuft sie durch das mediale Kompartiment [Schröder-Boersch 2001].

Die Patella ist dreieckförmig und als Sesambein in den Streckapparat eingeschlossen [Sobotta et al. 2000]. Am proximalen Rand der Patella inseriert die Hauptsehne des M. quadrizeps femuris. Am distalen Apex entspringen die Fasern des Ligamentum patellae [Platzer 2003].

Die patellare Gelenkfläche ist dem Femur angepasst, d.h. sie ist durch einen stumpfen Längsfirst in eine breitere laterale und eine schmalere mediale Facette unterteilt [Sobotta et al. 2000].

Die Gleitbahn des Oberschenkels ist die Facies patellaris femoris. Sie vereint durch ihren Knorpelüberzug die beiden Femurcondylen auf der Ventralseite miteinander. Dabei grenzt sie sich gegen die Condylen-Tragflächen des Femurs durch eine gerundete Kante ab [Platzer 2003].

Die Kniescheibengleitbahn bildet die Form der Kniescheibengelenkfläche nach. Lateral ist sie breiter, steiler und weiter vorspringend als medial. Durch den Muskelzug wird die Kniescheibe in caudaler, cranialer und dorsaler Richtung beansprucht [Benninghoff & Drenckhahn 2008, Kapandji 1992, Netter et al. 1994, Strobel et al. 1995].

2.1.2. Bandstrukturen

Zur Führung des Gelenkes wird die Kapsel durch Seitenbänder verstärkt. Das mediale Seitenband, das Lig. collaterale tibiale, zieht vom Epicondylus medialis femuris dreieckig zum medialen Tibiakopf. Tiefe Faserzüge sind mit dem medialen Meniskus verwachsen [Sobotta et al. 2000].

Das laterale Seitenband, das Lig. collaterale fibulare, verläuft vom Epicondylus femuris lateralis zum Fibulaköpfchen [Schünke et al. 2005].

In Streckung sind beide Kollateralbänder gespannt, wodurch eine seitliche Stabilität erreicht wird (siehe Abb. 2) [Schünke et al. 2005].

Das vordere Kreuzband, das Lig. cruciatum anterius, entspringt an der Medialseite des lateralen Femurcondylus und zieht schräg nach unten innen und ist in der Area intercondylaris zwischen den Ansatzstellen des Meniskus verankert [Sobotta et al. 2000].

Es kann in einen antero-medialen und einen postero-lateralen Bandbereich unterteilt werden. Von diesem Band sind Faserzüge mit dem Vorderhorn des medialen Meniskus verbunden [Platzer 2003].

Das hintere Kreuzband (Lig. cruciatum posterius) ist kräftiger als das vordere Kreuzband. Es entspringt aus der Area intercondylaris posterior tibiae und findet seinen Ansatz in der Fossa intercondylaris femoris an der Innenfläche des Condylus medialis femoris. Die beiden Kreuzbänder stabilisieren das Kniegelenk somit intraartikulär [Schiebler et al. 1995]. Das vordere Kreuzband stabilisiert das Gelenk hauptsächlich in Streckung, das hintere Kreuzband in Beugung. Während der Innenrotation schlängeln sich die Lig. cruciata umeinander, wodurch eine erhöhte Spannung erreicht wird. Bei der Außenrotation jedoch wickeln sie sich ab. Hierdurch wird eine vermehrte Beweglichkeit bewirkt (vgl. Abb. 2) [Benninghoff & Drenckhahn 2008, Kapandji 1992, Netter et al. 1994].

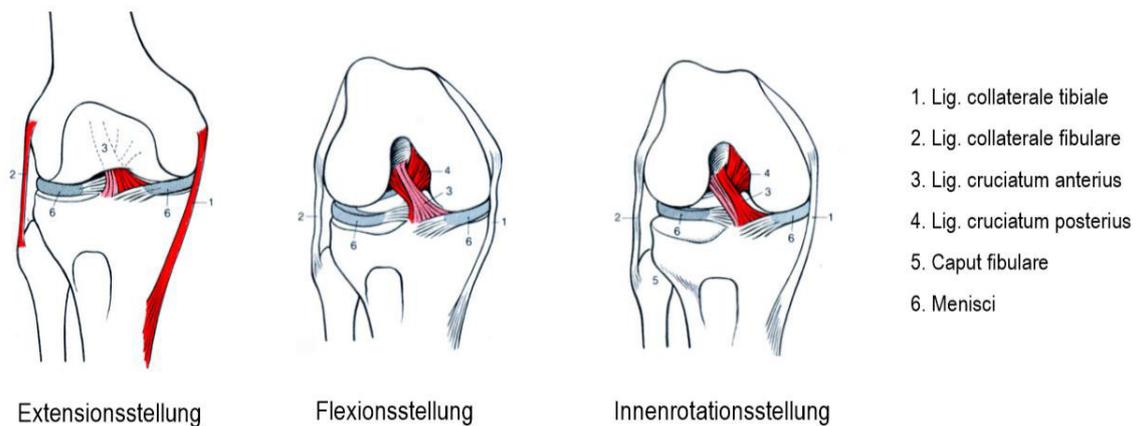


Abb. 2: Darstellung des Spannungszustandes der jeweiligen Bandstrukturen (hellrot und dunkelrot dargestellt) [modifiziert nach Platzer 1991 in: Thorwesten 2000].

2.2. Knorpel

Während der embryonalen Entwicklung bilden sich aus dem Mesenchym die Binde- und Stützgewebszellen, aus diesen wiederum differenzieren sich Fibroblasten, Chondrozyten, Osteoblasten und Myoblasten [Benninghoff & Drenckhahn 2008]. Der Knorpel wird während der embryonalen Entwicklung an der späteren Grenze zwischen Knorpel und Knochen angelegt. Der Knorpel selbst setzt sich aus Chondrozyten und extrazellulärer Matrix zusammen [Imhof et al. 2000]. Das Grundgerüst der von den Chondrozyten gebildeten Interzellulärsubstanz besteht aus langen Hyaluronsäuremolekülen und Proteoglykanen [Ulfig 2011]. Sie fasst mehrere Gruppen, sogenannte Chondrone, jeweils zu einer Einheit zusammen. Die Interzellulärsubstanz wird von den Knorpelzellen vollständig ausgefüllt [Platzer 2003]. Der Gelenkknorpel gehört zur Art der hyalinen Knorpel [Imhof et al. 2000]. Es ist eine Besonderheit dieser Knorpelart, dass sich weder Zell-Zell-Kontakte, Blutgefäße, noch Nerven oder Lymphgefäße finden. Er ist damit ein bradytrophes Gewebe [Bruns & Steinhagen 2000]. Der Stoffaustausch und damit die Ernährung des Knorpels ist somit nur auf die Diffusion beschränkt [Ulfig 2011].

Der Gelenkknorpel lässt sich in vier Schichten einteilen, die fließend ineinander übergehen (siehe Abb. 3) [Imhof et al. 2000]. Die gelenknächste Zone I, die Tangentialfaserzone, weist die höchste Zelldichte auf. Sie ist gekennzeichnet durch einen parallelen Verlauf der Kollagenfasern und der Chondrone zur Oberfläche [Welsch & Kummer 2014]. Die Zone I geht kontinuierlich in die Synovia über. In der nächstgelegenen Zone II, der Übergangszone, weisen die Chondrone noch einen ungeordneten Verlauf sowohl parallel, als auch schräg zur Oberfläche auf. Die Kollagenfasern überkreuzen sich [Welsch & Kummer 2014].

In der Radiärzone – Zone III – liegen die Kollagenfasern radiär, die Chondrone senkrecht zur Oberfläche. Zum Knochen hin grenzt die dünne Mineralisierungszone, die Zone IV. Zwischen Zone III und Zone IV liegt die Grenzlinie, die besonders kalziumreich ist [Welsch & Kummer]. Die Verzahnung von kalzifizierendem und nichtkalzifizierendem Knorpel und der Faserverlauf der Kollagene zum subchondralen Knochen wirken stabilisierend (vgl. Abb. 3) [Buckwalter 1998, Buckwalter & Mankin 1997, Pullig et al. 2001].

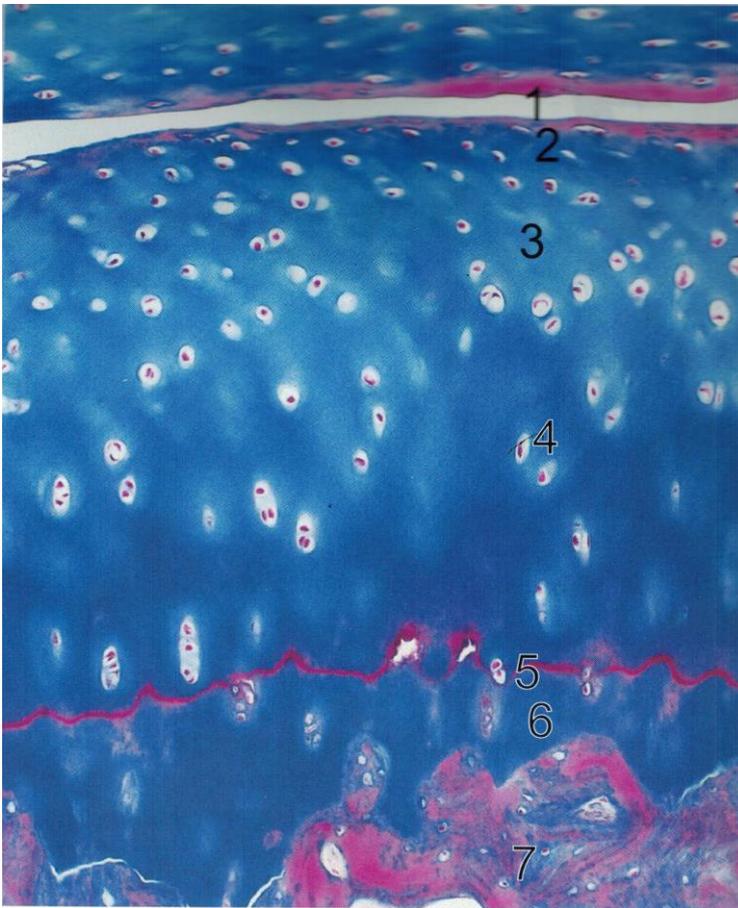


Abb. 3: Verschiedene Schichten des hyalinen Knorpels mit subchondralem Knochen und Gefäßen ausgehend vom Gelenkspalt (1): Tangentialzone (2), Übergangszone (3). Grenzlinie (5) zwischen Radiärzone (4) und mineralisiertem Knorpel (6) [Welsch & Kummer 2014].

In Abhängigkeit der Gelenkphysiologie, beispielsweise der Belastung, wechselt deren Zusammensetzung. Der Zellanteil beträgt nur 5% am Gesamtvolumen des Knorpels [Martinek 2003].

Die Interzellulärsubstanz besteht zu aus 65 – 80% Wasser, 5 – 10% Glykanen, 10 – 30% Kollagenen und Mineralien [Mollenhauer & Aurich 2003].

Die zuvor aufgeführten Glykane sind hydrophile Moleküle, die enorme Wassermengen binden und somit die hohe Druckelastizität des hyalinen Knorpels garantieren [Ulfig 2011]. Das Chondroitinsulfat, ein Glykan, wird von den Chondroblasten gebildet und ist ein wichtiger Baustein des Knorpelgewebes, es trägt dazu bei, dass der Widerstand des Knorpels gegen Kompression aufrechterhalten wird [Baeurle et al. 2009].

Als aufwendige Rahmenkonstruktion erzeugen Kollagene die Struktur des Knorpels und verleihen ihm mechanische Festigkeit und Elastizität. Der Gelenkknorpel weist somit eine hohe Druck- und eine geringe Zugelastizität, eine hohe Steifigkeit und einen geringen Reibungskoeffizienten auf [Martinek 2003]. Die Kollagenfasern beginnen im subchondralen Knochen, verlaufen zunächst vertikal und infolge ihres bogenförmigen Verlaufes gelenknah parallel zur Oberfläche. Sie nehmen in Richtung Oberfläche an Stärke zu [Welsch & Kummer 2014]. Derzeit sind ca. 20 verschiedenen Kollagentypen bekannt [von der Mark et al. 1999]. Im Knorpelgewebe stellt das Kollagen Typ II mit 90 – 95% der vorkommenden Kollagene den Hauptbestandteil dieser dar. Zusätzlich beteiligt sind mit 2 – 3% Kollagen Typ XI und mit etwa 1 – 2% Kollagen Typ IX. In sehr geringen Mengen findet sich auch Kollagen Typ VI und Typ X [Mendler et al. 1989].

Typisch für die Grundstruktur der Kollagene sind drei Helices, die sogenannte Triple-Helix (siehe Abb. 4).

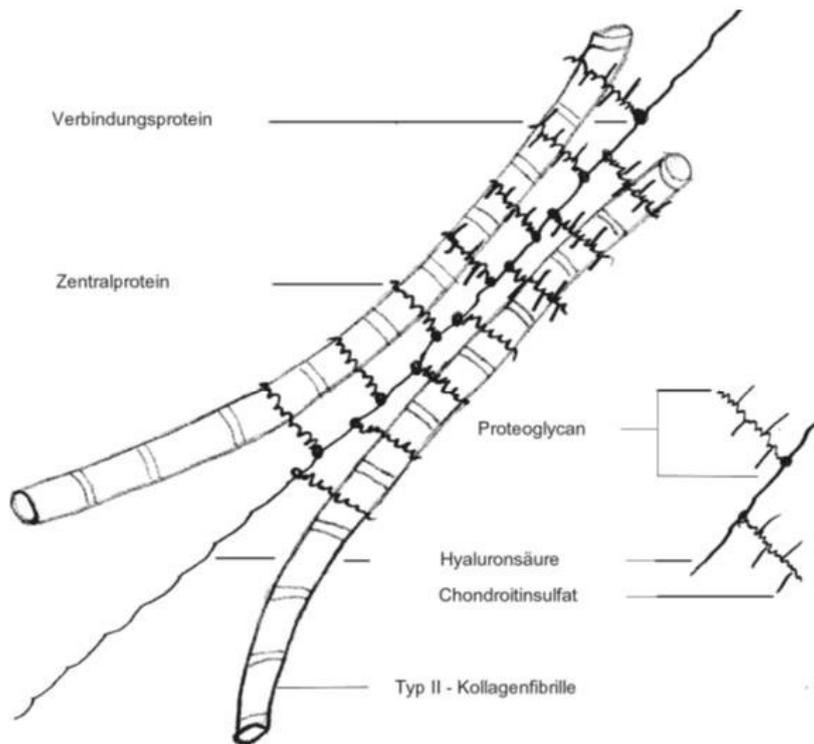


Abb. 4: Molekularer Aufbau der Knorpelmatrix [modifiziert nach Junqueira et al. 2002].

2.2.1. Knorpelphysiologie

Die Funktion des Gelenkknorpels besteht darin, den Knochen vor direkten mechanischen Einwirkungen zu schützen. Weiterhin stellt er die exakte Gelenkkongruenz her [Platzer 2003]. Insgesamt gewährleistet er eine gleichmäßige Kraftübertragung. Durch den niedrigen Reibungskoeffizienten des Knorpels gelingt ein nahezu reibungsfreies Gleiten [Swann et al. 1981]. Eine Längenausdehnung des Knorpels wird durch konstant einwirkende Kraft hervorgerufen. Auf Veränderungen der Belastung resultiert eine Modifikation der Stoffwechselaktivität der Chondrozyten [Ulrich-Vinther et al. 2003]. Zugkraft bewirkt eine Vermehrung der Kollagenfaserbündel. Druck hingegen bewirkt eine Erhöhung der Interzellulärsubstanz zugunsten der Zelldichte. [Martinek 2003]

Die Ernährung des Knorpels erfolgt beim Feten durch Gefäße, später durch Diffusion aus der Synovialflüssigkeit [Benninghoff & Drenckhahn 2008]. Diese Diffusion wird durch intermittierende Druckbelastung gefördert. Knorpelzellen haben wegen fehlender Gefäßversorgung und der Abhängigkeit von der Diffusion meist einen anaeroben Stoffwechsel [Hunziker et al. 2002]. Ein Wechsel zwischen Be- und Entlastung sowie Bewegung ist für die Versorgung mit Nährstoffen sowie für die Aufrechterhaltung der Knorpelstruktur unerlässlich [Buckwalter 1995].

Der Alterungsprozess des Gelenkknorpels ist gekennzeichnet durch Verlust der Grundsubstanz, vorwiegend der Proteoglykane. Damit kommt es zu einem Wasser- und Elastizitätsverlust, die Kollagenfibrillen demarkieren sich, der Knorpel fasert sich an der Oberfläche auf und es bilden sich Spalten (Fibrillationen) [Welsch 2014]. Die Chondrozyten versuchen bei der Degeneration die Veränderungen durch gesteigerte metabolische Aktivität sowie durch Proliferation auszugleichen. Diese wiederum führt zur Entstehung von Zellnestern, welche oft in degenerativem Knorpel dargestellt werden können [Brittberg et al. 1996]. Die Chondrozyten sind oft erst nach Jahren, in denen dieser aktivierte Zustand anhalten kann, nicht mehr in der Lage, den Verlust an Knorpelsubstanz auszugleichen und sterben ab [Buckwalter 1998]. Bei starker Schädigung der Knorpelschicht wird die Spongiosa freigelegt, was im weiteren Verlauf zu einer Schädigung des Knochenmarkes an den Gelenkflächen führt. Dieser Vorgang wird als Osteoarthrose bezeichnet, welches ein multifaktorielles Krankheitsgeschehen darstellt. Neben dem Knorpelverlust kommt es hierbei zur Umwandlung des subchondralen Knochens, sowie zu aseptischen Entzündungsreaktionen der Synovialis und anderer gelenkassoziierter Strukturen [Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie 2002]. Tritt die Arthrose idiopathisch auf, so wird von einer primären Arthrose gesprochen. Eine sekundäre Arthrose besteht dann, wenn das Erkrankungsbild durch traumatische Gelenkschäden, zum Beispiel durch osteochondrale Läsionen,

hervorgerufen wird, beziehungsweise eine anatomische Inkongruenz durch Fehlanlage zu einer frühzeitigen Knorpelschädigung führt. Auch entzündliche und infektiöse Geschehen können zu einer sekundären Arthrose führen.

2.3. Das OATS Verfahren als Therapieoption bei osteochondralen Läsionen am Talus

Zur Behandlung von Knorpelläsionen stehen verschiedene therapeutische Ansätze zur Verfügung. Diese sind von der Lokalisation, Grad und Größe der Knorpelläsion, von der Beschwerdesymptomatik sowie dem Alter und der (sportlichen) Aktivität des Patienten abhängig.

Bei geringgradigen Läsionen kann eine konservative Therapie versucht werden. Gewichtsreduktion, physikalische Maßnahmen wie Wärme- oder Kryotherapie, Physiotherapie und / oder eine medikamentöse Schmerzbehandlung sind hierbei Möglichkeiten, die Beschwerden des Patienten zu bessern [Huylebroek et al. 1985, Shearer et al. 2002]. Als primäres Ziel einer konservativen Therapie kann allerdings nur eine Schmerzreduktion angesehen werden.

Eine Verminderung der Progredienz oder gar eine Regeneration des Gelenkknorpels wäre jedoch wünschenswert. Die Literatur zeigt für die konservative Behandlung unterschiedliche Empfehlungen und Ergebnisse [Saxena & Eakin 2007, Zengerink et al. 2006]. In einer Übersichtsarbeit wurden 201 Patienten untersucht, wovon 91, das entspricht 45%, unter konservativer Behandlung gute Therapieerfolge zeigten [Tol et al. 2000]. Allerdings wurden fast ausschließlich symptomarme und weniger akute Verläufe untersucht. Eine andere Studie beschäftigte sich mit Patienten mit osteochondralen

Läsionen im Stadium IV. Von den 34 konservativ mittels Ruhigstellung behandelten Patienten zeigten in etwa die Hälfte gute bis sehr gute Ergebnisse [Shearer et al. 2002].

Die intraartikuläre Injektion von Hyaluronsäure scheint eine Möglichkeit zu sein, die metabolische Zusammensetzung sowie die Fließeigenschaften der Synovialflüssigkeit zu verbessern. Auf die Schmerzsymptomatik bei Früharthrose hat diese Behandlung einen über die Behandlungsdauer hinausreichende positive Wirkung [Migliore et al. 2010, Witteveen et al. 2008]. Ob dies auch bei osteochondralen Läsionen gilt, wurde noch nicht ausreichend untersucht.

Eine operative Therapie sollte angestrebt werden, wenn eine konservative Therapie auch nach 6 bis 12 Wochen nicht zu einer ausreichenden Beschwerderegession führt [Pettine & Morrey 1987, Saxena et al. 2007].

Im weiteren Verlauf der Erkrankung oder bei schon bestehenden höhergradigen Läsionen stehen verschiedene operative Verfahren zur Verfügung. Auch diese richten sich sowohl nach der Lokalisation, der Größe und dem Grad der Schädigung, als auch nach dem Alter und der sportlichen Aktivität des Patienten [Zengerink et al. 2006]. Weiter wird die Möglichkeit der Arthroskopie zur Planung des weiteren Vorgehens sowie zur eventuell gleichzeitigen Behandlung diskutiert. Trotz präoperativem MRT kann sie ein hilfreiches Mittel zur Therapiefindung sein [Schimmer et al. 2001].

Wenn eine operative Therapie geplant ist, muss initial abgewogen werden, ob eine Arthroskopie oder eine Arthrotomie durchgeführt werden sollen.

An Zugangswegen stehen je nach Defektlokalisierung der anterolaterale, der anteromediale sowie der posterolaterale oder der posteromediale Zugang zur Verfügung [Kerschbaumer et al. 2013]. Bei schwer zugänglichen Läsionen oder größeren Defektzonen besteht unter Umständen die Notwendigkeit der Fibula- oder Innenknöchelosteotomie. Hierbei muss die Gelenkkongruenz genauestens beachtet

werden [Schöttle et al. 2001]. Weiter ist diese Methode bei noch offenen Wachstumsfugen kontraindiziert [Seil et al. 2001].

Als einfachste Möglichkeit der operativen Versorgung kann die Lavage, also die Durchspülung des Gelenkes, genannt werden, wodurch das Gelenk von Detritus und Entzündungsmediatoren befreit werden kann [Jackson 1974]. Wie beim Shaving, bei dem abgescherte mobile Knorpelteile arthroskopisch entfernt werden, ist der therapeutische Nutzen nur vorübergehend [Jackson 1974].

Beim Débridement kann neben dem Entfernen von freien oder instabilen Gelenkkörpern auch die Knorpeloberfläche sowie die Ränder geglättet werden. Hierbei kommt es häufig zu einer temporären Besserung, allerdings wird durch diese Technik die Regeneration der Knorpelfläche nicht angetrieben [Mitchell & Shephard 1987]. Erfolgszahlen zwischen 0 und 100% werden berichtet [Verhagen et al. 2005].

Ein weiterer Ansatzpunkt ist es, die natürlichen Regenerationsmechanismen anzuregen, indem man den unter dem Knorpel liegenden Knochen z.B. durch antegrade oder retrograde Anbohrung oder Mikrofrakturierung eröffnet [Petersen et al. 2006]. So sollen pluripotente Stammzellen aktiviert werden, die an der Defektlokalisierung ein faserknorpeliges Ersatzgewebe bilden [Knutsen et al. 2004, Shapiro et al. 1993]. Dieses hat biomechanisch schlechtere Eigenschaften [Petersen et al. 2006]. Um eine Überlastung des Restknorpels zu vermeiden, wird diese Technik ab einer Defektgröße von 1,5 cm jedoch nicht mehr empfohlen [Barnes & Ferkel 2003, Becher & Thermann 2005, O'Loughlin et al. 2010]. Meist wird eine Kombination der oben genannten Optionen durchgeführt. Eine Vergleichsstudie zeigte dabei, dass eine Kombination von Kürettage, Exzision und Anbohrung mit 85% die beste Erfolgsquote erreichte, während die alleinige Exzision auf 38% kam. Exzision mit Kürettage erreichte eine Erfolgsrate von 78% [Tol et al. 2000]. Sollte die Defektzone teilweise noch mit hyalinem Knorpel

bedeckt sein, ist eine retrograde Anbohrung der antegraden vorzuziehen, da bei der letztgenannten der restliche Knorpel geschädigt werden kann [Rosenberger et al. 2006]. Bei größeren und weiter fortgeschrittenen Defekten, bei denen die Wahrscheinlichkeit der Selbstheilung zu gering erscheint, werden Operationsverfahren eingesetzt, die eine Wiederherstellung der Knorpeloberfläche zum Ziel haben [Imhoff et al. 1999b]. In Anbetracht verschiedener Follow-Up Studien zum jeweiligen Therapieerfolg geht man mittlerweile davon aus, dass nur eine Knorpelersatztherapie zufriedenstellende Ergebnisse liefern kann, bei der hyaliner Knorpel generiert bzw. verpflanzt wird [Hangody et al. 2010, Imhoff et al. 2011, Saxena & Eakin 2007]. Bei den meisten Operationstechniken jedoch entsteht Faserknorpel, der den biomechanischen Ansprüchen langfristig nicht gerecht wird [Werner et al. 2003].

Handelt es sich um eine akute Verletzung mit einem großen Defekt, so kann initial eine Fixation mittels subchondral eingebrachten Schrauben oder bioresorbierbaren Pins durchgeführt werden [Bruns 1996, Petersen et al. 2006].

Bei Läsionen, welche nur die Knorpelschicht betreffen, kann eine Knorpelzelltransplantation, die sogenannte „autologen Chondrozytentransplantation (ACT)“, oder im angloamerikanischen „autologous chondral implantation (ACI)“, durchgeführt werden [Zengerink et al. 2006]. Hierbei wird Gewebe aus anderen Teilen der Knorpelfläche, meist jedoch am ipsilateralen Kniegelenk entnommen. In vitro wird eine Vermehrung der Chondrozyten angeregt. Das Chondrozytenkonzentrat wird später, meistens nach 2 bis 4 Wochen, mittels Kanüle in den Defektbereich eingebracht. Dieser muss vorher bis zum angrenzenden gesunden Knorpel exzidiert werden ohne die subchondrale Grenzlamelle zu verletzen [Schultz et al. 2003]. Hierbei entsteht nach Horas et al. [2003] allerdings im besten Falle „hyalin-like“ Knorpel. Eine Weiterentwicklung dieser Idee ist die „Matrix-assoziierte autologe Chondrozyten Implantation“ (MACI), bei welcher das Chondrozytenkonzentrat auf ein Gerüst von

extrazellulären Substraten (im angloamerikanischen „Scaffold“) aufgebracht wird [Ochs et al. 2007]. Ergebnisse zu dieser Technik gibt es vor allem am Kniegelenk, weniger am Talus. Jedoch wurden in den wenigen Studien gute Ergebnisse erzielt [Baums et al. 2006, Giannini et al. 2008].

Eine ebenfalls neue Technik ist die autologe Matrix-induzierte Chondrozytogenese (AMIC). Hierbei wird durch Mikrofrakturierung mit Abtragung des zerstörten Knorpels sowie Anbohrung des darunterliegenden Knochens ein Wachstum der pluripotenten Stammzellen bewirkt [Ochs et al. 2007]. Um diese an der erwünschten Stelle, der Defektzone, zu halten, wird eine Kollagen I/III Membran, bestehend aus einer mesh-artigen Schicht sowie einer darüberliegenden zur Gelenkfläche abdichtenden Schicht, eingebracht. Gedacht ist, dass sich die pluripotenten Stammzellen nun besser an der Defektzone zu Faserknorpel ausdifferenzieren können [Behrens 2005]. Erste Ergebnisse sind vielversprechend [Wiewiorski et al. 2011].

Als einzige operative Methode, die zu einer Deckung der Defektzone mit hyalinem Knorpel führt, bleibt somit die autologe osteochondrale Transplantation [Liebeau et al. 2000, Trattnig et al. 2007].

Eine Möglichkeit hierzu ist die Technik der Mosaikplastik, bei der mehrere kleine Knorpel-Knochen-Transplantate mit verschiedenen großen Durchmessern dazu verwendet werden, den Defekt auszufüllen [Böhling et al. 2009]. Hierbei werden jedoch immer noch 20 – 40% [Al Shaikh et al. 2002] der Fläche des Defektes mit minderwertigerem fibrösen Knorpel durchsetzt, da trotz des Einbringens unterschiedlich großer Transplantate keine vollständige Deckung der Läsion erreicht wird. Auch wird die Gelenkfläche durch das Einsetzen mehrerer Transplantate nicht so kongruent wie beim Einsatz eines einzigen Knorpel-Knochen Stückes [Leumann et al. 2009]. Trotzdem zeigten Studien mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 2 bis 7 Jahren bei 94% der

Patienten gute bis sehr gute Ergebnisse im „Hannover Ankle Score“ [Hangody et al. 2001a, Hangody et al. 2001b].

Die oben genannte Problematik führte dazu, dass einige Autoren in Weiterentwicklung der Mosaikplastik versuchten, jeden Defekt möglichst mit einem einzigen Knorpel-Knochen-Zylinder zu verschließen. So ist das Ziel der autologen osteochondralen Transplantation mittels OATS Technik, die Defektzone passgenau mit einem Knorpelknochenzylinder, der eine mit hyalinem Knorpel überzogene Oberfläche besitzt, aufzufüllen. Dies wird in der Praxis mittels des OATS Instrumentariums bewerkstelligt [Imhoff et al. 1999b, Saxena & Eakin 2007, Schöttle et al. 2001]. Um ein gutes Einwachsen und einen guten Sitz des eingebrachten Spenderzylinders zu gewährleisten, wird der Durchmesser des Spenderzylinders minimal größer als der des Läsionsortes gewählt, so dass der Knorpel-Knochen Zylinder mittels Press-fit-Technik fest an den Empfängerort implantiert werden kann [Imhoff et al. 1999b]. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass nicht nur ein Teil verpflanzt wird, sondern eine komplette anatomische Einheit [Bohndorf 1996]. Diese ist vom Aufbau her dem originären Gewebe sehr ähnlich bzw. es entspricht diesem sogar. Der Bereich, der die Ernährung des Knorpels zum Teil mit übernimmt, der subchondrale Knochen, wird dabei im Zylinder mit verpflanzt [Schöttle et al. 2001].

Die Entnahmestellen im Kniegelenk, meist wird hier der am meisten proximal medial und lateral gelegene Anteil der Trochlea femoris verwendet, werden in der Regel nicht wieder verschlossen und füllen sich nach circa 12 Wochen mit spongiösem Knochen und Faserknorpel [Bobic 1999]. Als alternativer Entnahmeort steht der superolaterale Rand der interkondylären Notch zur Verfügung. Circa ein Jahr nach dem Eingriff ist das Spenderbett vollständig mit Faserknorpel gefüllt und hat sich dem Niveau des umgebenden Knorpels angepasst [Bobic 1999]. Die Entscheidung, wie viele Spenderzylinder entnommen werden, hängt vor allem von der Größe des Defektes ab,

gegebenenfalls aber auch von der Zugänglichkeit der Entnahmestelle oder der Frage, ob konvexe bzw. konkave Verhältnisse an der Entnahme- beziehungsweise an der Transplantationsstelle vorliegen [Bobic 1999].

Indikationen für die autologe osteochondrale Transplantation sind nach Schöttle & Imhoff [2002] fokale osteochondrale Defekte oder umschriebene Osteonekrosen bis zu einer Größe von 2 cm², lokale Knorpelschäden der Grade III und IV nach Bauer & Jackson [1988], sowie Osteochondrosis dissecans Herde der Grade III und IV. Nach Hangody et al. [2004] können sogar Defekte bis zu einer Größe von 4 cm² mittels autologer osteochondraler Transplantation versorgt werden.

Als Kontraindikationen muss die generalisierte Osteoarthrose des Sprunggelenkes genannt werden [Imhoff et al. 1999b]. Bei größeren Defekten, bei denen das OATS Verfahren nicht mehr durchführbar ist, ist unter Umständen die Therapie mittels Mosaikplastik oder Mega-OATS Verfahren möglich, bei der die posteriore Femurkondyle transferiert wird [Brucker et al. 2008, Imhoff et al. 1999a].

Neben der Möglichkeit, hyalinen Knorpel zu implantieren und damit den Läsionsort biomechanisch optimal zu versorgen, gibt es weitere Vorteile, die die autologe osteochondrale Transplantation zu einer guten Therapieoption machen. Im Unterschied zu allogenen Knorpel-Knochen Transplantaten kann es nicht zu einer Übertragung von Krankheitserregern, wie Hepatitis- oder HI-Viren oder zu immunologischen Abstoßungsreaktionen kommen [Imhoff et al. 1999b]. Durch das einzeitige Operationsverfahren ist die autologe osteochondrale Transplantation auch eine relativ kostengünstige Technik. Weiterhin ist durch die Operation sofort intakter hyaliner Knorpel in der Defektzone vorhanden, wodurch der Patient nach der Operation das betroffene Gelenk schon ab der siebten Woche anbelasten darf [Schöttle et al. 2001].

In der Literatur wurden für die Defektheilung am Talus gute Ergebnisse beschrieben. So zeigten sich bei Schöttle et al. [2001] in Röntgen- und MRT Kontrollen eine

vollständige Inkorporation und Vitalität sowie eine gute Oberflächenkongruenz der Transplantate. Die Defekte wurden mit 1 – 3 Transplantate, die mittels OATS Technik gewonnen wurden, gefüllt. Die Auswertung eines für den Talus modifizierten Lysholm Scores zeigte in dieser Studie eine signifikante Verbesserung zwischen den Werten präoperativ von 62 Punkten und postoperativ von 92 Punkten. Das Follow-Up lag bei den 39 untersuchten Patienten im Durchschnitt bei 19,6 Monaten. Al-Shaikh et al. [2002] präsentierte die Ergebnisse von 19 Patienten, die mittels einer 1-Zylinder-Transplantationsmethode therapiert wurden. Der AOFAS Ankle Score zeigte hier bei einem Follow-Up von 16 Monaten einen Durchschnittswert von 88.

Eine Übersichtsarbeit von Zengerink et al. [2010] erbrachte in den von ihnen herangezogenen Studien eine Erfolgsrate von 87% guten und exzellenten Ergebnissen im Bereich der therapierten Sprunggelenke.

Die Ergebnisse der Mosaikplastik wurden von Hangody untersucht [Hangody et al. 2003]. Von den Patienten, die am Talus mittels Mosaikplastik therapiert wurden, zeigten 94% gute bis sehr gute Ergebnisse. Hierbei wurde auch die Spendermorbidity bestimmt. Von 831 Patienten, welche entweder am Talus oder am Knie mittels Mosaikplastik behandelt wurden, litten 3% an Problemen im Bereich der Entnahmestelle [Hangody et al. 2003].

Eine weitere Möglichkeit der Transplantatgewinnung zur Behandlung osteochondraler Defekte am Talus stellt die eingelenkige Methode dar. Hierbei wird aus dem betroffenen Gelenk selbst die benötigte Anzahl an Spenderzylindern entnommen. Sammarco & Makwana publizierten hierzu 2002 die Ergebnisse von 12 Patienten, die mittels dieser Methode behandelt wurden. Die Zylinder wurden aus der medialen oder lateralen Facette des ipsilateralen Talus gewonnen. Sie beschrieben in ihrer Arbeit eine signifikante Verbesserung des AOFAS Ankle Scores und eine problemlose Regeneration sowohl des Empfänger als auch des Spenderareals. Der limitierende

Faktor an dieser Methode ist allerdings die Anzahl und Größe der zur Transplantation zur Verfügung stehenden Knochen-Knorpel-Zylinder, da der Talus im Gegensatz zum Kniegelenk kaum Flächen mit geringen Druckbelastungen aufweist [Sammarco & Makwana 2002].

Neben den positiven müssen allerdings auch die negativen Aspekte beachtet werden, die die Möglichkeiten der OATS Technik limitieren. So ist die behandelbare Defektgröße einerseits durch das zur Verfügung stehende Spendermaterial begrenzt. Andererseits wird ab einer Gesamtgröße von 6 cm² bei den transplantierten Arealen mit einer vermehrten Faserknorpelbildung und Fissurenbildung zwischen dem transplantierten und dem originären Knorpel gerechnet [Imhoff et al. 1999b, Wang 2002]. Die OATS Technik wird daher bei Läsionen bis zu einer Größe von 4 cm² empfohlen [Hangody et al. 2004]. Der Versuch, die Knorpeloberfläche exakt der Empfängerregion anzugleichen, gelingt nicht immer. Somit ist eine Gelenkinkongruenz des Empfängergelenkes mit nachfolgender Gelenkbeschwerdesymptomatik nicht auszuschließen [Imhoff et al. 1999b].

Der entscheidende kritische Punkt könnte aber die Spendermorbidity sein. Immerhin wird das Spenderbett nicht mehr mit hyalinem, sondern nur noch mit minderwertigerem Faserknorpel durchsetzt [Bobic 1999]. Obwohl die Entnahme der Zylinder aus möglichst druckunbelasteten Bereichen des Kniegelenkes von statten geht, wurden von einem Teil der Patienten passagere femoropatellare Schmerzen in der Entnahmeregion beklagt. Die eventuell auftretenden neuen Beschwerden am vor dem Eingriff unproblematischen Spendergelenk sind den Ergebnisverbesserungen im Empfängergelenk gegenüberzustellen.

Im Folgenden werden die beiden Operationstechniken des OATS Verfahren am Talus beschrieben, wie Sie bei den in dieser Arbeit untersuchten Patienten zur Anwendung kamen.

2.3.1. Talus OATS medial

Nach den üblichen chirurgischen Vorbereitungen – steriles Abwaschen und Abdecken – sowie nach Anlage einer vorübergehenden Blutsperre wird in Rückenlage des Patienten eine anteromediale Hautinzision direkt vor dem Innenknöchel durchgeführt. Der Schnitt wird hierbei bogenförmig dem vorderen Rand des Innenknöchels folgend gesetzt (siehe Abb. 5).

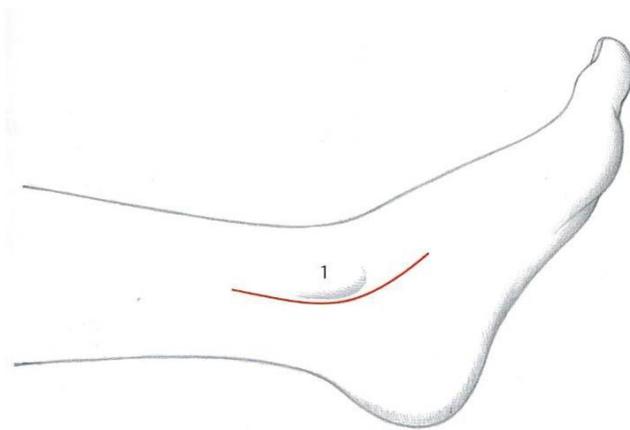


Abb. 5: Bogenförmige Hautinzision dorsal des Innenknöchels (1) [Bauer et al. 2013].

Nun erfolgt, unter Schonung der Gefäß- und Nervenstrukturen, die Präparation und nach ventraler Kapsulotomie die Darstellung des medialen Malleolus. Zum Schutz der Tibialis posterior Sehne wird dessen Sehnenfach eröffnet und mithilfe eines Hohmann-Hakens sicher weggehalten. Zur späteren Refixierung werden nun zwei parallele

Bohrlöcher von der Innenknöchelspitze aus nach proximal lateral angelegt (siehe Abb. 6). Hier werden später die Malleolarschrauben eingebracht. Dies dient dazu, dass eine absolut anatomische Rekonstruktion des Innenknöchels erreicht werden kann.

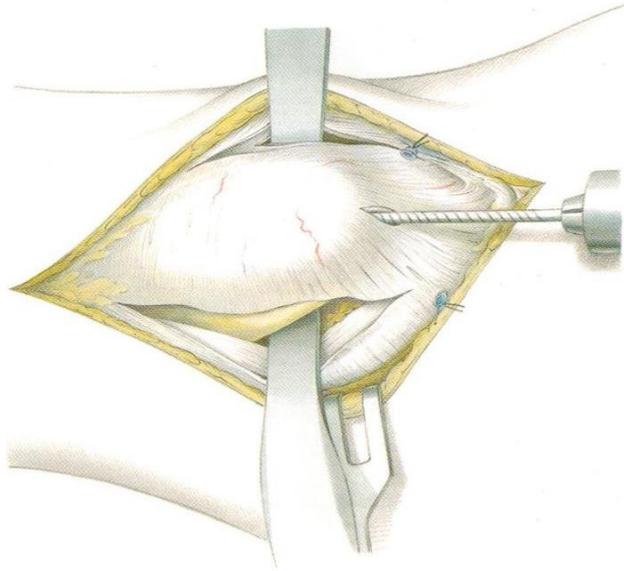


Abb. 6: Setzen der Bohrlöcher von der Innenknöchelspitze aus [Bauer et al. 2013].

Anschließend wird der Malleolus medialis keilförmig osteotomiert. Um die mediale Talusschulter darstellen zu können, muss der osteotomierte Innenknöchel herausgeklappt werden. Nachdem dies geschehen ist, erfolgt die Darstellung der Defektlokalisation gegebenenfalls in Hyperflexion des Fußes und gleichzeitiger maximaler Pronation (siehe Abb. 7).

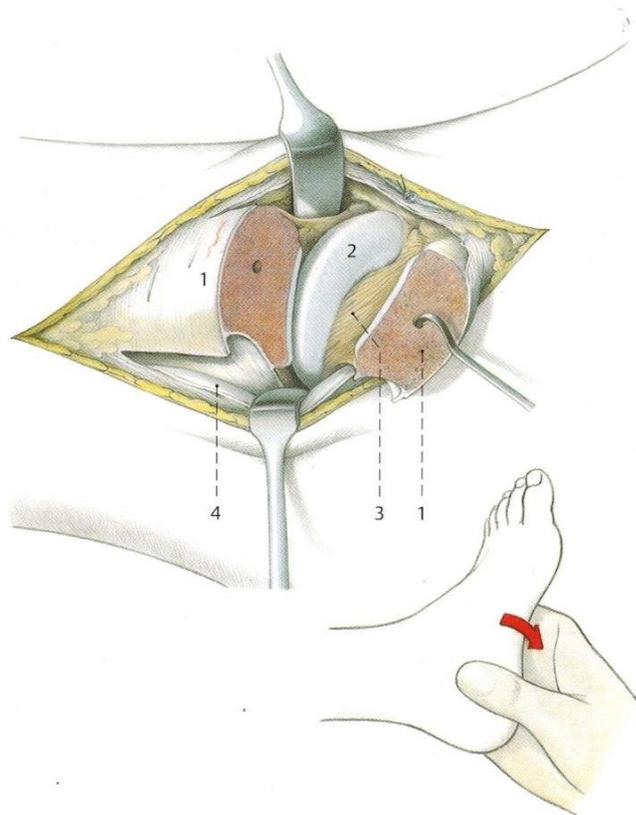


Abb. 7: Nach Osteotomie des Innenknöchels (1). Unter Supination lässt sich der Talus (2) gut darstellen. (3) Lig. Deltoideum, (4) Tendo M. tibialis posterior [Bauer et al. 2013].

Die Größe des Defektes wird nun festgelegt und mithilfe eines Entnahmeinstrumentariums werden eine dazu passende Anzahl und Größe von Defektzylindern entnommen.

Nun erfolgt über eine proximolaterale Mini-Arthrotomie am ipsilateralen Kniegelenk die Darstellung der proximolateralen Trochleofacette (siehe Abb. 8 und Abb. 9).

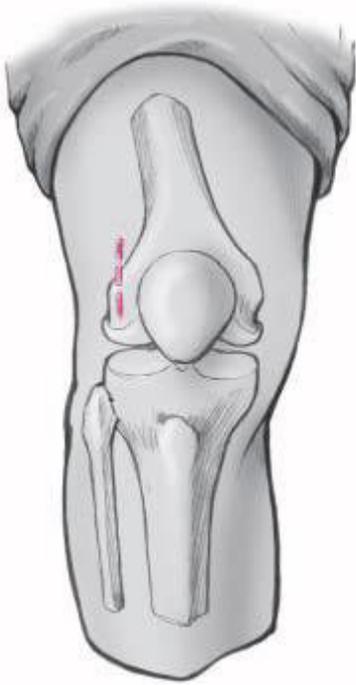


Abb. 8: Miniarthrotomie des lateralen Kniegelenkes. Das Kniegelenk wird um circa 30 Grad gebeugt und lateral der Basis patellae wird ein 4 cm langer Hautschnitt nach proximal gesetzt [Schöttle & Imhoff 2002].

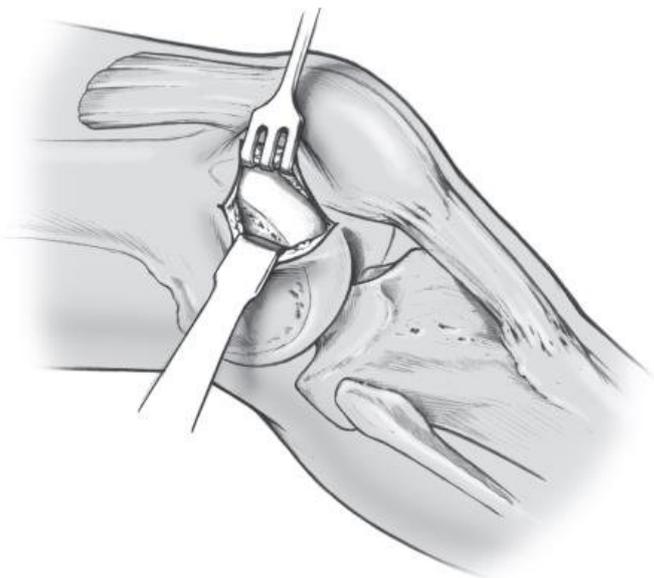


Abb. 9: Darstellung der proximolateralen Trochleafacette [Schöttle & Imhoff 2002].

Aus der so dargestellten Trochleofacette werden Spenderzylinder gewonnen, die der aus dem Talus entnommenen Defektzylinderanzahl und -größe entsprechen (siehe Abb. 10).

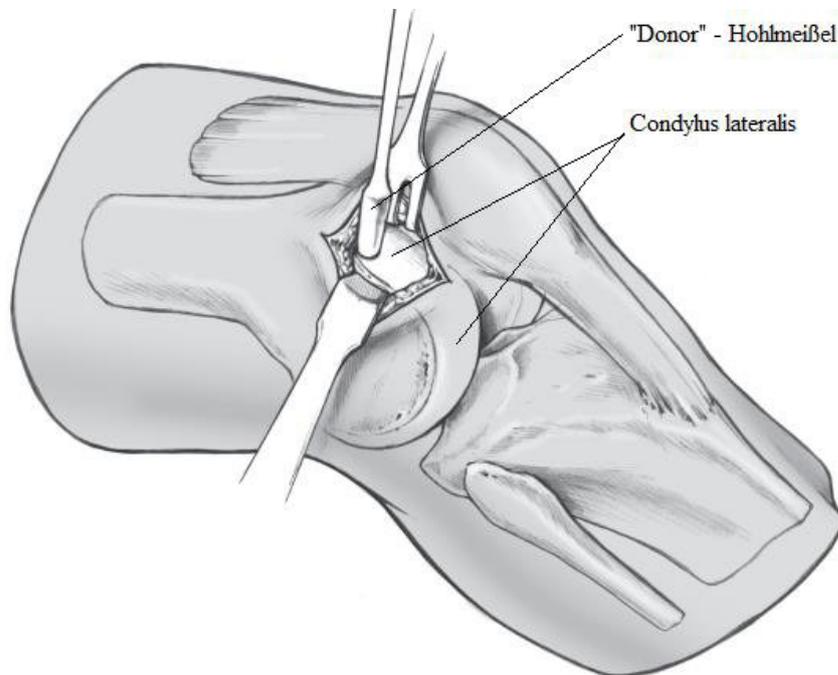


Abb. 10: Zylinderentnahme mittels eines „Donor“ – Hohlmeißels [Schöttle & Imhoff 2002].

Wichtig bei der Entnahme ist, dass der Spenderzylinder einen etwas größeren Durchmesser als der Defekt aufweist, in den er später eingebracht wird. Bei den im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Hohlmeißeln ist der Spenderzylinder um 1/3mm größer als die Empfängerregion. Auch die Oberflächenkontur und -krümmung der Empfängerregion muss bei der Entnahme am Femurcondylus beachtet werden. Nur so kann ein optimaler Sitz des Knorpel-Knochen Zylinders im Empfängerbett gewährleistet werden.

Die Zylinder werden nun der Defektstelle angepasst und in diese eingebracht. Nach endgültigem Einstößeln und der Überprüfung des passgenauen Sitzes findet sich eine

ebene Gelenkfläche und der eingesetzte Zylinder schließt zirkulär komplett bündig mit dem umgebenden Knorpel ab. Die Krümmung an der Talusschulter ist dann komplett abgedeckt. Wie erwähnt, wird die Malleolarosteotomie durch Malleolarschrauben, die in die vorgefertigten Bohrungen eingebracht werden, refixiert. Schließlich wird das Periost genäht, die eröffnete Sehnenscheide des Tibialis posterior rekonstruiert und die ventrale Sprunggelenkkapsel verschlossen. Nachdem eine Redondrainage eingelegt wurde, wird die Wunde schichtweise verschlossen.

Am Kniegelenk wird vor dem vorsichtigen und maximal spannungsarmen Verschluss des lateralen Retinaculum die passive Beweglichkeit des Kniegelenkes auf pathologische Krepitation überprüft. Auch ins Kniegelenk wird eine Redondrainage gelegt und die Wunde schichtweise verschlossen [Schöttle & Imhoff 2002].

2.3.2. Talus OATS lateral

Auch hier wird die Operation nach typischer chirurgischer Vorbereitung in Rückenlage und in Blutsperrung durchgeführt. Nach längsverlaufendem Hautschnitt am Vorderrand der Fibula wird die Gelenkkapsel präpariert und längs inzidiert. Nun erfolgt bedarfsweise unter maximaler Plantarflexion und Supination bei gleichzeitiger Kniegelenksflexion die Darstellung des osteochondralen Defektes. Wie bei der Operation am medialen Talus wird nun auch die Größe des Defektes bestimmt und die Defektzylinder mit passender Größe und Anzahl entnommen (siehe Abb. 11). In der Regel muss hier entweder eine Fibula-Osteotomie oder eine Osteotomie des Tubercule de Chaput durchgeführt werden.

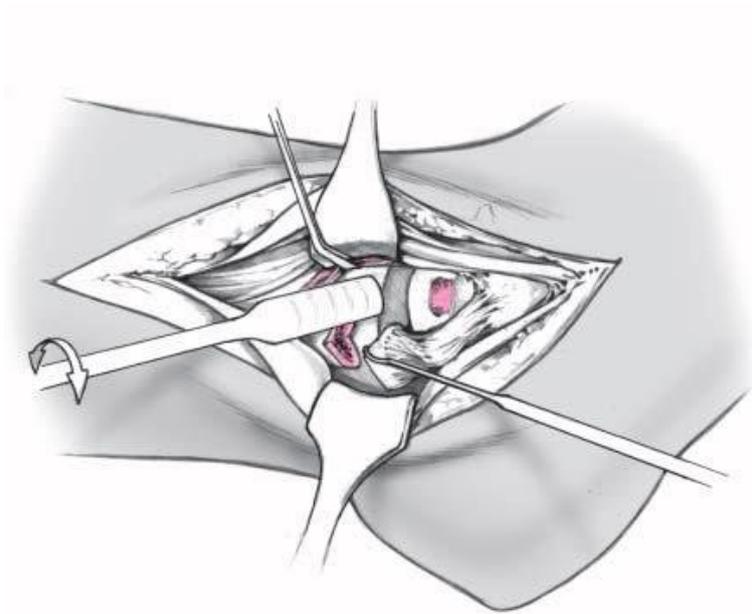


Abb. 11: Einsatz des „Recipient“ Meißels. Stanzzylinder mit einer Tiefe von 10-15 mm werden mittels Rotation herausgeschert [Schöttle & Imhoff 2002].

Die Spenderzylinder werden analog zur obengenannten Vorgehensweise mittels Mini-Arthrotomie am seitengleichen Kniegelenk entnommen und in die Defektstelle am lateralen Talus eingebracht. Auch hier werden die Zylinder so eingebracht, dass die anatomische Gelenkfläche rekonstruiert ist (siehe Abb. 12).

Der Wundverschluss am Sprunggelenk sowie am Kniegelenk wird analog zur Vorgehensweise am medialen Talus durchgeführt [Schöttle & Imhoff 2002].

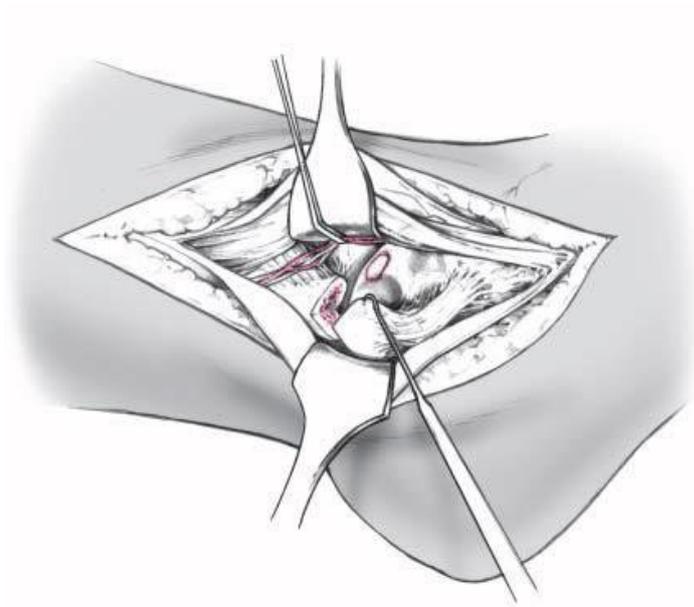


Abb. 12: Das Knorpel-Knochen Transplantat wird mittels Press-fit Technik in den Empfängertunnel eingebracht. Die Oberflächenangleichung erfolgt mittels vorsichtigem Stößeln [Schöttle & Imhoff 2002].

2.3.3. Talus OATS ventral

Die Operationstechnik bei ventraler Lage der osteochondralen Läsion am Talus wird gemäß dem Vorgehen bei der medialen und der lateralen Läsion durchgeführt, allerdings kann hier meist auf eine Osteotomie verzichtet werden. Sollte der Defekt nicht ventral genug liegen, muss mit einem Osteom ein kleiner Keil des ventralen Randes der distalen Tibia abgestanzt werden, um so einen besseren Zugangsweg zum Läsionsort zu erreichen [Schöttle & Imhoff 2002].

2.3.4. Nachbehandlung

Die Nachbehandlung ist bei allen OP Verfahren gleich. Nach einer postoperativen Röntgenkontrolle wird die betroffene Extremität gekühlt und hochgelagert. Außerdem wird eine Unterschenkelgipsschiene in Neutralstellung für sechs Wochen angelegt. Das Kniegelenk darf ab dem ersten postoperativen Tag frei funktionell bewegt werden, im Sprunggelenk wird eine sechswöchige Entlastung empfohlen. Pro- und Supinationsbewegungen sollten zwingend vermieden werden, wohingegen Dorsalextension und Plantarflexion aus der Schiene heraus erlaubt sind. Ab der siebten Woche, in der auch der Gips abgenommen wird, wird die betroffene Extremität nach einer weiteren radiologischen Kontrolle aufbelastet.

Die Wunde sollte regelmäßig kontrolliert und die Hautnaht am 14. postoperativen Tag entfernt werden. Das Osteosynthesematerial wird bei ausreichender knöcherner Konsolidierung frühestens drei Monate nach der Operation entfernt.

Bis zur Vollbelastung sollte zur Thromboseprophylaxe niedermolekulares Heparin gegeben werden [Schöttle & Imhoff 2002].

2.4. Entnahmemorbidity

Obwohl die autologe osteochondrale Transplantation für Verletzungen des Talus im betreffenden Indikationsbereich eine äußerst erfolgsversprechende und vor allem auch langfristig wirkungsvolle Behandlungstechnik ist, kann sie, wie alle Operationstechniken, die autologe Spenderpräparate erfordern, zu einer Verlagerung des

Problems von dem Ort des ursprünglichen Defektes hin zur Entnahmestelle des Spenderobjektes führen.

2.4.1. Definition

Als Entnahmemorbidität wird die Krankheitshäufigkeit bezeichnet, die direkt aufgrund der Spenderpräparatentnahme in der Gruppe aller mittels autologer oder allogener Transplantationstechnik Versorgter am Ort der Spenderpräparatentnahme auftritt.

Bei der in dieser Arbeit untersuchten Technik der autologen osteochondralen Transplantation bei osteochondralen Läsionen am Talus betrifft die Entnahmemorbidität das Kniegelenk. Aus diesem werden einzeitig die Spenderzylinder entnommen, welche im weiteren Verlauf der Operation in das Läsionsbett am Talus eingebracht werden. Für die Bewertung des Erfolges einer solchen Operationstechnik muss das Ergebnis am primären Läsionsort, in dem hier besprochenen Fall der Talus, mit der Entwicklung am sekundären, durch die Spenderzylinderentnahme hervorgerufenen iatrogenen Defekt, in diesem Fall das ipsilaterale Kniegelenk, in Bezug gesetzt werden.

2.4.2. Literaturüberblick

Die autologe Knorpel-Knochen Transplantation ist ein anerkanntes und weitverbreitetes Verfahren, osteochondrale Läsionen zu behandeln. Da sie die einzige Methode ist, intakten hyalinen Knorpel an die Stelle der Läsion zu bekommen, wird sie, nachdem sie anfangs vor allem bei Läsionen am Kniegelenk eingesetzt wurde, immer mehr auch an

anderen Gelenken des Körpers, wie dem Talus, dem Ellenbogen, der Tibia, Schulter, an der Patella und in Einzelfällen auch am Metacarpaleköpfchen zur Behandlung osteochondraler Läsionen verwendet [Imhoff et al. 1999b, Kitay et al. 2016, Weigelt et al. 2015]. Als Entnahmestelle für die Knorpel-Knochen Transplantate dient in erster Linie das Kniegelenk. In diesem Gelenk gibt es genügend große Areale, die eine geringe Druckbelastung aufweisen. Durch die Entnahme aus minderbelasteten Stellen wird Knorpel verwendet, der im physiologischen Zustand nur eine geringe biomechanische Rolle für die Funktion des Kniegelenkes spielt. So beugt man möglichen Folgebeschwerden im Bereich der Entnahmestelle vor. Allerdings gibt es im Kniegelenk laut Simonian et al. [1998] kein Spenderareal, das völlig lastfrei ist.

Neben den allgemeinen chirurgischen Risiken: Blutung, Wundheilungsstörung und Infektion, die natürlich auch im Operationsbereich des Spendergelenkes auftreten können, ist das Trauma, das durch die Entnahme des Spenderzylinders auf das entsprechende Kniegelenk wirkt, nicht zu vernachlässigen. Zu langfristigen Problemen könnte die Tatsache führen, dass sich das Entnahmebett nicht wieder mit hyalinem Knorpel, sondern mit minderwertigem und den biomechanischen Erfordernissen nicht entsprechendem Faserknorpel aufgefüllt wird [Bobic 1999].

Auch Ahmad et al. [2002] beschrieben in einer Fallstudie die nur heterogene Auffüllung der Entnahmestelle mit daraus resultierenden Beschwerden und Gelenksteifigkeit.

Weitere bisher veröffentlichte Publikationen, die diese Entnahmemorbidity nach dem OATS Verfahren am Talus untersuchten, kamen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.

In einer Studie mit 12 Patienten und einem durchschnittlichen Follow-Up von 72 Monaten berichteten 6 Patienten von Beschwerden im Kniegelenk, wovon 2 Patienten über starke Beschwerden klagten. In dieser Studie wurden jedoch keine speziellen Knie Scores verwendet [Valderrabano et al. 2009].

Al-Shaikh et al. beschrieben 2002 sehr gute Lysholm Score Werte mit einem Durchschnitt von 97 Punkten bei einer Gruppe von 13 Patienten mit einem durchschnittlichen Follow-Up von 16 Monaten. Gleichzeitig unterteilten sie ihre Patientengruppe in über und unter 30 jährige, wodurch sie zeigen konnten, dass das Patientenalter mit den Ergebnissen des Lysholm Scores korreliert. Ältere Patienten hatten schlechtere Ergebnisse als jüngere Patienten. Reddy et al. untersuchten 2007, inwieweit die Anzahl der entnommenen Zylinder einen negativen Einfluss auf das Spenderkniegelenk haben. In ihrer elf Patienten umfassenden Studie mit einem Durchschnitts Follow-Up von 47 Monaten lag der ermittelte durchschnittliche Lysholm Score Wert bei 81 Punkten. Allerdings zeigten sich bei vier Patienten schlechte Lysholm Score Werte. Einen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen beim Lysholm Score und der Anzahl der entnommenen Zylinder konnte nicht hergestellt werden. Das Hauptproblem der Patienten mit schlechten Werten lag in einem Instabilitätsgefühl im Kniegelenk im täglichen Leben.

In einer Studie mit einem Follow-Up von 2 bis 7 Jahren trat bei keinem der 36 untersuchten Patienten eine Problematik am Spenderkniegelenk auf [Hangody et al. 2001b].

In einer Arbeit wurden von Köhne 56 Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 12 Monaten und einer durchschnittlichen Follow-Up Zeit von 2,4 Jahren bezüglich der Morbidität am Kniegelenk untersucht. Hierbei gaben 9 Patienten (16%) an, postoperativ femoropatelläre Beschwerden gehabt zu haben. Bei 5 der Patienten kam es in den ersten 4 Wochen zu einer Spontanheilung, die restlichen 4 klagten über dauerhafte Beschwerden im Bereich der Entnahmestelle. Der Lysholm Score ergab bei den 56 Patienten durchschnittlich 94,7 Punkte, wobei 78% sehr gute Ergebnisse mit einem Lysholm Score Wert von 95 bis 100 Punkten erreichten. Kein Patient hatte zum Zeitpunkt der Untersuchung ein positives Zohlen Zeichen oder einen Kniegelenkserguss

[Köhne 2007]. Ob ein Zusammenhang zwischen der Spendermorbidity und den Operations- und Patientenparametern bestand, wurde jedoch nicht überprüft.

Ahmad & Jones [2016] verglichen in einer Studie die Auffüllung eines osteochondrale Defektes am Talus mittels Allograft mit der Technik mittels Autograft. In ihrer 20 Patienten umfassenden Gruppe, bei der Spenderzylinder im ipsilateralen Kniegelenk entnommen wurden, klagten 6 Patienten über unterschiedlich ausgeprägte Beschwerden im Spenderkniegelenk. 3 der Patienten berichteten über gelegentliche Steifigkeit des Gelenkes ohne Schmerzen oder Einschränkung im Alltag. 2 der Patienten gaben moderate Schmerzen mit Schwellneigung nach langem Stehen und Gehen im operierten Kniegelenk an. Ein Patient berichtete von moderaten bis starken Knieschmerzen, sowie Steifigkeit und Schwellneigung nach dem Heben von Gegenständen. Die Patienten wurden 12 bis 65 Monate, durchschnittlich 35,2 Monate postoperativ untersucht. Ob der zeitliche Abstand zur Operation einen Einfluss auf die Beschwerden am Spenderkniegelenk wurde nicht überprüft. Eine genauere Untersuchung mittels Knie Score oder eine Überprüfung eines Zusammenhangs mit Operations- oder Patientenparametern fand ebenfalls nicht statt.

In einem Fallreport beschrieben LaPrade & Botker [2004] das Auftreten von einer Faserknorpelhypertrophie und damit verbundenen Knieschmerzen und Gelenkblockierungen bei zwei Patienten nach der Entnahme von Knorpel-Knochen Zylindern aus dem Kniegelenk. In einem der Fälle wurden im Bereich der Zylinderentnahme sowohl Stellen mit Faserknorpelhypertrophie als auch Bereiche ohne Durchwachsungszeichen gefunden. Diese mussten dann mittels einer weiteren Knorpel-Knochen Transplantation gedeckt werden.

Iwasaki et al. [2007] untersuchten eine Gruppe von elf jungen Athleten bei einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 26 Monaten. Bei diesen Patienten wurden die entnommenen Zylinder nicht für die Defektfüllung am Talus, sondern am

Ellenbogen verwendet. Hierbei fanden sie keine negativen Effekte der Spenderentnahme auf das betroffene Kniegelenk. Die untersuchten Patienten hatten eine 100%ige Beweglichkeit des Kniegelenkes. Der durchschnittliche Lysholm Score Wert lag bei 99,6 Punkten. Nur ein Patient berichtete über leichte Probleme beim Treppensteigen. Jedoch zeigten Magnetresonanztomographiebilder, dass die Entnahmestelle nicht mit hyalinem Knorpel, sondern mit fibrösem Gewebe oder Faserknorpel bedeckt war. Diese Beobachtung wurde auch schon von Bobic [1999] gemacht.

Eine Arbeit von Nishimura et al. [2011], welche die Behandlung des Ellenbogens mittels autologer osteochondraler Transplantation untersuchte, zeigte ebenfalls keine Spendermorbidity. 10 der 12 Patienten waren bereits 3 Monate postoperativ schmerzfrei und erreichten einen Lysholm Score Wert von 100 Punkten. Die Muskelkraft des Kniestreckers war jedoch bei 8 Patienten 3 Monate postoperativ im Vergleich zu den präoperativ gemessenen Werten herabgesetzt. 24 Monate postoperativ wurden bei einer radiologischen Nachuntersuchung keinerlei Arthrose festgestellt. Allerdings könnten sich die sehr guten Ergebnisse durch das junge Alter der Studienteilnehmer von durchschnittlich 14,4 Jahren erklären.

Weiter sind zur Behandlung osteochondraler Defekte am Ellenbogen nur kleine Spenderzylinder notwendig, was als Grund für die guten Ergebnisse im Bereich des Spenderkniegelenkes vermutet wurde.

In einer Arbeit von Weigelt et al. [2015] wurden 14 Patienten durchschnittlich 7 Jahre postoperativ untersucht. Auch hier wurden die Spenderzylinder zur Behandlung eines Defektes im ipsilateralen Ellenbogengelenk verwendet. 7 der untersuchten 14 Patienten gaben hierbei jedoch einen gelegentlichen Knieschmerz beim Heben schwerer Gegenstände an. Ein Patient berichtete über intermittierende Blockierungen im Kniegelenk. Die Patienten erreichten einen Lysholm Score Wert von 90,9 Punkten bei

einer Spannweite von 70-100 Punkten. Der Patient mit dem schlechtesten Lysholm Score Wert gab bei der Untersuchung jedoch an, schon vor der Operation Beschwerden im Bereich beider Kniegelenke gehabt zu haben, weswegen von den Autoren der Zusammenhang mit einer möglichen Spendermorbidity in Frage gestellt wurde. Eine Arbeit von Paul et al. [2012] untersuchte die sportliche Aktivität von Patienten, welche mittels OATS Technik am Sprunggelenk operiert wurden. Dabei wurde auch der Lysholm Score Wert bestimmt. Die 131 Patienten mit einem Follow-Up zwischen 24 und 141 Monaten erreichten einen durchschnittlichen Wert von 88 Punkten, wobei 78% der Patienten Lysholm Score Werte über 82 Punkten und nur 9% schlechte Ergebnisse zeigten. Sie folgerten daraus, dass die Spendermorbidity ein Faktor der von ihnen festgestellten verringerten sportlichen Aktivität postoperativ sein könnte [Paul et al. 2012].

Bei einer weiteren Arbeit von Hangody et al. [2001b] zeigte ein Jahr nach der Behandlung mittels autologer Mosaikplastik keiner der 36 untersuchten Patienten eine Spendermorbidity. Hier wurden im Durchschnitt 3 Zylinder mit einem Durchmesser zwischen 3,5 mm bis 6,3 mm transplantiert.

Hangody & Füles beschrieben 2003, dass 3% der 831 untersuchten Patienten, die mittels autologer osteochondraler Mosaikplastik behandelt wurden, unter Langzeitbeschwerden im Bereich der Transplantatentnahme leiden. [Hangody & Füles 2003]

Hangody et al. [2001a] führten bei 83 Patienten eine arthroskopische Nachuntersuchung durch. Hierbei fanden sie bei 69 Patienten eine durch Faserknorpel gedeckte Entnahmestelle, die sich in ihrer Oberfläche kongruent zu ihrer Umgebung zeigte.

Von Gautier et al. [2002] durchgeführte radiologische Untersuchungen zeigten keine degenerativen Veränderungen im Bereich der Entnahmestelle nach autologer osteochondraler Transplantation. Die von ihnen untersuchten 11 Probanden hatten

zudem keine Funktionseinschränkung. Ihr ermittelter Kniescore, der International Knee Documentation Committee Score, lag im Durchschnitt bei 98,9 Punkten mit einer Spannweite von 95,2 bis 100 Punkten. Ein weiterer von ihnen erhobener Score, der Cincinnati Knee Score, ergab durchschnittlich 9,64 Punkte mit einer Spannweite von 8 bis 10 Punkten.

In ihrer Arbeit von 2001 beschrieben Schöttle et al. die Vitalität und Inkorporation des transplantierten Gewebes. Bei wenigen Ausnahmen seien auch postoperative Schmerzen im Bereich der Malleolarosteotomie, passagere femoropatellare Schmerzen oder Synovialitiden aufgetreten.

Frosch et al. [2010] beobachteten eine Patientengruppe von 16 Personen mit einem Durchschnittsalter von 39,6 Jahren, bei denen die Entnahme der Spenderzylinder minimalinvasiv aus der medialen dorsalen Femurkondyle durchgeführt wurde. Bei einem Follow-Up von durchschnittlich 13,9 Monaten wurden bei 15 der untersuchten Patienten keine Beschwerden im Bereich des Entnahmeareals oder Komplikationen durch den Zugang gefunden. MRT Aufnahmen zeigten, dass die Defekte, die durch die Transplantatgewinnung gesetzt wurden, mit einer Ausnahme mit Knochengewebe aufgefüllt waren, diese jedoch ohne vollständige Heilung blieben. Ein Patient klagte über ein 6 Monate postoperativ anhaltendes Schnappen in der medialen Kniekehle. Ein weiterer zeigte nach einem Jahr noch Beschwerden in der Kniekehle bei tiefer Kniebeugung.

Fraser et al. [2016] untersuchten 36 Patienten mit einem durchschnittlichen Follow-Up von 5,9 Jahren. In dieser Gruppe bestehend aus 21 professionellen und 15 Amateurathleten zeigten sich keinerlei funktionelle Einschränkungen des Spenderkniegelenkes. Eine Instabilität, Schwellung oder Blockierung des Kniegelenkes wurde von keinem der Patienten angegeben. 4 der Patienten, das entspricht 11%, berichteten jedoch über Beschwerden im operierten Kniegelenk. Ein Patient gab an,

dass diese beim Laufen auftraten, bei 3 weiteren berichteten war dies beim Treppensteigen oder bei bestimmten sportlichen Betätigungen der Fall. Eine Untersuchung mittels Knie Score wurde jedoch nicht durchgeführt.

Eine Übersichtsarbeit von Zengerink et al. [2010] überprüfte 9 Publikationen mit insgesamt 243 Patienten, welche mittels OATS Verfahren am Talus versorgt wurden. Es zeigte sich bei 12% der Patienten eine Morbidität am Spenderkniegelenk, wobei die Spannweite zwischen 0% und 37% lag und in 3 Studien keinerlei Angaben darüber gemacht wurden. Berücksichtigen muss man bei all diesen Studien, dass jeweils nur eine kleine Gruppe mit einem relativ kurzen Follow-Up betrachtet wurde. Gerade die Erkenntnis, dass sich die Entnahmestelle nicht mit vollwertigem hyalinem Knorpel, sondern mit minderwertigerem und biomechanisch nicht optimalem Faserknorpel durchsetzt, muss zu einer genauen Abklärung der Langzeitfolgen der Spenderzylinderentnahme führen. Auch die Frage, wie sich andere Faktoren auf die Entnahmemorbidität auswirken, wurde noch nicht ausreichend geklärt. Bei höherem Alter des Patienten wurden geringere Selbstheilungskräfte oder schon vorbestehende kleine Schädigungen des Kniegelenkes als Ursache von schlechteren Ergebnissen vermutet. So hatten bei Al-Shaikh et al. [2002] die unter 30 Jährigen bessere Ergebnisse als die älteren Studienteilnehmer. Bei der Studie von Iwasaki et al. [2007] könnten damit die sehr guten Ergebnisse auch durch das geringe Alter der Patienten bedingt sein. Auch die Anzahl bzw. Größe der entnommenen Zylinder und damit die Größe des hervorgerufenen Defektes könnte die Morbidität am Kniegelenk beeinflussen. Je mehr Zylinder entnommen werden müssen und je größer diese sind, desto größer ist der Bereich im Kniegelenk, der eine Schädigung davonträgt. Reddy et al. [2007] fanden hierzu keinen Zusammenhang. Das von ihm untersuchte Patientenkollektiv war mit 11 Patienten allerdings klein.

Nicht zuletzt wurde bisher nicht auf das Gewicht des Patienten als möglicher Faktor der Spendermorbidity eingegangen. Mit höherem Gewicht nimmt die Belastung auf das Kniegelenk und damit auch auf die Spenderorte zu.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss all dieser genannten Faktoren auf die Entnahmemorbidity am Kniegelenk nach dem OATS Verfahren am Talus untersucht. Dazu wurde eine Gesamtmenge an Patienten eingeschlossen, wie dies in all der genannten und zur Verfügung stehenden Literatur bisher noch nicht der Fall war.

3. Material und Methode

3.1. Patienten

Es wurden retrospektiv 200 Patienten untersucht, die zwischen Mai 1997 und Mai 2007 in der Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums Rechts der Isar in München mit der OATS Technik bei einem Knorpel-Knochen-Schaden des Talus versorgt wurden.

Die 200 Patienten umfassten 77 Frauen und 123 Männer mit einem Durchschnittsalter von 32 Jahren (Spannweite 14 bis 57 Jahre und Standardabweichung (SD) von ± 10 Jahre). (siehe Abb. 13) Der ermittelte durchschnittliche präoperative BMI der Gruppe der Testpersonen lag bei 25 (Spannweite 17 bis 50, Standardabweichung ± 4) (siehe Abb. 14).

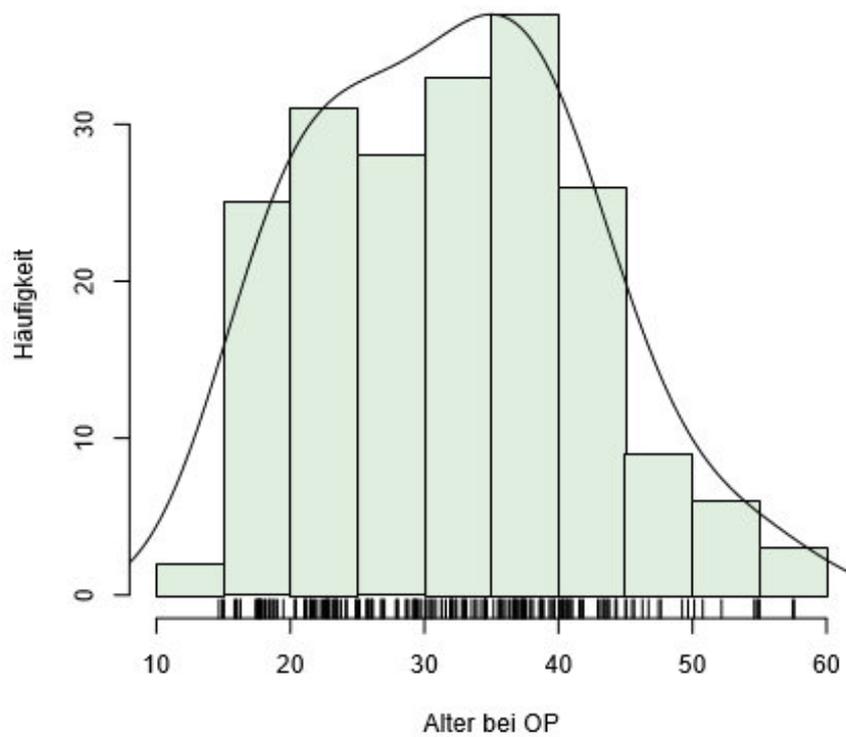


Abb. 13: Verteilung des Alters der untersuchten Patienten in der Gesamtgruppe.

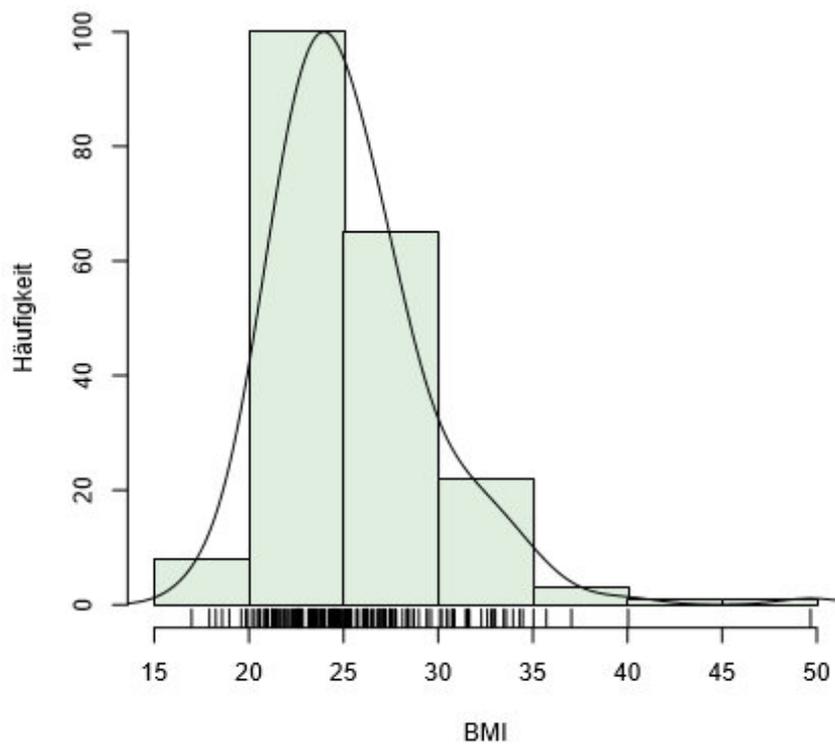


Abb. 14: Verteilung des Body Mass Index der untersuchten Patienten in der Gesamtgruppe.

Das durchschnittliche Follow-Up der Studiengruppe betrug 36 Monate bei einer Spannweite zwischen 1 und 124 Monaten (siehe Abb. 15). Von diesen 200 Patienten lag der Operationszeitpunkt bei 112 Patienten mindestens zwei Jahre zurück.

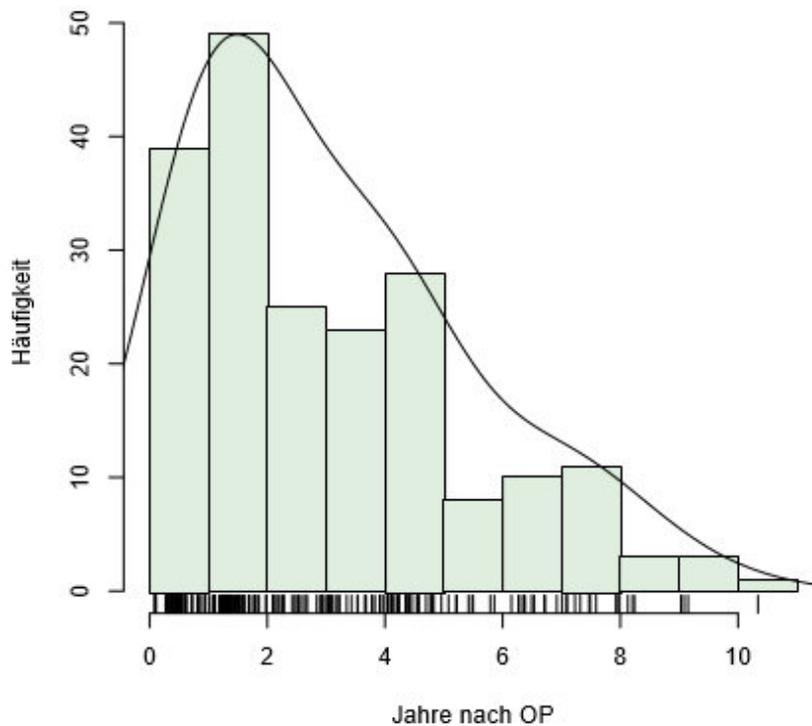


Abb. 15: Verteilung der Follow-Up Dauer aller befragter Patienten.

In der Gruppe der Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren betrug die Nachuntersuchungsspannweite 25 bis 124 Monate, mit einem Durchschnitt von 55 Monaten (siehe Abb. 16).

Diese Gruppe umfasste 39 weibliche und 73 männliche Patienten. Das Durchschnittsalter lag bei 32 ± 9 Jahren mit einer Spannweite zwischen 16 und 57 Jahren (siehe Abb. 17). Der Body Mass Index in der Gruppe der Patienten mit einem Follow-Up von mindestens zwei Jahren lag im Schnitt bei 25 ± 4 kg/m² bei einer Spannweite von 17 bis 40 kg/m² (siehe Abb. 18).

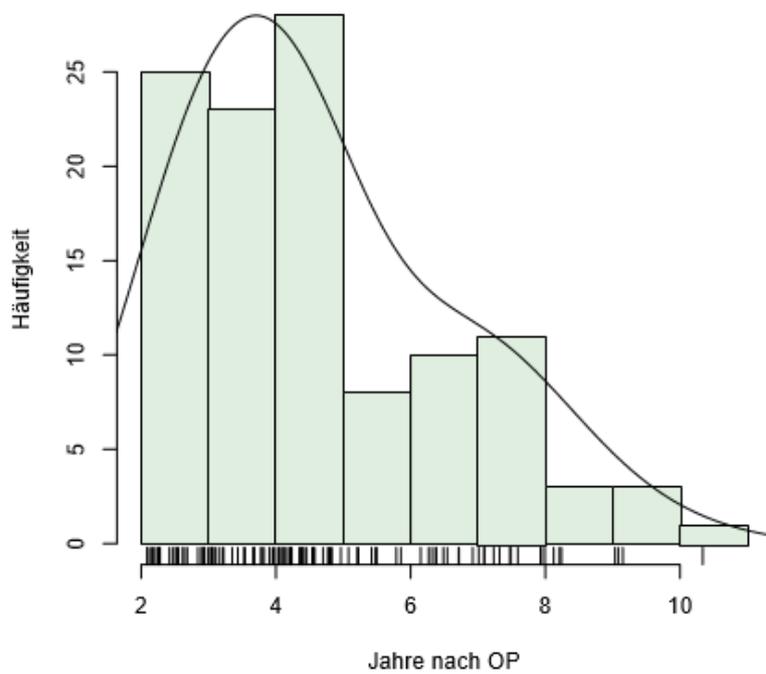


Abb. 16: Verteilung der Follow-Up Zeiten in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.

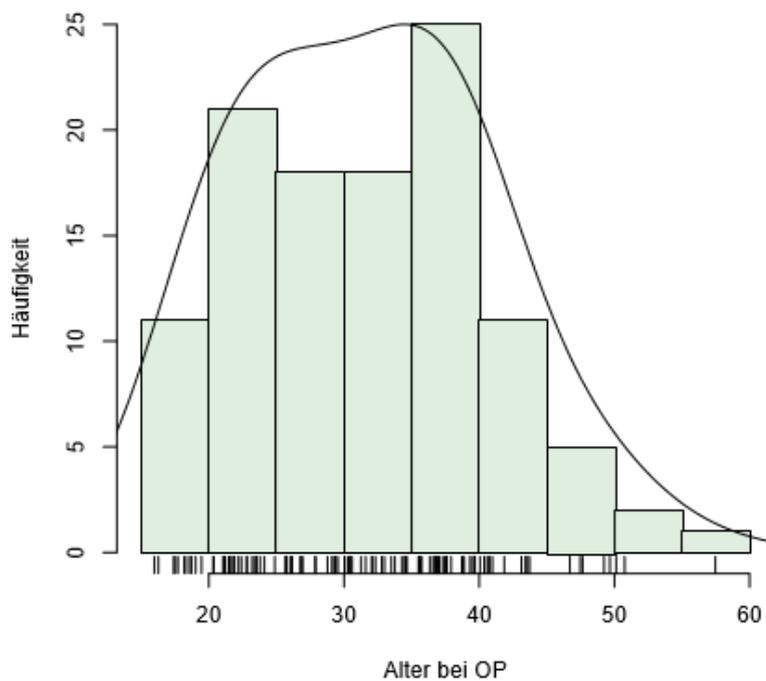


Abb. 17: Alter bei der Operation in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.

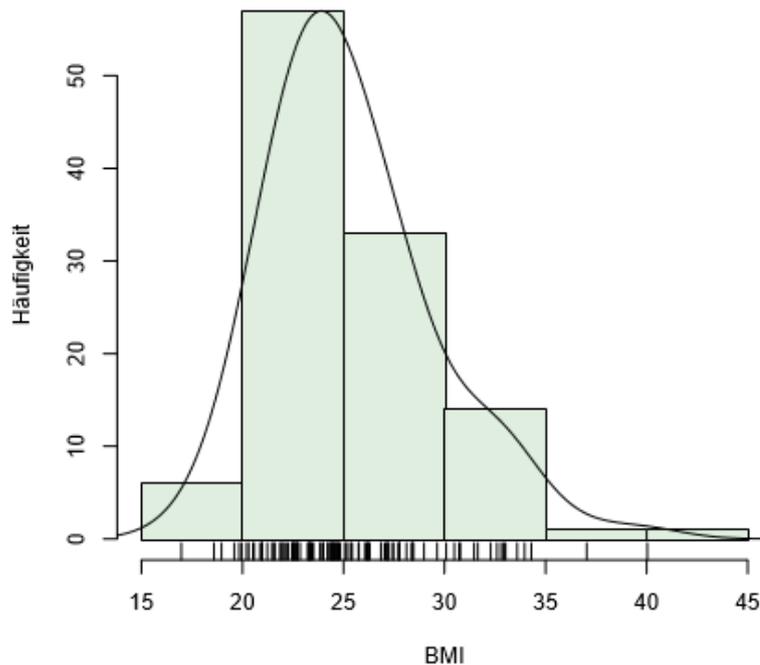


Abb. 18: Body Mass Index der Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.

3.2. Operationsdaten

Die Indikation zur Operation und die Technik der Durchführung waren im Einklang mit früher veröffentlichten Vorgehensweisen [Giannini et al. 2005, Hangody & Füles 2003, Martinek et al. 2003, Reddy et al. 2007].

Alle Patienten hatten präoperativ asymptotische Spenderkniegelenke, wie in den Behandlungsunterlagen festgehalten wurde. Bei keinem der Patienten wurde vor Entnahme des Knorpel-Knochen Zylinders eine Operation am Spenderkniegelenk durchgeführt.

Für die OATS Technik wurden durchschnittlich 1,7 Spenderzylinder entnommen (Spannweite 1-3, SD $\pm 0,6$).

Der durchschnittliche Durchmesser dieser Zylinder betrug 9 mm (Spannweite 7-15 mm, SD ± 1 mm). Bei 72 Patienten (36%) wurde ein Zylinder entnommen, bei 114 Patienten (57%) waren es zwei Spenderzylinder und bei 14 Patienten (7%) wurden drei Zylinder entnommen (siehe Tabelle 1).

Anzahl der Zylinder	1	2	3
Anzahl der Patienten	72	114	14

Tabelle 1: Anzahl der entnommenen Zylinder in der Gesamtgruppe.

Der durchschnittliche Gesamtdurchmesser der entnommenen Zylinder lag bei 16 mm bei einer Spannweite zwischen 7 und 32 mm und einer SD von 5 mm (siehe Abb. 19).

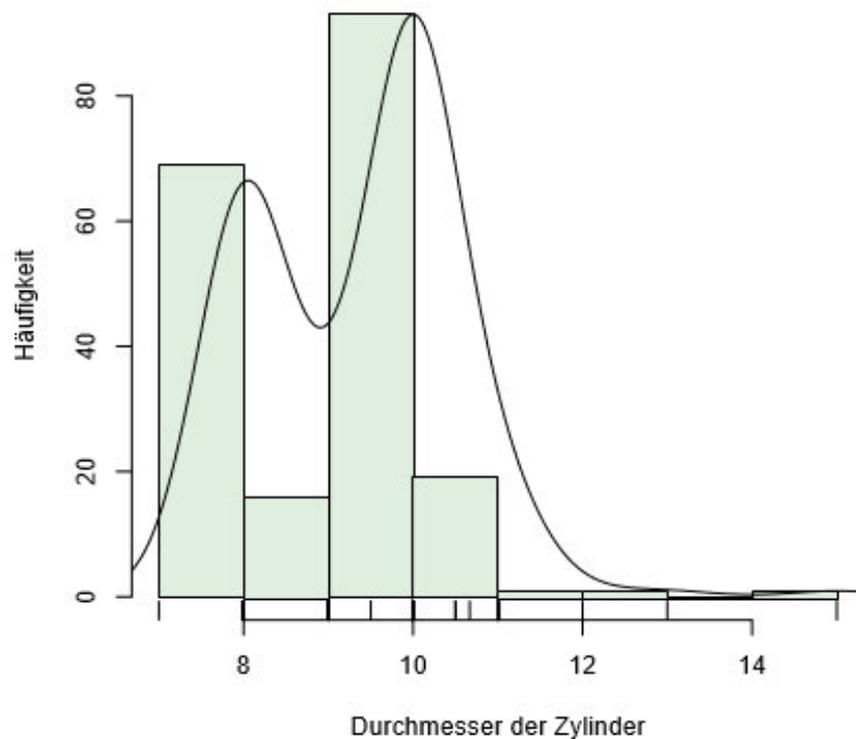


Abb. 19: Gesamtdurchmesser der entnommenen Zylinder aller Patienten.

In der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von zwei Jahren lag die Anzahl der entnommenen Knorpel-Knochen Zylinder ebenfalls im Durchschnitt bei 1,7 Zylindern. Bei 41 der 112 Patienten (37%) wurde ein Zylinder, bei 63 der 112 (56%) wurden zwei Transplantate und bei 8 der 112 Patienten (7%) wurden 3 entnommen. Der Gesamtdurchmesser der entnommenen Zylinder lag ebenfalls zwischen 7 und 32 mm (siehe Abb. 20). Alle Zylinder wurden vom proximalen, lateralen und medialen Femurkondylus entnommen.

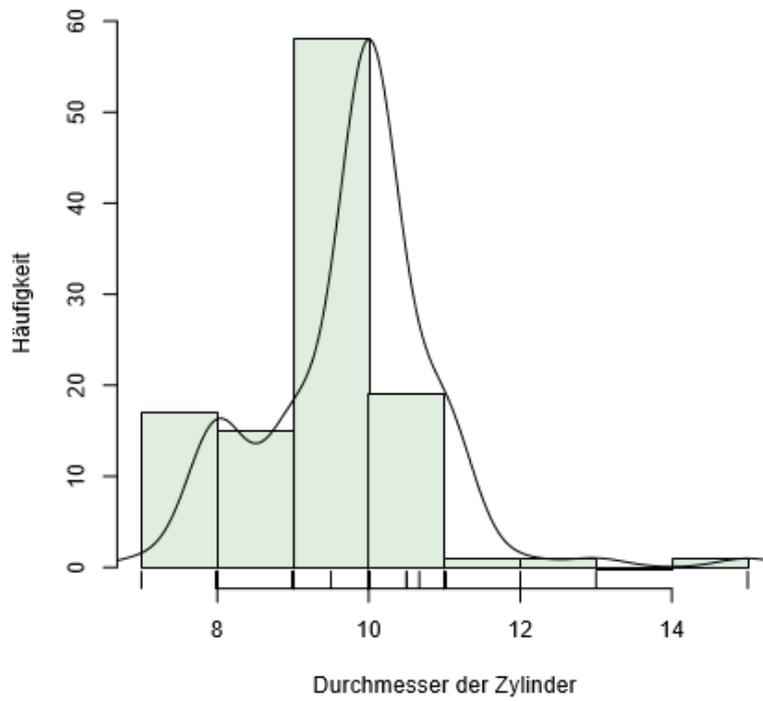


Abb. 20: Gesamtdurchmesser der Zylinder in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.

3.3. Patientenbefragung

Um den aktuellen Status des Kniegelenkes zu analysieren, aus dem die Spenderzylinder entnommen wurden, wurden alle Patienten anhand des WOMAC Index (Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index) [Bellamy 1995], des Lysholm Knie Score [Lysholm & Gillquist 1982] und des standardisierte Short-Form-36 Version 2 Health Survey (SF-36) (Medical Outcomes Trust and Quality Metric Inc. 2003) [Garretson et al. 2004] telefonisch interviewt. Zusätzlich bewerteten die Patienten ihre Gesamtzufriedenheit mit dem operativen Vorgehen ausschließlich am Kniegelenk mit sehr zufrieden, etwas zufrieden, neutral, etwas unzufrieden und sehr unzufrieden (siehe Anhang).

Alle Patienten wurden telefonisch von einem explizit neutralen Erhebungsteam kontaktiert, das nicht in die Studie involviert war, um die Verzerrung der aufgenommenen Resultate zu minimieren. Keiner der befragten Patienten berichtete über ein zusätzliches Trauma oder einen weiteren operativen Eingriff am betroffenen Kniegelenk.

Alle 200 Patienten der Zielgruppe stimmten zu, bei der Studie mitzumachen.

3.4. Scores

3.4.1. Lysholm Score

Zur Überprüfung der Spendermorbidity am Kniegelenk bei Talus-OATS wurde unter anderem der Lysholm Score eingesetzt. Dieser wurde 1982 von Lysholm entwickelt und ist eine subjektive Bewertung [Lysholm & Gillquist 1982]. Die Antworten zu den Fragen werden von den Patienten selbstständig, ohne Beeinflussung durch den Untersucher gegeben. Er besteht aus 8 Fragen, bei denen insgesamt 100 Punkte erreicht werden können (siehe Anhang). Mit den ersten vier Fragen werden subjektive Funktionseinschränkungen, wie Hinken, Gehhilfe, Fähigkeit zum Treppensteigen und in die Hocke gehen abgefragt. Dabei werden null für starke Einschränkungen bis fünf Punkte bei keinen Einschränkungen – Ausnahme Treppensteigen mit zehn Punkten – vergeben. Weiterhin wird der Patient zum Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk angesprochen, wobei er bei sechs Antwortmöglichkeiten zwischen null und 30 Punkten erreichen kann. Sieben Auswahlmöglichkeiten werden dem Patienten für das Auftreten von Schmerzen angeboten. Bei ständigen und starken Schmerzen erreicht der Patient null Punkte, bei Schmerzlosigkeit wiederum 30. Die restliche Punkteverteilung ist abhängig von dem Auftreten von Schmerzen in Abhängigkeit von Belastung oder Knieunsicherheit. Maximal zehn Punkte können bei der Frage nach einer Schwellung am betroffenen Kniegelenk erreicht werden. Die restlichen fünf Punkte beziehen sich auf die Frage der Muskelschwäche des betroffenen Beines. Hierbei ist die Abnahme des Oberschenkelumfangs als Kriterium vom Patienten anzugeben.

Die persönliche Patientenbewertung wird wesentlich vom Ausmaß der gewohnten körperlichen Aktivität vor der Verletzung beeinflusst, da der Patient nach der Behandlung vermutlich den gleichen Aktivitätsgrad anstreben wird. So mag sich ein körperlich nicht aktiver Mensch von Funktions- und Gebrauchsbeeinträchtigung seines Kniegelenkes weniger beeinflusst zeigen, als ein sportlich Aktiver. Andererseits kann ein aktiver Sportler durch höhere Motivation und intensiveres Training in der postoperativen Rehapphase funktionell und damit subjektiv bessere Behandlungsergebnisse erreichen.

Mit dem Lysholm Score steht eine Skala zur Verfügung, mit der das Behandlungsergebnis ausschließlich vom Patienten selbst bewertet wird.

Werte zwischen 98 und 100 Punkten werden als ein sehr gutes Ergebnis, Lysholm Score Werte zwischen 82 und 97 als ein gutes, zwischen 66 und 81 Punkten als ein auseichendes und Werte unter 65 Punkten als ein schlechtes Ergebnis gewertet.

3.4.2. WOMAC Score

Der Effekt von Verletzungen oder Krankheiten muss auch die subjektive Lebensqualität und krankheitsbedingte Einschränkungen der Aktivitäten des alltäglichen Lebens erfassen. Um eine standardisierte und vergleichbare Aussage darüber zu erhalten, wurden zwei international etablierte psychometrische Testverfahren eingesetzt, zum einen der Western Ontario and McMasters Universities (WOMAC) Arthroseindex als krankheitsspezifisches Testverfahren für Patienten mit Kniegelenksarthrose [Stucki et al. 1996].

Zur Erfassung von Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen im Alltag bei Arthrosepatienten ist der Western Ontario and McMaster Universities Arthroseindex als krankheitsspezifisches Messinstrument in Form eines Fragebogens gut geeignet [Bombardier et al. 1995, Stucki et al. 1996]. Auch für die Klinik wichtige Punkte wie z.B. Steifigkeit, Schmerz und körperliche Funktionseinschränkungen werden durch ihn bei Gonarthrosepatienten erfasst. Er besteht aus 24 Fragen, welche in mehrere Unterpunkte aufgeteilt werden (siehe Anhang). „Schmerz“ mit 5 Fragen, „Steifigkeit“ mit 2 Fragen und „körperliche Funktionsfähigkeit“ mit 17 Fragen. Die Fragen können vom Patienten selbstständig beantwortet werden, oder wie im Falle unserer Studie, per Interview abgefragt werden. Durch seine schnelle und leichte Durchführbarkeit eignet sich der Western Ontario and McMaster Universities Arthrosescore besonders in der täglichen Routine zur Erfassung klinisch relevanter Veränderungen nach Interventionen [Bellamy 1989, Bellamy et al. 1988].

In unserer Studie wurde eine für den deutschen Sprachraum adaptierte Version verwendet [Stucki et al. 1996].

3.4.3. SF-36

Zum anderen wurde in der vorliegenden Arbeit der Fragebogen Short-Form-36 verwendet, der von Ware & Sherbourne [1992] entwickelt wurde. 1995 wurde er von Bullinger für den deutschen Sprachraum übersetzt [Bullinger et al. 1995].

Der SF-36 ist ein kurzer Fragebogen, der 36 Einzelfragen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität umfasst (siehe Anhang). Diese werden in acht Fragenkomplexe unterteilt, welche die wichtigsten „Gesundheitskonzepte“ aus der Medical Outcome

Study beinhalten [Ware & Sherbourne 1992]. Sie beziehen sich auf die körperliche Funktionsfähigkeit, das veränderte Rollenverhalten aufgrund körperlicher Funktionsbeeinträchtigung, Schmerzen, den allgemeinen Gesundheitszustand, die Vitalität und körperliche Energie, die soziale Funktionsfähigkeit, das Rollenverhalten wegen seelischer Funktionbeeinträchtigung und die psychische Funktionsfähigkeit. Aus diesen Punkten lassen sich sowohl psychische als auch körperliche Summenskalen berechnen. Der SF-36 ist für Patienten ab dem 14. Lebensjahr geeignet und erlaubt das Ausfüllen durch den Patienten selbst oder durch einen Interviewer im direkten Gespräch oder wie hier in der vorliegenden Studie per Befragung am Telefon. Als Vorteil dieses Fragebogens kann die krankheitsübergreifende Ausrichtung genannt werden, die nachhaltige Beeinträchtigungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität aufgrund von Erkrankungen gut evaluiert. Zur Beurteilung ist der SF-36 ein in der nationalen und internationalen Literatur etabliertes Hilfsmittel.

3.5. Statistische Auswertung

Die Auswertung des SF-36 Fragebogens erfolgte entsprechend der Handanweisung zum SF-36. Die Werte des Lysholm und des WOMAC Scores wurden ebenfalls mit Hilfe der beiliegenden Berechnungsvorschriften des jeweiligen Fragebogens berechnet bzw. erhoben.

Mittels einer multiplen linearen Regression mit einem Signifikanzniveau von 5% wurde der Einfluss der beschriebenen Parameter: Patientenalter, Anzahl und Größe der transplantierten Zylinder und präoperativer Body Mass Index auf die Ergebnisse sowohl des Lysholm als auch des WOMAC Scores und die Zufriedenheit der Patienten mit der

Operation am Kniegelenk untersucht. Die Einflußnahme des OP-Ergebnisses am Sprunggelenk mußte ausgespart werden. Die Notwendigkeit für zwei verschiedene Modelle für den Lysholm und den WOMAC Score ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften dieser Scores. Die Lysholm Score Werte wurden nach der Länge des Follow-Up in 6 Monatsgruppen bis zu 30 Monaten postoperativ eingeteilt. Anhand dieser Gruppen wurde überprüft, wie lange nach der Operation eine klinische Verbesserung, gemessen anhand der Lysholm Score Werte im betroffenen Kniegelenk eintritt. Diese Gruppen wurden mittels des Kruskal-Wallis Tests verglichen. Alle erhobenen Daten wurden mit Microsoft Office Excel 2003 verwaltet und mit PASW SPSS 22 statistisch ausgewertet. Als Grundlage für multiple Tests wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0.05$ als signifikant bezeichnet. Bei einem Signifikanzniveau von $p < 0.001$ wurde der Vergleich als hoch signifikant gewertet. Die Normalverteilung der Daten wurde mittels Quantile-Quantile-Plot und Kolomogorow-Smirnow-Anpassungstest überprüft. Zum Vergleich der einzelnen Gruppen wurde ein Zweistichproben-t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen verwendet. Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden Boxplots, Punktdiagramme und Histogramme verwendet. Die Boxplots enthielten Median, Quartilsabstand im Bereich 25, 50 und 75, sowie Ausreißer und Extremwerte.

Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurde das Programm Microsoft Office Excel 2003 verwendet.

4. Ergebnisse

4.1. Lysholm Score

Der Lysholm Score, bei dem maximal eine Punktzahl von 100 erreichbar ist, ergab bei unserer Untersuchung Werte zwischen 4 und 100, wobei der Durchschnittswert bei 86,19 Punkten mit einer Standardabweichung von $\pm 17,4$ lag. Sehr gute Ergebnisse mit einem Lysholm Score Wert von 98 bis 100 erreichten 69 Patienten. Einen Lysholm Score Wert zwischen 82 und 97, gleichbedeutend mit einem guten Ergebnis zeigten 73 Patienten. Hiervon hatten 35 Patienten gute bis sehr gute Ergebnisse bei Lysholm Score Werten zwischen 92 und 97 Punkten. 38 Patienten hatten Werte zwischen 66 und 81 Punkten, was einem ausreichendem Ergebnis entspricht. Hiervon wiederum hatten 21 Patienten Werte >75 und 17 Patienten Werte ≤ 75 Punkte Die restlichen 20 Patienten zeigten mit Lysholm Score Werten unter 66 Punkten ein schlechtes Ergebnis.

Bei der Gruppe der befragten Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren lag der durchschnittliche Lysholm Score Wert bei 89,13 mit einer Spannweite zwischen 23 und 100 bei einer Standardabweichung von $\pm 16,5$ (siehe Abb. 21). Von den 112 Patienten in dieser Gruppe hatten 51 Patienten sehr gute Lysholm Score Werte (98 bis 100 Punkte), 21 gute bis sehr gute Werte (92 bis 97 Punkte), 15 Patienten ausreichend bis gute Werte (82 bis 91 Punkte), 16 ausreichende Werte, wobei 9 Patienten Werte von >75 Punkten und 7 ≤ 75 Punkten hatten. Schließlich hatten 9 Patienten schlechte Ergebnisse mit einem Lysholm Score Wert unter 66 Punkten (siehe Abb. 22).

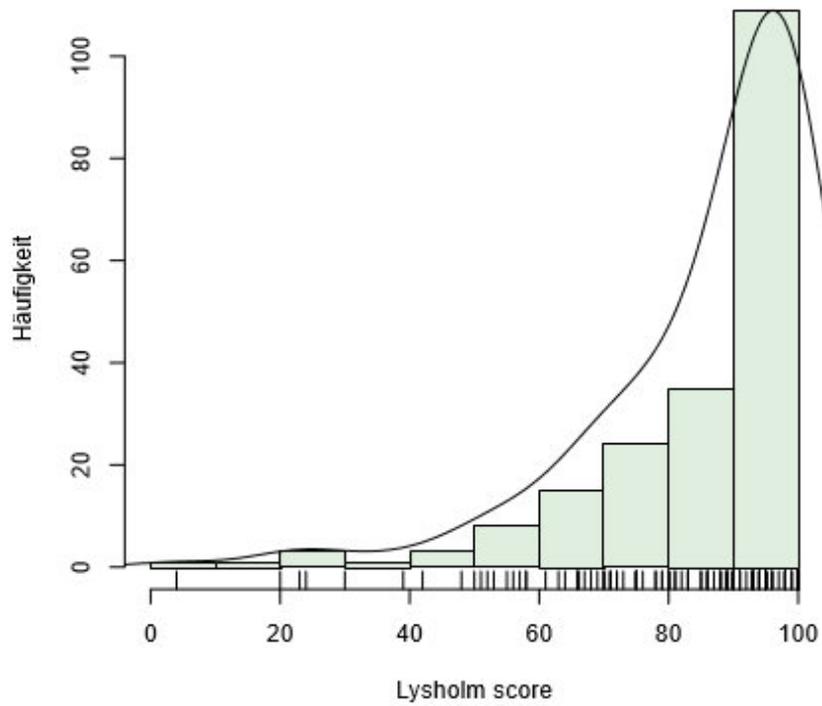


Abb. 21: Bei der Befragung in der Gesamtgruppe erreichte Lysholm Score Werte. Ein Wert von 100 ist dabei das Beste erreichbare Ergebnis.

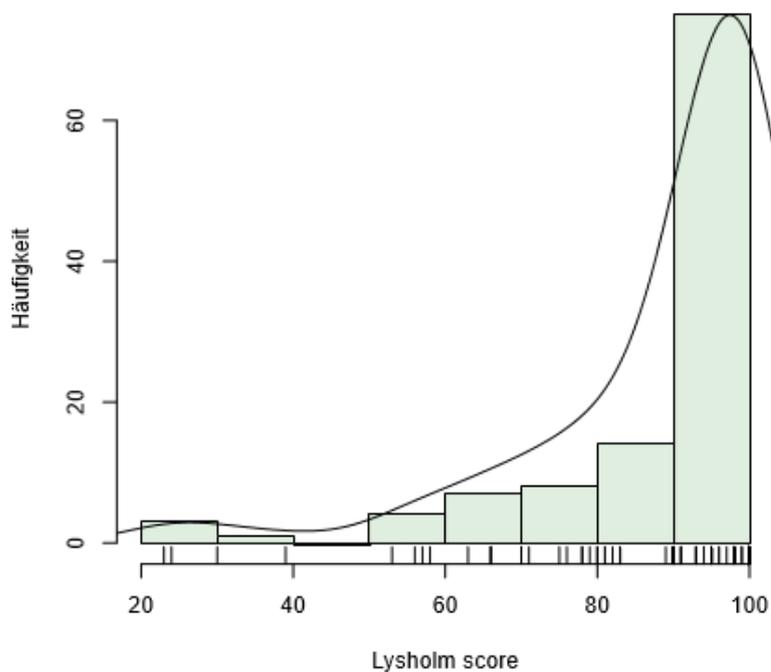


Abb. 22: Darstellung der Lysholm Score Werte, welche in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren erreicht wurden.

4.2 WOMAC Score

Der WOMAC Score, der bestenfalls bei 0% liegt, zeigte durchschnittlich $7,6\% \pm 0,1\%$ bei einer Spannweite zwischen 0% und 92%. 174 Patienten beschrieben bei WOMAC Score Werten zwischen 0 und 19% minimale Beschwerden, 20 Patienten bei WOMAC Score Werten zwischen 20 und 44% leichte Beschwerden. Bei 4 Patienten ergaben sich WOMAC Score Werte zwischen 45 und 69%, was mittelmäßigen Beschwerden entspricht und bei den übrigen 2 Patienten ergaben sich WOMAC Score Werte zwischen 70 und 94%, was schwere Beschwerden darstellt. Kein Patient klagte über extreme Beschwerden, was WOMAC Score Werten von 95 bis 100% entsprochen hätte (siehe Abb. 23). In der Gruppe der 112 Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren zeigten 102 Patienten minimale Beschwerden bei WOMAC Score Werten zwischen 0 und 19%. 8 Patienten gaben WOMAC Score Werte zwischen 20 und 44% gleichbedeutend mit leichten Beschwerden an, während jeweils ein Patient einen mittelmäßigen WOMAC Score Wert zwischen 45 und 69% und einen schlechten WOMAC Score Wert zwischen 70 und 94% erreichte (siehe Abb. 24).

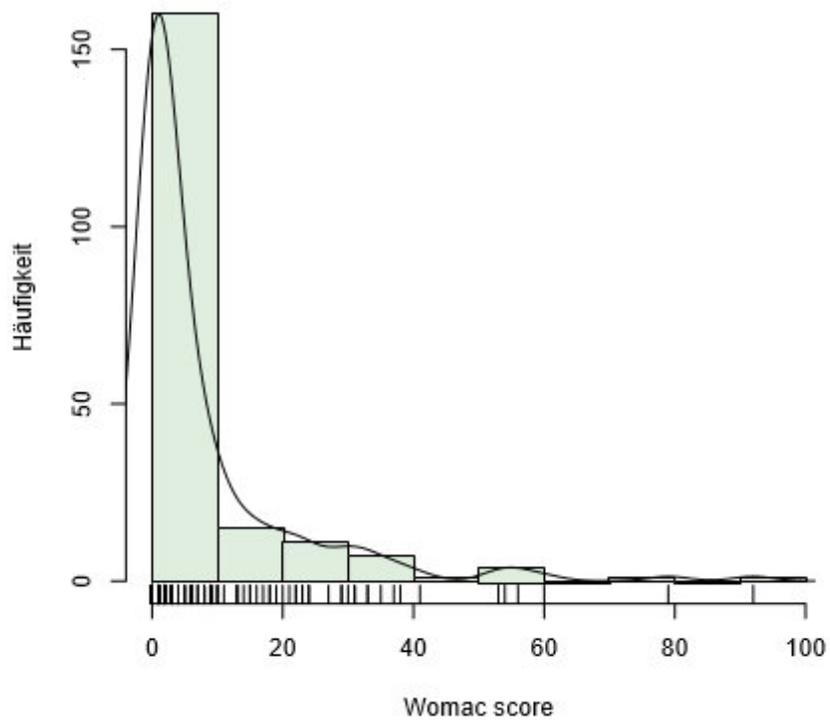


Abb. 23: Darstellung der in der Gesamtgruppe erreichten WOMAC Score Werte.

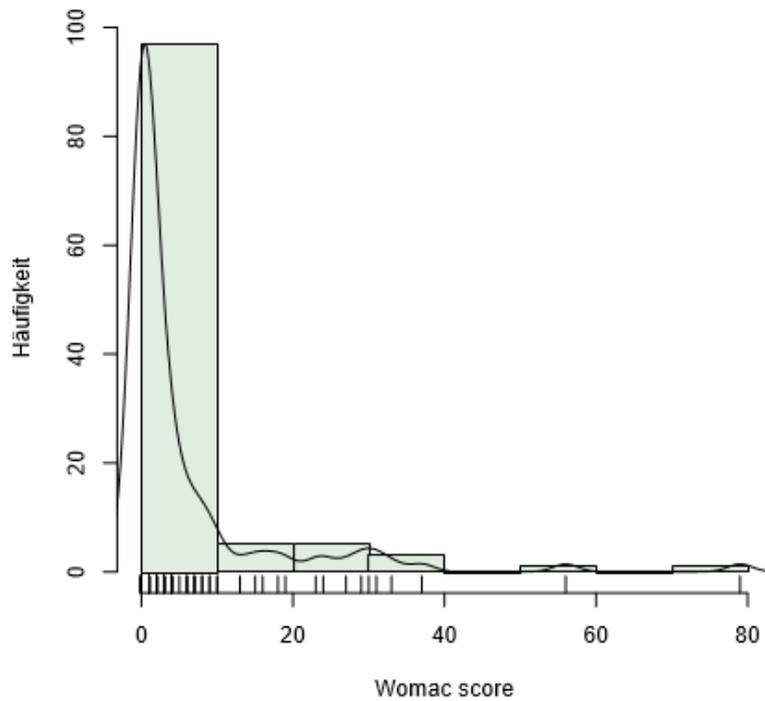


Abb. 24: Ergebnisse des WOMAC Scores in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.

4.3. Subjektive Patientenzufriedenheit

Bei der Frage nach der Zufriedenheit gaben 92 der 200 befragten Patienten (46%) an, sehr zufrieden mit der durchgeführten Operation gewesen zu sein. 70 Patienten (35%) waren einigermaßen zufrieden. Weitere 14 Patienten (7%) waren neutral. Jeweils 12 Patienten (jeweils 6%) waren entweder einigermaßen unzufrieden oder sehr unzufrieden mit der Operation am Kniegelenk (siehe Tabelle. 2)

Bei den 112 befragten Patienten mit einer mindestens 2 Jahre zurückliegenden Operation waren 53 Patienten (47,3%) sehr zufrieden mit der Operation am Kniegelenk, 41 Patienten (36,6%) waren einigermaßen zufrieden, 7 Patienten (6,3%) waren neutral, 5 Patienten (4,4%) waren einigermaßen unzufrieden und 6 Patienten (5,4%) waren sehr unzufrieden (siehe Tabelle 2).

Zufriedenheit	Sehr zufrieden	Einigermaßen zufrieden	Neutral	Einigermaßen unzufrieden	Sehr unzufrieden
Gesamtgruppe	92 (46%)	70 (35%)	14 (7%)	12 (6%)	12 (6%)
Mindest Follow-Up von 2 Jahren	53 (47,3%)	41 (36,6%)	7 (6,3%)	5 (4,4%)	6 (5,4%)

Tabelle 2: Zufriedenheit mit der Operation am Kniegelenk.

Von allen 200 befragten Patienten hätten sich 173 Patienten (86,5%) wieder für die Operation mittels OATS Technik entschieden, wohingegen 27 Patienten (13,5%) die

Operation aus gelenkspezifischen Gründen nicht wieder an sich durchführen lassen würden.

Die Patienten wurden in Gruppen in Abhängigkeit von ihrem Nachuntersuchungszeitraum eingeteilt. Dazu wurden 6 Monatsintervalle gebildet. 21 Patienten bildeten die erste Gruppe mit einem postoperativen Follow-Up von 0 bis 6 Monaten. 18 Patienten wurden 7 bis 12 Monate, 29 Patienten wurden 13 bis 18 Monate nach der Operation befragt. Weitere 20 Patienten wurden nach 19 bis 24 Monaten interviewt. 13 Patienten wurden nach 25 bis 30 Monaten befragt. Die restlichen 99 Patienten wurden mehr als 30 Monate nach der Operation untersucht.

Dabei zeigte sich, dass der durchschnittliche Lysholm Score Wert zwischen diesen Gruppen besser ist, je länger die Operation zurücklag (siehe Abb. 25 und Abb. 26).

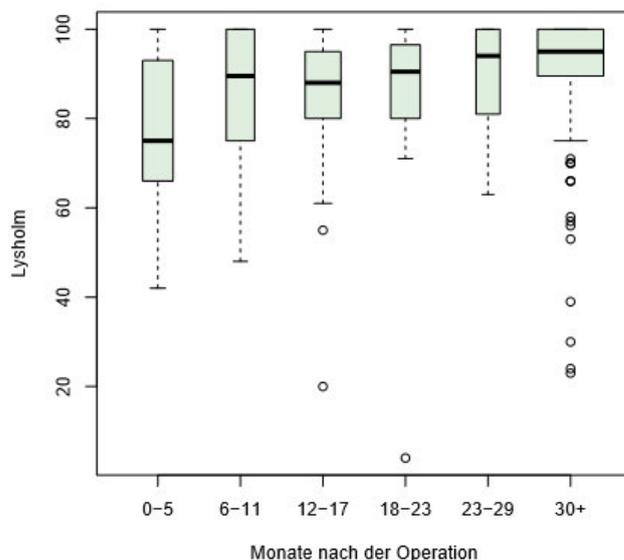


Abb. 25: Eine klinische Verbesserung im postoperativen Verlauf, dargelegt durch eine signifikante Verbesserung der Lysholm Score Werte ($p=0,001$). Ausreißer, die mehr als die dreifache Interquartilsbereichspanne abweichen sind mit einem Stern, Ausreißer, die zwischen dem 1,5 und dem 3 fachen davon abweichen mit einem Kreis gekennzeichnet.

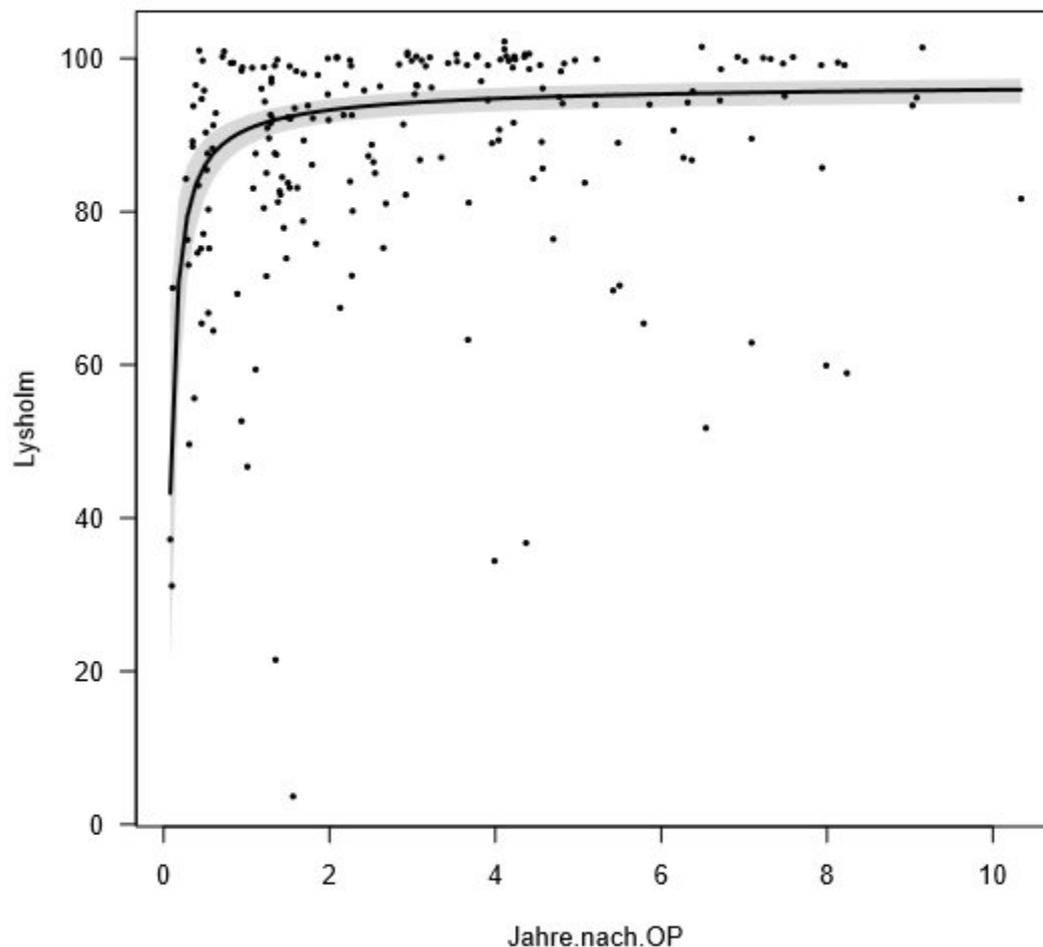


Abb. 26: Veränderung des Lysholm Scores bezogen auf das Kniegelenk im Verlauf der Jahre postoperativ.

4.4. SF-36

Die Auswertung des SF-36 Scores ergab folgende Ergebnisse. Bei der Frage nach der Funktionsfähigkeit erreichten die Patienten im Durchschnitt 76,4 Punkte bei einer Standardabweichung von 26,7. 57 Patienten erreichten die maximale Punktzahl von 100, bei 4 Patienten zeigte der Test 0 Punkte, was dem schlechtmöglichsten Wert

entspricht. Bei der Kategorie Funktionseinschränkung physisch und emotional erreichten die Patienten im Durchschnitt einen Wert von 80,5 Punkten bei einer Standardabweichung von 32,6 Punkten. Als weiterer Punkt wird beim SF-36 Test die Stärke der körperlichen Schmerzen untersucht. Hierbei erreichten die untersuchten Patienten einen durchschnittlichen Wert von 74 Punkten mit einer Standardabweichung von $\pm 26,6$. Ein Wert von 100 Punkten bedeutet hierbei, dass kein körperlicher Schmerz vorliegt. Einen Wert von $87,6 \pm 20,1$ Punkten ergab die Auswertung des SF-36 Scores in Hinsicht auf die soziale Funktion der Patienten. Auch hier gibt ein Wert von 100 Punkten an, dass keine Einschränkung vorliegt. Die gesamte psychische Verfassung der Patienten lag bei einem durchschnittlichen Wert von $84 \pm 17,4$ Punkten. Die weiteren Merkmale, die der SF-36 Score anzeigt, sind die Funktionseinschränkung wegen emotionaler Beschwerden, bei der ein Durchschnittswert von $88 \pm 28,8$ Punkten erreicht wurde, die Vitalität und Energie, hier wurde ein durchschnittlicher Wert von $76,7 \pm 19,5$ Punkten erreicht, die generelle Gesundheitswahrnehmung und der Gesundheitszustand im Vergleich zum Vorjahr. Die Auswertung hinsichtlich der Gesundheitswahrnehmung ergab einen Mittelwert von $76,6 \pm 20,5$ Punkten. Die Befragung nach dem Gesundheitszustand im Vergleich zum Vorjahr erbrachte einen durchschnittlichen SF-36 Score Wert von 61 Punkten bei einer Standardabweichung von $\pm 26,1$ Punkten (siehe Abb. 27).

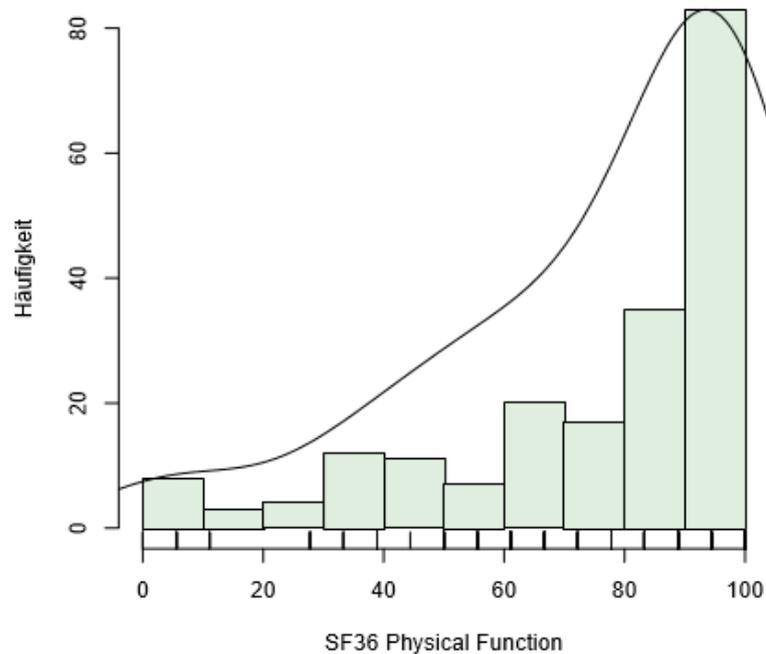


Abb. 27: Darstellung der erreichten Ergebnisse des SF-36 bei der Funktionsfähigkeit.

Bei der Untersuchung, ob das Patientenalter einen Einfluss auf den Lysholm – oder WOMAC - Score hat, konnte kein Zusammenhang dargestellt werden. Sowohl die Anzahl an Spenderzylinder, als auch die Gesamtgröße der entnommenen Zylinder hatten keinen Einfluss auf die erreichten Lysholm oder WOMAC Score Werte.

Im Gegensatz dazu korreliert die Zufriedenheit mit der Operation negativ mit den Ergebnissen des WOMAC ($p = 0.001$, $B = 0.005$) und Lysholm Scores ($p = 0.001$, $B = -6.727$). Bei niedrigerer Patientenzufriedenheit zeigten sich schlechtere Ergebnisse sowohl des WOMAC als auch des Lysholm Scores.

Als weiterer von uns untersuchter möglicher Faktor zeigte das Gewicht des Patienten, gemessen als Body Mass Index, einen Einfluss auf die Ergebnisse des Lysholm Scores ($p = 0.029$, $B = -0,574$) im Gesamtkollektiv. So fiel der Lysholm Score pro zusätzlichem BMI Punkt um 0,6% schlechter aus. (vgl. Tabelle 3) Auf den WOMAC Score hatte der BMI jedoch keinen Einfluss.

Lysholm	Korrelationskoeffizient	Standardfehler (Koeffizient)	p-Wert
Body Mass Index	-0.574	0.262	0.029
Patientenzufriedenheit mit der OP	-0.6715	0.965	<0.001

Tabelle 3: Koeffizienten und Standardfehler der Koeffizienten der Regressionsanalyse. Bemessen des Einflusses des Body Mass Indexes auf den Lysholm Score. Je höher der Body Mass Index ist, beziehungsweise je niedriger die Zufriedenheit mit der Operation, desto niedriger ist der erreichte Lysholm Score.

In der Gruppe der 112 Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren zeigte das Gewicht der Patienten einen negativen Einfluss sowohl auf den Lysholm als auch auf den WOMAC Score. So führte jeder zusätzliche Punkt beim Body Mass Index zu einer Abnahme des Lysholm Scores um ebenfalls einen Punkt, während der WOMAC Score um 0,6% zunahm.

5. Diskussion

Behandlungsverfahren können nur dann objektiv beurteilt werden, wenn vom Untersucher unabhängige, reproduzierbare Kriterien mit einem numerischen Score

bewertet werden. Wird das Ergebnis durch den behandelnden Arzt oder Operateur selbst beurteilt, so ergibt sich ein gewisser Spielraum, in dem das Resultat in eine gewünschte Richtung beeinflusst werden kann. Diese Tatsache hat zu einer zunehmenden Verbreitung von Bewertungsskalen geführt, die ausschließlich auf den Angaben des Patienten selbst beruhen und insofern vom Einfluss des Untersuchers unabhängig sind [Lysholm & Gillquist 1982, Tegner & Lysholm 1985, Tegner et al. 1986].

Unsere Studie ist die erste umfassende Studie, die die mögliche Problematik der Entnahmemorbidity bei Operationen die mittels OATS Verfahren am Talus durchgeführt wurden, betrachtet. Bisherige Studien untersuchten jeweils nur eine kleine Patientengruppe oder waren sogar nur Fallberichte. Mögliche Parameter, die die Spendermorbidity beeinflussen könnten, wie das Gewicht des Patienten, sein Alter oder die Anzahl und Größe der entnommenen Knorpel-Knochen Zylinder, wurden bisher fast nicht auf einen Zusammenhang überprüft.

Aus diesem Grund haben wir bei unserer Untersuchung zur Spendermorbidity des Kniegelenkes bei der Talus-OATS Methode den Lysholm-Score, den WOMAC Score und den SF-36 Score verwendet, um verschiedene Stadien und Auswirkungen der Spendermorbiditysymptomatik darstellen zu können. Weiter wurden operationsbezogene und patientenbezogene Parameter als mögliche Einflussfaktoren auf das postoperative Ergebnis untersucht.

Der Lysholm Score macht als Beschreiber der Funktionalität bereits frühzeitig Einschränkungen erkennbar. Der WOMAC Score ist eher ein Osteoarthritis Score, der spätere Beeinträchtigungen aufzeigt. Der SF-36 Score wiederum dient der Darstellung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Im Sinne unserer Hypothesen wollten wir verschiedene operative und patientenbezogene Parameter auf eine mögliche

Einflussnahme auf das postoperative Ergebnis am Spenderkniegelenk untersuchen. Einerseits wurden die Körpergröße und das Gewicht der Patienten mit Hilfe des präoperativ durchgeführten körperlichen Untersuchungsbefundes gewonnen. Als weitere Parameter wurden die Größe und Anzahl der entnommenen Spenderzylinder anhand des Operationsberichtes festgestellt. Aus dem Datum der Operation und dem Datum der telefonischen Befragung ergab sich das Follow-Up. Zusätzlich wurde die Datenerhebung von einem unabhängigen Team durchgeführt, um eine Einflussnahme durch einen involvierten Befrager auszuschließen.

Unsere Ergebnisse widersprachen in vielerlei Hinsicht unserer Hypothese. Die erreichten WOMAC und Lysholm Score Werte von durchschnittlich $7,6\% \pm 0,1\%$ beziehungsweise 86 Punkten \pm 17 Punkten in der gesamten untersuchten Patientengruppe und die Werte von $5,5\% \pm 0,1\%$ beim WOMAC Score und 89 ± 17 Punkten beim Lysholm Score in der Gruppe der Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren zeigten eine gute Funktionalität und eine geringe Beschwerdesymptomatik bei den untersuchten Patienten. In unserer ursprünglichen Hypothese nahmen wir an, dass das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation einen negativen Einfluss auf die Entnahmemorbidiät hat. Dies war auch das Ergebnis, dass Al-Shaikh et al. [2002] beschrieben. Im Gegensatz dazu zeigten unsere Ergebnisse keinen Einfluss des Patientenalters auf die WOMAC und Lysholm Score Werte. Daraus schließen wir, dass ein hohes Patientenalter kein Ausschlusskriterium für die Operation mittels OATS Technik am Talus sein sollte.

Ebenfalls widersprüchlich zu unserer Hypothese hat laut unseren Ergebnissen die Größe und Anzahl der entnommenen Zylinder keinen negativen Einfluss auf die Spendermorbidity am Kniegelenk. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen, die Reddy et al. [2007] in ihrer Studie aufzeigten. Einige biomechanische Studien

[Simonian et al. 1998] beschreiben einen sehr geringen patellofemorale Druck auf die zur Transplantation verwendeten Bereiche der medialen und lateralen Femurkondyle. Allerdings berichten sie auch, dass es keine komplett lastfreien Areale gibt. Dadurch wären unsere und die Ergebnisse von Reddy et al. [2007] erklärbar. Verwendet man nur Knorpel-Knochen Zylinder, die aus den Bereichen mit sehr geringer Druckbelastung stammen, so scheint dies unabhängig von der Größe und Anzahl der entnommenen Transplantate keinen Einfluss auf die Funktionalität des Kniegelenkes zu haben und zu keinen Beschwerdesymptomen zu führen.

Ein weiterer von uns untersuchter Parameter, die Zufriedenheit mit der Operation am Kniegelenk korrelierte mit den Ergebnissen des WOMAC und Lysholm Scores negativ. Je schlechter ein Patient die Operation am Kniegelenk bewertet, desto schlechter waren seine Knie Score Werte. Obwohl es schwer ist, explizit nach der Zufriedenheit am Spenderareal zu fragen, ohne dass der Patient auch die Gesamtoperation bewertet, sind diese Zahlen nachvollziehbar.

Das Gewicht des Patienten gemessen als Body Mass Index hat einen Einfluss auf die Ergebnisse beim WOMAC und Lysholm Score. So führte jeder zusätzliche Punkt beim Body Mass Index zu einer Abnahme des Lysholm Scores um ebenfalls einen Punkt, während der WOMAC Score um 0,6% zunahm. Dies war in der Gruppe der 112 Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren der Fall. Im gesamten Patientengut inklusive der Patienten mit einem sehr kurzen Follow-Up, korrelierte der Body Mass Index ebenfalls mit dem Lysholm Score. Mit dem WOMAC Score allerdings nicht. Dies ist dadurch zu erklären, dass der Lysholm Score vor allem die Funktionalität des Kniegelenkes untersucht, welche schon kurz nach der Operation beeinflusst wird, während der WOMAC Score eher Osteoarthrose Parameter abfragt, welche erst zu einem späteren Zeitpunkt auftreten.

Dies bestätigt unsere Hypothese, dass ein höheres Körpergewicht eine stärker auftretende Spendermorbidity begünstigt. In der Gesamtgruppe ergab sich folgender Zusammenhang: Für jeden Punkt, um den der Body Mass Index stieg, sank der Lysholm Score Wert um 0,6 Punkte. Ein limitierender Faktor dieser Studie ist jedoch das retrospektive Studiendesign. Ein Vergleich zu präoperativen Werten ist somit nicht möglich. So könnte es sein, dass Patienten mit eher schlechten Lysholm Score Ergebnissen postoperativ auch schon schlechtere Lysholm Score Werte präoperativ erreichten. Allerdings wurden nur Patienten mittels OATS Technik operiert, welche keinerlei Beschwerden am Kniegelenk angaben.

Es liegen nur wenige Studien vor, die direkt mit unserer vergleichbar sind. Al-Shaikh et al. [2002] fanden einen Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und der Morbidity am Spenderareal. So hatten Patienten unter 30 Jahren bessere Lysholm Score Ergebnisse als ältere Probanden. Die Lysholm Score Werte lagen in den bisherigen Studien zur Entnahmemorbidity zwischen 81 und 100 Punkten. Al-Shaikh et al. beschrieben eine durchschnittliche Punktzahl von 97, Reddy et al. [2007] beschrieben einen durchschnittlichen Lysholm Score Wert in ihrer Patientengruppe von 81 Punkten. Zusätzlich fanden sie keinen negativen Einfluss der Größe der entnommenen Transplantate auf die erreichten Lysholm Score Werte. In der Gruppe von Iwasaki et al. [2007] wurde von 10 der 11 Patienten der bestmögliche Lysholm Score Wert von 100 Punkten erreicht. Nur ein Patient beschrieb leichte Beschwerden im Spenderareal. Gleichzeitig zeigte er mittels Magnetresonanztomographiebildern eine gute Defektfüllung im Bereich der Entnahmestellen.

Als Limitation unserer Studie muss als Erstes das retrospektive Design aufgezählt werden. So wurde im Rahmen unserer Studie präoperativ weder eine klinische

Untersuchung der Spenderkniegelenke noch eine Untersuchung der Patienten mittels Fragebogen durchgeführt. Somit kann nicht bewertet werden, ob ein schlechter postoperativer Lysholm- oder WOMAC Score Wert nicht aus einem schon schlechten Wert präoperativ resultiert. Es wurde in unserer Studie auch keine weiterführende Untersuchung mittels Arthroskopie oder Bildgebung durchgeführt. Gerade bei Patienten mit schlechten postoperativen Ergebnissen wäre dies interessant, um die Gründe dafür zu diagnostizieren.

Da der von uns gewonnene Wert des SF-36 Scores von der beschriebenen Norm in Deutschland abweicht und sich bezüglich der Altersverteilung keine Normalverteilung zeigte, sind unsere Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die Allgemeinbevölkerung übertragbar.

6. Zusammenfassung

Knorpel-Knochen Läsionen gehören zu den häufigen orthopädischen Krankheitsbildern. Unbehandelte Defekte führen, wie die klinische Erfahrung zeigt, zu einer fortschreitenden Degeneration. Um diese zu verlangsamen oder gar aufzuhalten, sollte eine frühzeitige Therapie durchgeführt werden [Buckwalter & Mankin 1997].

Speziell am Talus ist nach wie vor die geeignete chirurgische Therapieform umstritten [Schöttle et al. 2001]. So führen Gelenklavage und Debridement nur zu einer symptomatischen Besserung der Beschwerden und stellen somit nur eine kurzfristige

Lösung dar, da sie den Arthroseprozess nicht einschränken können [Canale & Belding 1980, Grifka et al. 1999].

Weitere Operationsmethoden wie Anbohrung oder Mikrofrakturierung führen zu einer Bildung von biomechanisch minderwertigem Faserknorpel. Dieser ist jedoch weitaus weniger belastbar als hyaliner Knorpel, was dazu führt, dass längerfristig eine Arthrose bei entsprechend großer Läsion nicht ausgeschlossen werden kann. Dies ist besonders deshalb wichtig, da Knorpel-Knochen-Läsionen zu einem bedeutenden Anteil bei jungen Patienten auftreten.

Die einzige Möglichkeit, den Knorpel-Knochen Defekt mit hyalinem Knorpel aufzufüllen, ist die allogene oder autologe Knochen-Knorpel Transplantation. Die Übertragung allogener Transplantate geht allerdings mit dem Risiko einer möglichen Infektion und einer fraglichen Vitalität der Transplantate einher [Czitrom et al. 1990, Haene et al. 2012, Hangody et al. 2001b].

Allerdings hat auch die autologe Knorpel-Knochen Transplantation einen Nachteil. Um die entsprechende Anzahl und Größe von Spenderzylindern zu erhalten, mit denen der Defekt gedeckt werden kann, wird ein anderer Teil des gleichen oder eines anderen Gelenkes beschädigt. Da im Kniegelenk knorpelige Zonen mit geringer Belastung liegen, werden zumeist diese Bereiche als Entnahmestelle verwendet. Damit erhofft man sich, den Schaden für das Gelenk und dessen Funktionsverlust so gering wie möglich zu halten. Im Falle der Knorpelläsion am Talus wird somit ein gesundes, asymptomatisches Kniegelenk eröffnet und es werden aus der lateralen Femurkondyle die Transplantate entnommen. Das OATS Verfahren zeigt für die Defektheilung am Talus sehr gute Ergebnisse. Viele Studien beschäftigten sich mit dieser Fragestellung. Nur wenige allerdings befassten sich mit einer möglichen Morbidität am Spenderort [Al-Shaikh et al. 2002, Iwasaki et al. 2007, LaPrade & Botker 2004, Nishimura et al. 2011, Reddy et al. 2007, Weigelt et al. 2015, Zengerink et al. 2010]. Die Ergebnisse

dieser Arbeiten sind zum Teil widersprüchlich und beruhen nur auf einzelne Fallstudien oder Studien mit kleinen Patientenzahlen. Einige Autoren konnten kein Auftreten von Problemen am Entnahmegelenk beobachten, von anderen Autoren wurde wiederum eine auftretende Entnahmemorbidität beschrieben. Auch untersuchten die bisherigen Studien Faktoren, die die Spendermorbidität beeinflussen könnten gar nicht oder nur unzureichend. In einer Studie konnte ein Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und den postoperativen Kniegelenkswerten gezeigt werden [Al-Shaikh et al. 2002]. Ein Zusammenhang zwischen Anzahl der entnommenen Zylinder und Lysholm Score Werten konnte nicht gezeigt werden [Reddy et al. 2007]. Ein möglicher weiterer Faktor, der Body Mass Index des Patienten, wurde bisher noch nicht beachtet. Die Datenlage zu einer möglichen Entnahmemorbidität zur Transplantatgewinnung zur Behandlung osteochondraler Läsionen ist somit wenig eindeutig.

In der vorliegenden Arbeit wurde nun mittels dreier Score-Systeme die postoperative Entwicklung des von der Entnahme betroffenen Kniegelenkes überprüft. Zur Kontrolle wurde der Lysholm Score, der WOMAC Score und der SF-36 Score verwendet. Außerdem wurde nach der Zufriedenheit mit der Operation am Kniegelenk gefragt. Der Lysholm Score fragt dabei Einflussgrößen wie Schmerz, Instabilitätsgefühl und alltägliche Tätigkeit ab [Lysholm & Gillquist 1982]. Somit stellt er schon früh Beschwerden dar. Der WOMAC Score spiegelt die Alltagstauglichkeit des Patienten am ehesten wider. Er befasst sich mit physischen Funktionseinschränkungen und Symptomen, vor allem bei Patienten mit Gon- oder Coxarthrose [Bellamy 1989; Bellamy et al. 1988; Stucki et al. 1996]. Der SF-36 Score zeigt die nachhaltigen Beeinträchtigungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität auf und stellt krankheitsübergreifend die psychische und körperliche Konstitution des Patienten dar [Bullinger 1995, Ware & Sherbourne 1992].

Um eine Beeinflussung der an der Studie teilnehmenden Patienten durch den Studienleiter auszuschließen wurde die Befragung von einem unabhängigen Team durchgeführt.

Es wurden 200 Patienten telefonisch interviewt. Eine Untergruppe mit 112 Patienten gebildet, deren Operation am Tag der Befragung schon mindestens zwei Jahre zurücklag. Alle dieser Patienten wurden am Klinikum Rechts der Isar mittels OATS Technik am Talus operiert. Die Knochen-Knorpel-Transplantate stammten dabei jeweils aus dem ipsilateralen Kniegelenk.

Bei der Auswertung der Ergebnisse zeigt diese Arbeit überraschende Ergebnisse. So hat die Anzahl der entnommenen Zylinder keinen Einfluss auf eine mögliche Entnahmemorbidität Dies stimmt mit dem Ergebnis überein, das Reddy et al. [2007] in ihrer Studie hervorbrachten. Auch die Größe der entnommenen Transplantate hat keinen Einfluss auf die Morbidität am ipsilateralen Kniegelenk. Ein weiterer möglicher Faktor, das Patientenalter, beeinflusst die Morbidität an der Entnahmestelle nicht. Dies widerspricht der Beobachtung von Al-Shaikh et al. [2002].

Als Faktoren, die einen Einfluss auf die Spendermorbidität haben, wurden in unserer Studie die Zufriedenheit mit der Operation am Kniegelenk und das Gewicht des Patienten, gemessen als Body Mass Index, errechnet. So korrelieren eine geringere Zufriedenheit der Patienten mit der Operation und ein höherer präoperativer Body Mass Index negativ mit dem Lysholm Score. Das bedeutet, dass Patienten postoperativ schlechtere Lysholm Score Werte hatten, je höher ihr präoperativer Body Mass Index lag. In der Gruppe der Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren korrelierte auch der WOMAC Score mit dem Body Mass Index. In der Gesamtgruppe korrelierte der WOMAC Score im Gegensatz zum Lysholm Score nicht mit dem Body Mass Index. Dies könnte daran liegen, dass der WOMAC Score schon eine bestehende Osteoarthrose untersucht, während der Lysholm Score das Hauptaugenmerk auf die

Funktion des Knies und auf die täglichen Anforderungen legt. Somit ist der Lysholm Score sensitiver für die direkt nach der Operation auftretenden Symptome. Die ermittelten Lysholm Score Werte waren zusätzlich negativer je unzufriedener Patienten mit der Operation waren. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass Patienten, die unzufrieden mit der Operation an dem vorher gesunden Kniegelenk sind, auch Probleme an diesem Kniegelenk hatten oder noch haben, was die schlechteren WOMAC und Lysholm Score Werte erklärt. Weiterhin zeigte sich, dass sich im gesamten Verlauf die Lysholm Score Werte verbesserten. Alle 200 Patienten wurden nach ihrer Nachuntersuchungszeit eingeteilt. Dies geschah in Gruppen von je sechs Monatsintervallen bis zur Gruppe mit dem Follow-Up von 30 Monaten und länger. Wir fanden einen signifikanten Lysholm Score Werte Anstieg über den gesamten Verlauf. Dies ist vor allem dadurch von Nutzen, dass man dem Patienten in einem Gespräch über die Operation mitteilen kann, dass sich das klinische Ergebnis des Kniegelenks auch mehrere Monate nach der Operation noch verbessert.

Die autologe osteochondrale Transplantation spielt eine große Rolle für die Behandlung von Knorpel-Knochen Defekten, da sie die einzige Methode ist, die biomechanisch vollwertigen hyalinen Knorpel in die Defektzone bringen kann. Die Entnahmemorbidität ist ein vertretbares Risiko, das eingegangen werden muss, wenn man diese Methode anwenden will. Das Alter der Patienten, die Anzahl und Größe der entnommenen Knorpel-Knochenzylinder haben nach unseren Ergebnissen keinen negativen Einfluss auf die weitere Funktion des Spenderkniegelenkes. Allerdings sollte man den möglichen negativen Einfluss eines hohen Body Mass Index bei der Planung einer autologen osteochondralen Transplantation bedenken, dies mit dem Patienten besprechen und unter Umständen andere Behandlungsmethoden bevorzugen.

7. **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Anatomie des Kniegelenkes [Schünke et al. 2005].	10
Abb. 2: Darstellung des Spannungszustandes der jeweiligen Bandstrukturen (hellrot und dunkelrot dargestellt) [modifiziert nach Platzer 1991 in: Thorwesten 2000].	13
Abb. 3: Verschiedene Schichten des hyalinen Knorpels mit subchondralem Knochen und Gefäßen ausgehend vom Gelenkspalt (1): Tangentialzone (2), Übergangszone (3). Grenzlinie (5) zwischen Radiärzone (4) und mineralisiertem Knorpel (6) [Welsch & Kummer 2014].	15
Abb. 4: Molekularer Aufbau der Knorpelmatrix [modifiziert nach Junqueira et al. 2002].	17
Abb. 5: Bogenförmige Hautinzision dorsal des Innenknöchels (1) [Bauer et al. 2013].	28
Abb. 6: Setzen der Bohrlöcher von der Innenknöchelspitze aus [Bauer et al. 2013].	29
Abb. 7: Nach Osteotomie des Innenknöchels (1). Unter Supination lässt sich der Talus (2) gut darstellen. (3) Lig. Deltoideum, (4) Tendo M. tibialis posterioris [Bauer et al. 2013].	30
Abb. 8: Miniarthrotomie des lateralen Kniegelenkes. Das Kniegelenk wird um circa 30 Grad gebeugt und lateral der Basis patellae wird ein 4 cm langer Hautschnitt nach proximal gesetzt [Schöttle & Imhoff 2002].	31
Abb. 9: Darstellung der proximolateralen Trochleafacette [Schöttle & Imhoff 2002].	31
Abb. 10: Zylinderentnahme mittels eines „Donor“ – Hohlmeißels [Schöttle & Imhoff 2002].	32
Abb. 11: Einsatz des „Recipient“ Meißels. Stanzzylinder mit einer Tiefe von 10-15 mm werden mittels Rotation herausgeschert [Schöttle & Imhoff 2002].	34

Abb. 12: Das Knorpel-Knochen Transplantat wird mittels Press-fit Technik in den Empfängertunnel eingebracht. Die Oberflächenangleichung erfolgt mittels vorsichtigem Stößeln [Schöttle & Imhoff 2002].	35
Abb. 13: Verteilung des Alters der untersuchten Patienten in der Gesamtgruppe.	46
Abb. 14: Verteilung des Body Mass Index der untersuchten Patienten in der Gesamtgruppe.	46
Abb. 15: Verteilung der Follow-Up Dauer aller befragter Patienten.	47
Abb. 16: Verteilung der Follow-Up Zeiten in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.	48
Abb. 17: Alter bei der Operation in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.	48
Abb. 18: Body Mass Index der Patienten mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.	49
Abb. 19: Gesamtdurchmesser der entnommenen Zylinder aller Patienten.	51
Abb. 20: Gesamtdurchmesser der Zylinder in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.	52
Abb. 21: Bei der Befragung in der Gesamtgruppe erreichte Lysholm Score Werte. Ein Wert von 100 ist dabei das Beste erreichbare Ergebnis.	60
Abb. 22: Darstellung der Lysholm Score Werte, welche in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren erreicht wurden.	60
Abb. 23: Darstellung der in der Gesamtgruppe erreichten WOMAC Score Werte.	62
Abb. 24: Ergebnisse des WOMAC Scores in der Gruppe mit einem Mindest Follow-Up von 2 Jahren.	62
Abb. 25: Eine klinische Verbesserung im postoperativen Verlauf, dargelegt durch eine signifikante Verbesserung der Lysholm Score Werte ($p=0,001$). Ausreißer, die mehr als die dreifache Interquartilsbereichspanne abweichen sind mit einem Stern, Ausreißer, die	

zwischen dem 1,5 und dem 3 fachen davon abweichen mit einem Kreis gekennzeichnet.

..... 64

Abb. 26: Veränderung des Lysholm Scores bezogen auf das Kniegelenk im Verlauf der

Jahre postoperativ. 65

Abb. 27: Darstellung der erreichten Ergebnisse des SF-36 bei der Funktionsfähigkeit. 67

8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der entnommenen Zylinder in der Gesamtgruppe. 50

Tabelle 2: Zufriedenheit mit der Operation am Kniegelenk..... 63

Tabelle 3: Koeffizienten und Standardfehler der Koeffizienten der Regressionsanalyse.

Bemessen des Einflusses des Body Mass Indexes auf den Lysholm Score. Je höher der

Body Mass Index ist, beziehungsweise je niedriger die Zufriedenheit mit der Operation,

desto niedriger ist der erreichte Lysholm Score. 68

9. Literatur

1. Ahmad, C.S., Guiney, W.B., Drinkwater, C.J. (2002). Case Report: Evaluation of donor site intrinsic healing response in autologous osteochondral grafting of the knee. *Arthroscopy*, 18 (1), 95–98.
2. Ahmad, J., Jones, K. (2016). Comparison of Osteochondral Autografts and Allografts for Treatment of Recurrent or Large Talar Osteochondral Lesions. *Foot and Ankle International*, 37 (1), 40-50.
3. Al-Shaikh, R.A., Chou, L.B., Mann, J.A., Dreeben, S.M., Prieskorn, D. (2002). Autologous osteochondral grafting for talar cartilage defects. *Foot and Ankle International*, 23 (5), 381-389.
4. Baeurle, S.A., Kiselev, M.G., Makarova, E.S., Nogovitsin, E.A. (2009). Effect of the counterion behavior on the frictional-compressive properties of chondroitin sulfate solutions. *Polymer*, 50 (7), 1805–1813.
5. Barnes, C.J., & Ferkel, R.D. (2003). Arthroscopic debridement and drilling of osteochondral lesions of the talus. *Foot and Ankle Clinics*, 8 (2), 243-257.
6. Bauer, M., & Jackson, R.W. (1988). Chondral lesions of the femoral condyles: a system of arthroscopic classification. *Arthroscopy*, 4 (2), 97–102.

7. Bauer, R., Kerschbaumer, F., Poisel, S. (2013). Darstellung des oberen Sprunggelenks von medial mit Osteotomie des Malleolus medialis. In Kerschbaumer, F., Weise, K., Wirth, C.J. Operative Zugangswege in Orthopädie und Traumatologie 4. Auflage. (S. 251-252). Stuttgart: Thieme.
8. Baums, M.H., Heidrich, G., Schultz, W., Steckel, H., Kahl, E., Klinger, H.M. (2006). Autologous chondrocyte transplantation for treating cartilage defects of the talus. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 88 (2), 303-308.
9. Becher, C., & Thermann, H. (2005). Results of microfracture in the treatment of articular cartilage defects of the talus. *Foot and Ankle International*, 26 (8), 583-589.
10. Behrens, P. (2005). Matrixgekoppelte Mikrofrakturierung. Ein neues Konzept zur Knorpeldefektbehandlung. *Arthroskopie*, 18 (3), 193-197.
11. Bellamy, N. (1989). Pain assessment in osteoarthritis: Experience with the WOMAC osteoarthritis index. *Seminar in Arthritis and Rheumatism*, 18 (4/2), 14-17.
12. Bellamy, N. (1995). Outcome measurement in osteoarthritis clinical trials. *Journal of Rheumatology Supplement*, 43, 49-51.
13. Bellamy, N., Buchanan, W.W., Goldsmith, C.H., Campbell, J., Stitt, L.W. (1988). Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in

patients with osteoarthritis of the hip or knee. *Journal of Rheumatology*, 15 (12), 1833-1840.

14. Benninghoff, A., & Drenckhahn, D. (2008). *Anatomie: Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie*. München: Urban & Fischer bei Elsevier.
15. Bobic, V. (1999). Autologous osteochondral grafts in the management of articular cartilage lesions. *Orthopäde*, 28 (1), 19-25.
16. Böhling U., Scholz, J., Büschges, M., Tettke, M. (2009). Die Mosaikplastik der Osteochondrosis dissecans tali, Klinische Ergebnisse und radiologische Bewertung im Stand-MRT. *Orthopädische Praxis*, 45 (11), 566-570.
17. Bös, L., & Ellermann, A. (2003). Indikation und Ergebnisse der autologen Knorpel-Knochen-Transplantation (Mosaikplastik). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54 (6), 222-224.
18. Bohndorf, K. (1996). Injuries at the articulating surfaces of bone (chondral, osteochondral, subchondral fractures and osteochondrosis dissecans. *European Journal of Radiology*, 22 (1), 22-29.
19. Bombardier, C., Melfi, C.A., Paul, J., Green, R., Hawker, G., Wright, J., Coyte, P. (1995). Comparison of a generic and a disease-specific measure of pain and physical function after knee replacement surgery. *Medical Care*, 33 (4), 131-144.

20. Brittberg, M., Nilsson, A., Lindahl, A., Ohlsson, C., Peterson, L. (1996). Rabbit articular cartilage defects treated with autologous cultured chondrocytes. *Clinical orthopaedics and related research*, 326, 270-283.
21. Brucker, P.U., Braun, S., Imhoff, A.B. (2008). Mega-OATS technique - autologous osteochondral transplantation as a salvage procedure for large osteochondral defects of the femoral condyle. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 20 (3), 188-198.
22. Bruns, J. (1996). *Osteochondrosis dissecans: Pathogenese, Diagnose und Therapie*. Bücherei des Orthopäden Band 64. Stuttgart: Enke.
23. Bruns, J., & Steinhagen, J. (2000). Der Knorpelschaden als präarthrotische Deformität-Biologische Grundlagen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51 (2), 42-47.
24. Buckwalter, J.A. (1995). Osteoarthritis and articular cartilage use, disuse, and abuse: experimental studies. *Journal of Rheumatology Supplement*, 43, 13-15.
25. Buckwalter, J.A. (1998). Articular cartilage: injuries and potential for healing. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 28 (4), 192-202.
26. Buckwalter, J.A., & Mankin, H.J. (1997). Instructional Course Lectures, The American Academy of Orthopaedic Surgeons - Articular cartilage. Part II: Degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration and transplantation. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 79 (4), 612-632.

27. Buckwalter, J.A., & Mankin, H.J. (1998). Articular cartilage repair and transplantation. *Arthritis & Rheumatism*, 41 (8), 1331-1342.
28. Bullinger, M. (1995). German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. *International Quality of Life Assessment. Social Science & Medicine*, 41 (10), 1359-1366.
29. Canale, S.T., & Belding, R.H. (1980). Osteochondral Lesions of the Talus. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 62 (1), 97-102.
30. Czitrom, A.A., Keating, S., Gross, A.E. (1990). The viability of articular cartilage in fresh osteochondral allografts after clinical transplantation. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 72 (4), 574-581.
31. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie und Bundesverband der Ärzte für Orthopädie. (2002). Leitlinien der Orthopädie (AWMF-Leitlinienregister Nr. 029/006). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
32. Fraser, E.J., Harris, M.C., Prado, M.P., Kennedy, J.G. (2016). Autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talus in an athletic population. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24 (4), 1272-1279.
33. Frosch, K.H., Voss, M., Walde, T., Balcarek, P., Ferlemann, K., Wachowski, M.M., Stürmer, E.K., Stürmer, K.M. (2010). Entnahme osteochondraler Zylinder

aus der medialen dorsalen Femurkondyle über einen minimalinvasiven Zugang.
Operative Orthopädie und Traumatologie, 22 (2), 212–220.

34. Garretson, R.B. 3rd, Katolik, L.I., Verma, N., Beck, P.R., Bach, B.R., Cole, B.J. (2004). Contact pressure at osteochondral donor sites in the patellofemoral joint. *American Journal of Sports Medicine*, 32 (4), 967-974.
35. Gautier, E., Kolker, D., Jakob, R.P. (2002). Treatment of cartilage defects of the talus by autologous osteochondral grafts. *Journal of Bone and Joint Surgery. British*, 84 (2), 237-244.
36. Giannini, S., Buda, R., Faldini, C., Vannini, F., Bevoni, R., Grandi, G., Grigolo, B., Berti, L. (2005). Surgical treatment of osteochondral lesions of the talus in young active patients. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 87 (2), 28-41.
37. Giannini, S., Buda, R., Vannini, F., Di Caprio, F., Grigolo, B. (2008). Arthroscopic autologous chondrocyte implantation in osteochondral lesions of the talus: surgical technique and results. *American Journal of Sports Medicine*, 36 (5), 873-880.
38. Grifka, J., Kalteis, T., Plitz, W., Knaup, C., Anders, S., Philippou, S. (1999). Möglichkeiten der gelenkerhaltenden Gonarthosetherapie mittels Arthroskopie und ergänzender intra-artikulärer Verfahren. *Arthroskopie*, 12 (1), 9-16.

39. Haene, R., Qamirani, E., Story, R.A., Pinsker, E., Daniels, T.R. (2012). Intermediate outcomes of fresh talar osteochondral allografts for treatment of large osteochondral lesions of the talus. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 94 (12), 1105-1110.
40. **Hangody, L.**, Dobos, J., Baló, E., Pánics, G., **Hangody, L.R.**, Berkes, I. (2010). Clinical experiences with autologous osteochondral mosaicplasty in an athletic population: a 17-year prospective multicenter study. *American Journal of Sports Medicine*, 38 (6), 1125-1133.
41. Hangody, L., Feczko, P., Bartha, L., Bodó, G., Kish, G. (2001a). Mosaicplasty for the treatment of articular defects of the knee and ankle. *Clinical orthopaedics and related research*, 391S, 328-336.
42. Hangody, L., & Füles, P. (2003). Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 85 (2), 25-32.
43. Hangody, L., Kish, G., Modis, L., Szerb, I., Gaspar, L., Dioszegi, Z., Kendik, Z. (2001b). Mosaicplasty for the treatment of osteochondritis dissecans of the talus: two to seven year results in 36 patients. *Foot and Ankle International*, 22 (7), 552-558.

44. Hangody, L., Rathonyi, G.K., Duska, Z., Vasarhelyi, G., Füle, P., Modis, L. (2004). Autologous osteochondral mosaicplasty. Surgical technique. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 86 (2), 65-72.
45. Horas, U., Pelinkovic, D., Herr, G., Aigner, T., Schnettler, R. (2003). Autologous chondrocyte implantation and osteochondral cylinder transplantation in cartilage repair of the knee joint. A prospective, comparative trial. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 85 (2), 185-192.
46. Hunziker, E.B., Quinn, T.M., Häuselmann, H.J. (2002). Quantitative structural organization of normal adult human articular cartilage. *Osteoarthritis Cartilage*, 10 (7), 564-572.
47. Huylebroek, J.F., Martens, M., Simon, J.P. (1985). Transchondral talar dome fractures. *Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery*, 104 (4), 238-241.
48. Imhof, H., Sulzbacher, I., Grampp, S., Czerny, C., Youssefzadeh, S., Kainberger, F. (2000). Subchondral bone and cartilage disease: a rediscovered functional unit. *Investigative radiology*, 35 (10), 581-588.
49. Imhoff, A.B., Burkart, A., Öttl, G.M. (1999a). Transfer of the posterior femoral condyle. First experience with a salvage operation. *Orthopäde*, 28 (1), 45-51.
50. Imhoff, A.B., Öttl, G.M., Burkart, A., Traub, S. (1999b). Osteochondrale autologe Transplantation an verschiedenen Gelenken. *Orthopäde*, 28 (1), 33-44.

51. Imhoff, A.B., Paul, J., Ottinger, B., Wörtler, K., Lämmle, L., Spang, J., Hinterwimmer, S. (2011). Osteochondral transplantation of the talus: long-term clinical and magnetic resonance imaging evaluation. *American Journal of Sports Medicine*, 39 (7), 1487-1493.
52. Iwasaki, N., Kato, H., Kamishima, T., Suenaga, N., Minami, A. (2007). Donor site evaluation after autologous osteochondral mosaicplasty for cartilaginous lesions of the elbow joint. *American Journal of Sports Medicine*, 35 (12), 2096-2100.
53. Jackson, R.W. (1974). The role of arthroscopy in the management of the arthritic knee. *Clinical orthopaedics and related research*, 101, 28-35.
54. Junqueira, L.C., Carneiro, J., Kelley, R.O. (2002). *Histologie*. Berlin: Springer.
55. Kapandji, I.A. (1992). *Funktionelle Anatomie der Gelenke*. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
56. Kentsch, A., Friedrich, N., Müller, W. (1991). Bemerkungen zur Biomechanik des menschlichen Kniegelenks. *Hefte zur Unfallheilkunde*, 217, 1-10.
57. Kerschbaumer, F., Weise, K., Wirth, C.J. (2013). *Operative Zugangswege in Orthopädie und Traumatologie*. Stuttgart: Thieme.

58. Kitay, A., Waters, P.M., Bae, D.S. (2016). Osteochondral Autograft Transplantation Surgery for Metacarpal Head Defects. *Journal of Hand Surgery American*, 41 (3), 457-463.
59. Kohn, D. (2000). *Das Knie*. Stuttgart: Thieme.
60. Knutsen, G., Engebretsen, L., Ludvigsen, T.C., Drogset, J.O., Grøntvedt, T., Solheim, E., Strand, T., Roberts, S., Isaksen, V., Johansen, O. (2004). Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. A randomized trial. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 86A (3), 455–464.
61. Köhne, M. (2007). *Autologe Knorpel-Knochen-Transplantation am Talus Klinische Follow-Up Studie mit 2-Jahres-Ergebnissen. (Dissertation)*. Technische Universität München.
62. Lang, J., & Wachsmuth, W. (1972). *Praktische Anatomie, Erster Band, Vierter Teil: Bein und Statik*. Berlin: Springer.
63. LaPrade, R.F., & Botker, J.C. (2004). Donor-site morbidity after osteochondral autograft transfer procedures. *Arthroscopy*, 20 (7), 69-73.
64. Leumann, A., Wiewiorski, M., Egelhof, T., Rasch, H., Magerkurth, O., Candrian, C., Schaefer, D.J., Martin, I., Jakob, M., Valderrabano, V. (2009). Radiographic evaluation of frontal talar edge configuration for osteochondral plug transplantation. *Clinical Anatomy*, 22 (2), 261-266.

65. Liebau, C., Kraemer, R., Haak, H., Baltzer, A.W., Arnold, J., Merk, H., Krauspe, R. (2000). Technik der autologen Knorpel-Knochen-Transplantation. *Arthroskopie*, 13 (3), 94-98.
66. Lysholm, J., Gillquist, J. (1982). Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *American Journal of Sports Medicine*, 10 (3), 150-154.
67. Martinek, V. (2003). Anatomie und Pathophysiologie des hyalinen Knorpels. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54 (6), 166-170.
68. Martinek, V., Ansah, P., Imhoff, A.B. (2003). Osteochondrale autologe Knorpel-Knochen-Transplantation (OATS) in der Behandlung der Talus-Osteonekrose. *Arthroskopie*, 16 (1), 29-33.
69. Mandler, M., Eich-Bender, S.G., Vaughan, L., Winterhalter, K.H., Bruckner, P. (1989). Cartilage contains mixed fibrils of collagen types II, IX, and XI. *Journal of Cell Biology*, 108 (1), 191–197.
70. Migliore, A., Giovannangeli, F., Granata, M., Laganà, B. (2010). Hylan g-f 20: review of its safety and efficacy in the management of joint pain in osteoarthritis. *Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders*, 20 (3), 55-68.

71. Mitchell, N., & Shephard, N. (1987). Effect of patellar shaving in the rabbit. *Journal of Orthopaedic Research*, 5 (3), 388-392.
72. Mollenhauer, J., & Aurich, M. (2003). *Grundlegendes zum Gelenkknorpel. Praxisleitfaden der Knorpelreperatur*. Berlin: Springer.
73. Mühlemann, D., Hüni, G., von Ow, D. (1987). *Diagnostik der Gelenkbeweglichkeit: Voraussetzung und Methodik. Muskuläre Rehabilitation*. Erlangen: Perimed.
74. Müller, W. (1982). *Das Knie: Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie*. Berlin: Springer.
75. Netter, F.H., Resch, H., Breitfuss, H., Heckman, J.D., Dingle, R.V. (1994). Part 1 Anatomy, physiology, and metabolic disorders. *The Cibacollection of medical illustrations. Vol 8 Musculoskeletal system*. Stuttgart: Thieme.
76. Nishimura, A., Morita, A., Fukuda, A., Kato, K., Sudo, A. (2011). Functional recovery of the donor knee after autologous osteochondral transplantation for capitellar osteochondritis dissecans. *American Journal of Sports Medicine*, 39 (4), 838-842.
77. O'Loughlin, P.F., Heyworth, B.E., Kennedy, J.G. (2010). Current concepts in the diagnosis and treatment of osteochondral lesions of the ankle. *American Journal of Sports Medicine*, 38 (2), 392-404.

78. Ochs, B.G., Müller-Horvat, C., Rolauffs, B., Fritz, J., Weise, K., Schewe, B. (2007). Treatment of osteochondritis dissecans of the knee: one-step procedure with bone grafting and matrix-supported autologous chondrocyte transplantation. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, 145 (2), 146-151.
79. Paul, J., Sagstetter, M., Lämmle, L., Spang, J., El-Azab, H., Imhoff, A.B., Hinterwimmer, S. (2012). Sports activity after osteochondral transplantation of the talus. *American Journal of Sports Medicine*, 40 (4), 870-874.
80. Petersen, J.P., Steinhagen, J., Catala-Lehnen, P., Bruns, J. (2006). Osteochondrosis dissecans des Kniegelenkes. *Zeitschrift für Orthopädie und Ihre Grenzgebiete*, 144 (4), 63-76.
81. Pettine, K.A., & Morrey, B.F. (1987). Osteochondral fractures of the talus. A long-term follow-up. *Journal of Bone and Joint Surgery British*, 69 (1), 89-92.
82. Platzer, W. (1991). *Taschenatlas der Anatomie, Band 1: Bewegungsapparat*. Stuttgart: Thieme.
83. Platzer, W. (2003). *Taschenatlas der Anatomie Band 1 Bewegungsapparat*. Stuttgart: Thieme.
84. Pullig, O., Pfander, D., Swoboda, B. (2001). Molecular principles of induction and progression of arthrosis. *Orthopäde*, 30 (11), 825-833.

85. Rauber, A., & Kopsch, F. (1987). *Anatomie des Menschen, Band 1 Bewegungsapparat*. Stuttgart: Thieme.
86. Reddy, S., Pedowitz, D.I., Parekh, S.G., Sennett, B.J., Okereke, E. (2007). The morbidity associated with osteochondral harvest from asymptomatic knees for the treatment of osteochondral lesions of the talus. *American Journal of Sports Medicine*, 35 (1), 80-85.
87. Rosenberger, R.E., Fink, C., Bale, R.J., El Attal, R., Mühlbacher, R., Hoser, C. (2006). Computer-assisted minimally invasive treatment of osteochondrosis dissecans of the talus. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 18 (4), 300-316.
88. Sammarco, G.J., & Makwana, N.K. (2002). Treatment of talar osteochondral lesions using local osteochondral graft. *Foot and Ankle International*, 23 (8), 693-698.
89. Saxena, A., Eakin, C. (2007). Articular talar injuries in athletes: results of microfractur and autogenous bone graft. *American Journal of Sports Medicine*, 35 (10), 1680-1687.
90. Schiebler, T.H., Schmidt, W., Zilles, K. (1995). *Anatomie*. Berlin: Springer.
91. Schimmer, R.C., Dick, W., Hintermann, B. (2001). The role of ankle arthroscopy in the treatment strategies of osteochondritis dissecans lesions of the talus. *Foot and Ankle International*, 22 (11), 895-900.

92. Schöttle, P.B., & Imhoff, A.B. (2002). Die osteochondrale Autograft Transplantation (OATS) am Talus. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 14 (2), 123-140.
93. Schöttle, P.B., Öttl, G.M., Agneskirchner, J.D., Imhoff, A.B. (2001). Operative Therapie von osteochondralen Läsionen am Talus mit autologer Knorpel-Knochen-Transplantation. *Orthopäde*, 30 (1), 53-58.
94. Schröder-Boersch, H. (2001). Gelenkmechanik und das Design moderner Knieprothesen – Zeit zum Umdenken. *Zeitschrift für Orthopädie*, 139 (1), 3-7.
95. Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., Wesker, K. (2005). *Prometheus LernAtlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Stuttgart: Springer.
96. Schultz, W., Klinger, H.M., Koulalis, D. (2003). Die autologe Chondrozytentransplantation am oberen Sprunggelenk. *Fuss und Sprunggelenk*, 1 (1), 8-11.
97. Seil, R., Rupp, S., Pape, D., Dienst, M., Kohn, D. (2001). Zugangswege zur offenen Behandlung osteochondraler Läsionen am Talus. *Orthopäde*, 30 (1), 47-52.
98. Sellards, R.A., Nho, S.J., Cole, B.J. (2002). Chondral injuries. *Current Opinion in Rheumatology*, 14 (2), 134-141.

99. Shapiro, F., Koide, S., Glimcher, M.J. (1993). Cell origin and differentiation in the repair of full-thickness defects of articular cartilage. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 75 (4), 532-553.
100. Shearer, C., Loomer, R., Clement, D. (2002). Nonoperatively managed stage 5 osteochondral talar lesions. *Foot and Ankle International*, 23 (7), 651-654.
101. Simonian, P.T., Sussmann, P.S., Wickiewicz, T.L., Paletta, G.A., Warren, R.F. (1998). Contact pressures at osteochondral donor sites in the knee. *American Journal of Sports Medicine*, 26 (4), 491-494.
102. Sobotta, J., Putz, R., Pabst, R. (2000). *Atlas der Anatomie des Menschen. Band 2. Rumpf, Eingeweide, untere Extremität. München: Urban & Fischer.*
103. Strobel, M., Stedtfeld, H.W., Eichhorn, H.J. (1995). *Diagnostik des Kniegelenks. Berlin: Springer.*
104. Stucki, G., Meier, D., Stucki, S., Michael, B.A., Tyndall, A.G., Dick, W., Theiler, R. (1996). Evaluation of a german version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 55 (1), 40-49.
105. Swann, D.A., Hendren, R.B., Radin, E.L. Sotmann, S.L., Duda, E.A. (1981). The lubricating activity of synovial fluid glycoproteins. *Arthritis and rheumatism*, 24 (1), 22-30.

106. Tegner, Y., & Lysholm, J. (1985). Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical orthopaedics and related research*, 198, 43-48.
107. Tegner, Y., Lysholm, M., Lysholm, J., Gillquist, J. (1986). A performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 14 (2), 156-159.
108. Thorwesten, L. (2000). Veränderungen ausgewählter ganganalytischer Parameter in der Rehabilitation operativ versorgter Kreuzbandläsionen. (Dissertation). Deutsche Sporthochschule Köln.
109. Tol, J.L., Struijs, P.A., Bossuyt, P.M., Verhagen, R.A., van Dijk, C.N. (2000). Treatment strategies in osteochondral defects of the talar dome: a systematic review. *Foot and Ankle International*, 21 (2), 119-126.
110. Trattnig, S., Millington, S.A., Szomolanyi, P., Marlovits, S. (2007). MR imaging of osteochondral grafts and autologous chondrocyte implantation. *European Radiology*, 17 (1), 103-118.
111. Ulfing, N. (2011). *Kurzlehrbuch Histologie 3*. Stuttgart: Thieme.
112. Ulrich-Vinther, M., Maloney, M.D., Schwarz, E.M., Rosier, R., O'Keefe, R.J. (2003). Articular cartilage biology. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 11 (6), 421-430.

113. Verhagen, R.A., Maas, M., Dijkgraaf, M.G., Tol, J.L., Krips, R., van Dijk, C.N. (2005). Prospective study on diagnostic strategies in osteochondral lesions of the talus. Is MRI superior to helical CT? *Journal of Bone and Joint Surgery*, 87 (1), 41-46.
114. Von der Mark, K., Seibel, M., Robins, S., Bilezikian, J. (1999). *Structure, biosynthesis, and gene regulation of collagens in cartilage and bone. Dynamics of Bone and Cartilage Metabolism*. New York: Academic Press.
115. Wagner, H. (1964). Operative Behandlung der Osteochondrosis dissecans des Kniegelenkes. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 98, 333-355.
116. Wang, C.J. (2002). Treatment of focal articular cartilage lesions of the knee with autogenous osteochondral grafts. A 2- to 4-year follow-up study. *Archives of Orthopaedic and Traumatic surgery*, 122 (3), 169-172.
117. Ware, J.E. Jr., & Sherbourne, C.D. (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36) 1: conceptual framework and item selection. *Medical Care*, 30 (6), 473-483.
118. Weigelt, L., Siebenlist, S., Hensler, D., Imhoff, A.B., Vogt, S. (2015). Treatment of osteochondral lesions in the elbow: results after autologous osteochondral transplantation. *Archives of Orthopaedic and Traumatic surgery*, 135 (5), 627-634.

119. Welsch, U., & Kummer, W. (2014): Lehrbuch Histologie. München: Urban&Fischer Verlag bei Elsevier.
120. Werner, A., Fuß, M., Krauspe, R. (2003). Operative gelenkerhaltende Verfahren bei Gelenkknorpelschäden. Deutsches Ärzteblatt, 100 (9), 546-554.
121. Wiewiorski, M., Leumann, A., Buettner, O., Pagenstert, G., Horisberger, M., Valderrabano, V. (2011). Autologous matrix-induced chondrogenesis aided reconstruction of a large focal osteochondral lesion of the talus. Archives of Orthopaedic and Traumatic surgery, 131 (3), 293-296.
122. Witteveen, A., Giannini, S., Guido, G., Jerosch, J., Lohrer, H., Vannini, F., Donati, L., Schulz, A., Scholl, J., Sierevelt, I.N., van Dijk, C.N. (2008). A prospective multi-centre, open study of the safety and efficacy of hylan G-F 20 (Synvisc) in patients with symptomatic ankle (talo-crural) osteoarthritis. Foot and Ankle Surgery, 14 (3), 145-152.
123. Valderrabano, V., Leumann, A., Rasch, H., Egelhof, T., Hintermann, B., Pagenstert, G. (2009). Knee-to-ankle mosaicplasty for the treatment of osteochondral lesions of the ankle joint. American Journal of Sports Medicine, 37 (1), 105-111.
124. Zengerink, M., Struijs, P.A., Tol, J.L., van Dijk, C.N. (2010). Treatment of osteochondral lesions of the talus: a systematic review. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 18 (2), 238-246.

125. Zengerink, M., Szerb, I., Hangody, L., Dopirak, R.M., Ferkel, R.D., van Dijk, C.N. (2006). Current concepts: treatment of osteochondral ankle defects. *Foot and Ankle Clinics*, 11 (2), 331-359.

10. Anhang

10.1. Gesamtergebnis

Wie zufrieden sind Sie mit dem Gesamtergebnis der Operation:

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| Sehr zufrieden: | <input type="checkbox"/> |
| Einigermaßen zufrieden: | <input type="checkbox"/> |
| Neutral „geht so“: | <input type="checkbox"/> |
| Einigermaßen unzufrieden: | <input type="checkbox"/> |
| Sehr unzufrieden: | <input type="checkbox"/> |

Würden Sie sich nochmal in gleicher Weise operieren lassen?

- Ja Nein

10.2. WOMAC Score

WOMAC

Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index

WOMAC Teil A

Wie schwer sind Ihre Schmerzen?

	keine	leichte	mittelschwer	schwer	sehr schwer
1. Gehen auf flacher Ebene	<input type="checkbox"/>				
2. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>				
3. Während der Nachtruhe	<input type="checkbox"/>				
4. Sitzend oder liegend	<input type="checkbox"/>				
5. Aufrecht stehend	<input type="checkbox"/>				

WOMAC Teil B

1. Wie schwer ist die Gelenksteifheit nach dem morgendlichen Aufstehen?

keine	leichte	mittelschwer	schwer	sehr schwer
<input type="checkbox"/>				

2. Wie schwer ist die Gelenksteifheit nach dem Sitzen, Liegen oder Ruhen während des Tages?

keine	leichte	mittelschwer	schwer	sehr schwer
<input type="checkbox"/>				

WOMAC Teil C

Wie schwierig ist für Sie?

	einfach	eingeschränkt	mittel	schwer	sehr schwer
1. Treppen hinabsteigen	<input type="checkbox"/>				
2. Treppen hinaufsteigen	<input type="checkbox"/>				
3. Aufstehen aus dem Sitzen	<input type="checkbox"/>				
4. Stehend	<input type="checkbox"/>				
5. Zum Boden bücken	<input type="checkbox"/>				
6. Gehen auf flachen Boden	<input type="checkbox"/>				
7. In/Aus dem Auto steigen	<input type="checkbox"/>				
8. Einkaufen gehen	<input type="checkbox"/>				
9. Strümpfe anziehen	<input type="checkbox"/>				
10. Aufstehen aus dem Bett	<input type="checkbox"/>				
11. Strümpfe ausziehen	<input type="checkbox"/>				
12. Im Bett liegen	<input type="checkbox"/>				
13. In/Aus der Badewanne steigen	<input type="checkbox"/>				
14. Sitzen	<input type="checkbox"/>				
15. Auf die Toilette setzen/ wieder aufstehen	<input type="checkbox"/>				
16. Schwere Hausarbeit	<input type="checkbox"/>				
17. Leichte Hausarbeit	<input type="checkbox"/>				

10.3. Lysholm Score

LYSHOLM – Kniescore

	Rechts	Links	Punkte
1. Hinken oder humpeln Sie?			
a) Nie			5
b) Wenig oder nur zeitweise			3
c) Schwer und ständig			0
2. Benötigen Sie eine Gehhilfe?			
a) Nein			5
b) Stock oder Krücke			3
c) Gehunfähig			0
3. Treppensteigen?			
a) Problemlos			10
b) Etwas erschwert			6
c) Langsam, Stufe um Stufe			2
d) Unmöglich			0
4. In die Hocke gehen?			
a) Problemlos			5
b) Etwas erschwert			4
c) Schwer möglich (nicht über 90°)			2
d) Unmöglich			0
5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk?			
a) Nie			30
b) Selten beim Sport oder schweren Anstrengungen			25
c) Häufig beim Sport oder schweren Anstrengungen			20
d) Gelegentlich bei Alltagsarbeiten			10
e) Oft bei Alltagsarbeiten			5
f) Bei jeder Bewegung bzw. jedem Schritt			0
6. Schmerzen?			
a) Keine			30
b) Ab und zu ein wenig bei schwerer Anstrengung			25
c) Auftreten bei Knieunsicherheit			20
d) Auftreten bei schweren Anstrengungen			15
e) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von mehr als 2 km Länge			10
f) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von weniger als 2 km Länge			5
g) Ständig und stark			0
7. Schwellung des Kniegelenkes?			
a) Keine			10
b) Bei Knieunsicherheit			7
c) Bei schwerer Anstrengung			5
d) Bei leichter Anstrengung			2
e) Ständig			0
8. Muskelschwäche des/ der Beine(s)?			
a) Keine			5
b) Gering (Oberschenkelumfang 1-2 cm verringert)			3
c) Ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als 2 cm verringert)			0

10.4. SF-36

1. **Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?**

- Ausgezeichnet: 1
 Sehr gut: 2
 Gut: 3
 Weniger gut: 4
 Schlecht: 5

2. **Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an!)**

- Derzeit viel besser als vor einem Jahr: 1
 Derzeit etwas besser als vor einem Jahr: 2
 Etwa so wie vor einem Jahr: 3
 Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr: 4
 Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr: 5

3. **Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?**

Tätigkeiten	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a) anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell Laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b) mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, Staubsaugen, Kegeln, Golf	1	2	3
c) Einkaufstasche heben oder Tragen	1	2	3
d) mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e) einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f) sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g) mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h) mehrere Straßenkreuzungen zu Fuß gehen	1	2	3
i) eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3

j) sich baden oder anzuziehen	1	2	3
-------------------------------	---	---	---

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

Schwierigkeiten	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2	3	4	5
b) Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2	3	4	5
c) Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2	3	4	5
d) Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. Ich musste mich besonders anstrengen)	1	2	3	4	5

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

Schwierigkeiten	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2	3	4	5
b) Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2	3	4	5
c) Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2	3	4	5

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den letzten 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

- Überhaupt nicht:.....1
 Etwas:.....2
 Mäßig:.....3
 Ziemlich:.....4
 Sehr:.....5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?

- Ich hatte keine Schmerzen:.....1
 Sehr leicht:.....2
 Leicht:.....3
 Mäßig:.....4
 Stark:.....5
 Sehr stark:.....6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den letzten 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeit zu Hause und im Beruf behindert?

- Überhaupt nicht:.....1
 Ein bisschen:.....2
 Mäßig:.....3
 Ziemlich:.....4
 Sehr:.....5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht!) Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...

Befinden	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
a) ... voller Schwung?	1	2	3	4	5
b) ... sehr nervös?	1	2	3	4	5
c) ... so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte?	1	2	3	4	5
d) ... ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5
e) ... voller Energie?	1	2	3	4	5
f) ... entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5
g) ... erschöpft?	1	2	3	4	5
h) ... glücklich?	1	2	3	4	5
i) ... Müde?	1	2	3	4	5

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

Immer: 1
 Meistens: 2
 Manchmal: 3
 Selten: 4
 Nie: 5

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

Aussagen	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a) Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b) Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c) Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
d) Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

11. Lebenslauf

■ Persönliche Daten

Name: Andreas Sagstetter
Geburtstag: 19.12.1983 in Freising
Anschrift: Laimgrubenweg 3, 84028 Landshut
Handy: 0176 / 23131375
E-Mail: Andreas.Sagstetter@gmx.de
Familienstand: ledig

■ Schulbildung

1990 – 1994 Besuch der Grundschule Ergolding und Landshut
1995 – 2003 Besuch des Hans-Leinberger Gymnasiums,
Landshut
Abschluss: Abitur (Durchschnittsnote: 1,6)

■ Ausbildung

2003 – 2010 Studium der Humanmedizin an der Technischen
Universität München
08/2005 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
05/2010 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

■ Praktika

2007 Famulatur in einer orthopädischen
Gemeinschaftspraxis
2007 Famulatur in der Klinik für Sportorthopädie des
Klinikums Rechts der Isar
2008 Praktisches Jahr in der Klinik für Orthopädie des
Klinikums Rechts der Isar
2008/09 Praktisches Jahr in der Klinik für Unfallchirurgie
des Klinikums Rechts der Isar

■ Berufstätigkeit

07/10 – 12/10 Orthopädische Gemeinschaftspraxis Dr.
Sagstetter, Landshut
01/11 – 06/13 Klinik für Unfall- und Orthopädische Chirurgie des
Klinikums St. Elisabeth Straubing

07/13	Orthopädische Gemeinschaftspraxis Dr. Sagstetter, Landshut
08/13 – 05/16	Klinik für Orthopädie des Klinikums Ingolstadt
Seit 06/16	Orthopädische Gemeinschaftspraxis Dr. Sagstetter, Landshut

■ Sonstige Qualifikationen

Saisons 2011/12 + 2012/13	Medizinische Betreuung der Straubing Tigers (Deutsche Eishockey Liga)
09/11	Seminar Basischirurgie Common Trunk
02/12	Grundkurs im Strahlenschutz
02/12	AO Trauma Kurs „Zugangswege und Osteosynthesen“
07/12	Spezialkurs im Strahlenschutz
07/14	A-Diplom Akupunktur
03/15	Zusatzbezeichnung Manuelle Medizin / Chirotherapie
04/16	Zusatzbezeichnung Akupunktur
09/16	Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie

■ Mitautorenschaft

Paul, J., Sagstetter, A., Kriner, M., Imhoff, A.B., Spang, J., Hinterwimmer, S. (2009). Donor-Site Morbidity After Osteochondral Autologous Transplantation for Lesions of the Talus. Journal of Bone and Joint Surgery American. 91, 1683-88.

■ Sonstige Qualifikationen

Sprachkenntnisse:	Englisch fließend
IT-Kenntnisse:	EDV-Grundkenntnisse, hier MS WORD, EXCEL, POWERPOINT

12. Danksagung

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Prof. Dr. von Eisenhart-Rothe sowie Herrn Prof. Dr. Imhoff für die Überlassung der Arbeit. Herrn Prof. Dr. Hinterwimmer sowie Herrn Privatdozent Dr. Paul danke ich für die vorzügliche Begleitung und Betreuung. Weiter danke ich Frau Monika Kriner für die Unterstützung im Rahmen der statistischen Auswertung. Für die Unterstützung bei der telefonischen Befragung bedanke ich mich bei den medizinischen Fachangestellten der Gemeinschaftspraxis Dr. Sagstetter und Kollegen.