

Aus der Abteilung Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie
(Prof. Dr. med. K.M. Stürmer)
im Zentrum Chirurgie
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Klinische und kernspintomographische Ergebnisse
nach Implantation
von artifiziellen TruFit-Zylindern
in die Entnahmedefekte bei der autologen
Knorpel-Knochen-Transplantation

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Maike Voß

aus
Mannheim-Neckarau

Göttingen 2010

D e k a n: Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichterstatter: Prof. Dr. med. K.-H. Frosch

II. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. W. Schultz

III. Berichterstatter/in:

Tag der mündlichen Prüfung: 09.02.2011

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1 Aufbau, Physiologie und Funktion des Gelenkknorpels	1
1.2 Pathophysiologie des Gelenkknorpels	2
1.3 Ursachen von Knorpelschäden	3
1.4 Epidemiologie von Knorpelschäden des Kniegelenks	3
1.5 Diagnostik	3
1.6 Klassifikation eines Knorpelschadens	4
1.7 Behandlungsmöglichkeiten	5
1.8 Ziel der vorliegenden Arbeit	10
2. MATERIAL UND METHODEN	12
2.1 Studienaufbau	12
2.1.1 Einschlusskriterien	12
2.1.2 Ausschlusskriterien	13
2.1.3 Datenerhebung	13
2.2 Operationstechnik der OCT	13
2.3 Patienten	14
2.3.1 Studiengruppe	14
2.3.2 Untergruppe I	15
2.3.3 Untergruppe II	15
2.3.4 Kontrollgruppe	15
2.4 Klinische Beurteilung	16
2.4.1 WOMAC Score	16
2.4.2 Tegner Score	16
2.4.3 Knee Society Score (KSS)	16
2.4.4 Visuelle Analoge Schmerzskala (VAS)	17
2.5 Radiologische Beurteilung	17
2.6 Statistische Analysen	19

3. ERGEBNISSE	20
3.1 Klinische Ergebnisse	20
3.1.1 Klinische Ergebnisse der Studiengruppe (TruFit)	20
3.1.2 Klinische Ergebnisse der Untergruppe I (Zylinderentnahme aus dem medialen dorsalen Femurkondylus)	24
3.1.3 Klinische Ergebnisse der Untergruppe II (Zylinderentnahme nicht aus medialem dorsalen Femurkondylus)	26
3.1.4 Klinische Ergebnisse der Kontrollgruppe (Leerdefekt)	28
3.2 Komplikationen	32
3.2.1 Komplikationen innerhalb der Studiengruppe	32
3.2.2 Komplikationen innerhalb der Untergruppe I	32
3.2.3 Komplikationen innerhalb der Untergruppe II	32
3.2.4 Komplikationen innerhalb der Kontrollgruppe	32
3.3 Ergebnisse der Scores	33
3.3.1 WOMAC Score: Ergebnisse	33
3.3.1.1 WOMAC Score: Vergleich Studien- vs. Kontrollgruppe	34
3.3.1.2 WOMAC Score: Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe	34
3.3.2 Tegner Score: Ergebnisse	35
3.3.2.1 Tegner Score: Vergleich Studien- vs. Kontrollgruppe	36
3.3.2.2 Tegner Score: Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe	36
3.3.3 Knee Society Score	37
3.3.3.1 Knee Society Score: Vergleich Studiengruppe vs. Kontrollgruppe	38
3.3.3.2 Knee Society Score: Vergleich Studiengruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe	38
3.3.4 Visuelle Analoge Schmerzskala	39
3.3.4.1 Visuelle Analoge Schmerzskala: Vergleich Studien- vs. Kontrollgruppe	40
3.3.4.2 Visuelle Analoge Schmerzskala: Vergleich Studiengruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe	40
3.4 Korrelation einzelner Parameter mit Score-Werten	41
3.4.1 Alter	41

3.4.2 BMI	42
3.4.3 Defektgröße	44
3.5 Radiologische Ergebnisse	48
3.5.1 Radiologische Ergebnisse: Studiengruppe (TruFit)	48
3.5.2 Radiologische Ergebnisse: Kontrollgruppe (Leerdefekt)	49
3.5.3 Radiologische Ergebnisse: Vergleich Entnahme- vs. Empfängerstelle zwischen Studien- und Kontrollgruppe	50
3.5.4 Radiologische Ergebnisse: Vergleich Entnahme- vs. Empfängerstelle innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe	50
 4. DISKUSSION	 51
 5. ZUSAMMENFASSUNG	 71
 6. ANHANG: SCORES UND PATIENTENDATEN	 75
 7. LITERATURVERZEICHNIS	 86

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ACT	Autologe Chondrozytentransplantation
AZ	Anzahl Zylinder
BMI	Body Mass Index
DG	Defektgröße
EO	Entnahmeort
et al.	Et alii
eTruFit	Eingesetzte TruFit-Zylinder
G	Geschlecht
ICRS	International Cartilage Repair Society
i.d.R.	In der Regel
IKDC	International Knee Documentation Committee
KS	Knorpelschaden
KSS	Knee Society Score
Läs.	Läsionslokalisierung
IFK	Lateraler Femurkondylus
M	Männlich
mFK	Medialer Femurkondylus
mG	Mediales Gleitlager
mN	Mediale Notch
MRT	Magnetresonanztomographie
mT	Mediale Trochlea
Nr.	Nummer
NZ	Nachuntersuchungszeitraum
OATS	Osteochondrale autologe Knorpel-Knochen-Transplantation
OBI	OsteoBiologics, Inc.
OCT	Osteochondrale Transplantation
OP	Operation
P	Patella
PGA-Fasern	Polyglycolidsäure-Fasern
postOP	Postoperativ
präOP	Präoperativ

Tab.	Tabelle
TGF beta-1	Transforming Growth Factor
VAS	Visuelle analoge Schmerzskala
vH	Ventraler Humerus
VKB-Plastik	Vordere Kreuzband-Plastik
vs.	Versus
W	Weiblich
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities
∅	Durchmesser

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Operationstechnik der OCT	14
a) 4°iger osteochondraler Defekt an der retropatellaren Patella	14
b) nach Insertion der Transplantatzylinder	14
Abb. 2: Altersverteilung bei OP innerhalb der Studiengruppe	20
Abb. 3: Häufigkeit des BMI innerhalb der Studiengruppe	21
Abb. 4: Häufigkeit der Defektgröße innerhalb der Studiengruppe	22
Abb. 5: Häufigkeit der Läsionslokalisierung innerhalb der Studiengruppe	23
Abb. 6: Häufigkeit der Läsionslokalisierung innerhalb der Untergruppe I	25
Abb. 7: Häufigkeit der Läsionslokalisierung innerhalb der Untergruppe II	27
Abb. 8: Altersverteilung bei OP innerhalb der Kontrollgruppe	28
Abb. 9: Häufigkeit des BMI innerhalb der Kontrollgruppe	29
Abb. 10: Häufigkeit der Defektgröße innerhalb der Kontrollgruppe	30
Abb. 11: Häufigkeit der Läsionslokalisierung innerhalb der Kontrollgruppe	31
Abb. 12: Veränderung des WOMAC Scores von prä- nach postoperativ innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt)	33
Abb. 13: Veränderung des Tegner Scores von prä- nach postoperativ innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt)	35
Abb. 14: Veränderung des KSS von prä- nach postoperativ innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt)	38
Abb. 15: Veränderung der VAS von prä- nach postoperativ innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt)	39
Abb. 16: Darstellung der Korrelation zwischen BMI und KSS präOP innerhalb der Studiengruppe ($r=-0.553$, $p=0.04$)	43
Abb. 17: Darstellung der Korrelation zwischen Defektgröße und WOMAC präOP innerhalb der Kontrollgruppe ($r=0.702$, $p=0.003$)	45
Abb. 18: Darstellung der Korrelation zwischen Defektgröße und Tegner präOP innerhalb der Kontrollgruppe ($r=-0.659$, $p=0.006$)	46
Abb. 19: Darstellung der Korrelation zwischen Defektgröße und KSS präOP innerhalb der Kontrollgruppe ($r=-0.806$, $p<0.001$)	47
Abb. 20: Vergleich der MRT-Ergebnisse von Entnahme- und Empfängerstelle innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt)	50

Abb. 21: WOMAC Score	75
Abb. 22: Tegner Score	78
Abb. 23: Knee Society Score	80
Abb. 24: Visuelle Analoge Schmerzskala	82

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Klassifikation von Knorpelschäden (nach Outerbridge 2001)	4
Tab. 2: ICRS-Klassifikation von Knorpelschäden (nach International Cartilage Repair Society 1998)	5
Tab. 3: modifizierter Score von Henderson et al. (Henderson et al. 2003) zur Beurteilung der MRT-Bilder	18
Tab. 4: Ergebnisse des WOMAC Scores (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse	33
Tab. 5: Ergebnisse des Tegner Scores (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse	35
Tab. 6: Ergebnisse des KSS (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse	37
Tab. 7: Ergebnisse der VAS (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse	39
Tab. 8: Korrelation zwischen Alter und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Studiengruppe (TruFit)	41
Tab. 9: Korrelation zwischen Alter und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt)	41
Tab. 10: Korrelation zwischen BMI und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Studiengruppe (TruFit)	42
Tab. 11: Korrelation zwischen BMI und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt)	42
Tab. 12: Korrelation zwischen Defektgröße und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Studiengruppe (TruFit)	44

Tab. 13: Korrelation zwischen Defektgröße und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt)	44
Tab. 14: MRT-Bewertung nach dem modifizierten Henderson-Score (Henderson et al. 2003) der Studiengruppe	48
Tab. 15: MRT-Bewertung nach dem modifizierten Henderson-Score (Henderson et al. 2003) der Kontrollgruppe	49
Tab. 16: Erhobene Patientendaten	83

1. EINLEITUNG

1.1 Aufbau, Physiologie und Funktion des Gelenkknorpels

Gelenke sind bewegliche Knochenverbindungen zweier oder mehrerer Knochen, deren Enden (meist als Gelenkkopf und Gelenkpfanne) von Gelenkknorpel überzogen sind und durch die Gelenkkapsel und die Gelenkbänder zusammengehalten werden (Meyers großes Taschenlexikon 1998). Sie sind wesentliche Teile des Stütz- und Bewegungsapparates. Subchondraler Knochen, Knorpel, Synovialflüssigkeit und Gelenkkapsel sowie periartikuläre Muskulatur bilden eine funktionelle Einheit (Otte 2001). Der Gelenkknorpel trägt wesentlich dazu bei, dass die Gelenke des menschlichen Körpers als funktionelle Einheit bestehen können und gewährleistet mit seiner elastischen und gleitenden Oberfläche einen reibungslosen Ablauf bei Bewegungen. Zugbelastung und Druckverteilung spielen bei Belastung eine wesentliche Rolle (Henne-Bruns et al. 2007).

Der Gelenkknorpel ist ein gefäß- und nervenfreies Gewebe, welches durch Diffusion aus der Synovia und vor Wachstumsende aus dem subchondralen Knochen ernährt wird (Braun et al. 2007). Es werden drei Knorpelarten unterschieden: hyaliner Knorpel, elastischer Knorpel und Faserknorpel. Die drei Knorpelarten unterscheiden sich grundsätzlich durch die Menge und Zusammensetzung der Grundsubstanz und die Menge und Anzahl der Chondrone.

Als einziges zelluläres Element ist der Chondrozyt zu finden, während 95% des Gewebevolumens aus extrazellulärer Matrix bestehen. Der Hauptbestandteil der extrazellulären Matrix ist Wasser. Als feste Bestandteile weist sie vor allem Proteoglykane und Kollagene, in kleinerer Zahl auch nichtkollagene Proteine, Glykoproteine und andere Bestandteile auf (Pullig et al. 2001).

Für die biomechanischen Eigenschaften des Knorpels ist hauptsächlich das Aggrekan, ein Strukturmolekül der Proteoglykane, verantwortlich. Durch seine Bindung an Hyaluronsäure und Kollagen-II-Fasern entsteht eine hohe Wasserbindungskapazität (Pullig et al. 2001).

Beim Aufbau des Knorpelgewebes sind verschiedene Zonen zu unterscheiden. An der Oberfläche befindet sich eine Tangentialschicht. Die Kollagenfasern sind hier parallel zur Oberfläche angeordnet und gewährleisten somit die größte Zugfestigkeit (Akizuki et al. 1986). Die Übergangszone in der Mitte weist eine geringere Zelldichte auf. Es sind Zellnester mit Chondrozyten und ein hoher Anteil an extrazellulärer

Matrix zu sehen. In der Tiefe sind die Kollagenfasern senkrecht, also radiär zu Oberfläche angeordnet, deshalb nennt man diese Schicht Radiärzone. Sie hat den geringsten Zellanteil. Mehrere Chondrozyten bilden ein Chondron, welches von Kollagenfasern umgeben ist. Unter der Radiärzone befindet sich die kalzifizierende Knorpelschicht, die eine Verbindung zum subchondralen Knochen herstellt (Pullig et al. 2001).

Der hyaline Knorpel verformt sich unter Druck, kehrt allerdings nach Wegfall der einwirkenden Kraft wieder in seine ursprüngliche Form zurück. Die hohe Wasserbindungskapazität der Verbindung von Aggrecan und Hyaluronsäure ermöglicht die plastische Deformierung des Knorpelgewebes. Die Kollagenfasern sorgen dafür, dass der Knorpel trotz dieser Verformbarkeit eine gewisse Form bewahren und wiedererlangen kann (Mow et al. 1984).

1.2 Pathophysiologie des Gelenkknorpels

Bereits 1743 beschrieb Hunter (Hunter 1995) die mangelnde Regenerationsfähigkeit von Knorpelgewebe. Die in die extrazelluläre Matrix eingebetteten Chondrozyten besitzen zwar die Fähigkeit, neue Matrixbestandteile nachzubilden, durch ihre Ortständigkeit sind den Reparaturmechanismen bei Verletzungen des Knorpelgewebes allerdings deutliche Grenzen gesetzt. Vor allem bei oberflächlichen Defekten ist die Regeneration sehr beschränkt (Mankin 1982). Schließen die Schädigungen die subchondrale Schicht mit ein, beobachtet man eine Einwanderung mesenchymaler Stammzellen aus Blut und Knochenmark zur Reparatur. Bei dem hier entstehenden Reparaturgewebe handelt es sich in den meisten Fällen um Bindegewebe oder minderwertigen Faserknorpel (O'Driscoll 1998). Diese Ersatzgewebe sind durch eine mechanische Minderwertigkeit unter hoher Belastung und durch den damit einhergehenden rascheren Verschleiß charakterisiert. Das Ausmaß der Regeneration wird außerdem von Faktoren wie Alter, Größe und Ort der Läsion beeinflusst (O'Driscoll 1998).

Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) zeigten, dass Knorpelläsionen von einer Größe über 3 mm keine Heilungstendenz zeigen und bei unzureichender Behandlung die Entwicklung einer Arthrose begünstigen.

1.3 Ursachen von Knorpelschäden

Klinisch können akute Knorpelschäden von chronischen Dauerschäden unterschieden werden. Akute Knorpelverletzungen entstehen häufig durch Sporttraumata oder als Begleitverletzung von Kreuzband- und Meniskusrissen (Jakob 2000). Sie betreffen meist nur einen lokalisierten, singulären Defekt und können durch verschiedene Techniken behandelt werden. Chronischen Dauerschäden im Sinne einer Arthrose liegt häufig eine mechanische Ursache zugrunde.

1.4 Epidemiologie von Knorpelschäden des Kniegelenks

Bei bis zu 10-12% aller Individuen sind Knorpelschäden vorhanden (Sellards et al. 2002). In einer Studie von Curl et al. (Curl et al. 1997) wiesen 63% der Patienten, bei denen eine Arthroskopie durchgeführt wurde, einen Defekt in der Gelenkfläche auf. Bei etwa 60 % der Betroffenen fand man einen 3-4° Knorpelschaden nach der Klassifikation von Outerbridge (Outerbridge 2001). Auch Widuchowski et al. (Widuchowski et al. 2008) entdeckten bei Arthroskopien bei 57,3% der Patienten einen Knorpeldefekt, allerdings nur bei 5,2% Grad 3 oder 4. Hardaker et al. (Hardaker et al. 1990) berichten von deutlich niedrigeren Inzidenzzahlen vorhandener Knorpelschäden.

Als häufigste Lokalisation von Knorpelschäden ist der mediale Femurkondylus (32% aller Läsionen) zu nennen, der zu den am meisten belasteten Gelenkarealen gehört. Ebenfalls häufig betroffen sind der laterale Femurkondylus und Teile der Patella (Hunt et al. 2001, Widuchowski et al. 2008).

1.5 Diagnostik

Bis heute sind Knorpelläsionen schwierig zu diagnostizieren (Bobic 1999).

Die klinischen Symptome eines Knorpeldefektes können sich in Schmerzen, Schwellung, Funktionseinschränkung, Erguss, Krepitation, tastbaren Osteophyten, Vergrößerung der Gelenkkonturen, Achsenabweichung und Instabilität manifestieren (Zacher und Gursche 2001). Hierbei handelt es sich um typische, aber sehr unspezifische Beschwerden.

Als bildgebende Verfahren finden Röntgen und MRT bei der Diagnosestellung Anwendung.

Auf Röntgenbildern lassen sich charakteristische Veränderungen allerdings erst in einem sehr fortgeschrittenen Stadium feststellen. Die Beurteilung der Verschmälerung des Gelenkspaltes oder der subchondralen Sklerosierung lassen dem Arzt einen Interpretationsspielraum, bei dem eine Standardisierung schwer möglich ist (Zacher und Gursche 2001).

Das MRT stellt derzeit die einzige, nicht invasive Diagnostikmethode dar, bei der sich in über der Hälfte der Fälle übereinstimmende Befunde zwischen MRT und Arthroskopie finden lassen. Bei höhergradigen Knorpelschäden (3-4°) findet sich eine relativ gute Korrelation zwischen beiden Diagnostikmethoden, während bei initialer Chondropathie (1-2°) in der MRT-Bewertung falsch positive Ergebnisse häufig sind (Spahn et al. 2007).

Die Arthroskopie stellt als invasive Maßnahme das genaueste Verfahren zur Beurteilung und Klassifikationen eines Knorpelschadens, auch in initialem Stadium, dar.

1.6 Klassifikation eines Knorpelschadens

Es existieren verschiedene Klassifikationen zur Beurteilung eines Knorpelschadens. Die Klassifikation nach Outerbridge basiert im Wesentlichen auf der Beurteilung der Tiefe eines Knorpelschadens (Outerbridge 2001).

Grad 1	Erweichung oder Verdickung des Knorpels
Grad 2	Fragmentierung oder Fissurenbildung < 1,7 cm
Grad 3	Fragmentierung oder Fissurenbildung > 1,7cm
Grad 4	Knorpelschädigung bis auf den subchondralen Knochen

Tab. 1: Klassifikation von Knorpelschäden (nach Outerbridge 2001).

Als international gültig wird das „ICRS Hyaline Cartilage Lesion Classification System“ angesehen, welches eine Erweiterung der 4 Grade von Outerbridge darstellt. Diese Klassifikation, nach der auch die Knorpelschäden dieser Arbeit beurteilt wurden, beruht auf der arthroskopischen Einschätzung der bereits debridierten Läsion mit Beachtung von Tiefe und Ausdehnung (Brittberg und Winalski 2003).

Grad 0	Normaler Gelenkknorpel
Grad 1	Oberflächliche Läsionen mit Einkerbungen und/ oder oberflächlichen Fissuren
Grad 2	Knorpeldefekte, die weniger als 50 % der Knorpeltiefe erreichen
Grad 3	- Knorpeldefekte, die mehr als 50 % der Knorpeltiefe erreichen - Knorpeldefekte, welche die kalzifizierte Zone durchbrechen - Knorpeldefekte, die bis auf den subchondralen Knochen reichen - Auftreten von zystischen Läsionen
Grad 4	Tief in den subchondral gelegenen Knochen reichende Läsionen

Tab. 2: ICRS-Klassifikation von Knorpelschäden (nach International Cartilage Repair Society 1998).

1.7 Behandlungsmöglichkeiten

Konservative Behandlungsmöglichkeiten werden bei Knorpelschäden Grad 1 oder 2 nach ICRS-Kriterien angewandt (Braun et al. 2007). Hierzu gehören krankengymnastische Behandlung, Gewichtsreduktion, orale Gabe von Glukosaminen, Injektion von Kortikosteroiden, Versorgung mit Schuheinlagen, Orthesen oder Gehstützen nach Bedarf, analgetische oder antiinflammatorisch wirksame Medikamente und Veränderung der Aktivitätsgewohnheiten (Duchow und Kohn 2003). Evcik und Sonel (Evcik und Sonel 2002) beispielsweise fanden in ihrer Studie heraus, dass die Durchführung eines Trainingsprogramms zu Hause oder ein 10-minütiger täglicher Spaziergang zu einer signifikanten Symptomverbesserung bei Osteoarthritis führen.

Bei Knorpelläsionen höheren Grades, die mit entsprechenden Symptomen assoziiert sind, stehen verschiedene operative Maßnahmen zur Verfügung (Braun et al. 2007). Zur symptomatischen, operativen Behandlung von chondralen und osteochondralen Läsionen zählen folgende Methoden:

1. Lavage: Die Lavage beruht auf der Durchbrechung von Entzündungskaskaden des Knorpelabbaus durch Reduktion von Entzündungszellen und Mediatoren mittels arthroskopischer Gelenkspülung. Kalunian et al. (Kalunian et al. 2000) kamen zu dem Ergebnis, dass diese Methode zu einer Schmerzreduktion beim Patienten führt, während Moseley et al. (Moseley et al. 2002) nach Lavage kein besseres Outcome erzielten als beim Vergleich mit einer Placebogruppe.

2. Shaving: Abgescherte mobile Knorpelteile, die mechanische Probleme verursachen können, werden bei dieser Methode arthroskopisch entfernt (Buckwalter und Lohmander 1994).
3. Debridement: Beim Debridement steht die mechanische Funktionsverbesserung im Vordergrund. Es wurde von Magnuson (Magnuson 1974) entwickelt und beinhaltet die arthroskopische Oberflächenglättung, Abtragung von Osteophyten, Entfernung von freien oder instabilen Knorpelfragmenten sowie Synovektomien (Burkart et al. 2001). Bei kleineren Schäden soll die weitere Ausdehnung des Defektes verlangsamt werden, bei größeren Defekten dient das Debridement oft zur genauen Abschätzung der Ausdehnung der vorhandenen Läsion und zur Vorbereitung für weitere Maßnahmen (Braun et al. 2007).

Bei allen drei vorgestellten Methoden wird meist eine temporäre Verbesserung der Beschwerden beobachtet, es handelt sich jedoch um eine kurzfristige, symptomatische Therapie (Burkart et al. 2001).

Demgegenüber stehen mehrere kausale, operative Therapieansätze. Hier kann zwischen der Stimulation pluripotenter Stammzellen, welche das Selbstheilungspotential des Knorpels fördert, und der Transplantation zur Wiederherstellung der normalen Gelenkfunktion unterschieden werden (Burkart et al. 2001).

Zu den knochenmarksstimulierenden Methoden zählen:

1. Abrasionsarthroplastik: Am Knorpeldefekt wird bis zum angrenzenden gesunden Knorpelgewebe ein Debridement durchgeführt und die subchondrale Schicht oberflächlich abgetragen. Einige Monate später bildet sich hier ein faserknorpeliges Ersatzgewebe aus (Johnson 2001).
2. Pridie-Bohrung: Pluripotente Stammzellen des Knochenmarks werden über eine subchondrale Markraumöffnung aktiviert und dadurch zur Bildung von Ersatzgewebe angeregt. Hierbei handelt es sich um minderwertigen Faserknorpel, in vielen Fällen wird eine schmerzfreie Gelenkfunktion erreicht (Müller und Kohn 1999).
3. Mikrofrakturierung: Als Variante der Pridie-Bohrung wird bei der Mikrofrakturierung die subchondrale Grenzlamelle durch viele kleine Anbohrungen geöffnet. Auch hier entsteht anschließend Faserknorpel (Steadman et al. 2001). Kurz- bis mittelfristige Studien berichten über gute

funktionelle Ergebnisse (Knutsen et al. 2004, Mithoefer et al. 2009). Langzeitergebnisse sind jedoch sehr unterschiedlich (Williams und Harnly 2007, Mithoefer et al. 2009). In einigen Studien wird von einer Verschlechterung der Ergebnisse nach 2 Jahren berichtet (Steinwachs et al. 2008).

Der Transplantation sind folgende Techniken zuzuordnen:

1. Refixation von osteochondralen Fragmenten: Die Refixation von frischen, traumatisch bedingten osteochondralen Fragmenten kann arthroskopisch oder durch eine offene Operation mit Hilfe von resorbierbaren Schrauben oder Stiften erreicht werden. Mit der Refixation von osteochondralen Defekten besteht die Möglichkeit, den hochwertigen hyalinen Knorpel zu integrieren. Bisherige Studien konnten gute kurz- bis mittelfristige Ergebnisse nach Refixation von osteochondralen Fragmenten zeigen (Braune et al. 2004, Fuchs et al. 2003).
2. Autologe Chondrozytentransplantation: Nach Entnahme von Knorpelbiopsien aus gesundem Knochen-Knorpel-Gewebe werden die hierin enthaltenen Chondrozyten für 2-4 Wochen in einer Nährlösung im Labor kultiviert und anschließend an die Stelle des Knorpeldefektes transplantiert (Brittberg 2008). Das Resultat ist hyalinartiger Knorpel (Peterson et al. 2002). Dieser Methode werden in ca. 80% der Fälle gute und sehr gute Ergebnisse bescheinigt (Bentley et al. 2003). Nachteil dieses Verfahrens sind die zweimalige Operation des Patienten und die hohen Kosten (Burkart et al. 2001).
3. Autologe osteochondrale Transplantation (OCT):

Lediglich bei der OCT handelt es sich beim transplantierten Knorpel-Knochen-Gewebe um hyalinen Knorpel (Bobic 1999). Die OCT wird häufig eingesetzt und gehört zu den Standardverfahren bei lokal begrenzten Knorpeldefekten.

Sehr frühe Studien zur Technik der autologen Knochen-Knorpel-Transplantation stammen von Wagner (Wagner 1972). 1993 griffen Matsusue et al. (Matsusue et al. 1993) die Methode wieder auf. Hangody et al. (Hangody et al. 1996), Bobic (Bobic 1996) und Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) trugen wesentlich zur Weiterentwicklung dieser Technik, z.B. durch Umstellung auf arthroskopische Operationstechniken, bei.

Hangody et al. (Hangody et al. 2004) beschrieben folgende Indikationen:

- fokale chondrale und osteochondrale Defekte der gewichttragenden Gelenkoberfläche des Knies oder anderer Gelenke wie Talus, Humeruskopf, etc.
- Alter jünger als 50 Jahre
- Defekt idealerweise zwischen 1 und 4 cm²
- gleichzeitige Behandlung von Bandinstabilitäten und Achsenfehlstellung ist essentiell
- Compliance des Patienten.

Lüring et al. (Lüring et al. 2004) erfassten in einer Studie, dass die OCT heutzutage vor allem bei folgenden Indikationsstellungen angewandt wird: Degeneration von Knorpelgewebe (Chondromalazie 3-4°), Osteochondrosis dissecans, traumatisch bedingtes osteochondrales Fragment, welches nicht refixiert werden konnte, und M. Ahlbeck.

Als absolute Kontraindikationen geben Hangody et al. (Hangody et al. 2004) folgende an:

- Tumor, Infektionen, generalisierte oder rheumatoide Arthritis
- fortgeschrittene Arthrose
- Mangel an ausreichender Spenderfläche
- Defekt > 8 cm²
- Defekte tiefer als 10 mm
- fehlende Compliance des Patienten.

Zu den relativen Kontraindikationen zählen sie folgende:

- Alter zwischen 40 und 50 Jahren
- Defekt zwischen 4 und 8 cm²
- geringe arthritische Veränderung.

Die autologe Knochen-Knorpel-Transplantation kann arthroskopisch oder offen erfolgen (Hangody et al. 2004). Prinzipiell kann man Auto- oder Allografts verwenden (Hangody et al. 2004, Garrett 1994). Voraussetzung für den Erfolg knorpelchirurgischer Maßnahmen ist die Korrektur von Achsenfehlstellungen und Bandinstabilitäten (Hönle et al. 2007).

Während des operativen Verfahrens erfolgt zunächst eine Freilegung des Knorpelschadens. Der Defekt wird mit Hohlstanzen oder Hohlfräsen ausgestanzt und damit die genaue Anzahl der benötigten Zylinder festgelegt. An weniger

belasteten Gelenkflächen, wie beispielsweise dem dorsalen Femurkondylus, der medialen oder lateralen Trochlea oder der interkondylären Notch kann ein osteochondraler Zylinder mit einer Tiefe von ca. 10-15 mm entnommen werden. Dieser wird in die Zone des Knorpeldefekts in Press-Fit-Technik implantiert (Hangody et al. 2004).

Besonders wichtig bei der Implantation ist die Oberflächenkongruenz mit dem umgebenden Knorpel. Idealweise sollten Spender- und Empfängerareal eine ähnliche Oberflächenwölbung aufweisen. Zur Optimierung dieses Ziels stehen verschiedene Varianten der Knochen-Knorpel-Transplantation zur Verfügung. Bei Transplantation von einem oder wenigen großen Zylindern spricht man von einer autologen osteochondralen Transplantation (OCT). Werden mehrere kleinere Zylinder implantiert und Lücken zwischen den transplantierten Zylindern belassen, nennt man dies Mosaikplastik (Braun et al. 2007).

Bei Defekten, die größer als 2 cm x 3 cm sind, ist auch die Mega-OATS möglich. Hierbei wird ein mehrere Quadratzentimeter großer Zylinder als Ganzes vom dorsalen Femurkondylus entnommen und nach Bearbeitung in den zentralen Defekt der gewichttragenden Fläche des Knorpelschadens eingesetzt (Agneskirchner et al. 2002).

Langzeitstudien zeigen in ca. 80% der Fälle und mehr gute bis sehr gute klinische Ergebnisse nach Knochen-Knorpel-Transplantation (Hangody et al. 1997, Jakob et al. 2002, Chow et al. 2004).

Neben den möglichen üblichen Komplikationen bei offenen Operationen wie Infektionen, Wundheilungsstörungen, thrombembolischen Ereignissen etc. können bei der Knochen-Knorpel-Transplantation auch Hämarthros (Hangody und Füles 2003), anhaltende Schmerzen, Schwellung, Blutergüsse (Outerbridge et al. 1995), ebenso hypertrophierte Narbenhügel an der Knorpelentnahmestelle beobachtet werden, sodass z.T. ein erneuter operativer Eingriff notwendig ist, um die neu entstandenen Schäden zu beheben (LaPrade und Botker 2004). In einer Studie von Jakob et al. (Jakob et al. 2002) erfolgte eine erneute Operation bei 4 von 52 Patienten. Burkart et al. (Burkart et al. 2001) berichten von Arthrofibrose, M. Sudeck, Zylindersinterung und Infektion.

Die Zylinderentnahmestellen werden i.d.R. unversorgt belassen. Arthroskopische Beobachtungen zeigen, dass sie sich nach einigen Wochen mit Bindegewebe und minderwertigem Faserknorpel füllen (Jakob et al. 2002).

Über eine Morbidität durch die Zylinderentnahmestellen liegen sehr unterschiedliche Ergebnisse vor. Teilweise zeigen sich keine Probleme an der Knorpelentnahmestelle (Atik et al. 2005), andere Studien berichten von Beschwerden bei 3% der Patienten (Hangody et al. 2001), Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) von etwa 15%, Valderrabano et al. (Valderrabano et al. 2009) sogar von 50% der Patienten. Die bei großen osteochondralen Defekten eingesetzte Mega-OATS-Technik führt neben einem erheblichen operativen Aufwand und Risiken zu deutlichen Beschwerden an der Entnahmestelle, so dass kniende Tätigkeiten von den Patienten nicht mehr toleriert werden können (Brucker et al. 2002).

Um eine möglicherweise entstehende Entnahmemorbidität zu verringern, verwendeten wir die von der Firma Smith & Nephew entwickelten OBI TruFit Plugs zur Füllung der Entnahmestellen. Hierbei handelt es sich um ein synthetisches Komposit-Material, welches resorbierbar und biomechanisch stabil ist. Materialzusammensetzung OBI TruFit Plug: ~50% Co-Polymer (PDLG) (85% Poly [D, L-Laktid], 15% Glycolid), ~40% Calcium-Sulfat (außer im Knorpelanteil), ~10% PGA-Fasern, Spuren von Tensiden. Blut und Stammzellen des Knochenmarks können in die Poren des Implantates einwandern, wodurch die Vaskularisierung und Neubildung von Knochen- und Knorpelgewebe induziert wird (Smith & Nephew GmbH 2007).

Die Anwendung der OBI TruFit Plugs ist in Deutschland zur Therapie von Knorpelschäden offiziell zugelassen. Es wurden bisher deutschlandweit mehr als 1000 Patienten damit therapiert, nach Angaben der Hersteller konnten keine implantatspezifischen Komplikationen oder Nebenwirkungen beobachtet werden. Bisher existieren allerdings kaum klinische Daten oder Studien dazu.

1.8 Ziel der vorliegenden Arbeit

Bis heute stellt die Behandlung von Knorpeldefekten eine Herausforderung dar. Die einzige Methode zur Defektdeckung mit hyalinem Knorpel stellt derzeit die OCT dar. Der Durchführung der OCT sind durch die Defektgröße und die begrenzte Verfügbarkeit von Zylindern deutliche Grenzen gesetzt. In der Literatur sind sehr unterschiedliche Beobachtungen zu einer möglichen Entnahmemorbidität nach OCT zu finden. Um diese möglicherweise zu verringern, wurden von uns künstliche TruFit-Implantate der Firma Smith & Nephew in die Entnahmestelle eingesetzt. Klinische Daten liegen hierzu bisher kaum vor.

Ziel der durchgeführten Studie war die Evaluation von Patienten nach OCT mit und ohne Füllung der Entnahmestellen mit OBI-TruFit-Implantaten. Insbesondere sollte erfasst werden, ob bei Patienten mit großen Ausgangsdefekten die Entnahmemorbidität durch die Implantation der TruFit-Zylinder reduziert werden kann.

Weiterhin sollten folgende offene Fragen geklärt werden:

- Kann die Entnahmemorbidität durch Einbringen der TruFit Plugs gegenüber einem Vergleichskollektiv reduziert werden, bei welchem die Entnahmedefekte unversorgt belassen wurden?
- Hat die Entnahmeregion am Kniegelenk Einfluss auf das Endergebnis?
- Hat die Größe des ursprünglichen Knorpelschadens Einfluss auf das Endergebnis?
- Haben Alter oder BMI Einfluss auf das Ergebnis?

Die Beurteilung erfolgte mit anerkannten klinischen Scores, wie dem WOMAC, Tegner Score, KSS und der VAS. Ein bei der Nachuntersuchung durchgeführtes MRT wurde mithilfe des modifizierten Henderson Scores (Henderson et al. 2003) bewertet.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Studienaufbau

Bei vorliegender Arbeit handelt es sich um eine prospektive Fall-Kontroll-Studie mit einer Studien- und einer Kontrollgruppe.

Die Studiengruppe stellen Patienten dar, deren Entnahmedefekte mit TruFit Plugs aufgefüllt wurden. Dies geschah bei allen Patienten mit OCT, die von 09/07 bis 11/08 operiert wurden. Patienten, die zwischen 01/06 und 09/07 therapiert und deren Entnahmedefekte unversorgt belassen wurden, dienen für diese Studie als Kontrollgruppe.

In vorliegender Arbeit wurde ein prä- und postoperativer Vergleich innerhalb der Studiengruppen sowie zwischen beiden Studiengruppen gezogen.

Zusätzlich wurde die Studiengruppe in zwei Untergruppen aufgeteilt: Patienten mit Entnahme der Spenderzylinder aus dem medialen dorsalen Femurkondylus und Patienten mit Entnahme der Zylinder aus einer anderen Lokalisation im Kniegelenk. Es erfolgte ein Vergleich in Hinsicht auf die Lokalisation der Zylinderentnahmestelle zwischen den beiden Untergruppen der Studiengruppe sowie der Kontrollgruppe, bei der die Zylinder ausschließlich aus dem medialen dorsalen Femurkondylus entnommen worden waren.

Bei Patienten mit Entnahmelokalisation aus dem medialen dorsalen Femurkondylus wurde eine MRT-Untersuchung durchgeführt, um sowohl Empfänger- als auch Entnahmestelle radiologisch miteinander zu vergleichen.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universitätsmedizin Göttingen genehmigt. Die Patienten hielten ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie schriftlich fest.

2.1.1 Einschlusskriterien

Es wurden alle Patienten in die Studie aufgenommen, bei denen zwischen 01/06 und 11/08 in der Klinik für Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsmedizin Göttingen eine autologe Knochen-Knorpel-Transplantation durchgeführt wurde.

2.1.2 Ausschlusskriterien

Patienten, bei denen eine schwere orthopädische Komorbidität (z.B. Osteogenesis imperfecta) oder eine relevante medizinische Grunderkrankung (z.B. Diabetes mellitus) vorlag, wurden aus der Studie ausgeschlossen, ebenso Patienten, die sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in stationärer, psychiatrischer Behandlung befanden oder bereits Rentenansprüche stellten.

2.1.3 Datenerhebung

Zur prä- und postoperativen Datenerhebung wurden standardisierte Fragebögen verwendet. Im Rahmen der Studie wurden schriftliche Daten präoperativ und ca. ein Jahr nach der Operation mithilfe derselben Scores erfasst.

Der postoperative Nachuntersuchungsbogen beinhaltete zusätzlich zu den unten genannten Scores Fragen zu Körpergewicht und Körpergröße zur Errechnung des BMI, Anzahl und Art der vorherigen Knieoperationen und Dauer der Symptome vor der Knochen-Knorpel-Transplantation.

Folgende, operationsspezifische Daten wurden den OP-Berichten entnommen: Alter bei OP, Seite und Lokalisation der Läsion, Grad des Knorpelschadens, Defektgröße, Anzahl der entnommenen und eingesetzten Zylinder sowie Zylinderdurchmesser, Anzahl und Durchmesser der eingesetzten TruFit-Zylinder und Entnahmeort der Zylinder.

2.2 Operationstechnik der OCT

Anfangs erfolgte eine Arthroskopie zur Sicherung der Diagnose sowie zur genauen Evaluation der Knorpelschäden und weiterer Begleitpathologien. Anschließend wurden aus dem Defektareal die Zylinder entnommen, sodass die Anzahl und Größe der benötigten Zylinder bekannt war.

Nach provisorischem Wundverschluss und Drehung des Patienten auf den Bauch wurden über einen 3 cm langen Hautschnitt die Spenderzylinder aus dem dorsalen medialen Femurkondylus mit einer Hohlstanze (OATS, Fa. Arthrex, Karlsfeld) entnommen. Um eine Reststabilität des dorsalen Femurkondylus zu gewährleisten, wurde ein Abstand von 2-3 mm zwischen den Zylinderentnahmestellen belassen.

Seit September 2007 erfolgte eine Füllung der Entnahmestellen mit TruFit-Zylindern (Firma Smith & Nephew) in Press-Fit-Technik.

Die dorsale Gelenkkapsel wurde mit Einzelknopfnähten verschlossen. Es folgte bei Bluttrockenheit die Subkutannaht und Hautnaht ohne Einlage einer Redondrainage. Anschließend wurden die aus der Kniekehle entnommenen Zylinder in Press-Fit-Technik in die Empfängerdefekte eingebracht.

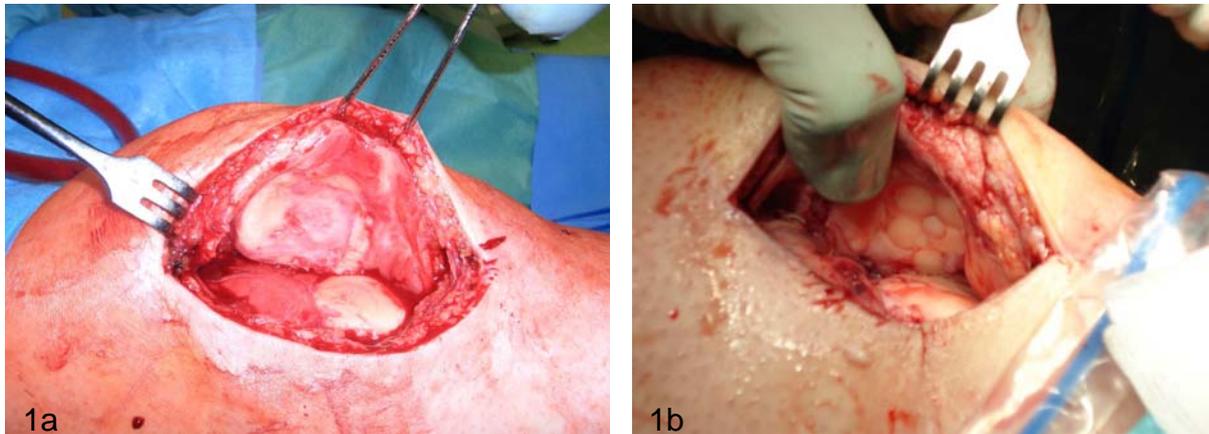


Abb. 1: Operationstechnik der OCT.

- a) 4°iger osteochondraler Defekt an der retropatellaren Patella.
- b) nach Insertion der Transplantatzylinder.

2.3 Patienten

2.3.1 Studiengruppe

In die Studiengruppe wurden alle Patienten aufgenommen, bei denen im Zeitraum von 09/07 bis 11/08 eine OCT mit Versorgung der Entnahmedefekte mit TruFit-Zylindern durchgeführt wurde.

Die Indikationsstellungen für die OCT waren bei den nachuntersuchten Patienten folgende:

- 3.-4.gradiger osteochondraler Defekt am medialen Femurkondylus (5), davon einmal bei M. Ahlbeck und zweimal nach fehlgeschlagener Pridie-Bohrung
- 2.-3.gradiger Knorpelschaden am medialen Femurkondylus (2), einmal nach erfolgloser Mikrofrakturierung und OCT und einmal bei Varusfehlstellung
- 3.-4.gradiger Knorpelschaden am lateralen Femurkondylus (2), einmal nach Knieverdrehtrauma
- retropatellarer Knorpelschaden (5), davon einer bei Z.n. fehlverheilte Patellafraktur.

2.3.2 Untergruppe I

Die Untergruppe I umfasst alle Patienten aus der Studiengruppe, bei denen der mediale dorsale Femurkondylus als Spenderregion verwendet wurde.

Als Indikationsstellungen für die OCT wurden folgende aufgeführt:

- 3.-4.gradiger osteochondraler Defekt am medialen Femurkondylus (2), davon einmal bei M. Ahlbeck und einmal nach fehlgeschlagener Pridie-Bohrung
- 2.-3.gradiger Knorpelschaden am medialen Femurkondylus (2), einmal nach erfolgloser Mikrofrakturierung und OCT und einmal bei Varusfehlstellung
- 3.-4.gradiger Knorpelschaden am lateralen Femurkondylus (2), einmal nach Knieverdrehttrauma
- retropatellarer Knorpelschaden (4).

2.3.3 Untergruppe II

Die Untergruppe II besteht aus allen Patienten der Studiengruppe, deren Zylinder nicht aus dem medialen dorsalen Femurkondylus entnommen wurden.

Als Indikationsstellungen für die OCT wurden folgende aufgeführt:

- 3.-4.gradiger osteochondraler Defekt am medialen Femurkondylus (3), einmal nach fehlgeschlagener Pridie-Bohrung
- retropatellarer Knorpelschaden (1) nach fehlverheilte Patellafraktur.

2.3.4 Kontrollgruppe

In die Kontrollgruppe wurden alle Patienten aufgenommen, bei denen zwischen 01/06 und 09/07 eine OCT durchgeführt wurde und die Entnahmedefekte unversorgt belassen worden waren.

Die Indikationen und Läsionslokalisationen für die OCT der an der Studie teilnehmenden Patienten waren folgende:

- 3.-4.gradiger Knorpelschaden am medialen Femurkondylus (10), davon zweimal nach fehlgeschlagener Mikrofrakturierung, zweimal bei M. Ahlbeck, sechsmal mit Varusfehlstellung, zweimal nach fehlgeschlagener Pridie-Bohrung und einmal bei Osteochondritis dissecans
- 2.-3.gradiger Knorpelschaden am medialen Femurkondylus (2), davon einmal bei M. Ahlbeck, zweimal mit Varusfehlstellung und einmal nach fehlgeschlagener Mikrofrakturierung
- osteochondraler Defekt an der Schulter nach Luxation (1)

- retropatellarer Knorpelschaden (3), davon einer nach fehlerhafter Patellafraktur und einer nach fehlgeschlagener autologer Chondrozytentransplantation.

2.4 Klinische Beurteilung

Zum prä- und postoperativen Vergleich der beiden Studiengruppen dienen der WOMAC Score, der Tegner Score, der American Knee Society Score (KSS) und die visuelle analoge Schmerzskala (VAS).

2.4.1 WOMAC Score

Der WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) -Osteoarthrose-Index ist ein reliabler und verbreiteter Score zur Beurteilung von Beschwerden im Kniegelenk. Er ist in drei Teile untergliedert: 5 Schmerzfragen, 2 Fragen zur Steifigkeit und 17 Fragen zur körperlichen Aktivität. Zur Bewertung ist bei jeder der drei Kategorien eine Skala von 0-10 vorgesehen, 0 bedeutet keine Schmerzen/ Steifigkeit/ Schwierigkeiten, 10 starke/ große Schmerzen/ Steifigkeit/ Schwierigkeiten. Die verwendete deutsche Version des Scores stammt von Stucki (Stucki et al.1996).

2.4.2 Tegner Score

Beim Tegner-Aktivitätsscore handelt es sich um einen Score, bei dem Arbeitsaktivitäten und sportliche Aktivitäten numerisch erfasst werden können. Die Patienten wurden aufgefordert, auf den genau definierten Punkten von 0-10 (0 = Bettlägerigkeit oder Invalidität, 10 = Wettkampf- und Leistungssport auf nationalem oder internationalem Niveau) ihr Aktivitätslevel abzuschätzen (Tegner und Lysholm 1985).

2.4.3 Knee Society Score (KSS)

Der American Knee Society Score besteht aus einem Kniescore, der das Kniegelenk bewertet, und einem Funktionsscore, der die Gehstrecke, den Gebrauch von Gehstützen und die Fähigkeit des Patienten, Treppen zu steigen, beurteilt. Der Kniescore schließt die Stärke und Häufigkeit von Schmerzen sowie eine klinische Untersuchung zur Beurteilung von Extension und Flexion, von Stabilität und eventuellen Abzügen aufgrund von Beugekontraktur, Streckdefizit oder Valguseinstellungen mit ein (Insall et al. 1989).

2.4.4 Visuelle Analoge Schmerzskala (VAS)

Die Visuelle Analoge Schmerzskala ist eine allgemein gebräuchliche Skala zur Erfassung von Schmerzen. Auf einer 10 cm langen Linie sollten die Patienten die Stärke ihrer Schmerzen in den letzten Tagen markieren (0 bedeutet kein Schmerz, 10 sehr starker Schmerz).

2.5 Radiologische Beurteilung

Um die Füllung und Regeneration der Spenderseite ebenso wie die Qualität der Oberflächenkontur und Zylinderintegration auf der Empfängerseite zu beurteilen, wurden MRT's durchgeführt. Alle MRT-Untersuchungen erfolgten mit einem 3.0 Tesla MRT-Gerät (Magnetom Symphony and Sonata, Siemens Erlangen, Germany). Es wurde ein Standardprotokoll für MRT-Studien über das Kniegelenk benutzt, welches eine spezifische Oberflächenspule beinhaltet.

Bei den MRT-Bildern handelt es sich um Spin-Echo-Standardsequenzen in T1- und T2-Wichtung in sagittaler Ebene, um fettunterdrückte, protonendichtegewichtete Turbo-Spin-Echo-Sequenzen sowie um eine 3D-DESS-Sequenz.

Die in dieser Arbeit verwendete Bildmatrix betrug 512 x 256, das „field of view“ (FOV) 180 mm in den DESS und protonendichtegewichtete Sequenzen und 220 mm in der T1- und T2-Wichtung. Die Schichtdicke war 1,5 mm.

Als Grundlage zur Bewertung der Zylinderentnahme- und Empfängerstelle diente der Score von Henderson et al. (Henderson et al. 2003), der folgende Aspekte beinhaltet: Füllung, Signalintensität, Knochenmarksödem und Kniegelenkserguss. In der hier durchgeführten Untersuchung sollten noch weitere Kriterien einfließen. So sind in der Literatur auch Punkte wie Oberflächenkontur, Knorpelsignal, Knorpeldicke, Veränderungen des subchondralen Knochens bei der MRT-Beurteilung zu finden (Roberts et al. 2003).

In vorliegender Arbeit wurde der Score von Henderson et al. (Henderson et al. 2003) zur Beurteilung der MRT-Bilder erweitert, sodass eine möglichst detaillierte Bewertung erfolgen konnte.

	1 Punkt	2 Punkte	3 Punkte	4 Punkte	Punkte
knöcherne Füllung des Defektes	komplett	> 50% des Defektes	< 50% des Defektes	keine Heilung	
Oberflächenkontur Knochen	vollständige Angleichung der Oberflächenkontur	leichte Unebenheiten in der Oberflächenkontur (< 1 mm)	größere Unebenheiten in der Oberflächenkontur (> 1 mm)	kantiges Absetzen der Oberflächenkontur	
Nekrose	nicht vorhanden	minimal vorhanden (< 50% Nekrose des knöchernen Transplantatanteils)	mäßig vorhanden (> 50% Nekrose des knöchernen Transplantatanteils)	deutlich sichtbar (total nekrotisch)	
Osteolyse/Zyste	nicht vorhanden	minimal vorhanden (< 5 mm)	mäßig vorhanden (> 5 mm)	deutlich sichtbar (>10 mm)	
Knochenmarködem	nicht vorhanden	minimal vorhanden (im Transplantatbett)	mäßig vorhanden (> 1 cm Entfernung vom Transplantat)	deutlich sichtbar (in gesamter Kondyle vorhanden)	
Signalintensität des Knorpelgewebes	normal (entsprechend dem umliegenden Gewebe)	fast normal (< 50% Hyperintensität)	abnormal (> 50% Hyperintensität)	nicht vorhanden	
Oberflächenkontur Knorpel	vollständige Angleichung der Oberflächenkontur	leichte Unebenheiten in der Oberflächenkontur (< 1 mm)	größere Unebenheiten in der Oberflächenkontur (> 1 mm)	kantiges Absetzen der Oberflächenkontur	
Knorpeldicke	normal (entsprechend dem umliegenden Gewebe)	fast normal (> 50% der Dicke des umliegenden Gewebes)	abnormal (< 50% der Dicke des umliegenden Gewebes)	nicht vorhanden	
Gesamtpunktzahl	minimal: 8			maximal: 32	

Tab. 3: modifizierter Score von Henderson et al. (Henderson et al. 2003) zur Beurteilung der MRT-Bilder.

Bei jedem Patienten erfolgte die Beurteilung der Zylinderentnahmestelle (als Leerdefekt oder mit TruFit-Zylindern) und der Empfängerstelle unabhängig voneinander nach oben abgebildeter Tabelle, sodass Entnahme- und Empfängerstelle direkt miteinander vergleichbar sind. Bei Patienten mit mehreren Entnahmestellen wurde nur die Entnahme aus dem medialen dorsalen Femurkondylus bewertet, bei mehreren Empfängerstellen wurden beide Stellen getrennt beurteilt und der Mittelwert aus beiden verwendet.

2.6 Statistische Analysen

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm STATISTICA (Version 8, StatSoft), ebenso die graphische Darstellung.

Zum Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe wurde der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben verwendet. In einem Falle (Tegner prä- und postoperativ der Untergruppe II) wurde aufgrund vieler Bindungen (gleiche Werte) der Vorzeichentest verwendet.

Mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests wurde der paarweise Vergleich zwischen den voneinander unabhängigen prä- und postoperativen Werten zwischen Studien- und Kontrollgruppe vorgenommen.

Der Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse zwischen beiden Untergruppen und Kontrollgruppe erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test.

Eine mögliche Korrelation wurde mithilfe von Scatterplots und der Berechnung des Pearson'schen Korrelationskoeffizienten geprüft.

Das Signifikanzniveau betrug jeweils 5% ($p < 0.05$).

Mittelwert und Standardabweichung wurden bei Werten wie Nachuntersuchungszeitraum, Alter bei OP, BMI und Defektgröße angegeben. Bei sämtlichen Score-Werten, Anzahl der vorherigen Knieoperationen sowie Anzahl und Größe der Zylinder wurde jeweils der Mittelwert mit Median, Minimum und Maximum in Klammern verwendet.

3. ERGEBNISSE

3.1 Klinische Ergebnisse

3.1.1 Klinische Ergebnisse der Studiengruppe (TruFit)

Die Studiengruppe umfasste 17 Patienten, von denen 14 postoperativ nachuntersucht wurden. Die übrigen Patienten wurden aus folgenden Gründen nicht untersucht: zwei Patienten waren unbekannt verzogen und ein Patient lehnte eine medizinisch indizierte Weiterbehandlung des Knorpelschadens ab.

Insgesamt wurden 8 weibliche und 6 männliche Patienten nach durchschnittlich 13.4 (\pm 2.1, minimaler Nachuntersuchungszeitraum: 8.5, maximaler Nachuntersuchungszeitraum: 16.2) Monaten nachuntersucht. Das durchschnittliche Patientenalter bei OP lag bei 36.3 (\pm 11.8) Jahren.

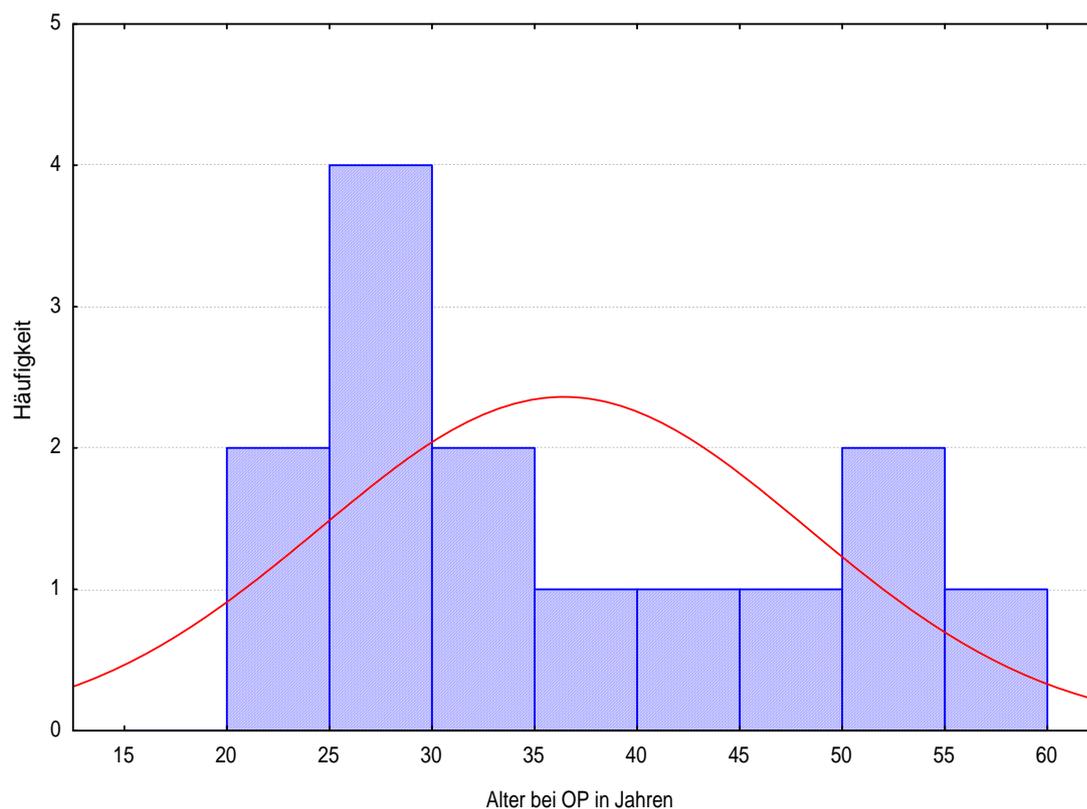


Abb. 2: Altersverteilung bei OP innerhalb der Studiengruppe.

4 Patienten wurden auf der linken Seite operiert, 10 Patienten auf der rechten. Der postoperativ erfasste BMI lag im Schnitt bei 26.6 (\pm 4.0) kg/m².

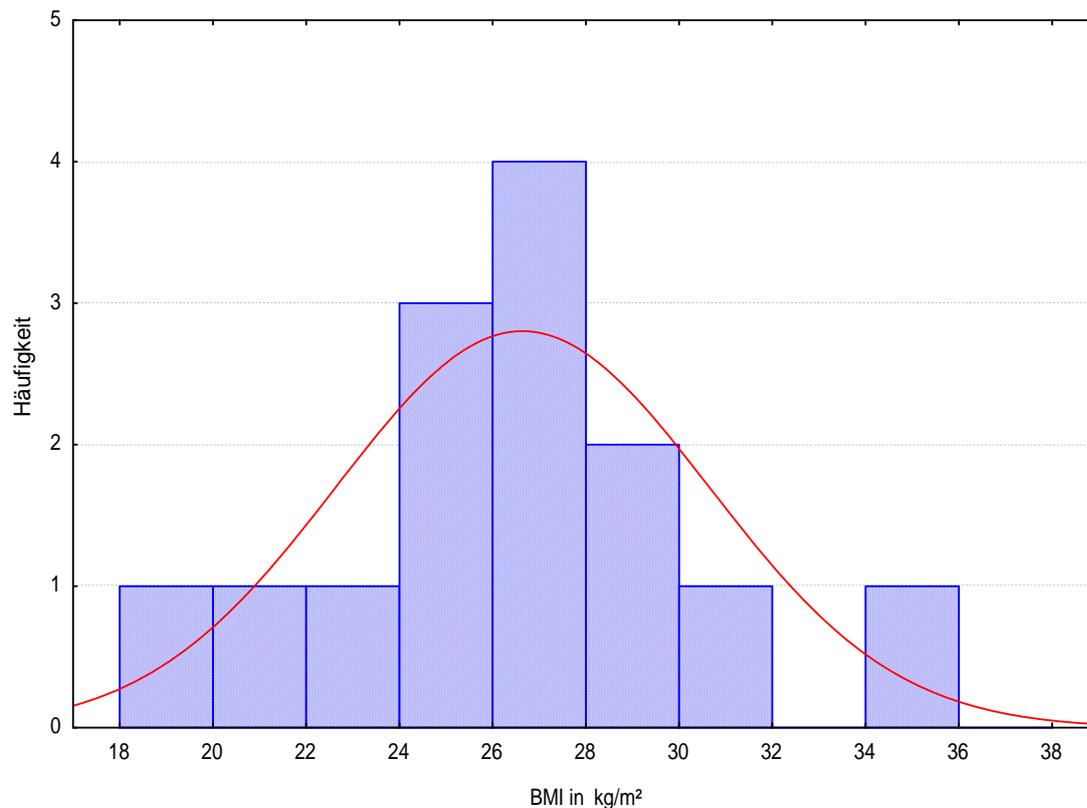


Abb. 3: Häufigkeit des BMI innerhalb der Studiengruppe.

Die nachuntersuchten Patienten gaben an, dass bei ihnen im Durchschnitt 1.4 (1.0, 0-4) Knieoperationen vor OCT durchgeführt worden waren. Bei den angegebenen Operationen handelte es sich um 6 Arthroskopien, 2 Pridie-Bohrungen, 1 Mikrofrakturierung, 2 vordere Kreuzbandplastiken, 1 Entfernung des vorderen Kreuzbandes, 4 Meniskusoperationen, 1 Resektion freier Gelenkkörper, 1 OCT, 1 Schleimbeutelentfernung, 1 Zystenentfernung, 1 Seitenbandoperation, 2 Knorpelglättungen, 1 Lavage und 1 OP nach Patellafraktur.

Beim selben Eingriff wurden bei 9 Patienten zusätzlich zur OCT folgende Operationen durchgeführt: Mikrofrakturierung (5), Abrasionsarthroplastik (3), Meniskusoperation (2), VKB-Plastik (2), partielle Synovektomie (3), Fulkerson-Osteotomie der Tuberositas tibiae (2), valgisierende Umstellungsosteotomie (1), Entnahme von Spongiosa aus dem Beckenkamm und Transplantation in Tibia (1).

Nach der ICRS-Klassifikation lag der Knorpelschaden der Defekte der untersuchten Patienten zwischen 2° und 4°. Die durchschnittliche Defektgröße betrug 4.0 (\pm 1.8) cm².

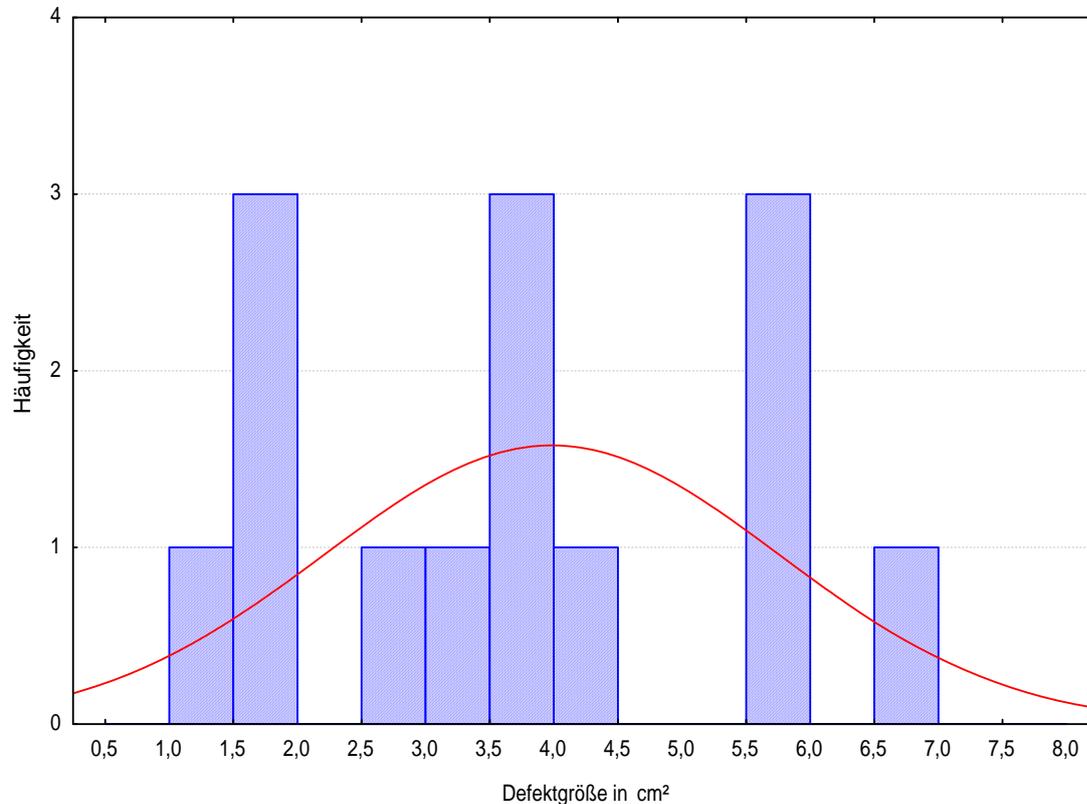


Abb. 4: Häufigkeit der Defektgröße innerhalb der Studiengruppe.

Die Anzahl der in den Defekt eingesetzten Zylinder belief sich im Durchschnitt auf 2.9 (3, 1-5), mit einem mittleren Durchmesser von 8.4 (8, 6-10) mm. An der Entnahmestelle wurden durchschnittlich 2.8 (3, 1-5) TruFit-Zylinder mit einem mittleren Durchmesser von 9.3 (9, 7-11) mm eingesetzt.

Der Entnahmeort der Spenderzylinder waren der mediale dorsale Femurkondylus (10), die mediale Trochlea (2), die mediale Notch (1) und das mediale Gleitlager (1). Bei 4 Patienten erfolgte eine zusätzliche Zylinderentnahme aus einer der folgenden Gelenkregionen: proximale Trochlea (1), Notch (3).

Die Läsionslokalisationen waren bei 7 Patienten der mediale Femurkondylus, bei 5 Patienten die Patella und bei 2 Patienten der laterale Femurkondylus. Bei einem Patienten wurde während derselben OP zusätzlich die mediale und laterale Trochlea therapiert.

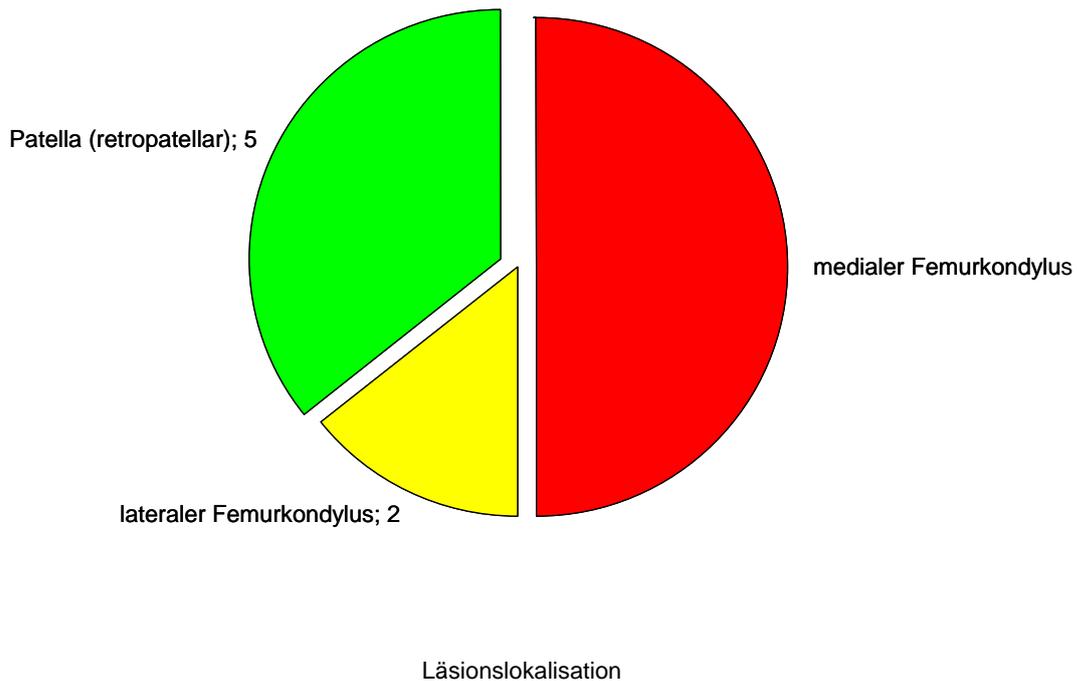


Abb. 5: Häufigkeit der Läsionslokalisation innerhalb der Studiengruppe.

3.1.2 Klinische Ergebnisse der Untergruppe I (Zylinderentnahme aus dem medialen dorsalen Femurkondylus)

In die Untergruppe I wurden 12 Patienten eingeschlossen, von denen 10 Patienten nachuntersucht wurden. Ein Patient konnte aufgrund eines Wohnortswechsels nicht nachuntersucht werden, ein anderer wegen einer abgelehnten medizinisch indizierten Weiterbehandlung des Knorpelschadens.

Insgesamt wurden nach durchschnittlich 13.1 (\pm 2.2, minimaler Nachuntersuchungszeitraum: 8.5, maximaler Nachuntersuchungszeitraum: 15.9) Monaten 4 männliche und 6 weibliche Patienten nachuntersucht, das Durchschnittsalter bei OP lag bei 37.6 (\pm 11.7) Jahren, es wurde 2 mal die linke und 8 mal die rechte Seite operiert und der mittlere BMI lag bei 26.5 (\pm 4.6) kg/m².

Die Anzahl vorheriger Knieoperationen belief sich laut Patientenangaben im Mittel auf 1.4 (1, 0-4): 5 Arthroskopien, 1 Pridie-Bohrung, 1 Mikrofrakturierung, 2 vordere Kreuzbandplastiken, 1 Entfernung des vorderen Kreuzbandes, 2 Meniskusoperationen, 1 Resektion freier Gelenkkörper, 1 Mosaikplastik, 1 Zystenentfernung, 1 Seitenbandoperation, 2 Knorpelglättungen, 1 Lavage.

Zusätzlich zur OCT wurden beim selben Eingriff bei 7 Patienten folgende Operationen durchgeführt: Mikrofrakturierung (3), Abrasionsarthroplastik (2), Meniskusoperation (2), VKB-Plastik (2), partielle Synovektomie (2), Fulkerson-Osteotomie der Tuberositas tibiae (1), valgisierende Umstellungsosteotomie (1), Entnahme von Spongiosa aus dem Beckenkamm und Transplantation in Tibia (1).

Der Knorpelschaden der Defekte lag nach der ICRS-Klassifikation zwischen 2° und 4°, die durchschnittliche Defektgröße bei 4.6 (\pm 1.6) cm². Die Anzahl der in den Defekt eingesetzten Zylinder belief sich im Durchschnitt auf 3.4 (3, 2-5), mit einem mittleren Durchmesser von 8.8 (9, 6-10) mm. An der Entnahmestelle wurden durchschnittlich 3.3 (3, 2-5) TruFit-Zylinder mit einem mittleren Durchmesser von 9.7 (10, 7-11) mm eingesetzt.

Der Entnahmeort der Spenderzylinder war bei allen Patienten der mediale dorsale Femurkondylus, bei 2 Patienten erfolgte eine zusätzliche Zylinderentnahme aus der proximalen Trochlea und der Notch.

Die Läsionslokalisationen bei den Patienten waren folgende: medialer Femurkondylus (4), Patella (4) und lateraler Femurkondylus (2). Bei einem Patienten wurde während derselben OP zusätzlich die mediale und laterale Trochlea therapiert.

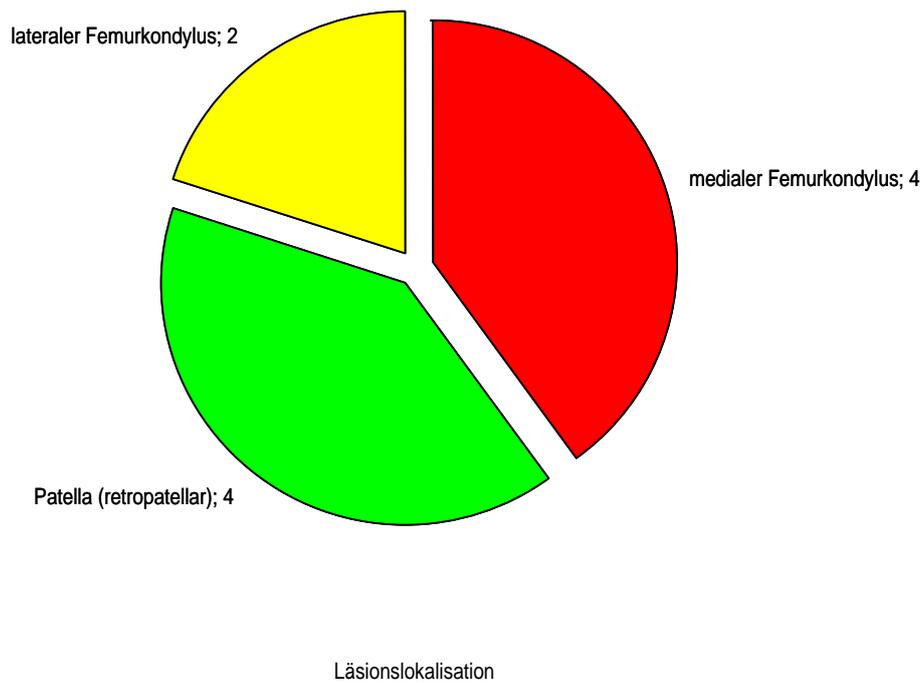


Abb. 6: Häufigkeit der Läsionslokalisation innerhalb der Untergruppe I.

3.1.3 Klinische Ergebnisse der Untergruppe II (Zylinderentnahme nicht aus medialem dorsalen Femurkondylus)

Von den 5 in die zweite Untergruppe aufgenommenen Patienten wurden 4 nachuntersucht, 1 Patient war unbekannt verzogen.

Insgesamt wurden 2 männliche und 2 weibliche Patienten nach durchschnittlich 14.1 (\pm 1.8, minimaler Nachuntersuchungszeitraum: 12.3, maximaler Nachuntersuchungszeitraum: 16.2) Jahren nachuntersucht. Das Durchschnittsalter bei OP lag bei 33.0 (\pm 13.2) Jahren, es wurde 2 mal die linke und 2 mal die rechte Seite operiert und der mittlere BMI lag bei 27.0 (\pm 2.5) kg/m².

Laut Patientenangaben betrug die durchschnittliche Anzahl vorheriger Knieoperationen 1.5 (1.5, 0-3): 1 Arthroskopie, 1 Pridie-Bohrung, 2 Meniskusoperationen, 1 Schleimbeutelentfernung und 1 OP nach Patellafraktur.

Während der OCT wurden bei 2 Patienten gleichzeitig folgende Eingriffe durchgeführt: Mikrofrakturierung (2), Abrasionsarthroplastik (1), partielle Synovektomie (1), Fulkerson-Osteotomie der Tuberositas tibiae (1).

Die Knorpeldefekte lagen nach der ICRS-Klassifikation zwischen 3° und 4°, die durchschnittliche Defektgröße betrug 2.4 (\pm 1.1) cm². Die Defekte wurde durchschnittlich mit 1.5 (1.5, 1-2) Zylindern mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 7.5 (8, 6-8) mm versorgt, die Entnahmestelle durchschnittlich mit 1.5 (1.5, 1-2) TruFit-Zylindern mit einem mittleren Durchmesser von 8.5 (9, 7-9) mm.

Die Zylinderentnahme erfolgte bei einem Patienten aus der medialen Trochlea, bei einem aus der medialen Notch, bei einem aus dem medialen Gleitlager und der medialen Notch und bei einem aus der medialen Trochlea und der medialen Notch.

Die Läsionslokalisationen waren bei 3 Patienten der mediale Femurkondylus und bei 1 Patienten die Patella.

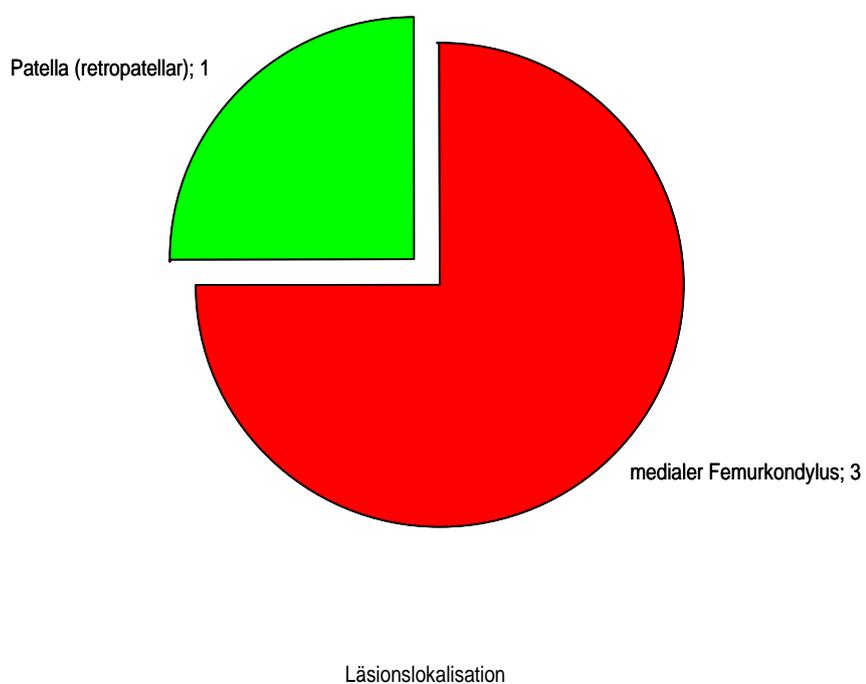


Abb. 7: Häufigkeit der Läsionslokalisation innerhalb der Untergruppe II.

3.1.4 Klinische Ergebnisse der Kontrollgruppe (Leerdefekt)

Von 21 in die Studie eingeschlossenen Patienten konnten 16 nach durchschnittlich 13.8 (\pm 4.3, minimaler Nachuntersuchungszeitraum: 9.1, maximaler Nachuntersuchungszeitraum: 27.7) Monaten nachuntersucht werden. Bei 5 Patienten kam aufgrund von Termenschwierigkeiten oder unbekanntem Wohnortwechsel keine Nachuntersuchung zustande.

Bei den nachuntersuchten Patienten handelte es sich um 7 Frauen und 9 Männer. Das Patientenalter bei OP lag bei durchschnittlich 39.7 (\pm 10.7) Jahren.

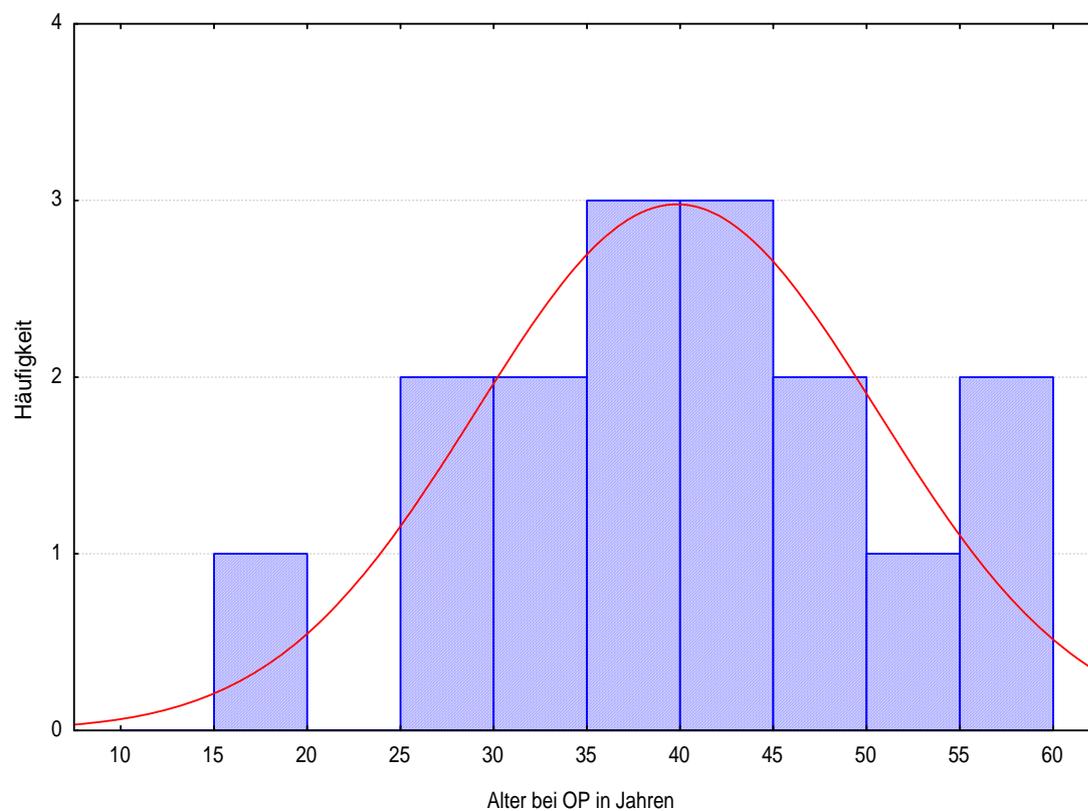


Abb. 8: Altersverteilung bei OP innerhalb der Kontrollgruppe.

Die OCT wurde bei 11 Patienten auf der rechten Seite durchgeführt, bei 5 auf der linken. Der durchschnittliche BMI betrug 27.1 (± 3.3) kg/m².

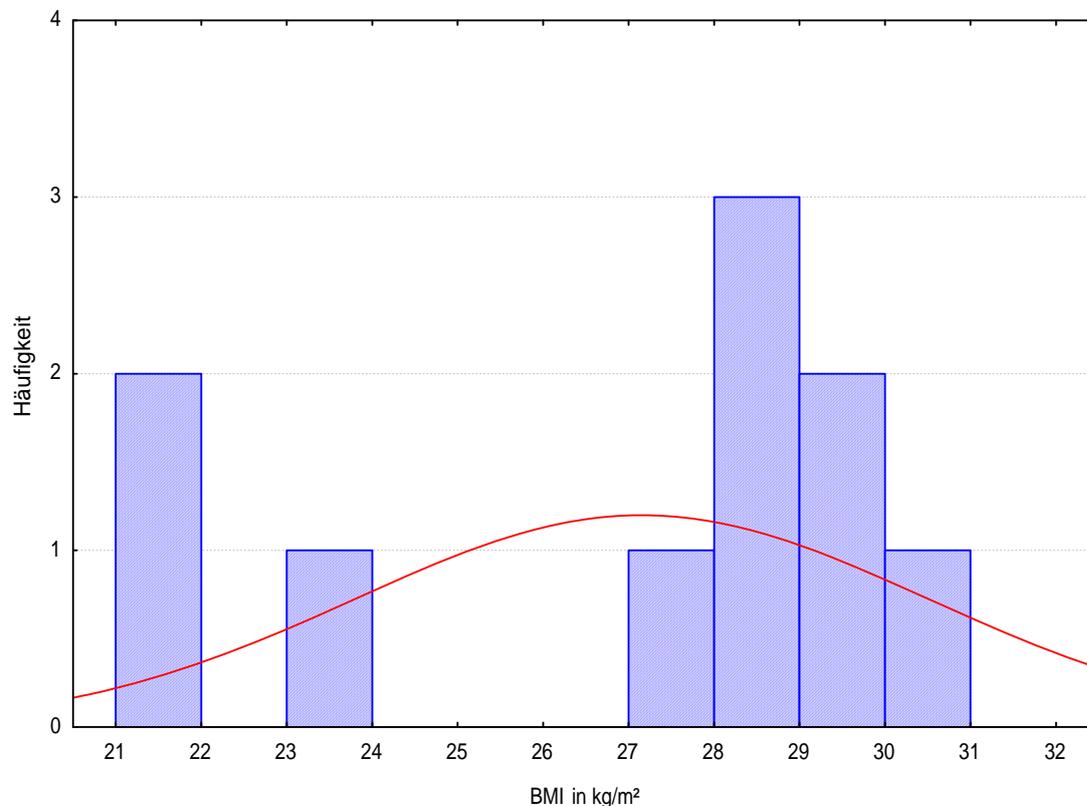


Abb. 9: Häufigkeit des BMI innerhalb der Kontrollgruppe.

Nach Angaben der Patienten betrug die mittlere Anzahl vorheriger Knieoperationen 1.4 (1, 0-4), wobei vor der OCT 6 Arthroskopien, 2 Pridie-Bohrungen, 3 Mikrofrakturierungen, 1 VKB-Plastik, 1 Meniskusteilresektion, 1 Chondrozytentransplantation, 1 Schleimbeutelentfernung, 1 OP nach Patellafraktur und 1 Resektion freier Gelenkkörper durchgeführt wurden.

Bei 13 Patienten wurden zusätzlich zur OCT weitere Eingriffe während derselben Operation vorgenommen. Dabei handelte es sich um eine valgierende Umstellungsosteotomie (8), Knorpelglättung mit Shaver (1), Durchführung einer VKB-Plastik (1), Mikrofrakturierung (4), Abrasionsarthroplastik (3), Fulkerson-Osteotomie (1), Entfernung von Osteosynthesematerial (1), Retinakulumspaltung lateral an der Patella (2), arthroskopische Synovektomie (1) und Meniskusoperation (1).

Der Grad der Knorpelschäden lag nach ICRS zwischen 2° und 4°, die durchschnittliche Defektfläche betrug $4.6 (\pm 2.2) \text{ cm}^2$.

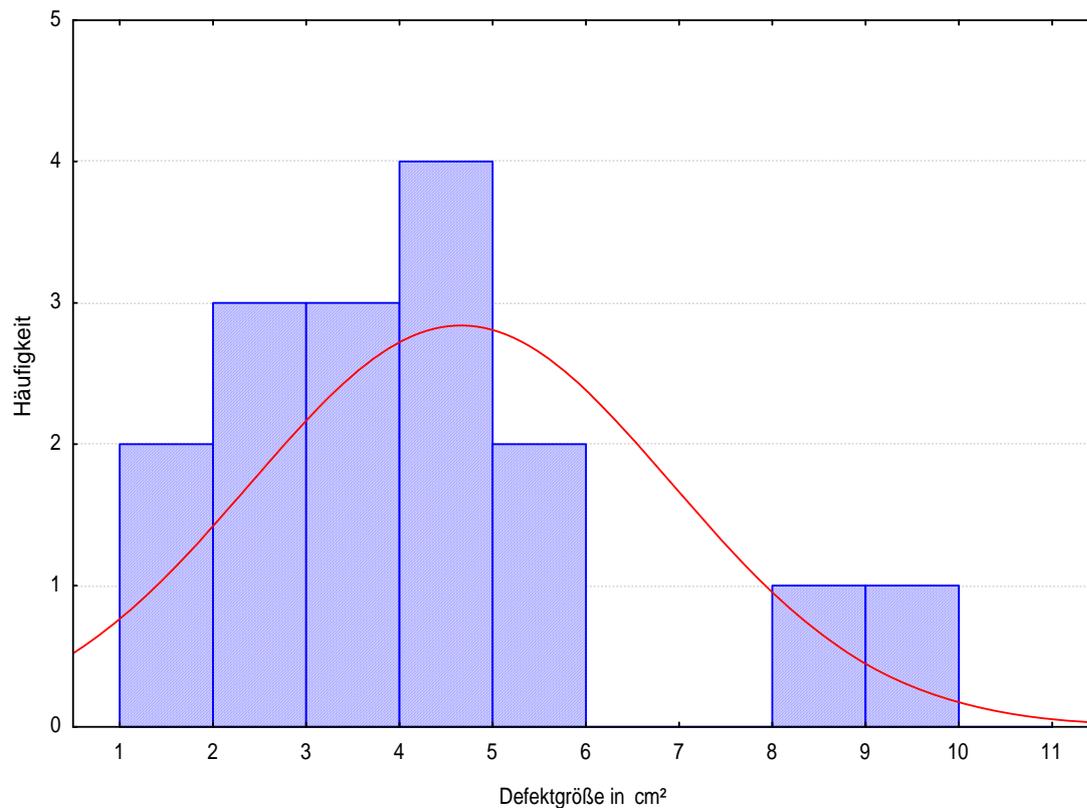


Abb. 10: Häufigkeit der Defektgröße innerhalb der Kontrollgruppe.

Sie wurde im Durchschnitt mit 3.8 (4, 1-5) Zylindern mit mittlerem Durchmesser von 8.6 (8, 8-15) mm versorgt. Der Entnahmeort der Spenderzylinder war bei 100% der mediale dorsale Femurkondylus. Bei einem Patienten erfolgte eine zusätzliche Entnahme aus der medialen Trochlea.

Der Ort der Knorpelläsion war bei 12 Patienten der mediale Femurkondylus, bei 3 Patienten die retropatellare Patella und bei 1 Patienten der ventrale Humerus.

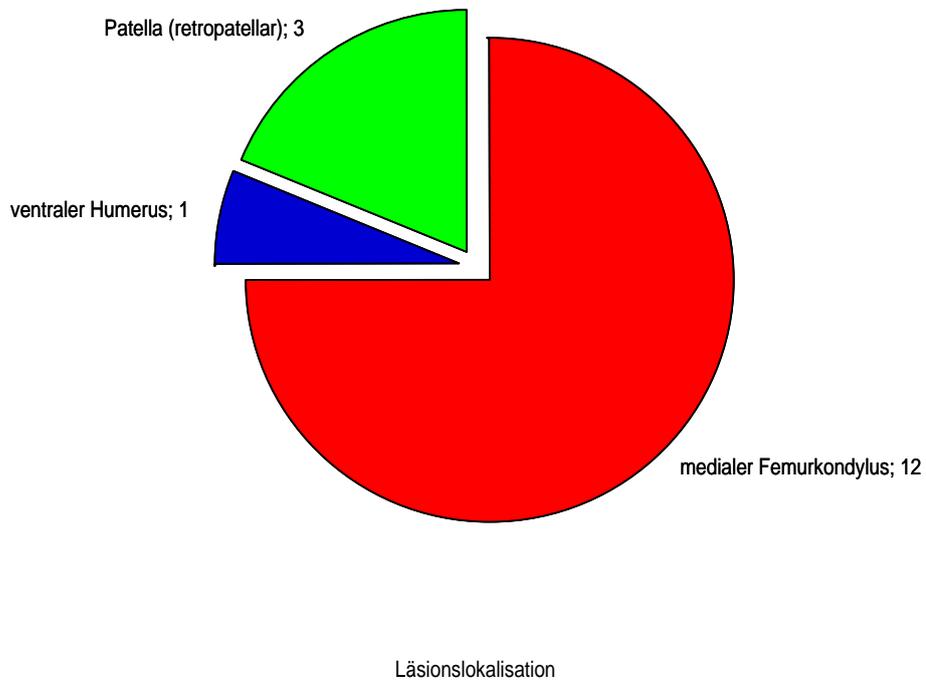


Abb. 11: Häufigkeit der Läsionslokalisierung innerhalb der Kontrollgruppe.

3.2 Komplikationen

3.2.1 Komplikationen innerhalb der Studiengruppe

Bei der Nachuntersuchung waren alle Patienten in der Lage, problemlos und ohne Schmerzen in die Hocke zu gehen. Keiner der Patienten wies eine Entnahmemorbidity auf.

3.2.2 Komplikationen innerhalb der Untergruppe I

Bei keinem der Patienten ließ sich eine Entnahmemorbidity nachweisen und alle Patienten konnten ohne Probleme in die tiefe Hocke gehen.

3.2.3 Komplikationen innerhalb der Untergruppe II

Es traten weder eine temporäre noch eine andauernde Entnahmemorbidity auf. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich, dass alle Patienten problemlos beugen und in die Hocke gehen konnten.

3.2.4 Komplikationen innerhalb der Kontrollgruppe

Bei einem Patienten (3 cm² große osteochondrale Läsion an der Schulter) fand sich bei der Nachuntersuchung eine temporäre Entnahmemorbidity, die sich in einem Schnappen in der medialen Kniekehle bei Beugung über 90° äußerte, das nach 6 Monaten verschwand.

Zusätzlich trat ein Fall von deutlichen, persistierenden Entnahmebeschwerden auf. Bei tiefer Kniebeuge und beim Steigen auf eine Leiter traten bei diesem Patienten (> 8 cm² großer Knorpeldefekt am medialen Femurkondylus bei M. Ahlbeck) Schmerzen in der Kniekehle auf. Bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr fiel im MRT ein ca. 1x1 cm² großer Defekt an der Entnahmestelle auf. Als Lagerist ist der Patient allerdings voll arbeitsfähig.

Bei den restlichen Patienten traten keine Entnahmebeschwerden auf.

3.3 Ergebnisse der Scores

3.3.1 WOMAC Score: Ergebnisse

In allen Gruppen zeigt sich ein Abfall der Werte des WOMAC Scores von prä- nach postoperativ.

WOMAC	präOP	postOP	p	Signifikanz
Studiengruppe	62.0 (57.25, 10.0-159.0)	38.8 (35.5, 2.0-94.0)	0.023	ja
Untergruppe I	51.6 (48.25, 10.0-119.0)	35.0 (34.5, 2.0-82.0)	0.155	nein
Untergruppe II	88.0 (80.0, 33.0-159.0)	48.3 (42.5, 14.0-94.0)	0,068	nein
Kontrollgruppe	73.3 (66.0, 0.0-167.0)	26.1 (23.0, 0.0-61.0)	0.002	ja

Tab. 4: Ergebnisse des WOMAC Scores (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse.

Allerdings ist die Änderung nur innerhalb der Studiengruppe mit $p=0.023$ und der Kontrollgruppe mit $p=0.002$ signifikant.

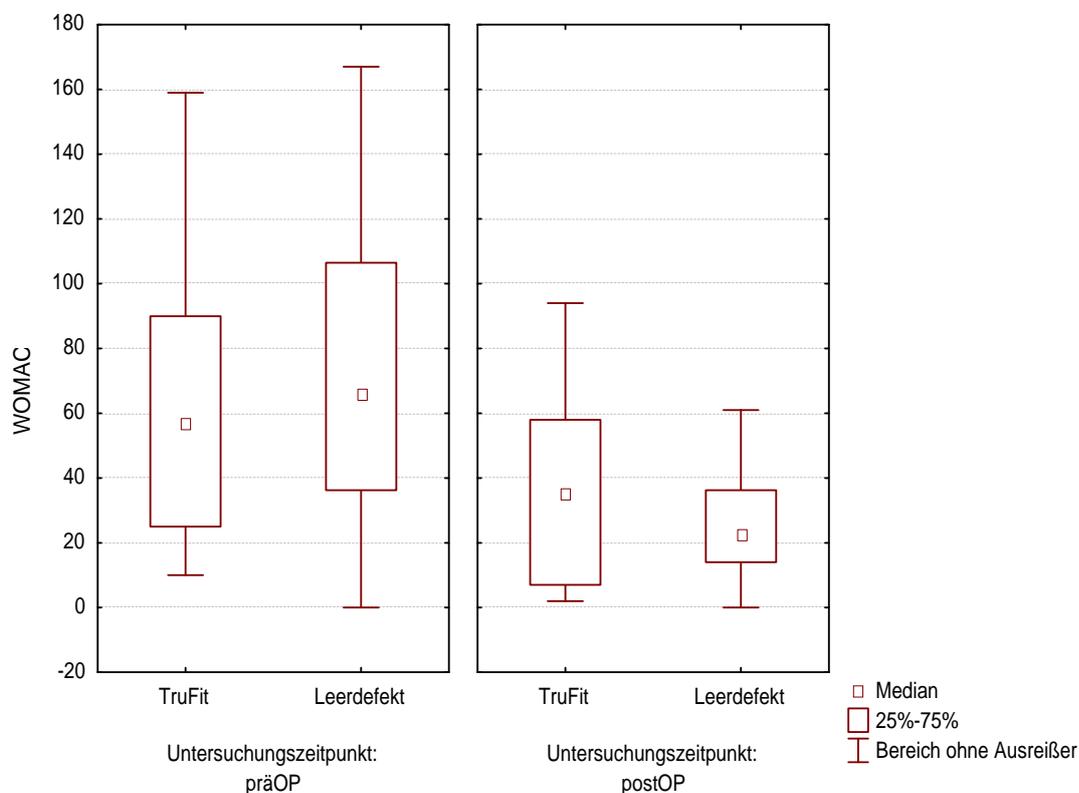


Abb. 12: Veränderung des WOMAC Scores von prä- nach postoperativ innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt).

3.3.1.1 WOMAC Score: Vergleich Studien- vs. Kontrollgruppe

Beim Vergleich der OP Methoden findet sich sowohl präoperativ ($p=0.48$) als auch postoperativ ($p=0.41$) kein signifikanter Unterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe.

3.3.1.2 WOMAC Score: Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe

Vergleicht man Untergruppe I und II und die Kontrollgruppe, so findet sich weder prä- ($p=0.32$) noch postoperativ ($p=0.48$) ein signifikanter Unterschied.

3.3.2 Tegner Score: Ergebnisse

Beim Tegner Score finden sich keine großen Veränderungen von prä- nach postoperativ innerhalb der einzelnen Gruppen.

Tegner	präOP	postOP	p	Signifikanz
Studiengruppe	3.1 (3, 1-4)	3.8 (4, 2-5)	0.083	nein
Untergruppe I	3.1 (3, 1-4)	3.6 (3.5, 2-5)	0.14	nein
Untergruppe II	3.3 (4, 1-4)	4.3 (4, 4-5)	0.5 (Vorzeichentest)	nein
Kontrollgruppe	2.8 (3, 1-4)	3.4 (3, 2-4)	0.02	ja

Tab. 5: Ergebnisse des Tegner Scores (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse.

Beim Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse des Tegner Scores zeigt sich lediglich innerhalb der Kontrollgruppe eine signifikante Änderung mit $p=0.02$.

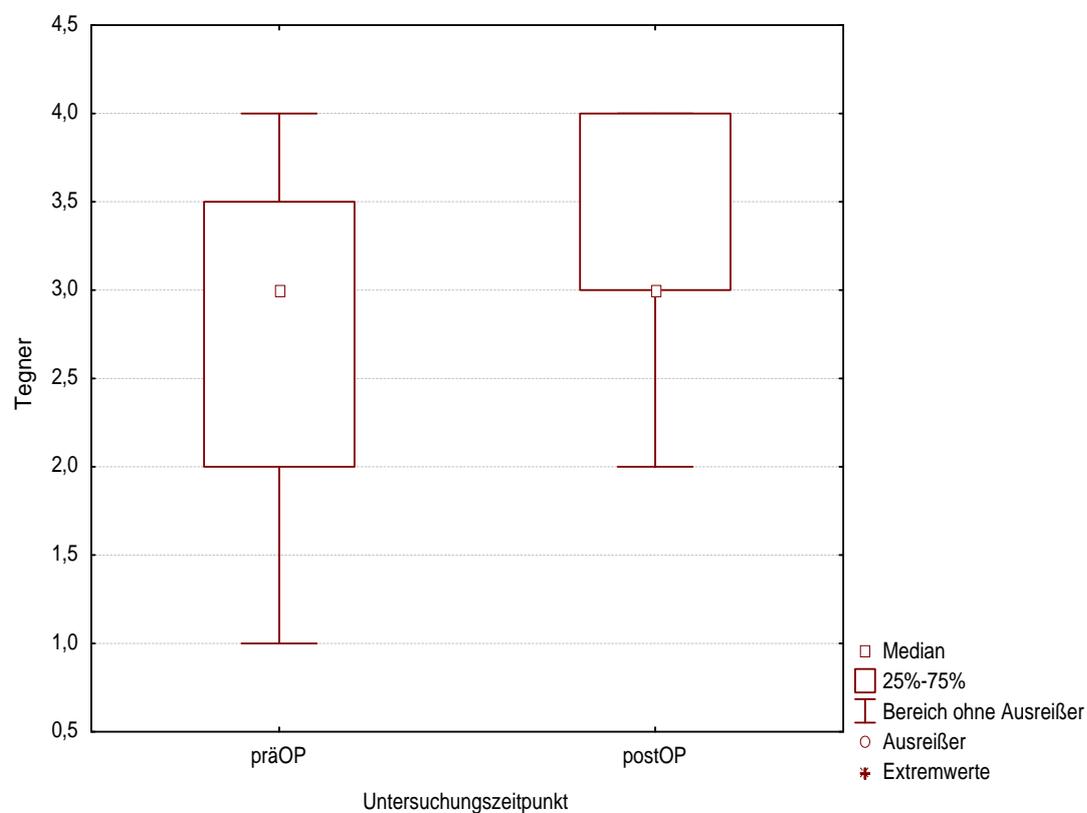


Abb. 13: Veränderung des Tegner Scores von prä- nach postoperativ innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt).

3.3.2.1 Tegner Score: Vergleich Studien- vs. Kontrollgruppe

Beim Vergleich Studiengruppe vs. Kontrollgruppe liegt mit $p=0.212$ präoperativ und mit $p=0.19$ postoperativ kein signifikanter Unterschied vor.

3.3.2.2 Tegner Score: Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe

Werden die Werte der Untergruppen und der Kontrollgruppe jeweils miteinander verglichen, so findet man keinen signifikanten Unterschied von prä- ($p=0.362$) nach postoperativ ($p=0.114$).

3.3.3 Knee Society Score

Ein Anstieg des KSS von prä- nach postoperativ ist in allen Gruppen zu verzeichnen.

KSS	präOP	postOP	p	Signifikanz
Studiengruppe	133.5 (140.0, 78.0-175.0)	170.6 (178.5, 130.0-200.0)	0.001	ja
Untergruppe I	135.9 (142.5, 93.0-175.0)	173.0 (178.5, 130.0-200.0)	0.013	ja
Untergruppe II	127.5 (135.0, 78.0-162.0)	164.5 (168.5, 131.0-190.0)	0.068	nein
Kontrollgruppe	123.9 (127.0, 34.0-200.0)	171.8 (172.5, 140.0-199.0)	0.001	ja

Tab. 6: Ergebnisse des KSS (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse.

Eine signifikante Änderung des KSS von prä- nach postoperativ findet sich innerhalb der Studiengruppe mit $p=0.001$, innerhalb der Untergruppe I mit $p=0.013$ und der Kontrollgruppe mit $p=0.001$.

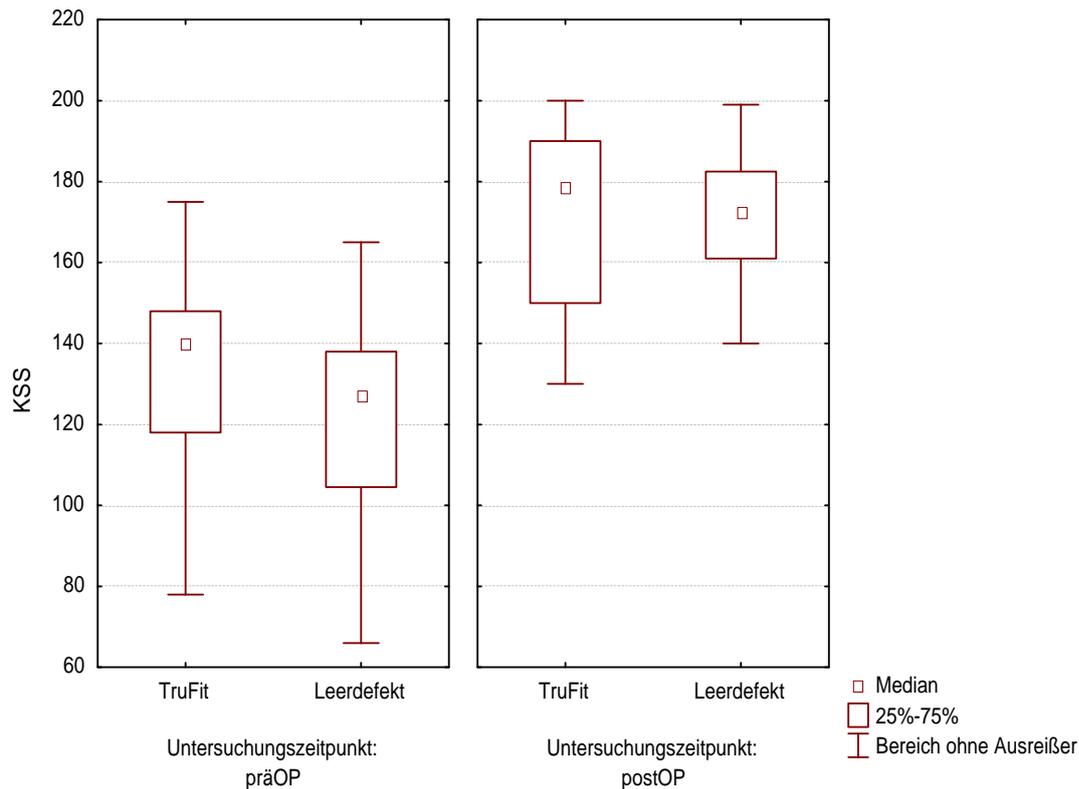


Abb. 14: Veränderung des KSS von prä- nach postoperativ innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt).

3.3.3.1 Knee Society Score: Vergleich Studiengruppe vs. Kontrollgruppe

Vergleicht man Studien- und Kontrollgruppe unterscheiden sich die Gruppen weder prä- ($p=0.33$) noch postoperativ ($p=0.901$) signifikant voneinander.

3.3.3.2 Knee Society Score: Vergleich Studiengruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe

Beim Vergleich der beiden Untergruppen mit der Kontrollgruppe finden sich ebenfalls keine signifikanten Werte (präoperativ $p=0.596$ und postoperativ $p=0.797$).

3.3.4 Visuelle Analoge Schmerzskala

Die Schmerzen bemessen mithilfe der VAS zeigen in allen Gruppen postoperativ einen kleineren Wert als präoperativ.

VAS	präOP	postOP	p	Signifikanz
Studiengruppe	5.5 (5.5, 2.0-9.0)	3.6 (4.0, 0.0-8.0)	0.015	ja
Untergruppe I	5.0 (4.75, 2.0-8.0)	3.6 (4.0, 0.0-8.0)	0.123	nein
Untergruppe II	6.9 (7.25, 4.0-9.0)	3.5 (3.5, 2.0-5.0)	0.068	nein
Kontrollgruppe	5.3 (6.0, 0.0-9.5)	2.4 (2.25, 0.0-6.0)	0.002	ja

Tab. 7: Ergebnisse der VAS (Mittelwert mit Median sowie Minimum und Maximum in Klammern) sowie Vergleich der prä- und postoperativen Ergebnisse.

Innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe ist die Änderung von prä- nach postoperativ mit $p=0.015$ (Studiengruppe) und $p=0.002$ (Kontrollgruppe) signifikant.

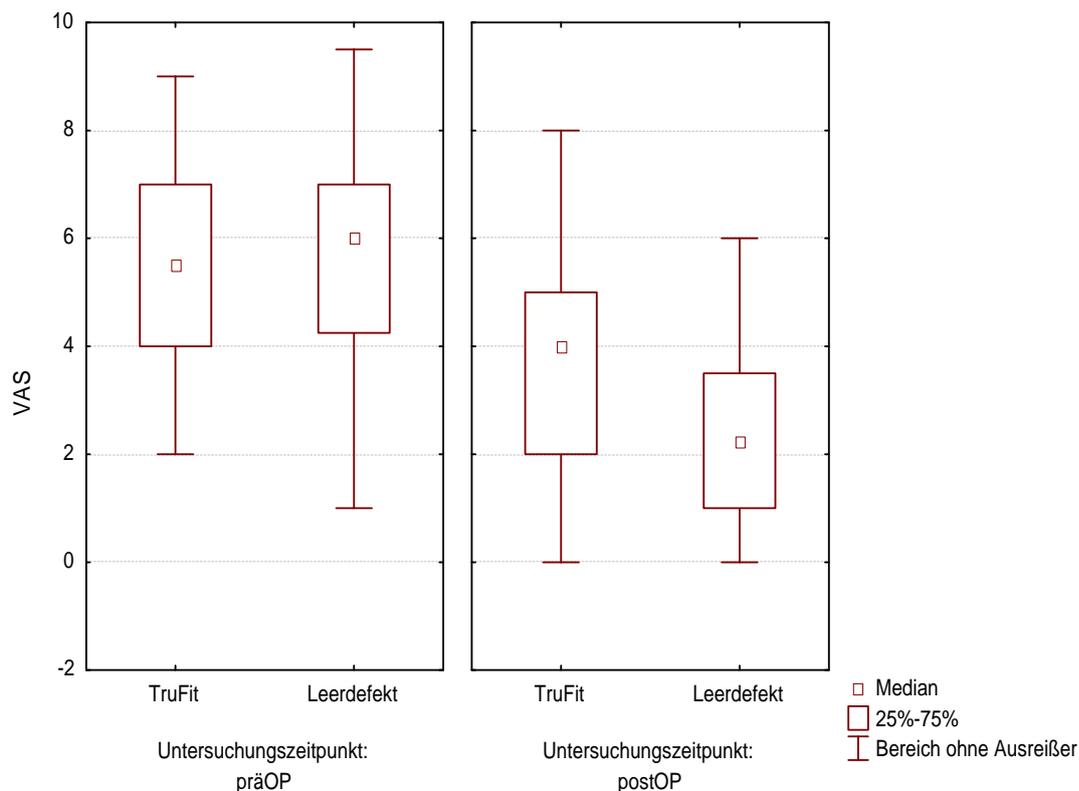


Abb. 15: Veränderung der VAS von prä- nach postoperativ innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt).

3.3.4.1 Visuelle Analoge Schmerzskala: Vergleich Studien- vs. Kontrollgruppe

Beim Vergleich von Studien- und Kontrollgruppe findet sich weder prä- ($p=1.0$) noch postoperativ ($p=0.11$) ein signifikanter Unterschied.

3.3.4.2 Visuelle Analoge Schmerzskala: Vergleich Studiengruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe

Auch beim Vergleich der Untergruppen und der Kontrollgruppe lässt sich kein signifikanter Unterschied feststellen (präoperativ $p=0.4$ und postoperativ $p=0.27$).

3.4 Korrelation einzelner Parameter mit Score-Werten

3.4.1 Alter

Die unten angegebenen Werte prüfen eine Korrelation zwischen Alter bei OP und den prä- und postoperativen Score-Werten jeweils innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe.

Studiengruppe	r	p	Signifikanz
WOMAC präOP	0.021	0.942	nein
WOMAC postOP	0.033	0.91	nein
Tegner präOP	-0.336	0.241	nein
Tegner postOP	-0.054	0.855	nein
KSS präOP	-0.113	0.7	nein
KSS postOP	-0.176	0.547	nein
VAS präOP	0.182	0.533	nein
VAS postOP	0.123	0.675	nein

Tab. 8: Korrelation zwischen Alter und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Studiengruppe (TruFit).

Kontrollgruppe	r	p	Signifikanz
WOMAC präOP	0.066	0.81	nein
WOMAC postOP	0.342	0.195	nein
Tegner präOP	0.213	0.439	nein
Tegner postOP	0.115	0.672	nein
KSS präOP	0.201	0.455	nein
KSS postOP	-0.366	0.163	nein
VAS präOP	-0.216	0.421	nein
VAS postOP	-0.087	0.749	nein

Tab. 9: Korrelation zwischen Alter und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt).

Bei der Korrelation von Alter zum OP-Zeitpunkt mit den einzelnen Score-Werten fand sich weder prä- noch postoperativ innerhalb der Studien- oder Kontrollgruppe ein signifikanter Zusammenhang.

3.4.2 BMI

Es wird ein Zusammenhang zwischen BMI und prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe geprüft.

Studiengruppe	r	p	Signifikanz
WOMAC präOP	0.245	0.398	nein
WOMAC postOP	0.241	0.406	nein
Tegner präOP	0.209	0.474	nein
Tegner postOP	-0.429	0.126	nein
KSS präOP	-0.553	0.04	ja
KSS postOP	-0.126	0.669	nein
VAS präOP	0.168	0.567	nein
VAS postOP	0.460	0.098	nein

Tab. 10: Korrelation zwischen BMI und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Studiengruppe (TruFit).

Kontrollgruppe	r	p	Signifikanz
WOMAC präOP	0.232	0.519	nein
WOMAC postOP	0.357	0.311	nein
Tegner präOP	-0.225	0.532	nein
Tegner postOP	-0.228	0.526	nein
KSS präOP	-0.241	0.502	nein
KSS postOP	-0.583	0.077	nein
VAS präOP	-0.077	0.833	nein
VAS postOP	0.034	0.927	nein

Tab. 11: Korrelation zwischen BMI und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt).

Innerhalb der Studiengruppe konnte eine negative Korrelation zwischen BMI und KSS präOP gefunden werden, die zwar signifikant, aber mit $r=-0.55$ nicht groß ist. Alle anderen Werte sind nicht signifikant und korrelieren nicht.

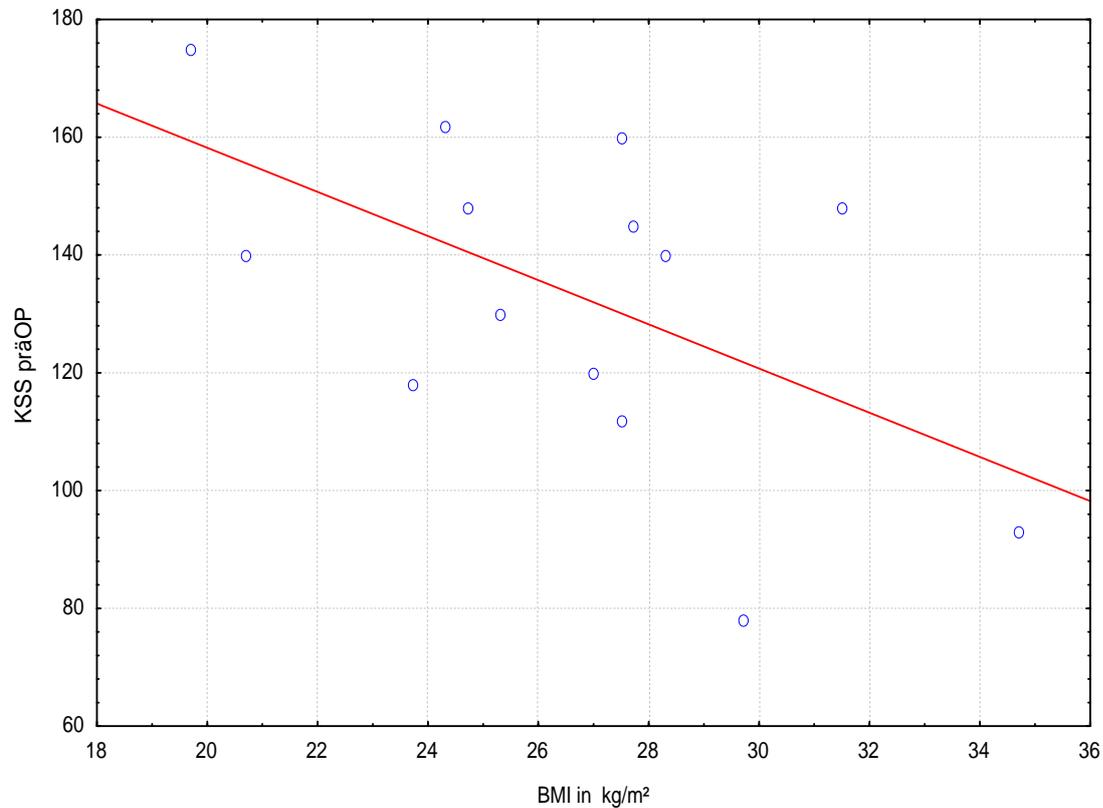


Abb. 16: Darstellung der Korrelation zwischen BMI und KSS präOP innerhalb der Studiengruppe ($r=-0.553$, $p=0.04$).

3.4.3 Defektgröße

Es wurde untersucht, ob eine Korrelation zwischen der Defektgröße und den prä- und postoperativ erhobenen Score-Werten auftrat.

Studiengruppe	r	p	Signifikanz
WOMAC präOP	-0.28	0.333	nein
WOMAC postOP	-0.416	0.139	nein
Tegner präOP	0.109	0.711	nein
Tegner postOP	-0.468	0.092	nein
KSS präOP	0.013	0.966	nein
KSS postOP	0.254	0.381	nein
VAS präOP	-0.3	0.297	nein
VAS postOP	0.186	0.525	nein

Tab. 12: Korrelation zwischen Defektgröße und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Studiengruppe (TruFit).

Kontrollgruppe	r	p	Signifikanz
WOMAC präOP	0.702	0.003	ja
WOMAC postOP	0.402	0.123	nein
Tegner präOP	-0.659	0.006	ja
Tegner postOP	-0.4	0.125	nein
KSS präOP	-0.806	<0.001	ja
KSS postOP	0.143	0.598	nein
VAS präOP	0.456	0.076	nein
VAS postOP	0.027	0.92	nein

Tab. 13: Korrelation zwischen Defektgröße und den prä- und postoperativen Score-Werten innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdefekt).

Innerhalb der Studiengruppe wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen Defektgröße und den Score-Werten festgestellt, während in der Kontrollgruppe eine signifikante Korrelation zwischen Defektgröße und den präoperativen Score-Werten des WOMAC, Tegner und KSS entdeckt wurde.

Zwischen der Defektgröße und dem präoperativen WOMAC Score der Kontrollgruppe spiegelt sich mit $p < 0.01$ eine signifikante Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0.702$ wider.

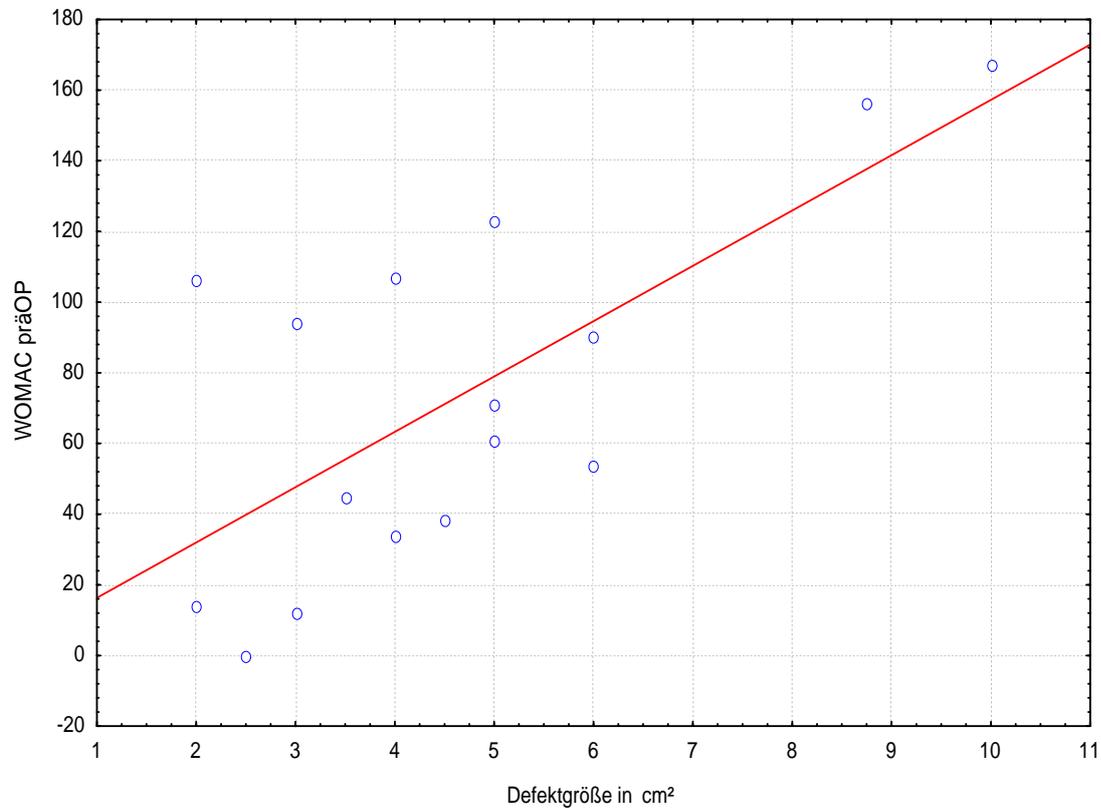


Abb. 17: Darstellung der Korrelation zwischen Defektgröße und WOMAC präOP innerhalb der Kontrollgruppe ($r = 0.702$, $p = 0.003$).

Eine signifikante Korrelation zeigt sich zwischen Defektgröße und präoperativem Tegner Score innerhalb der Kontrollgruppe, der Korrelationskoeffizient ist negativ und beträgt $r=-0.659$.

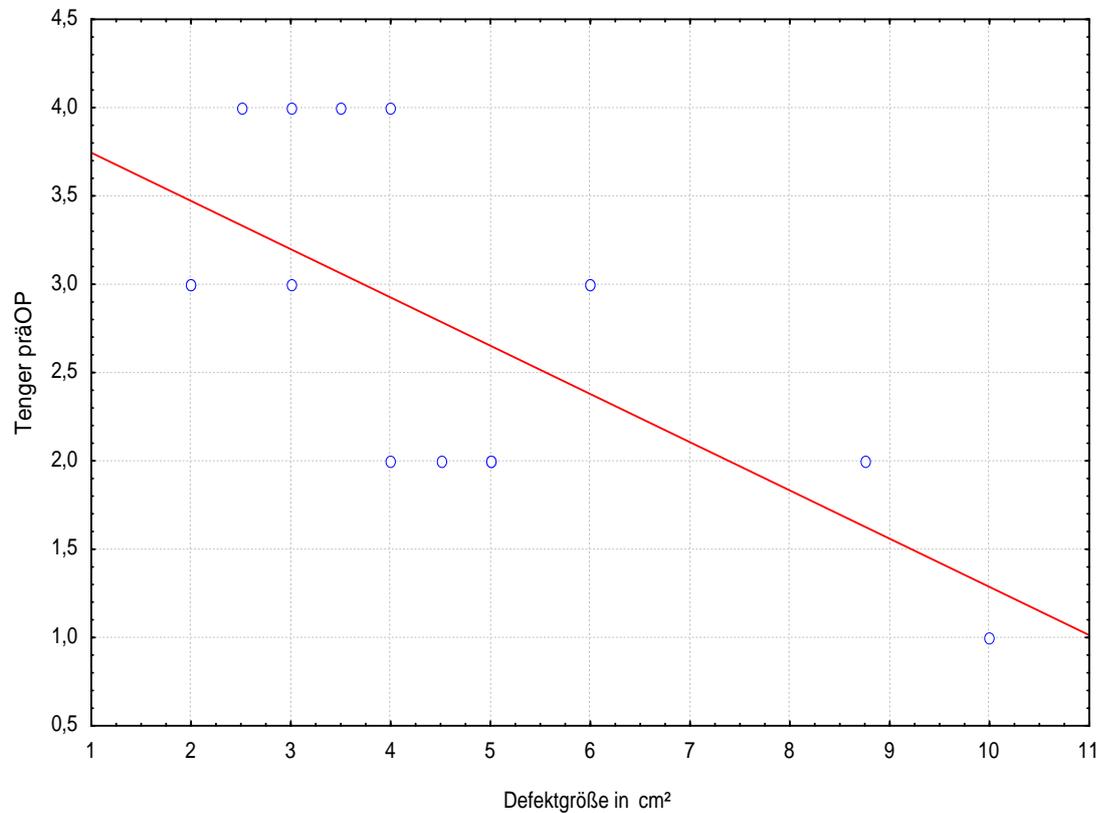


Abb. 18: Darstellung der Korrelation zwischen Defektgröße und Tegner präOP innerhalb der Kontrollgruppe ($r=-0.659$, $p=0.006$).

Mit $p < 0.001$ und $r = -0.806$ zeichnet sich eine signifikante, negative Korrelation zwischen Defektgröße und präoperativ erhobenem KSS innerhalb der Kontrollgruppe ab.

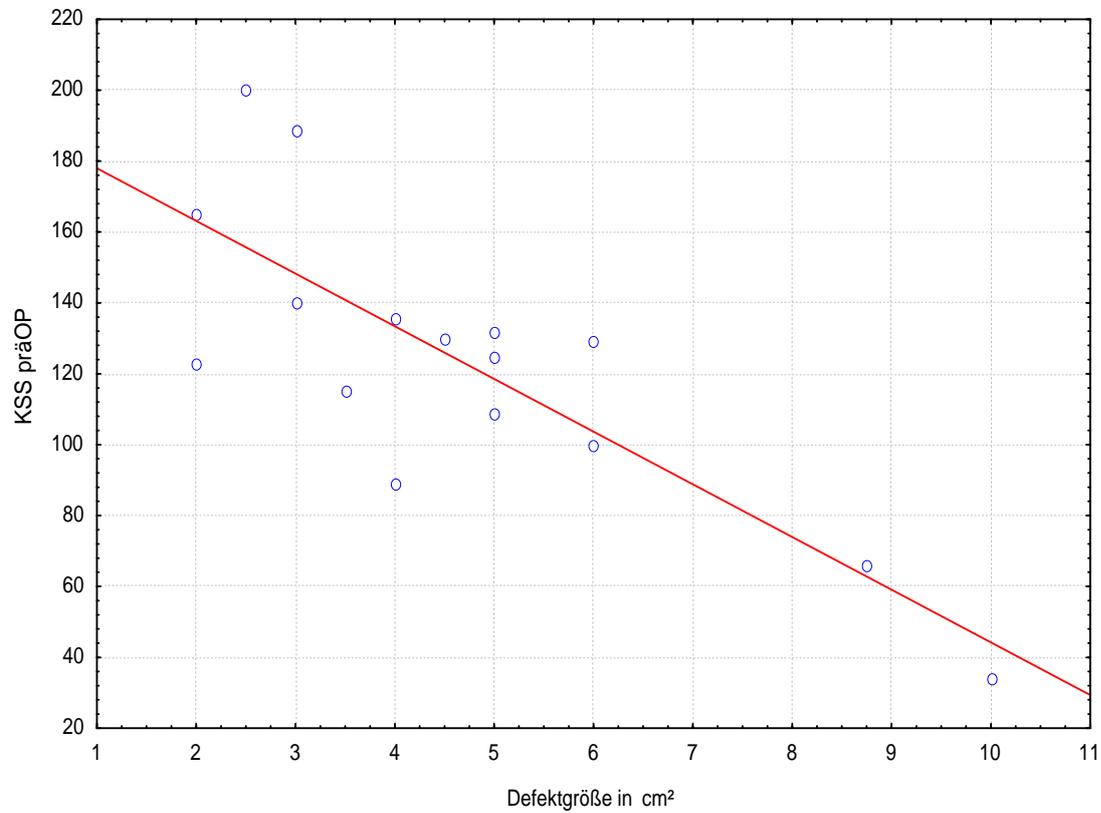


Abb. 19: Darstellung der Korrelation zwischen Defektgröße und KSS präOP innerhalb der Kontrollgruppe ($r = -0.806$, $p < 0.001$).

3.5 Radiologische Ergebnisse

3.5.1 Radiologische Ergebnisse: Studiengruppe (TruFit)

Bei 11 Patienten wurde postoperativ ein MRT durchgeführt. Aufgrund von Termenschwierigkeiten war es bei 3 Patienten nicht möglich, ein MRT durchzuführen. Die MRT's stammen von Patienten mit der Zylinderentnahme aus dem medialen dorsalen Femurkondylus. Bei einem Patienten konnte wegen Artefakten die Empfängerstelle nicht zuverlässig bewertet werden.

Die Zylinder an der Empfängerstelle waren mit guter Oberflächenrekonstruktion homogen integriert. Sämtliche mit TruFit-Zylindern gefüllten Defekte waren nicht vollständig knöchern durchbaut.

Der nach dem modifizierten Henderson Score ermittelte Wert der Entnahmestelle betrug 18 (14-20) Punkte, der der Transplantatstelle 12 (9-18) Punkte.

Patient	Entnahmestelle	Empfängerstelle
1	18	11
2	19	12
3	19	13
4	19	10
5	14	9
6	18	10
7	18	18
8	20	16
9	14	12
10	18	9
11	16	

Tab. 14: MRT-Bewertung nach dem modifizierten Henderson Score (Henderson et al. 2003) der Studiengruppe.

3.5.2 Radiologische Ergebnisse: Kontrollgruppe (Leerdefekt)

Bei 14 Patienten wurde im Rahmen der Nachuntersuchung eine MRT-Bildgebung durchgeführt. Bei den übrigen Patienten war aufgrund eines Wohnortswechsels oder Termenschwierigkeiten keine MRT-Untersuchung möglich. Bei allen Patienten dieser Gruppe war die Zylinderentnahme aus dem medialen dorsalen Femurkondylus erfolgt. Bei einem Patienten liegt die Empfängerstelle am Humerus, da nur ein MRT des Kniegelenks durchgeführt wurde, existiert hier kein Wert der Empfängerstelle.

Im MRT waren bei allen Patienten sämtliche Zylinder homogen und mit guter Rekonstruktion der Gelenkfläche integriert. Die Entnahmedefekte waren bis auf eine Ausnahme von Knochengewebe aufgefüllt, jedoch ohne vollständige Heilung.

Im modifizierten Henderson Score wurden an der Entnahmestelle durchschnittlich 18 (12-23) Punkte und an der Empfängerstelle 11 (8-13) Punkte erzielt.

Patient	Entnahmestelle	Empfängerstelle
1	12	10
2	20	13
3	22	13
4	18	11
5	13	11
6	19	10
7	15	13
8	18	9
9	23	
10	17	9
11	17	11
12	18	8
13	22	13
14	22	13

Tab. 15: MRT-Bewertung nach dem modifizierten Henderson Score (Henderson et al. 2003) der Kontrollgruppe.

3.5.3 Radiologische Ergebnisse: Vergleich Entnahme- vs. Empfängerstelle zwischen Studien- und Kontrollgruppe

Insgesamt konnte beim Vergleich der beiden OP-Verfahren kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Entnahmestelle $p=0.687$ und Transplantatstelle $p=0.57$).

3.5.4 Radiologische Ergebnisse: Vergleich Entnahme- vs. Empfängerstelle innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe

Vergleicht man hingegen Entnahme- und Empfängerstelle, so findet sich ein signifikanter Unterschied in beiden Gruppen (Studiengruppe $p=0.002$ und Kontrollgruppe $p<0.001$).

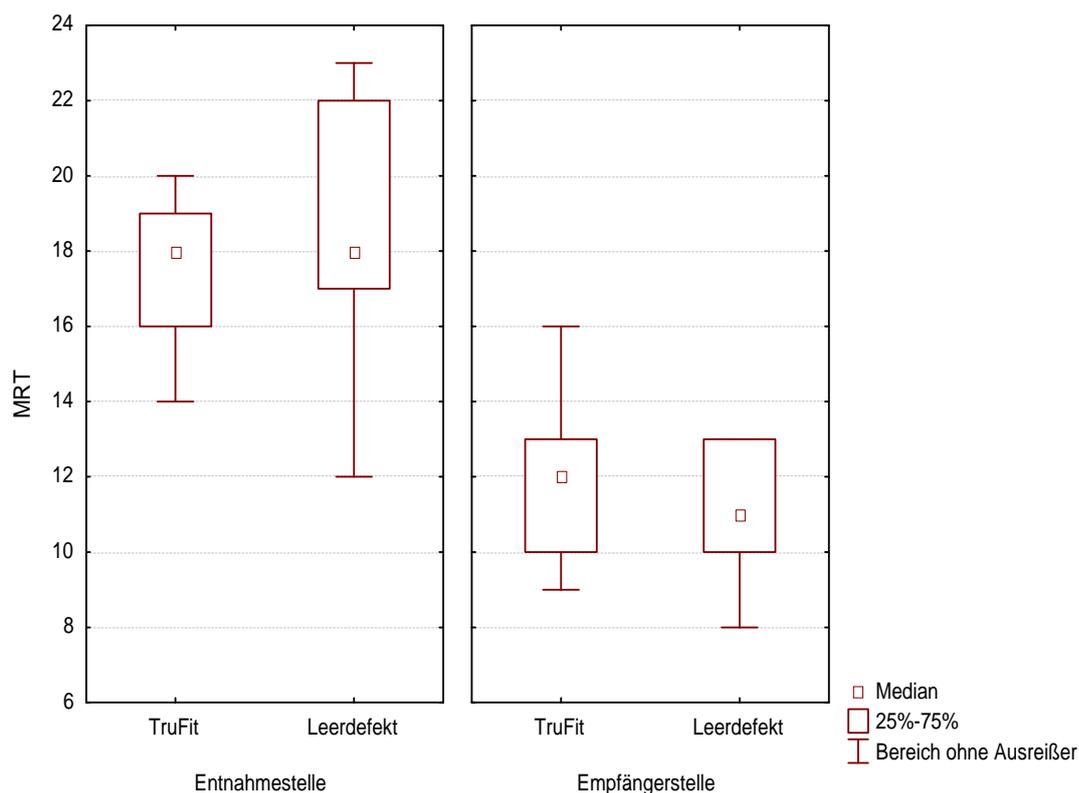


Abb. 20: Vergleich der MRT-Ergebnisse von Entnahme- und Empfängerstelle innerhalb der Studiengruppe (TruFit) und Kontrollgruppe (Leerdefekt).

4. DISKUSSION

Ein Knorpeldefekt stellt einen Prädispositionsfaktor für die Entwicklung einer Arthrose dar (Hönle et al. 2007, Imhoff und König 2003). Bis heute sind die Therapien von Knorpelschäden jedoch eine große Herausforderung und Gegenstand zahlreicher Studien.

Eine Therapieoption bietet die autologe osteochondrale Transplantation (OCT). Bei der OCT wird ein oder werden mehrere Zylinder aus einem weniger belasteten Areal des Kniegelenks entnommen und in den Knorpeldefekt eingesetzt. Sie ist derzeit die einzige Therapie, bei der hyaliner Knorpel im Defektareal zu finden ist.

Bezüglich des Überlebens der transplantierten Zylinder und des hyalinen Gelenkknorpels ist bislang folgendes bekannt: Chow et al. (Chow et al. 2004) führten 6-15 Monate postoperativ eine Arthroskopie bei 9 ihrer Patienten durch und fanden bei 77.8% eine komplette Heilung der eingesetzten Zylinder. Die Zylinder waren fest und wiesen dieselbe Elastizität und Farbe wie das umliegende Gewebe sowie eine gute Oberflächenkongruenz auf. Bei den übrigen Patienten zeigten sich Fibrillation des transplantierten Knorpels sowie faserknorpelartiges Gewebe zwischen den Transplantaten und dem umliegenden Knorpel. In entnommenen Biopsien konnte in 77.8% normaler hyaliner Knorpel nachgewiesen werden, bei den restlichen Gewebeproben offenbarte sich degenerativer Knorpel.

In einer weiteren Studie arthroskopierten Hangody et al. (Hangody et al. 1997) 10 ihrer Patienten 12 Wochen bis 3.5 Jahre nach OCT. Es wurde kein Verlust der transplantierten Zylinder beobachtet und 60% der durchgeführten Biopsien zeigten das Überleben des hyalinen Knorpels an der Empfängerseite. Auch Jakob et al. (Jakob et al. 2002) fanden nach 1 Jahr in durchgeführten Biopsien hyalinen Knorpel im transplantierten Gewebe, deren Lücken mit Faserknorpel gefüllt waren. Die Oberfläche war etwas inhomogen, der Knorpel jedoch mechanisch voll belastbar. In einem Fallbericht von Rose et al. (Rose et al. 2000) zeigte sich 6 Monate postoperativ in der Arthroskopie eine gute Transplantatintegration mit kongruenter Gleitfläche. Das Transplantat war vital und vom ortständigen Knorpel abgrenzbar.

In einer morphologischen Untersuchung an Ziegen fanden Lane et al. (Lane et al. 2004) nach 6 Monaten einen Spalt zwischen Transplantat und umliegendem Gewebe ohne Integration zwischen beiden. Tibesku et al. (Tibesku et al. 2004) konnten in

einer Studie an 4 Schafen nach 3 Monaten zwar ein komplettes Einwachsen des knöchernen Anteils des Transplantates zeigen, allerdings keine Heilung oder Einwachsen des Transplantatknorpels. Stattdessen wies dieser histologisch Zeichen von Degeneration auf. Tibesku und Mitarbeiter weisen darauf hin, dass nach diesen Erkenntnissen Langzeitergebnisse der OCT kritisch verfolgt werden sollten. Die Frage nach einem langfristigen Überleben des hyalinen Knorpels ist somit noch nicht abschließend geklärt. Die guten klinischen Langzeitergebnisse wie beispielsweise in einer Studie von Laprell und Petersen (Laprell und Petersen 2001) mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 6-12 Jahren nach OCT lassen jedoch vermuten, dass sich die Transplantate gut integrieren und vital bleiben.

Vor allem sollte auch die Spenderseite mit möglicherweise entstehender Entnahmemorbidity genau beobachtet und weiter untersucht werden (Agneskirchner et al. 2002, Ahmad et al. 2002, LaPrade und Botker 2004). In Arthroskopien und histologischen Untersuchungen wurde eine Füllung der Entnahmestelle mit Faserknorpel (Chow et al. 2004, Hangody et al. 2001), fibrösem Bindegewebe (Imhoff et al. 1999) oder Granulationsgewebe (Rose et al. 2000) nachgewiesen, welche allesamt minderwertiges (Knorpel-) Gewebe darstellen.

Um eine mögliche Entnahmemorbidity, die in der Literatur mit bis zu 50% (Valderrabano et al. 2009) angegeben wird, zu verringern, verwendeten wir künstliche Knorpel-Knochen-Zylinder (OBI TruFit Plugs) der Firma Smith & Nephew zum Einsatz in den Entnahmedefekt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einsatz von TruFit Plugs klinisch und radiologisch zu evaluieren. Insbesondere sollte geprüft werden, ob sie einen Vorteil gegenüber einem Leerdefekt bringen und die Entnahmemorbidity durch die Implantation von TruFit-Zylindern reduziert werden kann. Zusätzlich wurde untersucht, ob sich der mediale dorsale Femurkondylus als Zylinderentnahmeort eignet und ob Defektgröße, BMI und Alter des Patienten einen Einfluss auf das klinische Ergebnis haben.

Die ursprüngliche Indikation zur Durchführung einer OCT hat sich von der Osteochondritis dissecans (Wagner 1972) auf folgende erweitert: fokale chondrale und osteochondrale Defekte der gewichtstragenden Gelenkoberfläche des Knies, Degeneration, akutes Trauma, posttraumatische Läsionen des Kniegelenks,

M. Ahlbeck und femoropatellare Arthrose (Lüring et al. 2004, Hangody et al. 2004, Anders et al. 2001, Jakob et al. 2002). Auch finden sich in der Literatur zahlreiche Beschreibungen von Behandlung (osteo-) chondraler Läsionen an anderen Gelenken wie Talus (Baltzer und Arnold 2005, Martinek et al. 2003, Paul et al. 2009, Schöttle et al. 2001, Valderrabano et al. 2009), Humerus (Imhoff et al. 1999), Ellenbogen (Iwasaki et al. 2006), Tibia (Rose et al. 2005) und Hüfte (Hart et al. 2003) mittels OCT.

Insgesamt sind die Indikationen für eine OCT jedoch relativ eng gehalten und die Grenzen der Operation werden deutlich. Tumor, Infektionen, generalisierte oder rheumatoide Arthritis, Osteoarthritis gelten u.a. als Kontraindikationen der OCT (Hangody et al. 2004).

Weitere Faktoren werden als Einflussgröße auf das postoperative Ergebnis diskutiert. Ob Parameter wie Alter des Patienten, BMI oder Größe des Knorpelschadens einen Einfluss auf das Operationsergebnis haben, soll im folgenden dargestellt werden.

Hangody et al. (Hangody et al. 2004) geben als Indikation beispielsweise ein Alter jünger als 50 Jahre an, in anderen Publikationen wird die obere Altergrenze sogar bei 45 Jahren empfohlen (Imhoff et al. 1999). Marcacci et al. (Marcacci et al. 2005), Al-Shaikh et al. (Al-Shaikh et al. 2002) und Gudas et al. (Gudas et al. 2005) beobachten bessere postoperative Ergebnisse bei jüngeren als bei älteren Patienten, während Paul et al. (Paul et al. 2009), Reddy et al. (Reddy et al. 2007) und Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) keinen Einfluss des Patientenalters auf die klinischen Scores feststellen. Dies entspricht den hier dargestellten Ergebnissen. Es wurde eine OCT bei Patienten im mittleren Alter von 36.3 Jahren (Studiengruppe) und 39.7 Jahren (Kontrollgruppe) durchgeführt, allerdings keine Korrelation zwischen Alter bei OP und Operationsergebnis gefunden.

In der Literatur bislang kaum zu finden ist ein möglicher Zusammenhang zwischen BMI und Operationsergebnis. Einzig Paul et al. (Paul et al. 2009) beschreiben eine negative Korrelation zwischen hohem BMI und dem Lysholm Score, jedoch kein Zusammenhang zwischen BMI und WOMAC Score bei einem kurzen Nachuntersuchungszeitraum. Bei einem längeren postoperativen Nachuntersuchungsintervall von mindestens 2 Jahren beobachten sie einen negativen Zusammenhang zwischen hohem BMI und beiden Scores.

In vorliegender Studie lag der durchschnittliche BMI bei 26.6 kg/m² in der Studiengruppe und bei 27.1 kg/m² in der Kontrollgruppe. Präoperativ fand sich eine negative Korrelation zwischen BMI und KSS innerhalb der Studiengruppe, postoperativ konnte jedoch kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Ein hoher BMI stellt somit keinen negativen Einfluss auf das postoperative Ergebnis dar. Ob sich ein Zusammenhang zwischen hohem BMI und schlechter Kniefunktion vor der Operation nach oben dargestellter Korrelation vermuten lässt, bedarf weiterer Untersuchungen.

Die Größe der chondralen oder osteochondralen Läsion stellt ein Limit der OCT dar. Welche zu behandelnde Defektgröße allerdings die Grenze ist, darüber herrschen in der Literatur unterschiedliche Auffassungen.

Hangody et al. (Hangody et al. 2004) geben als ideale Defektgröße einen Durchmesser zwischen 1 und 4 cm² an. Eine Defektgröße von < 4 cm² sehen viele Autoren als ideal (Braun et al. 2007, Gudas et al. 2005, Pietsch und Hofmann 2007, Schöttle et al. 2001). Jakob (Jakob 2000) und Anders et al. (Anders et al. 2001) geben eine max. Größe von 3 cm² an. In einer Umfrage von Lüring et al. (Lüring et al. 2004) sehen 84.9% der Befragten ebenfalls eine Defektgröße bis zu 3 cm² als Indikation für die OCT, Marcacci et al. (Marcacci et al. 2005) sogar nur bis 2.5 cm². Auch Cole et al. (Cole et al. 2009) empfehlen in dem von ihnen aufgestellten Algorithmus zur Behandlung von Knorpeldefekten die OCT bei kleinen Läsionen von anspruchsvollen Patienten oder Patienten, bei denen eine Knochenmarksstimulierung versagt hat. Bei Läsionen größer als 2.5 cm² sollte ihrer Meinung nach ein Allograft zum Einsatz kommen oder eine autologe Chondrozytentransplantation durchgeführt werden.

Meenen und Rischke (Meenen und Rischke 2003) hingegen führten eine OCT bei Defekten zwischen 1-9 cm² durch und berichten bei Patienten mit Osteochondritis dissecans und traumatisch bedingten Knorpelläsionen nach 56 Monaten von guten klinischen Ergebnissen. Bei Patienten mit vorbestehender halbseitiger Gonarthrose waren nach 56 Monaten nur 46% beschwerdefrei, 31% zeigten eine Beschwerdebesserung, während 23% mit dem Resultat nicht zufrieden waren. 2 von ihnen (8%) wurden später mit einem alloplastischen Gelenkersatz versorgt. Diese Patienten hatten einen ausgedehnten Befund von > 9 cm² aufgewiesen. Dies wirft die Frage auf, ob sehr große Läsionen einen Effekt auf das Ergebnis haben könnten.

Keinen sicheren Zusammenhang zwischen Defektgröße und klinischen Ergebnissen finden Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) bei einem relativ kurzen Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 12 Monaten. Mit einer durchschnittlichen Defektgröße von 2.2 cm² fallen ihre Patienten jedoch auch bei der kleinsten empfohlenen Defektgröße von 2.5 cm² (Marcacci et al. 2005, Cole et al. 2009) in den Indikationsrahmen für eine OCT. Die maximale Defektgröße von bis zu 6 cm² hingegen stellt bei fehlender nachgewiesener Korrelation zum Endergebnis die oben genannte Vermutung, dass große Ausgangsdefekte einen Einfluss auf das Ergebnis haben könnten, wieder infrage.

In der hier durchgeführten Studie wurde eine präoperative Korrelation zwischen der Defektgröße und WOMAC, Tegner und KSS festgestellt, die darauf hinweisen, dass je größer der Defekt ist, desto schlechter die Kniefunktion vor der Operation.

Vor allem von Interesse war allerdings der postoperative Zusammenhang zwischen den Score-Werten und der Defektgröße. Entsprechend den Beobachtungen von Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) wurde keine Korrelation gefunden. Bei einer signifikanten Änderung der Score-Werte von prä- nach postoperativ innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe lässt sich festhalten, dass die OCT auch bei größeren Defekten (in vorliegender Studie mit Mittelwerten um 4.0 cm² in der Studiengruppe und 4.6 cm² in der Kontrollgruppe, insgesamt zwischen 1.5 cm² und 10.0 cm²) eine adäquate Behandlungsmöglichkeit darstellt.

Es gibt verschiedene Orte, die zur Entnahme der Spenderzylinder aus dem Kniegelenk in Betracht kommen. Braun et al. (Braun et al. 2007) bezeichnen den Bereich der proximalen lateralen und medialen Trochlea als besonders geeignet zum Transfer in die Belastungszone des Femurkondylus. Diese Entnahmestelle lässt sich in zahlreichen anderen Veröffentlichungen finden (Ahmad et al. 2002, Cole et al. 2009, Jakob 2000, Jakob et al. 2002, LaPrade und Botker 2004). Auch eine Entnahme der Zylinder aus der Notch (Ahmad et al. 2002, Chow et al. 2004, Jakob et al. 2002), aus dem ipsilateralen Femurkondylus auf Höhe des Sulcus terminalis (Haklar et al. 2008), aus dem medialen oder lateralen proximalen Femurkondylus (Schöttle et al. 2001) und der lateralen Patella (Outerbridge et al. 1995, Outerbridge et al. 2000) wird beschrieben.

Laprell und Petersen (Laprell und Petersen 2001) berichten über die Entnahme der Spenderzylinder aus dem medialen oder lateralen dorsalen Femurkondylus mit guten klinischen Ergebnissen.

In vorliegender Studie wurde bei 10 Patienten aus der Studiengruppe (Untergruppe I) der mediale dorsale Femurkondylus als Zylinderentnahmeort genutzt, in der Kontrollgruppe bei allen 16 Patienten. Bei den übrigen 4 Patienten aus der Studiengruppe (Untergruppe II) wurde die Zylinder aus der medialen Notch, der medialen Trochlea oder dem medialen Gleitlager entnommen. Beim Vergleich der Entnahmestellen (Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe) wurde bei keinem der Scores ein signifikanter Unterschied gefunden.

Bei keinem Patienten innerhalb der Studiengruppe (Untergruppe I und II) wurde eine Entnahmemorbidity festgestellt. Eine temporäre und eine persistierende Entnahmemorbidity ließen sich jedoch innerhalb der Kontrollgruppe nachweisen.

Der Patient mit transienten Entnahmebeschwerden im Kniegelenk (3 cm² große osteochondrale Läsion an der Schulter) beklagte ein Schnappen in der medialen Kniekehle bei Beugung über 90°, das nach einem halben Jahr verschwand. Am ehesten war ein Impingement des Innenmeniskushinterhorns mit den Entnahmedefekten Ursache der Beschwerden. Bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr konnte der Patient wieder ohne Probleme in die Hocke gehen und das MRT zeigte eine fast vollständige Gewebefüllung der Entnahmedefekte.

Der Patient mit der über 1 Jahr andauernden Entnahmemorbidity beklagte Schmerzen beim In-die-Hocke-Gehen oder beim Steigen auf eine Leiter. Bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr fiel an der Entnahmestelle ein 1 cm x 1 cm großer Defekt an der Entnahmestelle auf, der vermutlich als Ursache für die Beschwerden gilt. Ursprünglich hatte bei diesem Patienten ein sehr großer Ausgangsdefekt von > 8 cm² bei M. Ahlbeck bestanden. Als Lagerist ist der Patient jedoch voll arbeitsfähig. Diese Erfahrungen decken sich mit der Einschätzung anderer Autoren (Lüring et al. 2004), dass insbesondere bei großen Defekten ein höheres Risiko für die Entwicklung einer Entnahmemorbidity bestehen könnte.

Bis auf den oben beschriebenen Fall ließ sich in vorliegender Studie allerdings keine persistierende Entnahmemorbidity festhalten. Hieraus lässt sich ableiten, dass sich der mediale dorsale Femurkondylus bei insgesamt guten klinischen Ergebnissen als Entnahmeort der Zylinder eignet.

Im Allgemeinen berichten viele Autoren über gute bis hervorragende Ergebnisse nach OCT.

Nach arthroskopischer OCT erreichten Chow et al. (Chow et al. 2004) bei 83% der Patienten 4 Jahre postoperativ und Marcacci et al. (Marcacci et al. 2005) bei 78.3% 2 Jahre postoperativ gute bis sehr gute Ergebnisse. Ebenfalls gute bis sehr gute Ergebnisse nach offener OCT konnten Gudas et al. (Gudas et al. 2005) sogar bei 96% der Patienten nach durchschnittlich 37.1 Monaten und Hangody et al. (Hangody et al. 2001) bei 92% nach Transplantatimplantation in den Femurkondylus, bei 87% nach tibialer Implantation, bei 79% nach OCT in Patella oder Trochlea, bei 94% nach OCT in den Talus nach 3-7 Jahren nachweisen. Öztürk et al. (Öztürk et al. 2006) berichten bei 27% ihrer 17 nachuntersuchten Patienten von exzellenten, bei 58% von guten und 15% von mäßigen Ergebnissen nach 2-7 Jahren.

Atik et al. (Atik et al. 2005) beobachten Schmerzfreiheit bei 85% der Patienten bei Nachuntersuchung nach 2-6 Jahren nach osteochondralem multiplen Autografttransfer. Ein gleiches oder sogar gesteigertes Sportlevel weist Jakob (Jakob 2000) nach 2 Jahren bei 75% seiner untersuchten Patienten nach OCT nach und halten eine Steigerung der subjektiven Bewertung des Kniegelenks von 45% präoperativ auf 85% postoperativ fest. Auch Outerbridge et al. (Outerbridge et al. 2000) berichten von einer Verbesserung der Kniefunktion in ihrer Studie bei allen Patienten nach 6.5 Jahren mit einer Rückkehr zu ihrem normalen Lebensstil mit minimaler oder keiner Einschränkung. 81% von ihnen wiesen ein hohes postoperatives Funktionslevel des Kniegelenks auf.

In ihrer Studie nach OCT bei 69 Patienten geben Solheim et al. (Solheim et al. 2010) den Grad der Zufriedenheit mit der OP mit 70 an und halten fest, dass 88% der Patienten die OP nochmals machen würden. Insgesamt beobachten sie eine Verbesserung der Symptome und Funktion des Kniegelenks bei einem kurzen und mittleren Follow-up von einem Jahr, nach 5-9 Jahren jedoch eine Verschlechterung der Ergebnisse im Vergleich zu den Resultaten nach 12 Monaten.

Meenen und Rischke (Meenen und Rischke 2003) berichten, dass ihre untersuchten Patienten mit Osteochondrosis dissecans und traumatisch bedingten Knorpelläsionen nach 56 Monaten vollkommen beschwerdefrei waren und Beruf und Sport ohne Einschränkung nachgehen konnten. Bei Patienten mit vorbestehender halbseitiger Gonarthrose waren nach 56 Monaten 46% beschwerdefrei, bei 31% zeigte sich eine Beschwerdebesserung, während 23% mit dem Resultat nicht

zufrieden waren. Bei einem Teil dieser Patienten (8%) handelte es sich um einen sehr ausgedehnten Ausgangsbefund ($> 9 \text{ cm}^2$) und später erfolgte eine Versorgung mit einem alloplastischen Gelenkersatz.

Bei guten klinischen Ergebnissen bezeichnen Martinek et al. (Martinek et al. 2003) bei richtiger und frühzeitiger Indikation die OCT als beste Alternative für sportlich aktive Patienten zur Behandlung osteochondraler Defekte am oberen Sprunggelenk, wie z.B. Talus-Osteonekrose. Auch Valderrabano et al. (Valderrabano et al. 2009) erzielen bei Läsionen im Sprunggelenk 72 Monate nach OCT bei 12 Patienten gute bis exzellente Ergebnisse in 92% und in 8% jedoch schlechte Ergebnisse.

Rose et al. (Rose et al. 2005) erwähnen in einem Fallbericht über eine OCT bei posttraumatischem Defekt des lateralen Tibiaplateaus, dass der Patient nach 2 Jahren die meisten täglichen Aktivitäten durchführen und wieder Sport treiben konnte.

Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen in fast allen Fällen bei beiden OP-Methoden eine signifikante Verbesserung der Score-Werte von prä- nach postoperativ.

Die Werte des WOMAC Scores, der im weitesten Sinne die Alltagstauglichkeit des Patienten widerspiegelt, zeigen einen signifikanten Unterschied von prä- nach postoperativ (Studiengruppe von 62.0 präoperativ auf 38.8 postoperativ, Kontrollgruppe von 73.3 präoperativ auf 26.1 postoperativ). Insgesamt weisen die Werte auf eine gute Kniefunktion und geringe Morbidität hin. Es zeigt sich also eine deutliche Verbesserung bei täglichen Aktivitäten, was für die Patienten im Allgemeinen eine Steigerung der Lebensqualität bedeuten sollte.

Der Tegner Score gibt recht zuverlässig das Aktivitätslevel der Patienten mit einer intrapersonellen Differenz von 3% und einer interpersonellen Differenz von 4% an (Tegner et al. 1985).

Der Mittelwert innerhalb der Studiengruppe verbessert sich von 3.1 präoperativ auf 3.8 postoperativ, während der Mittelwert der Kontrollgruppe sich von 2.8 vor der Operation auf 3.4 nach der Operation ansteigt. Insgesamt weist die Kontrollgruppe, nicht jedoch die Studiengruppe, eine signifikante Änderung von prä- nach postoperativ auf.

Auch wenn eine signifikante Veränderung von prä- nach postoperativ nur innerhalb der Kontrollgruppe nachgewiesen werden kann, so liegt das mittlere postoperative Aktivitätslevel bei beiden Gruppen annähernd in den Kategorien 3 und 4 des Tegner

Scores. Kategorie 3 ist definiert als leichte Arbeit, Wettkampf- und Freizeitsport und Gehen im Wald möglich. Bei Kategorie 4 sollte der Patient mittelschwere Arbeit verrichten und mindestens zweimal pro Woche Freizeitsport ausüben. Betrachtet man diese Aktivitätslevel, sind sie bei einem durchschnittlichen Bevölkerungskollektiv als nicht schlecht zu bewerten. Ob tatsächlich der Knorpelschaden und damit einhergehende Einschränkungen für das Aktivitätslevel verantwortlich sind und sich dieses bei einem besseren Funktionsstatus des Kniegelenks ändern würde, ist in Frage zu stellen.

Der Knee Society Score wiederum weist in beiden Gruppen eine signifikante Änderung von prä- (Studiengruppe 133.5, Kontrollgruppe 123.9) nach postoperativ (Studiengruppe 170.6, Kontrollgruppe 171.8) auf. In beiden Gruppen zeigt sich eine deutliche Verbesserung des Wertes, welche auf gute postoperative Ergebnisse in Bezug auf eine Gesamtbeurteilung des Knies mit subjektiven und objektiven Parametern schließen lässt. Es fließen Schmerzintensität, Stabilität und Gehfunktion des Kniegelenks in den Score mit ein. Die Werte bei einem gesunden Normalkollektiv mit einem Durchschnittsalter von 65.5 Jahren sind mit 177.6 Punkten ähnlich wie die Werte der Patienten nach OCT in den hier untersuchten Gruppen (Brinker et al. 1997). Kritisch ist hier jedoch zu sehen, dass die Patienten in vorliegender Studie mit durchschnittlich 36.3 Jahren innerhalb der Studiengruppe und 39.7 Jahren innerhalb der Kontrollgruppe deutlich jünger waren.

Die Visuelle Analoge Schmerzskala als allgemein anerkanntes und gebräuchliches Messinstrument zur Objektivierung von Schmerzen zeigt in beiden Gruppen eine signifikante Änderung von 5.5 in der Studiengruppe und 5.3 in der Kontrollgruppe präoperativ auf 3.6 in der Studiengruppe und 2.4 in der Kontrollgruppe postoperativ. Auch hier spiegelt sich die Verbesserung der Schmerzen durch die OCT wider und die Punktzahlen sind ähnlich zu anderen in der Literatur angegebenen Werten. So verzeichnen Solheim et al. (Solheim et al. 2010) beispielsweise einen Rückgang der Schmerzen nach OCT bei 69 Patienten von 62 (auf unserer Skala 6.2) präoperativ auf 24 (auf unserer Skala 2.4) nach 1 Jahr nach OP. Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) erheben ein Jahr nach OCT bei 9 ihrer Patienten einen Werte zwischen 0 und 1, bei 7 einen Wert zwischen 2 und 4 und nur 1 mal einen Wert zwischen 5 und 6. Somit finden sich leicht bessere Ergebnisse bei jedoch deutlich kleineren Läsionen (mittlere Defektgröße 2.2 cm²) als in vorliegender Studie. Insgesamt spiegeln auch die Werte

der hier untersuchten Studien- und Kontrollgruppe bei Defekten von 4.0 cm² bzw. 4.6 cm² in der Mehrzahl gute Ergebnisse anhand der VAS wider.

Betrachtet man die zusammen genommen guten klinischen Ergebnisse der unterschiedlichen Scores, kann festgehalten werden, dass die OCT bei Beachtung der Indikationen eine gute und effektive Methode zur Behandlung von Knorpeldefekten ist. Diese Meinung wird von zahlreichen Autoren geteilt (Chow et al. 2004, Haklar et al. 2008, Koulalis et al. 2003, Outerbridge et al. 1995, Outerbridge et al. 2000, Rose et al. 2000, Schöttle et al. 2001).

Als ein limitierender Faktor der OCT wird häufig die möglicherweise entstehende Entnahmemorbidity genannt (Lüring et al. 2004, Valderrabano et al. 2009).

In der Literatur liegen zu diesem Thema sehr unterschiedliche Berichte vor. In einigen Studien wird keine Entnahmemorbidity nach OCT am Kniegelenk (Atik et al. 2005, Chow et al. 2004) oder nach OCT mit Entnahme am Kniegelenk und Transfer in den Ellenbogen (Iwasaki et al. 2007) beobachtet. Anderen Autoren fällt eine minimale oder passagere Entnahmemorbidity auf (Al-Shaikh et al. 2002, Laprell und Petersen 2001, Outerbridge et al. 2000, Burkart et al. 2001), Hangody et al. (Hangody et al. 2001) berichten über eine Entnahmemorbidity bei 3% der Patienten. In einer Studie von Haklar et al. (Haklar et al. 2008), bei der Patienten mit einem mittleren Defektdurchmesser von 13.5 mm behandelt wurden, tritt eine leichte Entnahmemorbidity bei 20.8% der Patienten auf, die sich innerhalb von 6 Monaten so zurückbildete, dass keine Einschränkungen im täglichen Leben bestanden und alle Patienten zum Aktivitätslevel von vor der Operation zurückkehrten. Auch Schöttle et al. (Schöttle et al. 2001) erwähnen passagere femoropatellare Entnahmebeschwerden bei Defektgrößen von 1-3 cm², die nach weniger als 4 Wochen wieder verschwanden. Etwa gleich gute Ergebnisse finden Horas et al. (Horas et al. 2003) beim Vergleich der OP-Methoden OCT mit einer durchschnittlichen Defektgröße von 3.63 cm² und ACT, bei der die mittlere Defektgröße 3.86 cm² betrug. Zum Teil schneidet die OCT etwas besser ab, woraus die Autoren folgern, dass die Entnahmemorbidity bei OCT keinen Nachteil gegenüber der ACT darstellt. Koulalis et al. (Koulalis et al. 2003) kommen in ihrer Studie bei insgesamt guten klinischen Ergebnissen nach OCT zu der Schlussfolgerung, dass die Entnahmemorbidity sowohl physisch als auch psychisch von den Patienten gut kompensiert zu werden scheint.

Paul et al. (Paul et al. 2009) hingegen untersuchten die Entnahmemorbidität nach OCT mit Entnahme von 1-3 Zylindern mit einem Durchmesser von 7-32 mm aus dem Kniegelenk und Transfer in Knorpeldefekte im Talus. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass eine Entnahmemorbidität zu funktioneller Beeinträchtigung im Kniegelenk führen kann. 174 von 200 Patienten zeigten nach durchschnittlich 36 Monaten anhand des WOMAC Scores eine minimale Knieerkrankung, 20 eine milde, 4 eine mäßige, 2 sogar eine schwere, keiner jedoch eine extreme Erkrankung. Nach einem Mindestnachuntersuchungszeitraum von 2 Jahren wurden nur noch 112 Patienten erfasst. Die Mehrzahl dieser wies eine gute Kniefunktion mit geringer Morbidität bei minimaler Knieerkrankung bei 102 Patienten und milder bei 8 Patienten auf. Lediglich bei einem Patienten ließ sich immer noch eine mäßige und bei einem weiteren eine schwere Erkrankung des vorher gesunden Knies feststellen. Auch Gautier et al. (Gautier et al. 2002) führten eine OCT vom ipsilateralen Knie in den Talus durch. Die mittlere Defektgröße am Talus betrug hier 18 mm x 10 mm, die durchschnittliche Anzahl der aus dem Kniegelenk entnommenen Zylinder war 4 (1-8) mit einem Durchmesser zwischen 4.6 und 7.45 mm und einer Tiefe von 12 bis 18 mm. Insgesamt berichten die Autoren zwar von exzellenten Ergebnissen im Kniegelenk, erwähnen aber leichte Knieschmerzen beim Treppen-Heruntersteigen, leichte bis mäßige Schwierigkeiten beim In-die-Hocke-Gehen, leichte Schwierigkeiten beim Springen und leichte Steifigkeit nach anstrengender Aktivität.

In einer weiteren Studie über die Entnahmemorbidität am Kniegelenk nach Transfer von Spenderzylindern in den Talus handelt es sich um totale Knorpeldefekte mit einer mittleren Größe von 130 mm², die mit Zylindern von 3.5 mm, 4.5 mm oder 6.5 mm Durchmesser aus dem ipsilateralen Knie versorgt wurden. Reddy et al. (Reddy et al. 2007) dokumentieren nur bei 5 Patienten exzellente, bei 2 gute und bei 4 mangelhafte Ergebnisse anhand des Lysholm Scores. Als Probleme gaben die Patienten Instabilität bei täglichen Aktivitäten, Schmerzen beim Laufen von einer Meile und mehr, leichtes Hinken und Schwierigkeiten beim In-die-Hocke-Gehen an. Bei einem Patienten war eine Folgeoperation des Knies nötig. Alle Patienten hatten vor der Operation keine Kniebeschwerden. Diese Untersuchung zeigt, dass eine Entnahmemorbidität erheblich sein kann.

Auch Jakob et al. (Jakob et al. 2002) beobachteten in ihrer Untersuchung leichte Schmerzen und Krepitationen, wenn mehr als sechs Zylinder mit einem Durchmesser von je 6 oder 7 mm entnommen wurden. Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) berichten

von passageren Beschwerden an der Entnahmestelle bei etwa 15% der Patienten bei einer mittleren Defektgröße von 2.2 cm², Outerbridge et al. (Outerbridge et al. 1995) finden bei 4 von 10 Patienten mit einer mittleren Defektgröße von 5.3 cm² leichte Schmerzen an der Entnahmestelle nach langer sportlicher Aktivität. Bei einem Transfer von osteochondralen Zylindern vom Kniegelenk in den Talus weisen Valderrabano et al. (Valderrabano et al. 2009) auf Knieschmerzen bei 50% der Patienten 72 Monate postoperativ hin.

LaPrade und Botker (LaPrade und Botker 2004) veröffentlichten einen Fallreport von 2 Patienten, bei denen eine Entnahmemorbidity auftrat und eine Revisionsoperation erfolgen musste, bei der es zu einem guten klinischen Outcome kam. Beim ersten Patienten wurden 6 Zylinder mit einem Durchmesser von 3.5 mm und einer Länge von 15 mm entnommen, beim zweiten Patienten fünf 10 mm Plugs.

Ein weiterer Fall über eine Revisionsoperation nach OCT liegt von Longo et al. (Longo et al. 2009) vor. Hier wurde eine OCT am rechten medialen Femurkondylus bei einem Athleten durchgeführt, der eine Entnahmemorbidity an der medialen Trochlea entwickelte. Weder Defektgröße noch Anzahl und Größe der transplantierten Zylinder werden genannt. Eine durchgeführte Arthroskopie zeigte an der Entnahmestelle eine weiche Läsion, die bei Berührung zu bluten anfing. In der Biopsie war eine Fremdkörperriesenzellreaktion nachweisbar.

In einer experimentellen Studie an Ziegen untersuchten van Susante et al. (van Susante et al. 2003), ob sich ein Vorteil für die Heilung von Entnahmedefekten am Kniegelenk ergibt, wenn Zylinder aus der proximalen Tibia in das Defektareal am Kniegelenk transplantiert werden. Allerdings wurde hierdurch kein Vorteil beim Versuch, die Entnahmemorbidity zu reduzieren, gefunden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass nach den in der Literatur beschriebenen Fällen bei einigen Patienten passagere Entnahmebeschwerden auffallen, z.T. sogar bleibende, sodass Revisionsoperationen notwendig werden. Dies deckt sich mit unseren Beobachtungen, nach denen ein Fall von temporären und ein weiterer Fall von persistierenden Entnahmebeschwerden bei Patienten innerhalb der Kontrollgruppe (Leerdekt) auftraten.

Der Einsatz der TruFit Plugs der Firma Smith & Nephew fördert nach Angaben des Herstellers die Einwanderung der Knochen- und Knorpelzellen des umliegenden Gewebes in die künstlichen Zylinder. Wir verwendeten die Plugs zum Einsatz in die

Entnahmedefekte, um möglicherweise eine entstehende Entnahmemorbidität zu verringern.

In präklinischen Studien wurde beobachtet, dass sich nach 12 Monaten eine hohe Prozentzahl von hyalinartigem Knorpel gebildet hatte und es wurde eine gute knöcherne Inkorporation im Ziegenmodell nachgewiesen (OBI 2003, OBI 2006).

Aktuell finden sich noch sehr wenige Veröffentlichungen über die klinische Verwendung und Ergebnisse zum Einsatz der TruFit Plugs. In der Regel handelt es sich, wie von der Firma Smith & Nephew vorgesehen, um den direkten Einsatz des Implantates in den Knorpeldefekt.

Erste Beschreibungen über die operative Technik zum Einsatz der TruFit Plugs tauchen in der Literatur auf (Carey-Smith et al. 2009, Melton et al. 2010).

Gersoff (Gersoff 2005) veröffentlicht einen Fallbericht über die Implantation eines TruFit Plugs in einen Knorpeldefekt am medialen Femurkondylus eines Patienten. Eine Arthroskopie nach 14 Monaten zeigte eine ebene Schicht von Knorpel mit guter Integration in den Plug sowie eine einheitliche Dicke des Knorpels vergleichbar mit der Festigkeit des umliegenden Knorpelgewebes. In der Biopsie wurden normale Zellen (Chondrozyten) mit guter Verteilung, Proteoglykane und Glykosamine nachgewiesen, die alle Bestandteil von hyalinem Knorpel sind. Nach 18 Monaten war ein komplettes Verschwinden der Symptome beim Patienten und eine exzellente Kniefunktion zu beobachten.

Williams und Gamradt (Williams und Gamradt 2008) berichten, dass frühe klinische Ergebnisse zu eingesetzten TruFit Plugs günstig ausfallen und ein hohes Sicherheitsprofil aufweisen.

Bei ersten vielversprechenden klinischen Ergebnissen zur Reparatur von kleinen Knorpeldefekten im Kniegelenk beobachten Carmont et al. (Carmont et al. 2009) das verzögerte Einwachsen eines TruFit Plugs am lateralen Femurkondylus, deren Knorpeldefekt mit drei Plugs versorgt worden war. Erst nach 2 Jahren postoperativer, kontinuierlicher Rehabilitation konnte der Patient von Beschwerdefreiheit und Wiederaufnahme sportlicher Aktivität ohne Einschränkung berichten. Infolge dieser Beobachtung empfehlen die Autoren Patienten mit andauernden Symptomen, eine Rehabilitation fortzuführen und dem sich regenerierenden Gelenkknorpel Zeit zur vollständigen Reifung zu geben, bevor sie sich für andere irreversible Knieoperationen entscheiden.

Eine Studie über den Einsatz von 1-4 TruFit Plugs in die bis zu 2 cm im Durchmesser großen Knorpeldefekte führten Spalding et al. (Spalding et al. 2009) bei 26 Patienten mit einer postoperativen Nachuntersuchung nach 12, 18 und 24 Monaten durch.

Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung annähernd aller verwendeten klinischen Scores (Tegner von 2.4 auf 6 Punkte, Lysholm von 48.3 auf 71 Punkte, IKDC von 37.7 auf 65.1 Punkte, KOOS sport and recreation score: Verbesserung um durchschnittlich 46 Punkte, physical component score (PCS) von 39.5 auf 50.3 Punkte) nach einem Jahr. Bei der Nachuntersuchung nach 24 Monaten ließ sich der Trend einer weiteren Verbesserung, jedoch ohne statistisch signifikante Veränderung festhalten. Bei 2 Patienten wurde eine Arthroskopie wegen über 6 Monaten postoperativ andauernder Schmerzen durchgeführt, in der sich beim ersten Patienten entsprechend der MRT-Bewertungen eine gute Integration und feste Oberfläche im transplantierten Areal zeigte. Beim zweiten Patienten (3 Plugs) offenbarte sich ein gefülltes Defektareal, jedoch fiel eine weiche Oberfläche auf. Im MRT zeigte sich nach 9 Monaten eine Neubildung der subchondralen Lamina und in der T2 Wichtung ein ähnliches Gewebesignal wie im normalen umliegenden Knorpel. Bei beiden Patienten verschwanden die Schmerzen. Die Autoren folgern, dass die TruFit Plugs somit eine attraktive Behandlungsoption zur Versorgung von kleinen Knorpelläsionen < 2 cm Durchmesser bietet, welche eine schnelle Mobilisation und Rückkehr zu sportlichen Aktivitäten beinhaltet.

In vorliegender Arbeit wurden die TruFit-Implantate im Gegensatz zu oben dargestellten Studien zur Füllung der Entnahmedefekte eingesetzt. Anhand der Score-Werte lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen klinischem Outcome der Studiengruppe (TruFit) und der Kontrollgruppe (Leerdekt) entdecken und dementsprechend kein Unterschied zwischen beiden Operationsverfahren nachweisen.

Einschränkend muss bei dieser Studie erwähnt werden, dass anhand der klinischen Score-Werte keine getrennte Bewertung von Entnahme- und Empfängerstelle erfolgen konnte. Die Werte geben einen Mischwert aus beiden wieder. Somit war es nicht möglich, den Einsatz der TruFit Plugs klinisch unabhängig zu untersuchen. Für den Patienten ist aber letztendlich das Gesamtergebnis von Bedeutung, welches in der Studie beurteilt wurde.

Wie bereits oben beschrieben, fand sich innerhalb der Studiengruppe keine Entnahmemorbidität, in der Kontrollgruppe kamen zwei 2 Fälle vor, einer davon

temporär. Hier könnte sich ein möglicher Benefit der TruFit Plugs zur Versorgung der Entnahmedefekte gegenüber einem Leerdefekt abzeichnen.

Die direkte und getrennte Bewertung von Entnahme- und Empfängerstelle konnte nur anhand der aufgenommenen MRT-Bilder erfolgen.

Das MRT bietet eine gute, nicht-invasive Diagnostikmethode zur Beurteilung von Knorpelschäden. Vor allem bei höhergradigen (3-4°) Knorpelschäden weist die MRT-Untersuchung eine gute Korrelation zu arthroskopischen Befunden auf (Spahn et al. 2007), jedoch können Knorpelopathologien geringeren Grades (1-2°) nicht sicher beurteilt werden (Braun et al. 2007) und es treten häufig falsch positive Befunde bei der MRT Bewertung auf (Spahn et al. 2007). Zur Beurteilung von subchondralen Knorpelschäden, die wiederum arthroskopisch nicht bestimmt werden können, bietet sich das MRT als geeignete Diagnostikmethode an (Braun et al. 2007), ebenso wie zur Bewertung des Behandlungserfolges nach OCT (Tetta et al. 2009). Insgesamt scheinen keine groben interpersonellen Unterschiede in der MRT Bewertung aufzufallen (Spahn et al. 2007).

In der Literatur finden sich einige Studien, in denen postoperative MRT's nach OCT mit Leerdefekt beurteilt wurden. Hierbei handelte es sich meist um eine rein deskriptive Bewertung.

Viele Autoren berichten von einer vollständigen Inkorporation und Vitalität des Transplantates sowie guter Oberflächenkongruenz nach 3 Monaten (Imhoff et al. 1999), nach 16.5 Monaten (Martinek et al. 2003), nach 21.7 Monaten (Burkart et al. 2001), nach 2.5 Jahren (Koulalis et al. 2003) und nach 8.1 Jahren (Outerbridge et al. 2000). Chow et al. (Chow et al. 2004) beobachten bei 92% der MRT-Untersuchungen kongruente Oberflächen, Öztürk et al. (Öztürk et al. 2006) bei 84,2%. Über Inkongruenzen kleiner 1 mm berichten Jakob et al. (Jakob et al. 2002), Öztürk et al. (Öztürk et al. 2006) stellen bei 15.8% der MRT's einen Höhenunterschied von 1 mm zwischen Zylinder und umliegendem Gewebe fest.

Auch nach einem Jahr sind die eingesetzten Transplantate noch deutlich erkennbar (Imhoff et al. 1999, Jakob et al. 2002), Chow et al. (Chow et al. 2004) erkennen bei 75% ein abnormales Marksignal des subchondralen Knochens unter der Region des reparierten Knorpels auch noch nach 4 Jahren.

Angaben zu Zylindernekrosen lassen sich schwer finden. Haklar et al. (Haklar et al. 2008) können bei ihren im Durchschnitt nach 30.5 Monaten postoperativ durchgeführten MRT's keine Zeichen von Zylindernekrose bei einer mittleren Anzahl

von 1.5 (1-4) eingesetzten Transplantaten in den Defekt mit einem ursprünglich mittleren Durchmesser von 13.5 mm entdecken. In ihrer Studie erwähnen Jakob et al. (Jakob et al. 2002) eine erneute Operation bei 4 von 52 Patienten wegen Spenderzylindernekrose, welche die Autoren auf die Größe der Defekte zurückführten, die bei den 52 untersuchten Patienten zwischen 1.5 und 16.0 cm² lag. Bei 2 der nachoperierten Patienten hatte bereits vor OCT ein teilweise gelöstes Fragment bei Osteochondritis dissecans bestanden. Die teilweise durch OCT wiederbefestigten Fragmente führten nach initialer Reparatur durch Instabilität und mechanische Überlastung zur Lösung der Transplantate nach 4 und 8 Monaten. Die z.T. enorme Größe der Ausgangsdefekte sowie die bei 2 Patienten vorbestehende Osteochondritis dissecans könnten in dieser Studie als Prädispositionsfaktor für Zylindernekrosen eine Rolle gespielt haben.

Insgesamt lässt sich jedoch festhalten, dass in vielen Fällen eine gute Reparatur und Integration der Spenderzylinder mithilfe der MRT's beschrieben wird (Gudas et al. 2005, Tetta et al. 2009).

Bei Beurteilung der Zylinderentnahmestelle im MRT fallen Gudas et al. (Gudas et al. 2005) und Jakob et al. (Jakob et al. 2002) unregelmäßige Oberflächen auf, Iwasaki et al. (Iwasaki et al. 2007) erwähnen eine 50-100% Füllung des Entnahmedefektes bei 66% der Patienten, sowie ein normales Signal der Spenderseite bei 44% der MRT's. Outerbridge et al. (Outerbridge et al. 2000) berichten nur von minimalen degenerativen Veränderungen an der Patella nach Zylinderentnahme nach 8.1 Jahren.

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Beurteilung des Behandlungserfolges nach OCT mittels MRT von Interesse ist und schon in der Literatur beschrieben wurde. Aufgrund des rein deskriptiven Charakters ist ein Vergleich der Bewertungen auch innerhalb einer Studie allerdings schwer möglich.

Generell sollte die Beurteilung eines Knorpeldefektes nach standardisierten Gesichtspunkten wie Füllung des Defekts, Integration des angrenzenden Knorpels, Oberfläche und Knorpelstruktur, Beschaffenheit des subchondralen Knorpels, Adhäsionen und Synovitis durchgeführt werden (Nehrer 2010).

In ihrer Untersuchung zu Ergebnissen nach OCT verwendeten Tetta et al. (Tetta et al. 2009) bei Bewertung der MRT-Bilder den MOCART Score (magnetic resonance observation of cartilage repair tissue scoring system, Marlovits et al. 2004), bei dem folgende Punkte in die Beurteilung einfließen: Grad der Reparatur und Füllung des

Defektes, Integration ins umliegende Gewebe, Oberfläche, Struktur und Signalintensität des Reparaturgewebes, subchondrale Lamina, subchondraler Knochen, Adhäsionen und Synovitis. Nach 113 Monaten konnte bei 62.5% der 24 untersuchten Patienten ein Überleben des Transplantats festgehalten werden. Bei 75% hatte eine komplette Integration des transplantierten Materials stattgefunden, bei 62.5% war das Reparaturgewebe intakt und wies in 70.8% eine homogene Struktur auf. Insgesamt zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem MOCART Score, mit dessen Hilfe die MRT's bewertet wurden, und den verwendeten objektiven und subjektiven Ergebnissen des IKDC, jedoch keine Korrelation zum Tegner Score. Die MRT-Bildgebung stellt sich als gutes Mittel zur nicht invasiven Langzeitbeurteilung der OCT dar.

Soweit uns bekannt ist, liegt eine Studie zur systematischen Beurteilung von TruFit Plugs mittels MRT in der derzeitigen Literatur vor. Bedi et al. (Bedi et al. 2009) führten bei 26 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 28.72 Jahren eine MRT-Bildgebung nach 6-39 Monaten (im Durchschnitt: 21.3 Monate) durch. Die Entnahmestelle an der medialen oder lateralen Trochlea wurde mit 1-5 (Mittelwert: 2) TruFit Plugs mit einem mittleren Durchmesser von 9 (6-11) mm aufgefüllt. Die Bewertung der MRT-Bilder erfolgte mittels definierter Punkte anhand nachfolgender Kriterien: Morphologie des Plugs und der Grenzfläche, Verschiebung des Plugs, Hypertrophie, subchondrales Ödem, Auftreten von übermäßigem Knochenwachstum, prozentuale Defektfüllung und Grad der Vereinigung mit umliegendem Gewebe.

Die Autoren erfassten nach einem Zeitraum von < 6 Monaten, dass bei 75% der Patienten die Plugs eine ebene Morphologie und 78% eine fast komplette bis komplette Defektfüllung aufwiesen. Nach 12 Monaten verschlechterten sich die Beobachtungen bezüglich der Entnahmedefekte, sodass nur noch 26% der Plugs eine ebene Morphologie und 52% eine fast komplette bis komplette Füllung aufzeigten. Außerdem fiel bei 90% der Plugs ein hyperintensives Signal im Vergleich zum umliegenden Knorpel auf und 3% der Plugs zeigten eine komplette, 83% nur eine teilweise Vereinigung mit dem umliegendem Gewebe. Nach einem Nachuntersuchungszeitraum von > 16 Monaten verbesserten sich die Ergebnisse allerdings wieder, mit einer ebenen Morphologie bei 70% und einer annähernd kompletten oder kompletten Defektfüllung bei 90%. Bei 44% zeigte sich nun ein isointenses Signal, bei 64% eine komplette Vereinigung, bei 26% das Fortschreiten der noch partiellen Vereinigung mit dem umliegendem Gewebe. Eine Korrelation mit

einem kurzen postoperativen Nachuntersuchungszeitraum konnte mit folgenden Parametern nachgewiesen werden: subchondrales Ödem, abnormales hyperintenses Signal des Reparaturgewebes und erhöhter oder eingesunkener Plug. Mit dem Einsatz multipler Plugs konnte ein Zusammenhang mit nachfolgenden Parametern aufgezeigt werden: abnormales hyperintenses Signal des Reparaturgewebes, leichte knöcherne Überwucherung beim mittleren von mehreren eingesetzten Plugs, signifikante Resorption an der Grenze vom eingesetzten Plug zum umliegenden, ortständigen Knochen bei Einsatz von nur einem Plug, schlechte ICRS Scores des umliegenden Knorpels bei mehreren eingesetzten Plugs im Gegensatz zur Implantation von nur einem Plug.

Die Autoren warnen vor einer Missinterpretation der vergleichsweise relativ schlechten MRT-Ergebnisse nach 12 Monaten, da nach ihrer Auffassung der Plug, der bei ihrer frühen Nachuntersuchung den Defekt noch voll ausfüllt, sich nach einem Jahr auflöst und resorbiert wird. Dies spiegelt sich ihrer Meinung nach in einer zu diesem Zeitpunkt relativ schlechten Defektfüllung wider. Der Prozess der Defektfüllung mit körpereigenem Gewebe schreitet fort, sodass nach einem längeren Nachuntersuchungszeitraum schließlich eine zunehmende Füllung des Defektes beobachtet werden kann.

Insgesamt halten die Autoren fest, dass trotz kurzzeitiger Verschlechterung der MRT-Ergebnisse nach einem Jahr eine postoperative Reifung begleitet von einer biologischen Verbindung der TruFit Plugs mit ortständigem Gewebe anhand der MRT-Bilder nachgewiesen werden konnte. Sie verweisen auf eine signifikante, zunehmende Verbesserung der Plugintegration je größer der postoperative Zeitraum. Zusätzlich beobachteten sie, dass sich das Signal des Reparaturgewebes in der T2-Wichtung beim Einsatz eines einzelnen Plugs schneller dem des normalen Knorpelgewebes annähert als beim Einsatz von mehreren Zylindern.

In vorliegender Studie wurde der Score von Henderson et al. (Henderson et al. 2003) zur Bewertung der MRT-Bilder so ergänzt, dass die Kriterien „knöcherne Füllung des Defektes“, „Oberflächenkontur Knochen und Knorpel“, „Nekrose“, „Osteolyse/ Zyste“, „Knochenmarködem“, „Signalintensität des Knorpelgewebes“ und „Knorpeldicke“ in die Bewertung mit einfließen und das Gesamtergebnis in einer Punktzahl widerspiegeln. Sowohl Empfänger- als auch Entnahmestelle wurden getrennt bewertet und durch das Gesamtergebnis in Punkten konnte ein direkter Vergleich mit

statistischer Auswertung zwischen beiden Lokalisationen jeweils innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe sowie zwischen beiden Gruppen erfolgen.

Im MRT waren bei allen Patienten sämtliche Zylinder homogen und mit guter Rekonstruktion der Gelenkfläche integriert. Bei der Studiengruppe zeigte sich, dass die Defekte, die mit TruFit-Zylindern gefüllt waren, nach einem Jahr noch nicht vollständig knöchern durchbaut waren. Die Leerdefekte der Kontrollgruppe waren bis auf eine Ausnahme von Knochengewebe aufgefüllt, jedoch ohne vollständige Regeneration der subchondralen Schicht und des Knorpels.

Insgesamt unterscheiden sich die MRT-Ergebnisse der beiden Gruppen nur wenig voneinander. An der Empfängerstelle findet man bei der Kontrollgruppe mit 11 Punkten im Durchschnitt einen etwas besseren Wert als bei der Studiengruppe mit 12 Punkten. Es lässt sich jedoch kein signifikanter Unterschied festhalten.

Die Entnahmestellen der Studien- und Kontrollgruppe weisen beide einen mittleren Wert von 18 Punkten auf, d.h. die TruFit Plugs zeigen kernspintomographisch weder Vor- noch Nachteile.

In der Studie von Bedi et al. (Bedi et al. 2009) zeigten sich nach 12 Monaten relativ schlechte Ergebnisse im Vergleich zu einer früheren (< 6 Monate) und einer späteren (> 16 Monate) Nachuntersuchung. Die oben dargestellte Erklärung der Arbeitsgruppe, dass sich die Plugs nach einem postoperativen Zeitraum von einem Jahr auflösen und die Defekte erst allmählich mit körpereigenen Substanzen füllen, könnte Ursache dafür sein, dass sich bei uns kein signifikanter Unterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe zu diesem Zeitpunkt aufzeigen lässt. Entsprechend den Erkenntnissen von Bedi et al. (Bedi et al. 2009) könnten nach einem längeren Nachuntersuchungszeitraum klinisch und radiologisch bessere Ergebnisse erzielt werden und müsste ein möglicherweise signifikanter Unterschied zwischen dem Einsatz von TruFit-Implantaten in das Spenderareal gegenüber einem Leerdefekt neu geprüft werden.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass es sich in vorliegender Arbeit in der überwiegenden Anzahl der Fälle um den Einsatz von mehreren Plugs handelt. Gersoff (Gersoff 2005) beobachtet eine gute Integration nach Einsatz eines TruFit Plugs, Carmont et al. (Carmont et al. 2009) hingegen beschreibt das verzögerte Einwachsen eines TruFit Plugs bei Verwendung von insgesamt drei Plugs. Auch Bedi et al. (Bedi et al. 2009) stellen eine signifikant bessere Resorption an der Grenze von einem einzelnen eingesetzten Plug zum umliegenden, ortständigen Knochen als

beim Einsatz mehrerer Plugs fest. Infolge dieser Erkenntnisse könnte ein verzögertes Einwachsen der TruFit Plugs und die damit kaum unterschiedlichen Ergebnisse zur Kontrollgruppe in vorliegender Studie auch auf den Einsatz mehrerer Plugs in nahezu allen Fällen zurückzuführen sein.

Ebenso könnte die von Bedi et al. (Bedi et al. 2009) aufgezeigte Korrelation zwischen abnormalem, hyperintensem Signal des Reparaturgewebes und multipel eingesetzten Plugs sowie kurzem postoperativem Nachuntersuchungszeitraum eine Rolle spielen. Bei unserer MRT-Bewertung fließt Signalintensität des Knorpelgewebes in den Punktescore ein und eine Hyperintensität des Knorpelgewebes geht mit einer höheren und damit schlechteren Punktzahl einher. Der relativ kurze Nachuntersuchungszeitraum sowie die in den meisten Fällen multipel eingesetzten Plugs könnten somit zu der recht ähnlichen radiologischen Bewertung der Studien- und Kontrollgruppe beitragen.

Als letztes wurde in vorliegender Arbeit ein Vergleich zwischen Entnahme- und Empfängerstelle jeweils innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe gezogen. Bei beiden ist ein signifikanter Unterschied nachweisbar und weist darauf hin, dass die OCT zumindest kernspintomographisch signifikante Vorteile gegenüber TruFit-Implantaten und ihrem direkten Einsatz in das Defektareal hat.

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass die Transplantation autologer Knorpel-Knochenzylinder (OCT) eine effektive Methode zur Behandlung von Knorpeldefekten ist. Insbesondere scheint der dorsale mediale Femurkondylus auch bei größeren Defekten als Zylinderentnahmeort geeignet zu sein.

Anhand der klinischen Score-Werte lässt sich kein signifikanter Effekt der TruFit-Implantate zwischen beiden OP-Methoden hinsichtlich der Behandlung der Entnahmedefekte feststellen. Auch die MRT-Ergebnisse der Entnahmedefekte mit und ohne Implantation von TruFit-Zylindern zeigen keinen signifikanten Unterschied. Möglicherweise lässt sich die Entnahmemorbidität jedoch durch die Implantation von TruFit-Zylindern zumindest klinisch verringern. Nach 1 Jahr waren die Defekte, die mit TruFit-Zylindern gefüllt waren, noch nicht vollständig knöchern durchbaut. Ob dies möglicherweise mehr Zeit benötigt, sollte in weiteren Studien mit längerer Laufzeit geprüft werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Arbeit: In der Literatur wird die Entnahmemorbidity nach Knorpel-Knochen-Transplantation (OCT) mit bis zu 50% angegeben (Valderrabano et al. 2009). Wir verwendeten die von der Firma Smith & Nephew entwickelten künstlichen Knorpel-Knochen-Zylinder zum Einsatz in die Entnahmestelle, um möglicherweise eine entstehende Entnahmemorbidity zu verringern. In der vorliegenden Studie wurde geprüft, ob die Implantation von TruFit-Zylindern in die Entnahmedefekte einen Vorteil gegenüber einem unbehandelten Leerdefekt bringt. Zusätzlich wurde untersucht, ob sich der mediale dorsale Femurkondylus als Zylinderentnahmeort eignet und ob Alter, BMI und Defektgröße einen Einfluss auf die klinischen Ergebnisse haben.

Material und Methoden: Die Studiengruppe stellen Patienten dar, deren Entnahmedefekte nach OCT mit TruFit Plugs aufgefüllt wurden. Die Studiengruppe unterteilt sich in zwei Untergruppen mit Patienten, bei denen die Spenderzylinder aus dem medialen dorsalen Femurkondylus entnommen wurden (Untergruppe I), und Patienten, bei denen die Entnahme aus einem anderen Areal im Kniegelenk erfolgte (Untergruppe II). Patienten, deren Entnahmedefekte unversorgt belassen wurden, dienen für diese Studie als Kontrollgruppe. Hier erfolgte die Entnahme nur aus dem medialen dorsalen Femurkondylus.

Es wurde ein prä- und postoperativer Vergleich zwischen der Studiengruppe und der Kontrollgruppe mithilfe des WOMAC, Tegner, KSS Scores und der VAS gezogen.

Zusätzlich wurde bei allen Patienten mit Entnahme aus dem medialen dorsalen Femurkondylus ein MRT ein Jahr nach der Operation durchgeführt und jeweils sowohl die Empfänger- als auch die Entnahmestelle mit einem modifizierten Henderson Score (Henderson et al. 2003) bewertet. Bei $p < 0.05$ wurde das Ergebnis als signifikant bezeichnet.

Ergebnisse:

Klinische Ergebnisse Studiengruppe (TruFit)

14 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 36.3 (\pm 11.8) Jahren wurden nach 13.4 (\pm 2.1) Monaten nachuntersucht. Der mittlere BMI lag bei 26.6 (\pm 4.0), die mittlere Defektgröße betrug 4.0 (\pm 1.8) cm². Die Anzahl der in den Defekt eingesetzten Zylinder belief sich im Durchschnitt auf 2.9 (Median 3, 1-5). An der

Entnahmestelle wurden durchschnittlich 2.8 (3, 1-5) TruFit-Zylinder eingesetzt. Keiner der Patienten wies eine Entnahmemorbidität auf.

Klinische Ergebnisse Untergruppe I (Zylinderentnahme aus dem medialen dorsalen Femurkondylus)

Es wurden 10 Patienten (mittleres Alter bei OP 37.6 ± 11.7 Jahre) nach 13.1 (± 2.2) Monaten nachuntersucht. Der mittlere BMI lag bei 26.5 (± 4.6). Die durchschnittliche Defektgröße betrug 4.6 (± 1.6) cm² und die Defekte wurde im Durchschnitt mit 3.4 (3, 2-5) Zylindern, die Entnahmestelle durchschnittlich mit 3.3 (3, 2-5) TruFit-Zylindern versorgt.

Klinische Ergebnisse Untergruppe II (Zylinderentnahme nicht aus dem medialem dorsalen Femurkondylus)

Es wurden 4 Patienten (mittleres Alter bei OP 33.0 ± 13.2 Jahre) nach durchschnittlich 14.1 (± 1.8) Monaten nachuntersucht, der mittlere BMI lag bei 27.0 (± 2.5). Die mittlere Defektgröße betrug 2.4 (± 1.1) cm² und die Defekte wurde im Durchschnitt mit 1.5 (1.5, 1-2) Zylindern versorgt, die Entnahmestelle durchschnittlich mit 1.5 (1.5, 1-2) TruFit-Zylindern.

Klinische Ergebnisse Kontrollgruppe (Leerdefekt)

Nach durchschnittlich 13.8 (± 4.3) Monaten konnten 16 Patienten mit einem mittleren Alter von 39.7 (± 10.7) Jahren zum OP-Zeitpunkt und einem durchschnittlichen BMI von 27.1 (± 3.3) nachuntersucht werden. Die mittlere Defektfläche betrug 4.6 (± 2.2) cm² und wurde im Durchschnitt mit 3.8 (4, 1-5) Zylindern versorgt. Bei einem Patienten fand sich bei der Nachuntersuchung eine deutliche, persistierende Entnahmemorbidität, bei einem anderen eine temporäre.

WOMAC Score

Die Werte des WOMAC Score fielen in der Studiengruppe, Untergruppe I, Untergruppe II und Kontrollgruppe von 62.0, 51.6, 88.0 und 73.3 präoperativ auf 38.8, 35.0, 48.3 und 26.1 postoperativ ($p=0.023$, $p=0.155$, $p=0.068$ und $p=0.002$).

Beim Vergleich Studiengruppe vs. Kontrollgruppe ($p=0.48$ präoperativ, $p=0.41$ postoperativ) und beim Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe ($p=0.32$ präoperativ, $p=0.48$ postoperativ) findet sich kein signifikanter Unterschied.

Tegner Score

Der Tegner Score der Studiengruppe, Untergruppe I, Untergruppe II und Kontrollgruppe änderte sich von 3.1, 3.1, 3.3 und 2.8 präoperativ auf 3.8, 3.6, 4.3 und 3.4 postoperativ ($p=0.083$, $p=0.214$, $p=0.5$ und $p=0.02$).

Weder beim Vergleich Studiengruppe vs. Kontrollgruppe ($p=0.212$ präoperativ, $p=0.19$ postoperativ) noch beim Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe ($p=0.362$ präoperativ, $p=0.114$ postoperativ) liegt ein signifikanter Unterschied vor.

Knee Society Score

Der Knee Society Score stieg innerhalb der Studiengruppe, Untergruppe I, Untergruppe II und Kontrollgruppe von 133.5, 135.9, 127.5 und 123.9 präoperativ auf 170.6, 173.0, 164.5 und 171.8 Punkte postoperativ an ($p=0.001$, $p=0.013$, $p=0.068$ und $p=0.001$).

Weder beim Vergleich von Studien- vs. Kontrollgruppe ($p=0.33$ präoperativ, $p=0.901$ postoperativ) noch beim Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe ($p=0.596$ präoperativ, $p=0.797$ postoperativ) lässt sich ein signifikanter Unterschied nachweisen.

Visuelle Analoge Schmerzskala

Der Wert der VAS fiel innerhalb der Studiengruppe, Untergruppe I, Untergruppe II und Kontrollgruppe von 5.5, 5.0, 6.9 und 5.3 präoperativ auf 3.6, 3.6, 3.5 und 2.4 postoperativ ($p=0.015$, $p=0.123$, $p=0.068$ und $p=0.002$).

Beim Vergleich von Studien- vs. Kontrollgruppe ($p=1.0$ präoperativ, $p=0.11$ postoperativ) und beim Vergleich Untergruppe I vs. II vs. Kontrollgruppe ($p=0.4$ präoperativ, $p=0.27$ postoperativ) findet sich kein signifikanter Unterschied.

Korrelation einzelner Parameter mit Score-Werten

Bei der Korrelation von Alter zum OP-Zeitpunkt mit den einzelnen Score-Werten findet sich weder prä- noch postoperativ innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe ein signifikanter Zusammenhang.

Eine signifikante Korrelation zwischen BMI und KSS präOP mit $p=0.04$ und $r=-0.553$ konnte innerhalb der Studiengruppe gefunden werden.

Innerhalb der Studiengruppe wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen Defektgröße und den Score-Werten festgestellt, während in der Kontrollgruppe ein signifikanter Zusammenhang zwischen Defektgröße und folgenden präoperativ erhobenen Scores entdeckt wurde: Tegner ($p=0.006$, $r=-0.659$), KSS ($p<0.001$, $r=-0.806$), WOMAC ($p=0.003$, $r=0.702$).

Radiologische Ergebnisse

Bei den 11 Patienten aus der Studiengruppe, bei denen eine MRT durchgeführt wurde, lag der nach dem modifizierten Henderson Score ermittelte, durchschnittliche Wert der Entnahmestelle bei 18 Punkten und der Empfängerstelle bei 12

Punkten. In der Kontrollgruppe wurden 14 Patienten mittels MRT untersucht und es wurden durchschnittlich 18 Punkte an der Entnahmestelle und 11 Punkte an der Empfängerstelle erreicht.

Beim Vergleich der beiden OP-Verfahren konnte kein signifikanter Unterscheid festgestellt werden (Entnahmestelle $p=0.687$, Empfängerstelle $p=0.57$), beim Vergleich der Entnahme- mit Empfängerstelle innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe findet sich jedoch ein signifikanter Unterschied in beiden Gruppen (Studiengruppe $p=0.002$, Kontrollgruppe $p<0.001$).

Diskussion: Die dargestellten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die OCT eine effektive Methode zur Behandlung von Knorpeldefekten darstellt. Der mediale dorsale Femurkondylus scheint auch bei größere Defekten als Entnahmeort geeignet zu sein.

Es konnte kein signifikanter Unterschied mithilfe der klinischen Scores oder anhand der MRT-Ergebnisse zwischen beiden Operationsmethoden hinsichtlich der Behandlung der Entnahmedefekte festgestellt werden. Möglicherweise lässt sich die Entnahmemorbidity jedoch durch die Implantation von TruFit-Zylindern klinisch verringern. Die mit TruFit-Zylindern gefüllten Defekte waren nach 1 Jahr noch nicht vollständig knöchern durchbaut. Ob dies möglicherweise mehr Zeit benötigt, sollte in weiteren Studien mit längerer Laufzeit geprüft werden.

6. ANHANG: SCORES UND PATIENTENDATEN

WOMAC Score

Fragebogen zu den Beschwerden im betroffenen Gelenk

Sie werden gebeten, nach diesem Muster die Stärke Ihrer Schmerzen, Ihre Steifigkeit oder Behinderung anzugeben. Bitte vergessen sie nicht, je mehr rechts Sie das „X“ ankreuzen, umso mehr Schmerzen, Steifigkeit oder Behinderung haben Sie.

A) Schmerzfragen

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Stärke Ihrer Schmerzen, die Sie im kranken Gelenk haben. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Schmerzen an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.

Wie starke Schmerzen haben Sie beim

1. Gehen auf ebenem Boden

keine Schmerzen extreme Schmerzen

2. Treppen hinauf- oder hinuntersteigen

keine Schmerzen extreme Schmerzen

3. Nachts im Bett

keine Schmerzen extreme Schmerzen

4. Sitzen oder Liegen

keine Schmerzen extreme Schmerzen

5. Aufrecht stehen

keine Schmerzen extreme Schmerzen

Abb. 21: WOMAC Score (S. 75-77).

B) Fragen zur Steifigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Steifigkeit (nicht die Schmerzen) Ihres kranken Gelenkes. Steifigkeit ist ein Gefühl von Einschränkung oder Langsamkeit in der Beweglichkeit, wenn Sie Ihre Gelenke bewegen. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Steifigkeit an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.

1. Wie stark ist die Steifigkeit gerade nach dem Erwachen am Morgen?

keine Steifigkeit extreme Steifigkeit

2. Wie stark ist Ihre Steifigkeit nach Sitzen, Liegen oder Ausruhen im späteren Verlauf des Tage?

keine Steifigkeit extreme Steifigkeit

C) Fragen zur körperlichen Tätigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Tätigkeit. Damit ist Ihre Fähigkeit gemeint, sich im Alltag zu bewegen und um sich selbst zu kümmern. Bitte geben Sie für jede der folgenden Aktivitäten den Schwierigkeitsgrad an, den Sie in den letzten 2 Tagen wegen Beschwerden in Ihrem kranken Gelenk gespürt haben. Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.

Wie groß ist ihre Schwierigkeit beim**1. Treppen hinuntersteigen**

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

2. Treppen hinaufsteigen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

3. Aufstehen vom Sitzen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

4. Stehen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

5. Sich zum Boden bücken

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

6. Gehen auf ebenem Boden

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

Abb. 21: WOMAC Score (Fortsetzung).

7. Einsteigen ins Auto/Aussteigen aus dem Auto

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

8. Einkaufen gehen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

9. Socken/Strümpfe anziehen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

10. Aufstehen vom Bett

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

11. Socken/Strümpfe ausziehen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

12. Liegen im Bett

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

13. Ins Bad/aus dem Bad steigen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

14. Sitzen

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

15. Sich auf die Toilette setzen/Aufstehen von der Toilette

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

16. Anstrengenden Hausarbeiten

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

17. Leichte Hausarbeiten

keine Schwierigkeiten extreme Schwierigkeiten

Abb. 21: WOMAC Score (Fortsetzung).

Tegner Aktivitätsscore

[] 10 Wettkampf- bzw. Leistungssport

Fussball, nationales oder internationales Niveau

[] 9 Wettkampfsport

Fussball, niedrige Ligen, Eishockey, Ringen, Gymnastik

[] 8 Wettkampfsport

Squash, Badminton, Leichtathletik (Sprungsportarten), Abfahrtski

[] 7 Wettkampfsport

Tennis, Leichtathletik (Laufsportarten), Handball, Basketball, Motorrad

Freizeitsport

Fussball, Eishockey, Squash, Leichtathletik (Sprungsportarten),
Orientierungslauf, Crosslauf

[] 6 Freizeitsport

Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Abfahrtsski, Jogging (mind. 5 mal
wöchentlich)

[] 5 Arbeit

Schwere Arbeit (z.B. Bauarbeiter)

Wettkampf- und Freizeitsport

Radfahren, Skilanglauf

Freizeitsport

Jogging auf unebenem Untergrund (mind. 2 mal wöchentlich)

[] 4 Arbeit

Mittelschwere Arbeit (z.B. Fernfahrer)

Freizeitsport

Radfahren, Skilanglauf, Jogging auf ebenem Untergrund (mind. 2 mal
wöchentlich)

Abb. 22: Tegner Score (S.78-79).

[] 3 Arbeit

Leichte Arbeit (z.B. Krankenschwester)

Wettkampf- und Freizeitsport

Schwimmen

Gehen im Wald möglich

[] 2 Arbeit

Leichte Arbeit

Gehen auf unebenem Grund möglich, aber Gehen im Wald unmöglich

[] 1 Arbeit

Sitzende Tätigkeit

Gehen auf ebenem Untergrund möglich

[] 0 Bettlägerigkeit oder Invalidität, Rente wegen Knieproblemen oder

Sprungelenkproblemen

Abb. 22: Tegner Score (Fortsetzung).

Knee Society Score (KSS)**A) Kniescore**

rechts: []

links: []

I. Schmerzen:

- Kein Schmerz.....(50)
- leicht oder gelegentlich.....(45)
- nur beim Treppensteigen.....(40)
- beim Gehen und Treppensteigen.....(30)
- mäßiger Schmerz
- gelegentlich.....(20)
- ständig.....(10)
- starker Schmerz.....(0)

II. Extension/ Flexion: ___/___/___

1 Punkt pro 5°, max. 25 Punkte.....

III. Stabilität:

anterior-posterior

- < 5 mm.....(10)
- 5-10 mm.....(5)
- > 10 mm.....(0)

medio-lateral

- < 5°.....(15)
- 6°-9°.....(10)
- 10°-14°.....(5)
- > 15°.....(0)

IV. Abzüge:

Beugekontraktur

- < 5°.....(0)
- 5°-10°.....(-2)
- 11°-15°.....(-5)
- 16°-20°.....(-10)
- > 20°.....(-15)

Abb. 23: Knee Society Score (S.80-81).

Streckdefizit

- kein.....(0)
- unter 10°(-5)
- 10°-20°(-10)
- über 20°(-15)

Valguseinstellung

- 5°-10° (normal).....(0)
- 4° oder 11°(-3)
- 3° oder 12°(-6)
- 2° oder 13°(-9)
- 1° oder 14°(-12)
- 0° oder 15°(-15)
- Varus oder > 15°(-20)

B) Funktionsscore

I. Gehstrecke:

- unbegrenzt.....(50)
- über 1000 m.....(40)
- 500-1000 m.....(30)
- weniger als 500 m.....(20)
- hausgebunden.....(10)
- gehunfähig.....(0)

II. Treppensteigen:

- normal hoch und herunter.....(50)
- normal hoch, herunter mit Geländer.....(40)
- hoch und herunter mit Geländer.....(30)
- hoch mit Geländer, herunter unmöglich.....(15)
- unmöglich.....(0)

III. Abzüge:

- 1 Gehstock.....(-5)
- 2 Gehstöcke.....(-10)
- Gehstützen oder Gehwagen.....(-20)

Abb. 23: Knee Society Score (Fortsetzung).

Visuelle Analoge Schmerzskala

Markieren Sie mit einem Strich, wie stark Sie den Schmerz durchschnittlich in den letzten Tagen in Ihrem operierten Gelenk empfinden

0 steht für keinen Schmerz und 10 für den maximal vorstellbaren Schmerz

0 _____ 10

Abb. 24: Visuelle Analoge Schmerzskala.

	1 TruFit	2 Alter bei OP	3 G	4 BMI	5 Seite	6 Läs.	7 KS	8 DG	9 Ø1	10 AZ1	11 Ø2	12 AZ2
0		in Jahren		in kg/m ²			in °	in cm ²	in mm		in mm	
1	nein	30,7	m		links	mFK	3,5	4,5	8	5		
2	nein	56,2	w	30,8	links	mFK	2,5	5	8	5		
3	nein	51,7	m	29,1	rechts	mFK	4	4	8	5		
4	nein	37,9	w	21,9	rechts	mFK	3	3	8	3		
5	nein	29,9	m		rechts	P	3	6	8	4		
6	nein	18,7	w	22	rechts	mFK	4	2	8	2		
7	nein	37,6	w		rechts	mFK	3	5	8	4		
8	nein	26,2	m	27,3	rechts	mFK	2,5	4	8	4		
9	nein	55,2	w	29	rechts	mFK	3	3	10	3		
10	nein	41,3	m	30	rechts	vH	4	2,5	10	2		
11	nein	43,6	w	23,7	links	mFK	4	2	8	1		
12	nein	41,8	m		links	mFK	3	3,5	8	5		
13	nein	49,9	w	28,4	links	mFK	4	5	8	5		
14	nein	31,8	m		rechts	P	4	10	10	5		
15	nein	46,8	m	29	rechts	P	2,5	6	10	3	8	1
16	nein	35,3	m		rechts	mFK	4	8,75	15	1	8	1
17	ja	29,6	m	27,5	rechts	IFK	3,5	4	10	2		
18	ja	23,5	m	27,7	links	P	3,5	4	8	2	6	1
19	ja	31,1	m	24,7	rechts	P	3,5	6	8	4		
20	ja	43,8	w	20,7	rechts	mFK	2,5	3	8	3		
21	ja	53,9	w	23,7	rechts	IFK	4	6	8	5		
22	ja	56,2	w	19,7	links	mFK	3,5	2	8	1	6	3
23	ja	25,4	w	31,5	rechts	mFK	4	7	10	4		
24	ja	29,3	w	27	rechts	P	3,5	4,5	10	3		
25	ja	37,9	m	34,7	rechts	mFK	2,5	6	10	3		
26	ja	45,5	w	27,5	rechts	P	3	3,5	10	3		
27	ja	28	m	28,3	links	mFK	3	2	8	2		
28	ja	20,3	m	24,3	rechts	P	3,5	4	6	2		
29	ja	32,4	w	29,7	rechts	mFK	3	1,5	8	1		
30	ja	51,3	w	25,3	links	mFK	3,5	2	8	1		

Tab. 16: Erhobene Patientendaten (S.83-85).

(AZ = Anzahl Zylinder, DG = Defektgröße, EO = Entnahmeort, eTruFit = eingesetzte TruFit-Zylinder, G = Geschlecht, KS = Knorpelschaden, Läs. = Läsionslokalisierung, IFK = lateraler Femurkondylus, M = männlich, mFK = medialer Femurkondylus, mG = mediales Gleitlager, mN = mediale Notch, mT = mediale Trochlea, NZ = Nachuntersuchungszeitraum, P = Patella, vH = ventraler Humerus, W = weiblich, Ø = Durchmesser).

	13 eTruFit1	14 TruFitØ1	15 eTruFit2	16 TruFitØ2	17 EO	18 Tegner präOP	19 Tegner postOP	20 KSS präOP	21 KSS postOP
0		in mm		in mm					
1					mFK	2	2	130	140
2					mFK	2	3	132	164
3					mFK	4	4	136	178
4					mFK	4	4	189	194
5					mFK	3	3	100	185
6					mFK	3	3	165	195
7					mFK	2	4	109	179
8					mFK	2	4	89	175
9					mFK	3	3	140	165
10					mFK	4	4	200	170
11					mFK	3	4	123	162
12					mFK	4	4	115	153
13					mFK	2	3	125	150
14					mFK	1	3	34	199
15					mFK	3	3	129	180
16					mFK	2	3	66	160
17	2	11			mFK	3	4	160	151
18	1	6	1	8	mFK	3	3	145	188
19	4	9			mFK	3	5	148	192
20	3	9			mFK	3	4	140	130
21	5	9			mFK	1	2	118	170
22	1	9	3	7	mFK	3	5	175	200
23	4	11			mFK	4	3	148	195
24	3	11			mFK	4	3	120	170
25	3	11			mFK	4	3	93	147
26	3	11			mFK	3	4	112	187
27	2	9			mT	4	4	140	190
28	2	7			mN	4	5	162	187
29	1	9			mG	1	4	78	131
30	1	9			mT	4	4	130	150

Tab. 16: Erhobene Patientendaten (Fortsetzung).

(AZ = Anzahl Zylinder, DG = Defektgröße, EO = Entnahmeort, eTruFit = eingesetzte TruFit-Zylinder, G = Geschlecht, KS = Knorpelschaden, Läs. = Läsionslokalisation, IFK = lateraler Femurkondylus, M = männlich, mFK = medialer Femurkondylus, mG = mediales Gleitlager, mN = mediale Notch, mT = mediale Trochlea, NZ = Nachuntersuchungszeitraum, P = Patella, vH = ventraler Humerus, W = weiblich, Ø = Durchmesser).

	22 WOMAC präOP	23 WOMAC postOP	24 VAS präOP	25 VAS postOP	26 MRT Entnahme stelle	27 MRT Empfänger stelle	28 NZ
0							in Jahren
1	38,5	45	7	6	12	10	9,1
2	61	29	6	4	20	13	12,4
3	34	24	1	1			13,1
4	12	17,5	1	2	22	13	13,4
5	54	24	3,5	3	18	11	12,1
6	14	9,5	7	3	13	11	13,3
7	71	17	7	2,5	19	10	11,3
8	107	0	6	2	15	13	13,1
9	94	19	5	0	18	9	15,1
10	0	7,5	0	0	23		10,4
11	106	11	6	1	17	9	16,3
12	45	37	5	3			17,9
13	123	61	8	5	17	11	27,7
14	167	35,5	7	1,5	18	8	13,7
15	90,5	59	5,5	4	22	13	12,6
16	156	22	9,5	0	22	13	9,6
17	40	28	2	3	18	11	15,3
18	10	49	2	2			15,9
19	56,5	6	6	0	19	12	12
20	90	73	8	6	19	13	14,3
21	10	4	5	5	19	10	12
22	18	2	3,5	0	14	9	12,2
23	89	7	4,5	4	18	18	15,3
24	25	41	4,5	4	20	16	12
25	58	58	7	8	14	12	13,7
26	119	82	7	4	16		8,5
27	33	14	8,5	2	18	9	13
28	62	30	4	3			14,8
29	159	94	9	5			16,2
30	98	55	6	4			12,3

Tab. 16: Erhobene Patientendaten (Fortsetzung).

(AZ = Anzahl Zylinder, DG = Defektgröße, EO = Entnahmeort, eTruFit = eingesetzte TruFit-Zylinder, G = Geschlecht, KS = Knorpelschaden, Läs. = Läsionslokalisation, IFK = lateraler Femurkondylus, M = männlich, mFK = medialer Femurkondylus, mG = mediales Gleitlager, mN = mediale Notch, mT = mediale Trochlea, NZ = Nachuntersuchungszeitraum, P = Patella, vH = ventraler Humerus, W = weiblich, Ø = Durchmesser).

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. Agneskirchner JD, Brucker P, Burkart A, Imhoff AB (2002): Large osteochondral defects of the femoral condyle: press-fit transplantation of the posterior femoral condyle (MEGA-OATS). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10(3):160-8
2. Ahmad CS, Guiney WB, Drinkwater CJ (2002): Evaluation of donor site intrinsic healing response in autologous osteochondral grafting of the knee. *Arthroscopy* 18(1):95-8
3. Akizuki S, Mow VC, Müller F, Pita JC, Howell DS, Manicourt DH (1986): Tensile properties of human knee joint cartilage: I. Influence of ionic conditions, weight bearing, and fibrillation on the tensile modulus. *J Orthop Res* 4(4):379-92
4. Al-Shaikh RA, Chou LB, Mann JA, Dreeben SM, Prieskorn D (2002): Autologous osteochondral grafting for the talar cartilage defects. *Foot Ankle Int* 23(5):381-9
5. Anders S, Schaumburger J, Grifka J (2001): Surgical intra-articular interventions in arthrosis. *Orthopade* 30(11):866-80
6. Atik OS, Uslu MM, Eksioğlu F (2005): Osteochondral multiple autograft transfer (OMAT) for the treatment of cartilage defects in the knee joint. *Bull Hosp Jt Dis* 63(1-2):37-40
7. Baltzer AW, Arnold JP (2005): Bone-cartilage transplantation from the ipsilateral knee for chondral lesions of the talus. *Arthroscopy* 21(2):159-66
8. Bauer M, Jackson RW (1988): Chondral lesions of the femoral condyles: a system of arthroscopic classification. *Arthroscopy* 4(2):97-102
9. Bedi A, Foo LF, Williams RJ 3rd, Potter HG, Cartilage Study Group (2009): The Maturation of Synthetic Scaffolds for Osteochondral Donor Sites of the Knee: An MRI and T2-Mapping Analysis. *Cartilage*, DOI :10.1177/1947603509355970
10. Bentley G, Biant LC, Carrington RW, Akmal M, Goldberg A, Williams AM, Skinner JA, Pringle J (2003): A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee. *J Bone Joint Surg Br* 85(2):223-30
11. Bobic V (1996): Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3(4):262-4
12. Bobic V (1999): Autologous osteo-chondral grafts in the management of articular cartilage lesions. *Orthopade* 28(1):19-25

13. Braun S, Vogt S, Imhoff AB (2007): Stadiengerechte operative Knorpeltherapie. *Orthopade* 36(6):589-99
14. Braune C, Rehart S, Kerschbaumer F, Jager A (2004): Resorbable pin refixation of an osteochondral fracture of the lateral femoral condyle due to traumatic patellar dislocation: case management, follow-up and strategy in adolescents. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 142(1):103-8
15. Brinker MR, Lund PJ, Barrack RL (1997): Demographic biases of scoring instruments for the results of a total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 79(6):858-65
16. Brittberg M (2008): Autologous chondrocyte implantation – technique and long-term follow-up. *Injury* 39(Suppl 1):40-9
17. Brittberg M, Winalski CS (2003): Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(Suppl 2):58–69
18. Brucker P, Agneskirchner JD, Burkart A, Imhoff AB (2002): Mega-OATS. Technique and outcome. *Unfallchirurg* 105(5):443-9
19. Buckwalter JA, Lohmander S (1994): Operative treatment of osteoarthritis. Current practice and future development. *J Bone Joint Surg* 76(9):1405-18
20. Burkart AC, Schoettle PB, Imhoff AB (2001): Surgical therapeutic possibilities of cartilage damage. *Unfallchirurg* 104(9):798-807
21. Carey-Smith R, Spalding T, Masri BA (2009): TruFit Polymer Scaffolds for the Management of Cartilage Defects of the Knee. *Tech Knee Surg* 8(2):136-41
22. Carmont MR, Carey-Smith R, Saithna A, Dhillon M, Thompson P, Spalding T (2009): Delayed incorporation of a TruFit plug: perseverance is recommended. *Arthroscopy* 25(7):810-4
23. Chow JC, Hantes ME, Houle JB, Zalavras CG (2004): Arthroscopic autogenous osteochondral transplantation for treating knee cartilage defects: a 2- to 5-year follow-up study. *Arthroscopy* 20(7):681-90
24. Cole BJ, Pascual-Garrido C, Grumet RC (2009): Surgical management of articular cartilage defects in the knee. *J Bone Joint Surg Am* 91(7):1778-90
25. Curl WW, Krome J, Gordon ES, Rushing J, Smith BP, Poehling GG (1997): Cartilage injuries: a review of 31,516 knee arthroscopies. *Arthroscopy* 13(4):456-60
26. Duchow J, Kohn D (2003): Treatment of knee joint arthritis in the middle-aged patient. *Orthopade* 32(10):920-9

27. Evcik D, Sonel B (2002): Effectiveness of a home-based exercise therapy and walking program on osteoarthritis of the knee. *Rheumatol Int* 22(3):103-6
28. Fuchs M, Vosshenrich R, Dumont C, Sturmer KM (2003): Refixation of osteochondral fragments using absorbable implants. First results of a retrospective study. *Chirurg* 74(6):554-61
29. Garrett JC (1994): Fresh osteochondral allografts for treatment of articular defects in osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle in adults. *Clin Orthop Relat Res* (303):33-7
30. Gautier E, Kolker D, Jakob RP (2002): Treatment of cartilage defects of the talus by autologous osteochondral grafts. *J Bone Joint Surg Br* 84(2):237-44
31. Gersoff WK: Filling an osteochondral defect site in the knee - 5 & 14 month follow-up. In: *TruCases*, Hrsg.: OsteoBiologics, Inc., o.O. 2005, Publication # 610-506C
32. Gudas R, Kalesinskas RJ, Kimtys V, Stankevicius E, Toliushis V, Bernotavicius G, Smailys A (2005): A prospective randomized clinical study of mosaic osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of osteochondral defects in the knee joint in young athletes. *Arthroscopy* 21(9):1066-75
33. Haklar U, Tüzüner T, Kocaoglu B, Güven O (2008): Mosaicplasty technique in the treatment of osteochondral lesions of the knee. *Acta Orthop Traumatol Turc* 42(5):344-9
34. 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. *J Bone Joint Surg Am* 85-A Suppl 2:25-32
35. Hangody L, Karpati Z, Szigeti I, Sükösd L (1996): Clinical experience with the mosaic technique. *Rev Osteol* 4:32-6
36. Hangody L, Kish G, Karpati Z, Szerb I, Udvarhelyi I (1997): Arthroscopic autogenous osteochondral mosaicplasty for the treatment of femoral condylar articular defects. A preliminary report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5(4):262-7
37. Hangody L, Feczko P, Bartha L, Bodo G, Kish G (2001): Mosaicplasty for the treatment of articular defects of the knee and ankle. *Clin Orthop Relat Res* (391 Suppl):S328-36

38. Hangody L, Ráthonyi GK, Duska Z, Vásárhelyi G, Füles P, Módis L (2004): Autologous osteochondral mosaicplasty. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 86-A Suppl 1:65-72.
39. Hardaker WT Jr, Garrett WE Jr, Bassett FH (1990): Evaluation of acute traumatic hemarthrosis of the knee joint. *South Med J* 83:640-4
40. Hart R, Janecek M, Visna P, Bucek P, Kocis J (2003): Mosaicplasty for the treatment of femoral head defect after incorrect resorbable screw insertion. *Arthroscopy* 19(10):E1-5
41. Henderson IJ, Tuy B, Connell D, Oakes B, Hettwer WH (2003): Prospective clinical study of autologous chondrocyte implantation and correlation with MRI at three and 12 months. *J Bone Joint Surg Br* 85(7):1060-6
42. Henne-Bruns D, Dürig M, Kremer B: *Duale Reihe Chirurgie*. 3.Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2007, S.1093-5
43. Hönle W, Jezussek D, Fabijani R, Schuh A (2007): Surgical treatment of knee osteoarthritis. *MMW Fortschr Med* 149(25-26):33-4, 36
44. 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. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(2):185-92
45. Hunt N, Sanchez-Ballester J, Pandit R, Thomas R, Strachan R (2001): Chondral lesions of the knee: A new localization method and correlation with associated pathology. *Arthroscopy* 17(5):481-90
46. Hunter W (1995): Of the structure and diseases of articulating cartilages. 1743. *Clin Orthop Relat Res* (317):3-6
47. Imhoff AB, König U (2003): Arthroskopie - qualifizierte Stadieneinteilung der osteochondralen Läsion (OCL) am Knie. *Arthroscopy* 16:23–8
48. Imhoff AB, Ottl GM, Burkart A, Traub S (1999): Autologous osteochondral transplantation on various joints. *Orthopade* 28(1):33-44
49. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN (1989): Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res* (248):13-4
50. International Cartilage Repair Society (1998): The cartilage standard evaluation form/knee. *ICRS Newsletter* 2:5-8

51. Iwasaki N, Kato H, Ishikawa J, Saitoh S, Minami A (2006): Autologous osteochondral mosaicplasty for capitellar osteochondritis dissecans in teenaged patients. *Am J Sports Med* 34(8):1233-9
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. *Am J Sports Med* 35(12):2096-100
53. Jakob RP (2000): Knee injuries in general practice. *Ther Umsch* 57(12):739-47
54. Jakob RP, Franz T, Gautier E, Mainil-Varlet P (2002): Autologous osteochondral grafting in the knee: indication, results, and reflections. *Clin Orthop Relat Res* (401):170-84
55. Johnson LL (2001): Arthroscopic abrasion arthroplasty. A review. *Clin Orthop Relat Res* (391 Suppl):306-17
56. Kalunian KC, Moreland LW, Klashman DJ, Brion PH, Concoff AL, Myers S, Singh R, IKE RW, Seeger LL, Rich E (2000): Visually-guided irrigation in patients with early knee osteoarthritis: a multicenter randomized, controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage* 8(6):412-8
57. Knutsen G, Engebretsen L, Ludvigsen TC, Drogset JO, Grontvedt T, Solheim E, Strand T, Roberts S, Isaksen V, Johansen O (2004): Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. A randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 86-A(3):455-64
58. Koulalis D, Schultz W, Heyden M, König F (2003): Autologous osteochondral grafts in the treatment of cartilage defects of the knee joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12(4):329-34
59. Lane JG, Massie JB, Ball ST, Amiel ME, Chen AC, Bae WC, Sah RL, Amiel D (2004): Follow-up of osteochondral plug transfers in a goat model: a 6-month study. *Am J Sports Med* 32(6):1440-50
60. LaPrade RF, Botker JC (2004): Donor-site morbidity after osteochondral autograft transfer procedures. *Arthroscopy* 20(7):e69-73
61. Laprell H, Petersen W (2001): Autologous osteochondral transplantation using the diamond bone-cutting system (DBCS): 6-12 years' follow-up of 35 patients with osteochondral defects at the knee joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 121(5):248-53
62. Longo UG, Franceschi F, Ruzzini L, Rabitti C, Maffulli N, Denaro V (2009): Foreign-body giant-cell reaction at the donor site after autologous osteochondral

- transplant for cartilaginous lesion. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 91(4):945-9
63. Lüring C, Anders S, Bähris H, Perlick L, Tingart M, Grifka J (2004): Current treatment modalities for cartilage defects at the knee--results of a nation-wide survey of surgical trauma and orthopaedic clinics in Germany. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 142(5):546-52
64. Magnuson PB (1974): The classic: Joint debridement: surgical treatment of degenerative arthritis. *Clin Orthop Relat Res* (101):4-12
65. Mankin HJ (1982): The response of articular cartilage to mechanical injury. *J Bone Joint Surg Am* 64(3):460-6
66. Marcacci M, Zaffagnini S, Kon E, Visani A, Iacono F, Loreti I (2002): Arthroscopic autologous chondrocyte transplantation: technical note. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10(3):154-9
67. Marcacci M, Kon E, Zaffagnini S, Iacono F, Neri MP, Vascellari A, Visani A, Russo A (2005): Multiple osteochondral arthroscopic grafting (mosaicplasty) for cartilage defects of the knee: prospective study results at 2-year follow-up. *Arthroscopy* 21(4):462-70
68. Marlovits S, Striessnig G, Resinger CT, Aldrian SM, Vacsei V, Imhof H, Trattnig S (2004): Definition of pertinent parameters for the evaluation of articular cartilage repair tissue with high-resolution magnetic resonance imaging. *Eur J Radiol* 52(3):310-9
69. Martinek V, Ansah P, Imhoff AB (2003): Osteochondrale autologe Knorpel-Knochen-Transplantation (OATS) in der Behandlung der Talus-Osteonekrose. *Arthroscopy* 16:29-33
70. Matsusue Y, Yamamuro T, Hama H (1993): Arthroscopic multiple osteochondral transplantation to the chondral defect in the knee associated with anterior cruciate ligament disruption. *Arthroscopy* 9(3):318-21
71. Meenen NM, Rischke B (2003): Autogenous osteochondral transplantation (AOT) for cartilaginous defects of the femoral condyle. *Oper Orthop Traumatol* 15:38-56
72. Melton JT, Wilson AJ, Chapman-Sheath P, Cossey AJ (2010): TruFit CB bone Plug: chondral repair, scaffold design, surgical technique an early experiences. *Expert Rev Med Devices* 7(3):333-41

73. Meyers großes Taschenlexikon: Gelenke. 6.Auflage, Hrsg.: Meyers Lexikonredaktion, Band 8, B.-I. Taschenbuchverlag, Mannheim 1998, S.39
74. Mithoefer K, McAdams T, Williams RJ, Kreuz PC, Mandelbaum BR (2009): Clinical efficacy of the microfracture technique for articular cartilage repair in the knee: an evidence-based systematic analysis. *Am J Sports Med* 37(10):2053-63
75. Moseley JB, O'Malley K, Petersen NJ, Menke TJ, Brody BA, Kuykendall DH, Hollingsworth JC, Ashton CM, Wray NP (2002): A controlled trial of arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med* 347(2):81-8
76. Mow VC, Holmes MH, Lai WM (1984): Fluid transport and mechanical properties of articular cartilage: a review. *J Biomech* 17(5):377-94
77. Müller B, Kohn D (1999): Indication for and performance of articular cartilage drilling using the Pridie method. *Orthopade* 28(1):4-10
78. Nehrer S: Moderne Entwicklungen in der Behandlung von Knorpeldefekten. In: *Medizinisch-Orthopädische Technik*. URL: <http://mot-magazin.de/content/view/46/53/> (Abruf am 16. Juli 2010)
79. OBI: TruFit ® Bone Graft Substitute Implants, Large animal preclinical study results (6 weeks, 6 months and 12 months data). Hrsg.: OsteoBiologics, Inc., o.O. 2003, Publication # 610-501B
80. OBI: TruFit ® CB Plugs, preclinical studies – goat model, How it works, Resorbable scaffolds for cartilage and bone repair. Hrsg.: OsteoBiologics, Inc., o.O. 2006, Publication # 610-516A
81. O'Driscoll SW (1998): The healing and regeneration of articular cartilage. *J Bone Joint Surg Am* 80(12):1795-812
82. Otte P: *Der Arthrose-Prozeß. Teil 1: Osteochondrale Strukturen*. Novartis Pharma Verlag, Nürnberg 2001, S13-66
83. Outerbridge RE (2001): The etiology of chondromalacia patellae. 1961. *Clin Orthop Relat Res* (389):5-8
84. Outerbridge HK, Outerbridge AR, Outerbridge RE (1995): The use of a lateral patellar autologous graft for the repair of a large osteochondral defect in the knee. *J Bone Joint Surg Am* 77(1):65-72
85. Outerbridge HK, Outerbridge RE, Smith DE (2000): Osteochondral defects in the knee. A treatment using lateral patella autografts. *Clin Orthop Relat Res* (377):145-51

86. Oztürk A, Ozdemir MR, Ozkan Y (2006): Osteochondral autografting (mosaicplasty) in grade IV cartilage defects in the knee joint: 2- to 7-year results. *Int Orthop* 30(3):200-4
87. Paul J, Sagstetter A, Kriner M, Imhoff AB, Spang J, Hinterwimmer S (2009): Donor-site morbidity after osteochondral autologous transplantation for lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Am* 91(7):1683 - 8
88. Peterson L, Brittberg M, Kiviranta I, Akerlund EL, Lindahl A (2002): Autologous chondrocyte transplantation. Biomechanics an long-term durability. *Am J Sports Med* 30(1):2-12
89. Pietsch M, Hofmann S (2007): Surgical treatment of knee joint osteoarthritis in the middle-aged patient. *Wien Med Wochenschr* 157(1-2):7-15
90. Pullig O, Pfander D, Swoboda B (2001): Molecular principles of induction and progression of arthrosis. *Orthopade* 30(11):825-33
91. Reddy S, Pedowitz DI, Parekh SG, Sennett BJ, Okereke E (2007): The morbidity associated with osteochondral harvest from asymptomatic knees for the treatment of osteochondral lesions of the talus. *Am J Sports Med* 35(1):80-5
92. Roberts S, McCall IW, Darby AJ, Menage J, Evans H, Harrison PE, Richardson JB (2003): Autologous chondrocyte implantation for cartilage repair: monitoring its success by magnetic resonance imaging and histology. *Arthritis Res Ther* 5(1):R60-73
93. Rose T, Lill H, Verheyden P, Katscher S, Josten C (2000): Retropatellar autologous cartilage-bone transplantation. A treatment option in severe cartilage damage. *Unfallchirurg* 103(11):999-1002
94. Rose T, Lill H, Hepp P, Josten C (2005): Autologous osteochondral mosaicplasty for treatment of a posttraumatic defect of the lateral tibial plateau: a case report with two-year follow-up. *J Orthop Trauma* 19(3):217-22
95. Schöttle PB, Oetl GM, Agneskirchner JD, Imhoff AB (2001): Operativ therapy of osteochondral lesions of the talus with autologous cartilage-bone transplantation. *Orthopade* 30(1):53-8
96. Sellards RA, Nho S, Cole BJ (2002): Chondral injuries. *Curr Opin Rheumatol* 14(2):134-41
97. Smith & Nephew GmbH (Hrsg.) (2007): OBI TruFit Implantate bieten ideale Therapieoption. *smith&nephew news*, Ausgabe 02/2007, S1-2

98. Solheim E, Hegna J, Oyen J, Austgulen OK, Harlem T, Strand T (2010): Osteochondral autografting (mosaicplasty) in articular cartilage defects in the knee: results at 5 to 9 years. *Knee* 17(1):84-7
99. Spahn G, Wittig R, Kahl E, Klinger HM, Mückley T, Hofmann GO (2007): Evaluation of cartilage defects in the knee: validity of clinical, magnetic-resonance-imaging and radiological findings compared with arthroscopy. *Unfallchirurg* 110(5):414-24
100. Spalding T, Carey-Smith R, Carmont M, Dunn K (2009): TruFit Plugs for Articular Cartilage Repair in the Knee: 2 Year Experience, Results and MRI Appearances. *Arthroscopy* 25(6) Suppl:e32-e33
101. Steadman JR, Rodkey WG, Rodrigo JJ (2001): Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects. *Clin Orthop Relat Res* (391 Suppl):S362-9
102. Steinwachs MR, Gugli T, Kreuz PC (2008): Marrow stimulation techniques. *Injury* 39 Suppl 1:S26-31
103. Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel BA, Tyndall AG, Dick W, Theiler R (1996): Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthritis Index. *Z Rheumatol* 55(1):40-9
104. Tegner Y, Lysholm J (1985): Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* (198):43-9
105. Tetta C, Busacca M, Moio A, Rinaldi R, Delcogliano M, Kon E, Filardo G, Marcacci M, Albisinni U (2009): Knee osteochondral autologous transplantation: Long-term MR findings and clinical correlations. *Eur J Radiol*, DOI: 10.1016/j.ejrad.2009.05.011
106. Tibesku CO, Szuwart T, Kleffner TO, Schlegel PM, Jahn UR, Van Aken A, Fuchs S (2004): Hyaline cartilage degenerates after autologous osteochondral transplantation. *J Orthop Res* 22(6):1210-4
107. 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. *Am J Sports Med* 37 Suppl 1:105S-111S
108. Van Susante JL, Wymenga AB, Buma P (2003): Potential healing benefit of an osteoperiosteal bone plug from the proximal tibia on a mosaicplasty donor-site defect in the knee. An experimental study in the goat. *Arch Orthop Trauma Surg* 123(9):466-70

- 109.Wagner H (1972): Possibilities and experiences with cartilage transplantation. Z Orthop Ihre Grenzgeb 110(6):705-8
- 110.Widuchowski W, Lukasik P, Kwiatkowski G, Faltus R, Szyluk K, Widuchowski J, Koczy B (2008): Isolated full thickness chondral injuries. Prevalance and outcome of treatment. A retrospective study of 5233 knee arthroscopies. Acta Chir Orthop Traumatol Cech 75(5):382-6
- 111.Williams RJ 3rd, Harnly HW (2007): Microfracture: indications, technique, and results. Instr Course Lect 56:419-28
- 112.Williams RJ, Gamradt SC (2008): Articular cartilage repair using a resorbable matrix scaffold. Instr Course Lect 57:563-71
- 113.Zacher J, Gursche A (2001): Diagnosis of arthrosis. Orthopade 30(11):841-7

DANKSAGUNG

Mein erster Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. K.-H. Frosch, für die freundliche Bereitstellung des Themas, der Operationsfotos und weiterer Unterlagen sowie für die hilfreiche Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Zusätzlich danke ich Herrn Dr. rer. nat. K. Jung und Herrn M. Harden für die kompetente statistische Betreuung meiner Arbeit und die Darstellung der Ergebnisse.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei meinen Eltern für ihre wertvolle Unterstützung und die Durchsicht der Manuskripte; ihnen und meinen Freunden danke ich für ihre Geduld, ihr Verständnis und die vielen kleinen und großen Hilfeleistungen.