

Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Vorstand: Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff)

**Klinische und kernspintomografische 10-Jahres-Ergebnisse nach Mega-OATS
Operation am Kniegelenk**

Paul Felix Förschner

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

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff
2. Priv.-Doz. Dr. S. Braun

Die Dissertation wurde am 25.08.2015 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 15.06.2016 angenommen.

1. Zusammenfassung

Fragestellung:

Große osteochondrale Defekte in der Hauptbelastungszone, insbesondere bei jungen, sportlich aktiven Patienten, stellen hinsichtlich eines nachhaltigen und erfolgreichen Langzeitergebnisses ein noch ungelöstes Problem dar. Ziel dieser retrospektiven Fallserie waren die klinischen und kernspintomografischen Langzeitergebnisse nach Mega-OATS Operation am Kniegelenk, sowie die Erstellung einer Kaplan-Meier-Überlebenskurve im Hinblick auf den nachhaltigen Effekt des Eingriffes.

Methodik:

Insgesamt wurden 39 Patienten (9 weiblich, 30 männlich), welche im Zeitraum von Juli 1999 bis Dezember 2004 operiert wurden, in die Studie eingeschlossen. 2 Patienten wurden wegen der Konvertierung zu einer Total-Endoprothese und 1 Patient wegen der Konvertierung zur Teil-Endoprothese aus der Studie ausgeschlossen. Der Defekt befand sich bei 30 Patienten im Bereich des medialen bzw. bei 9 Patienten im Bereich des lateralen Femurkondylus in der Hauptbelastungszone. Die osteochondrale Defektgröße betrug durchschnittlich 5,1 cm². Bei allen Patienten konnte der Lysholm-, Tegner-, sowie der IKDC-Score erhoben werden. Außerdem wurde bei 33 Patienten eine Kernspintomografie des Kniegelenks durchgeführt. Das Patientenalter betrug zum Zeitpunkt der Operation durchschnittlich 30,5 Jahre (14-59). Der Follow-up lag im Mittel bei 114 Monaten (84 – 149). Als statistisches Verfahren wurde der Student`s-t-Test mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ verwendet.

Ergebnisse:

Eine nachhaltige signifikante ($p=0,001$) Verbesserung zeigte sich beim Lysholm-Score, welcher von 59 präoperativ auf 77 Punkte im Verlauf bis 10 Jahre postoperativ relativ stabil blieb. Der IKDC-Score lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen bei 73 Punkten (bei fehlender präoperativer Score-Erhebung) und der Tegner-Score blieb von unmittelbar präoperativ zu 10 Jahre postoperativ bei 4 Punkten konstant. Die kernspintomografischen Untersuchungen zeigten bei allen Patienten ein vitales, kongruent eingewachsenes Transplantat. Im Vergleich

zwischen isolierter Mega-OATS-Operation bei gerader Beinachse und der Kombination von Mega-OATS mit einer hohen tibialen Umstellungsosteotomie bei begleitender Varusfehlstellung, konnte kein signifikanter ($p=0,364$) Unterschied bezüglich des klinischen Langzeitergebnisses festgestellt werden. Trotz Salvage-Verfahren fanden sich in der Kaplan-Meier-Überlebenskurve nur 10 % Versager innerhalb 10 Jahre Nachuntersuchungszeitraum.

Schlussfolgerung:

Die Mega-OATS Operation stellt bei großen osteochondralen Defekten am Femurkondylus in der Hauptbelastungszone eine langfristig erfolgreiche operative Therapiealternative zur Wiederherstellung oder Erhaltung der Belastbarkeit des Kniegelenks dar.

2. Abstract

Objective:

Large osteochondral defects in the weight bearing area, especially in young athletic patients, represent an unsolved problem in terms of sustainable and successful long-term results. The aim of this retrospective case series was the clinical and magnetic resonance imaging outcome after long-term follow up, as well as the generation of a Kaplan-Meier survival rating scale with regards to the durable effect of this surgical procedure.

Methods:

39 patients (9 female, 30 male), which were treated in between July 1999 and December 2004, were included in this study. 3 patients were excluded due to conversion to a uni, or total arthroplasty. The defect was located at the medial and at the lateral weight bearing zone of the femoral condyle in 30 and 9 patients respectively. The mean size of the osteochondral defect was 5.1 cm^2 . All patients were evaluated using the Lyshom, Tegner and IKDC Score. 33 patients underwent a magnetic resonance imaging of the knee joint. The mean age of the patients at the time of surgery was 30.5 years (14-59) and the mean follow-up was 114 (84 – 149) months. For statistical evaluation the Student`s-t-test was chosen and the level of significance was set at $p<0.05$.

Results:

A statistically significant improvement ($p=0.01$) was represented in the Lysholm score, which increased from 59 preoperatively to 77 points postoperatively and persisted stable until 10 years after surgery. The IKDC score was 73 points at follow-up (in the absence of preoperatively data) and the Tegner Score stayed equal at 4 points in comparison to the preoperative value. The magnetic resonance imaging showed vital and congruent grafts in all cases. The comparison of the isolated Mega-OATS surgery in a straight limb alignment and the combination with a high tibial osteotomy in varus deformity showed no significant difference in the clinical results ($p=0.364$). Even the Mega-OATS operation is considered as a salvage procedure the Kaplan-Meier survival rating scale showed only a failure rate of 10 % in 10 years follow-up.

Conclusion:

Mega-OATS has emerged as an effective and durable solution for the treatment of large osteochondral lesions in the weight bearing zone of the femoral condyle to regenerate and preserve the loading capacity of the knee joint

Schlagwörter:

Mega-OATS, osteochondrale Defekte, Belastungszone, Kniegelenk

Keywords:

Mega-OATS, osteochondral lesion, weight-bearing zone, knee joint

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	1
2. Abstract.....	2
3. Widmung.....	6
4. Abkürzungsverzeichnis	6
5. Vorwort	9
6. Einleitung.....	10
7. Grundlagen	12
7.1. Knorpel.....	12
7.1.1. Bestandteile des Knorpels und dessen struktureller Aufbau	12
7.1.2. Pathophysiologie der Knorpeldegeneration.....	16
7.2. Chirurgische Behandlungsmöglichkeiten von Knorpelschäden	16
7.3. Kernspintomografie des Gelenkknorpels	22
8. Material und Methoden	24
8.1. Mega-OATS Operation.....	24
8.1.1. Operationsindikation	24
8.1.2. Operationstechnik.....	24
8.2. Patienten	30
8.2.1. Patientenkollektiv.....	30
8.2.2. Beschreibung der Studienteilnehmer.....	32
8.3. Nachuntersuchung	36
8.3.1. Anamnese.....	36
8.3.2. Klinische Untersuchung.....	37
8.3.3. Fotografische Ganzbeinvermessung	37
8.3.4. Der Fragebogen.....	39
8.3.4.1. Tegner Aktivitäts-Index	40
8.3.4.2. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).....	40

8.3.4.3. Lysholm Score	41
8.3.4.4. IKDC Subjektive Knee Evaluation Form – 2000	41
8.3.4.5. Fragen zur Lebenszufriedenheit (FLZ).....	44
8.3.5. Kernspintomografie.....	45
8.3.5.1. Boston-Leeds-Osteoarthritis-Knee-Score (BLOKS).....	46
8.2.5.2. Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue (MOCART)	48
8.3.5.3. T2-Mapping	50
8.3.5.4. Statistische Auswertung.....	51
9. Ergebnisse.....	51
9.1. Patientenzufriedenheit.....	52
9.2. Subjektive Instabilität.....	53
9.3. Schmerzen	53
9.4. Bewegungsdefizite	55
9.5. Ergebnisse der klinischen Scores	56
9.5.1. Lysholm Score	56
9.5.2. Tegner Aktivitäts-Index	61
9.5.3. IKDC Score.....	63
9.5.4. Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)	67
9.5.5. Patientenspezifische Einflüsse auf die Ergebnisse der klinischen Scores	71
9.5.6. Fotografische Beinachsenvermessung.....	75
9.5.7. Fragen zur Lebenszufriedenheit.....	78
9.6. Ergebnisse der Kernspintomografie	86
9.6.1. BLOKS.....	86
9.6.2. MOCART Score.....	91
9.6.3. T2-Mapping.....	92
9.6.4. Zusammenhang zwischen kernspintomografischen und klinischen Ergebnissen.....	96

9.7. Kaplan-Meier Überlebenskurve	100
10. Diskussion	101
11. Zusammenfassung	118
12. Literaturverzeichnis	119
13. Abbildungsverzeichnis	130
14. Tabellenverzeichnis	133
15. Anhang	135
16. Danksagung	154
17. Eidstattliche Erklärung	155

3. Widmung

Meiner Frau Regine Förschner in Liebe und Dankbarkeit.

4. Abkürzungsverzeichnis

ACT	Autologe Chondrozyten Transplantation
ant.	anterior
BLOKS	Boston-Leeds-Osteoarthritis-Knee-Score
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
BRD	Bundesrepublik Deutschland
cm	Zentimeter

DESS	Driven Equilibrium in the Steady State
Dr.	Doktor (Akademischer Grad)
et al.	et altera
FLZ	Fragen zur Lebenszufriedenheit
FOV	Field of View
Fs	Fat saturation/ fettunterdrückt
ggf.	gegebenenfalls
HF	Hochfrequenz
HKB	Hinteres Kreuzband
HTO	Hohe tibiale Umstellungsosteotomie
Hz	Hertz
IKDC	International Knee Documentation
inf.	inferior
kg	Kilogramm
KOOS	Knee and Osteoarthritis Outcome Score
MACHT	Matrixassoziierte Chondrozytentransplantation
Max.	Maximum
MHz	MegaHertz
Min.	Minimum
mm	Millimeter
MOCART	Magnetic resonance observation of cartilage repair tissue
MRT	Magnetresonanztomografie

ms	Millisekunde
N	Anzahl
OATS	Osteochondral autologous transfer system
Pd	Protonendichte
post.	posterior
Prof.	Professor
ROI	Region of Interest
SD	Standardabweichung
sup.	superior
TE	Echozeit
TR	Repetitionszeit
TSE	Turbo spin echo
TU	Technische Universität
v. a.	vor allem
VAS	Visuell Analog Scale
VKB	Vorderes Kreuzband
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index
z.B.	zum Beispiel

5. Vorwort

Die Mega-OATS Operation ist ein Salvage-Verfahren, welches bei ausgedehnten Knorpel-Knochen-Läsionen Anwendung findet. Bei jungen, sportlich aktiven Patienten soll durch den Transfer von einem osteochondralen Zylinder das Eintreten bzw. Fortschreiten einer Gonarthrose verhindert bzw. hinausgezögert werden. Mit der Vorgänger Operation dem sogenannten „posterioren Femurkondylentransfer“, welcher zwischen 1984 und 1998 durchgeführt wurde, erzielten Imhoff et al. (Imhoff et al. 1999) eine signifikante Verbesserung der klinischen Ergebnisse. Diese Technik wurde ab Juli 1999 durch das Mega-OATS-Verfahren ersetzt. Seit der Entwicklung des Mega-OATS-Verfahrens, bei dem mittels einer speziellen Work Station (Firma Arthrex, Karlsfeld, BRD) eine optimale Transplantatverarbeitung gewährleistet ist, kann der osteochondrale Zylinder in „press fit“ Technik in die Defektzone eingebracht werden. Dadurch entsteht keine iatrogene Beschädigung des Zylinders mehr bei der Transplantatbefestigung durch Kleinfragmentschrauben. Bisher wurden kurz-, und mittelfristige Ergebnisse dieses neueren Verfahrens veröffentlicht, welche eine signifikante Verbesserung der klinischen Ergebnisse und ein kongruentes Einwachsen des Zylinders zeigten (Brucker et al. 2008, Minzlaff et al. 2010, Braun et al 2008). Karataglis et al. (Karataglis et al. 2005) zeigten ähnliche Ergebnisse mittels Allografts. In den letzten Jahren ist die Anzahl der Mega-OATS-Operation deutlich zurückgegangen und wurde größtenteils durch neuere Verfahren (sogenannte Sandwich-Technik durch Kombination aus Spongiosaplastik und Knorpelzellzüchtung) abgelöst, von welchen jedoch bislang nur mittelfristige Nachuntersuchungsergebnisse vorliegen (Basad 2007, Ochs et al. 2007, Könst et al. 2012). Ziel der Studie war somit die Langzeitanalyse der klinischen und kernspintomografischen Ergebnisse nach Mega-OATS-Operation. Die Funktion des Kniegelenks soll mittels klinischer Untersuchung und der Erhebung von anerkannten klinischen Scores ermittelt werden. Bildgebend in der Kernspintomografie sollen die Vitalität des Knorpels mittels morphologischer und quantitativer Techniken beurteilt werden.

6. Einleitung

Eine Läsion im Gelenkknorpel stellt einen entscheidenden Faktor in der Ätiologie von Knieschmerzen und der Entstehung einer Kniegelenksarthrose dar. Gonarthrosen sind Erkrankungen des gesamten Kniegelenks. Sie definieren sich durch die Kombination von klinischen Symptomen wie Nachtschmerzen und radiologischen Zeichen wie Gelenkspaltverschmälerung, Auftreten von Osteophyten, subchondrale Sklerosierung und Geröllzysten (Kellgren 1957). Circa 10-13 % der Bevölkerung über 60 Jahre sind von arthrotischen Veränderungen betroffen, die Prävalenz nimmt mit steigendem Alter zu (Zhang 2010). Die Entstehung der Gonarthrose kann in zwei Formen unterteilt werden (Felson et al. 2000). Die deutlich häufigere Form stellt die primäre oder idiopathische Arthrose dar, deren Auftreten bisher kein eindeutiger Grund zugeschrieben werden kann. Jedoch wird die Entwicklung einer Gonarthrose durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Zu diesen zählen vorrangig Hormonstatus und Knochendichte, Ernährung, genetische Faktoren, Alter, Geschlecht, biochemische Faktoren im Knochen,- und Knorpelstoffwechsel, mechanische Faktoren wie Deformitäten der Beinachse, Übergewicht und körperliche Aktivität. Seltener sind die sekundären Formen der Arthrose, die auf Grund von Verletzungen, Entzündungen, metabolischen oder neurologischen Veränderungen entstehen können. Während sich die Häufigkeit einer sekundären Gonarthrose keiner spezifischen Altersgruppe zuordnen lässt, steigt die Prävalenz der primären Form mit dem Alter deutlich an (Buckwalter 1997). Ein Ansatzpunkt in der präventiven Behandlung der Arthrose ist die Behandlung von Knorpelschäden im Kniegelenk. Da das Knorpelgewebe keine Nerven, Lymph- und Blutgefäße beinhaltet, ist das natürliche Regenerationsverhalten eingeschränkt. Schon vor über 250 Jahren wurde die fehlende Reparationsfähigkeit des hyalinen Gelenkknorpels beobachtet (Hunter 1743). Im Laufe der Zeit wurden verschiedenen Arten der chirurgischen Knorpeltherapie entwickelt. Ziel einer optimalen Therapie ist die Reduktion von Schmerzen und die Wiederherstellung bzw. die Erhaltung der Belastungsfähigkeit des Kniegelenks. Je nach Größe und Lokalisation des Schadens werden verschiedene Techniken bevorzugt, dennoch gibt es derzeit keinen einheitlichen klinischen Algorithmus zur Behandlung von Knorpelschäden (Marcacci et al. 2013). Ziel einer knorpelchirurgischen Therapie ist die Füllung des Defekts durch ein

Ersatzgewebe, das den funktionellen Ansprüchen des hyalinen Gelenkknorpels möglichst gleicht. In der Behandlung von ausgedehnten osteochondralen Schäden im Bereich des Kniegelenks sind die Behandlungsmöglichkeiten schwieriger, da der subchondrale Knochen meist mit adressiert werden muss und die Defektgröße die Indikation zu einzelnen Therapietechniken einschränkt (Bentley et al. 2013). Das Gesamtkonzept in der Therapie von Knorpelschäden sollte immer auch die Adressierung von Begleitpathologien beinhalten (Frank, Cole 2013). Dazu zählen Verletzungen von Seiten- und Kreuzbändern des Kniegelenks, der Menisken sowie eine bestehende Beinachsenabweichung. Im Gesamtkonzept der Knorpeltherapie sollten weiterhin die subjektiven alltäglichen, beruflichen und sportlichen Bedürfnisse des Patienten im Vordergrund stehen.

7. Grundlagen

7.1. Knorpel

Das Knorpelgewebe stellt ein spezielles Bindegewebe mit Stützfunktion dar, dessen Eigenschaften durch die Beschaffenheit der Matrix bestimmt werden. Es entsteht, wie die meisten Skelettelemente, die zunächst knorpelig angelegt werden, aus dem Mesenchym (Welsch 2006). Hyaliner Knorpel ist die am häufigsten untersuchte Knorpelart. Er ist wichtigster Bestandteil der Epiphysenfugen und dient dem Längenwachstum. Beim Erwachsenen kommt hyaliner Knorpel in den Wänden der Luftwege (z.B. Trachea, Bronchien), am ventralen Rippenansatz und an den Gelenken vor. Der Knorpel setzt sich aus Zellen (Chondrozyten) und extrazellulärer Matrix zusammen, wobei die Matrix von den Chondrozyten gebildet wird. Die Matrix besteht zu 70 % aus Wasser und beinhaltet Proteoglykane, kollagene und nicht-kollagene Matrixproteine. Knorpelgewebe beinhaltet keine Blutgefäße, Lymphgefäße und Nerven und wird über Diffusion versorgt (Stockwell 1978). Wechselwirkungen zwischen Matrix und Zellen sorgen für die Festigkeit und Viskoelastizität des Knorpels.

7.1.1. Bestandteile des Knorpels und dessen struktureller Aufbau

Bestandteile des Knorpels

Chondrozyten:

Chondrozyten, welche nur 1 % des Knorpeltrockengewichts ausmachen, stellen die einzige Zellart im hyalinen Knorpel dar. Sie besitzen die nötigen Zellbestandteile zur Matrixsynthese wie endoplasmatisches Retikulum und Golgi-Apparat (Buckwalter 1997).

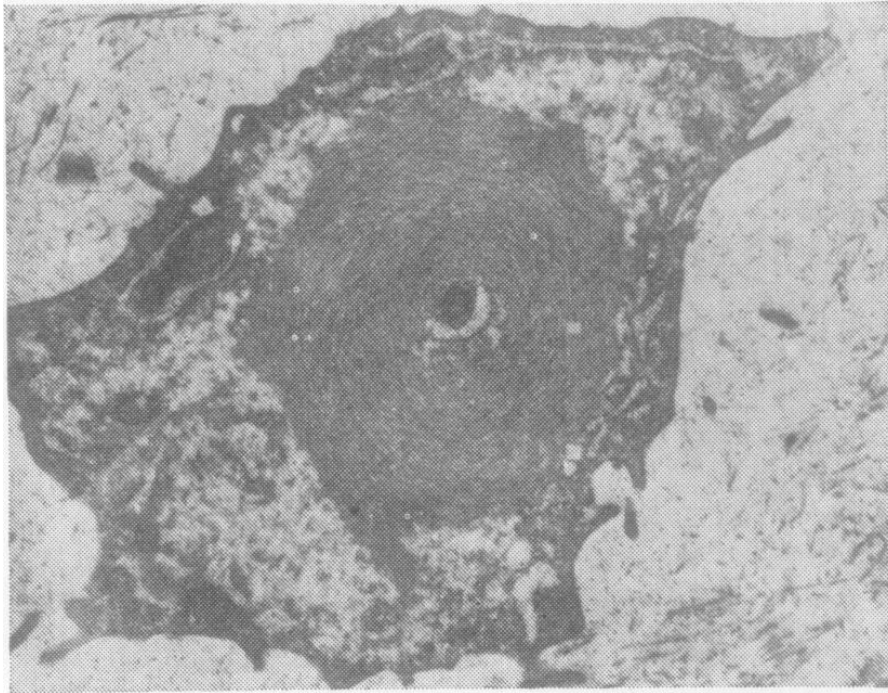


Abbildung 1: Chondrozyten des menschlichen Femurkondyls. (Stockwell 1978)

Die Anzahl der Chondrozyten verringert sich in Wachstumsphase und bleibt bei Erwachsenen dann konstant (Stockwell 1967).

Proteoglykane:

Proteoglykane bestehen aus einem Kern-Protein, welches mit ein oder mehreren Glykosaminoglykanketten kovalent verbunden ist. Den größten Anteil der Proteoglykane machen die knorpelspezifischen, aggregierenden Proteoglykane, die sogenannten Aggrekane, aus. Diese Bezeichnung beruht auf der Fähigkeit der Proteoglykane, sich mit Hilfe eines Link-Proteins mit Hyaluronsäure nicht kovalent zu verbinden. Die Glykosaminoglykane bestehen aus Hyaluronsäure, Keratansulfat, Chondroitinsulfat und Dermatansulfat. Diese negativ geladenen Seitenketten ermöglichen die Bindung von Wasser, indem Kationen wie Natrium und Wasserstoff angezogen und Anionen wie Chlorid abgestoßen werden. Somit sind Proteoglykane für die Kompressibilität und Festigkeit des Gelenkknorpels von entscheidender Bedeutung (Buckwalter 1997, Kuettner 1992).

Kollagene:

Kollagene, die 60 % des Knorpeltrockengewichts bilden, finden sich in unterschiedlichen Kollagentypen 2, 6, 9, 10, 11 als dreidimensionales Rahmenkonstrukt im Gelenkknorpel wieder. Kollagen Typ 2, welches durch ein

Netzwerk aus Kollagenfibrillen einen entscheidenden Faktor für die Zugfestigkeit des Gelenkknorpels darstellt, macht die Hauptkomponente mit 90 bis 95 % der Fibrillen aus. Kollagen Typ 6 ist an der Integration der Chondrozyten in die extrazelluläre Matrix beteiligt, Typ 9 und 11 tragen zur Quervernetzung und somit zur Stabilisierung im Kollagengerüst bei und Kollagen Typ 10 wird eine Funktion in der Knorpelmineralisation zugeschrieben (Martinek 2003).

Struktureller Aufbau

Durch die morphologischen Unterschiede der Chondrozyten sowie der Matrix, kann das Knorpelgewebe in vier Schichten unterteilt werden. Von der Oberfläche beginnend unterscheidet man eine Tangential-, eine Transitional-, eine basale Radiär- und eine kalzifizierende Schicht, die am Übergang zum subchondralen Knochen liegt (Buckwalter 1997). In der gelenknahen Tangentialschicht findet sich oberflächlich eine durchsichtige Lamina splendens (Buckwalter 1997). Darunter liegen die abgeflachten Chondrozyten und Kollagenfasern parallel zur Knorpeloberfläche, wodurch eine vermehrte Zugsteifigkeit resultiert. Die von den Chondrozyten produzierte Matrix ist reich an Wasser und Kollagenen und enthält nur einen geringen Anteil an Proteoglykanen. Durch diese Eigenschaften erfüllt die Tangentialschicht auch eine Barrierefunktion gegenüber dem Immunsystem (Buckwalter 1997). Die Zellen kommen in vorwiegend einzelnen und doppelten sogenannten Chondromen vor (Schumacher et al. 2002). Die folgende Transitionalschicht ist dicker und die Chondrozyten haben eine kugelige Form. Die Matrix besteht dort aus mehr Proteoglykanen und weniger Wasser bzw. Kollagenen als in der Tangentialschicht. In der darunterliegenden Radiärschicht, die im Wesentlichen die Dicke des Gelenkknorpels ausmacht (Benninghoff 1925), sind die ebenfalls kugeligen Chondrozyten in säulenartiger Form senkrecht zur Knorpeloberfläche angeordnet. Diese Zone beinhaltet Kollagene mit dem größten Durchmesser ihrer Fibrillen im Vergleich zu den übrigen Schichten. Charakteristisch ist in dieser Zone der höchste Gehalt an Proteoglykanen und der niedrigste an Wasser. Die Kollagenfasern ragen in die sich anschließende kalzifizierende Schicht ein. Die so genannte Tidemark verbindet die Gelenkknorpel mit dem subchondralen Knochen. Dort befinden sich kleinere Chondrozyten mit sehr geringer Stoffwechselaktivität (Buckwalter 1997).

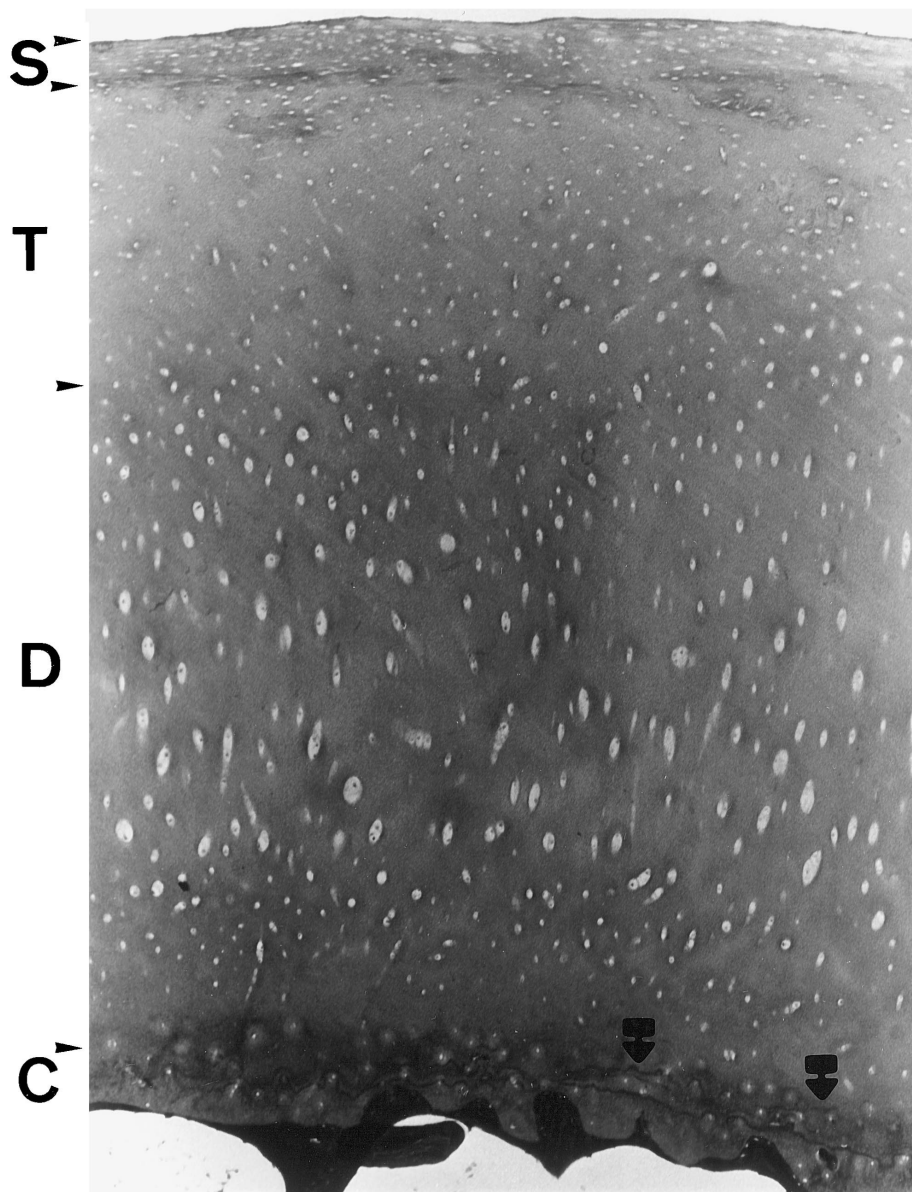


Abbildung 2: Schichten des Gelenkknorpels. Superfizialschicht (S), Transitionalschicht (T), Tiefe Schicht (D), Kalzifizierte Schicht (Huber et al. 2000)

7.1.2. Pathophysiologie der Knorpeldegeneration

Der Reparaturvorgang nach einem Knorpelschaden unterscheidet sich sehr von den Regenerationsprozessen der meisten anderen Gewebe. Ein gut durchblutetes Gewebe wie z.B. Knochen reagiert auf Verletzung mit den typischen drei Phasen: Nekrose, Entzündung und Regeneration. In der Entzündungsphase, welche durch Dilatation und Permeabilitätssteigerung der Gefäße eine Hyperämie im Gewebe erzeugt, wird eine große Anzahl von Zellen rekrutiert, um den Defekt zu füllen. Da Knorpelgewebe keine Blutgefäße enthält, können die Phasen der Entzündung und der Regeneration nicht wie in anderen Geweben ablaufen. Einem oberflächlichen Knorpelschaden folgt eine zeitlich begrenzte metabolische und enzymatische Reaktion, die die Syntheseleistung der Chondrozyten erhöht. Hierbei kommt es zu einer vermehrten Matrixsynthese und einer Zellproliferation, die den Defekt im Gelenkknorpel allerdings nicht wieder vollständig auffüllt (Mankin 1982). Reicht die Tiefe des Knorpeldefektes nicht bis an den subchondralen Knochen, so zeigt der Defekt keinen progredienten Verlauf im Sinne einer Knorpelerweichung oder dem Fortschreiten einer Osteoarthrose (Mankin 1982). Erreicht der Schaden jedoch den subchondralen Knochen, kommt es zur hämorrhagischen Ausbildung eines Fibrinclots und einer entzündlichen Antwort. Die Freisetzung von vasoaktiven Mediatoren, Zytokinen und Wachstumsfaktoren folgt (Buckwalter 2002). Undifferenzierte Zellen aus dem Knochenmark wandeln sich in primäre Fibroblasten um und ermöglichen die Bildung eines hyalinartigen Ersatzgewebes, dem sogenannten Faserknorpel (Depalma et al. 1966). Mikroskopisch untersuchtes Regeneratgewebe nach iatrogen gesetztem Knorpelschaden stellte sich als ein Mischgewebe aus Faserknorpel, Fasergewebe und hyperzellulärem Erscheinungsbild dar (Convery et al. 1972).

7.2. Chirurgische Behandlungsmöglichkeiten von Knorpelschäden

Das vorrangige Ziel in der chirurgischen Knorpeltherapie sollte die Versorgung des Defekts mit einem Material sein, das möglichst den funktionellen Eigenschaften des hyalinen Gelenkknorpels entspricht, vor allem hinsichtlich der Belastbarkeit. In der Therapie kann zwischen Techniken unterschieden werden, bei denen Gewebe transplantiert wird und Techniken, die durch operativen Eingriff den

Selbstheilungsprozess anregen. Letztgenannte Therapieform beruht auf der Induktion der - wenn auch limitierten - Regenerationsfähigkeit des hyalinen Gelenkknorpels. Dazu zählen die Pridie-Bohrung (Pridie 1959), die Abrasionsarthroplastik (Johnson 1996) und die Mikrofrakturierung (Steadman et al. 2003). Durch diese Techniken wird lediglich die Bildung eines Ersatzgewebes induziert, welches nicht den mechanischen und biochemischen Eigenschaften des hyalinen Gelenkknorpels entspricht (Buckwalter, Lohmander 1994). Die zweite Strategie besteht aus der Transplantation von Gewebe. Bei der OATS bzw. Mega-OATS-Technik werden autogene oder allogene Knorpel-Knochenzylinder transplantiert, wobei die autologe Chondrozytentransplantation (ACT) bzw. matrixassoziierte Chondrozytentransplantation (MACT) eine Transplantation von ex vivo kultivierten Chondrozyten beinhaltet. Des Weiteren gibt es symptomatisch orientierte Operationsmethoden wie die arthroskopische Lavage (Jackson 1988), das Debridement (Haggart et al. 1947) und das Knorpelshaving (Kim et al. 1991).

Lavage

2008 untersuchten Kirkley et al. (Kirkley et al. 2008) die Auswirkung der arthroskopischen Chirurgie (Lavage und Debridement) bei Arthrose im Kniegelenk. In dieser großen randomisierten Studie belegten sie, dass kein Unterschied besteht, zwischen der chirurgischen Intervention und der kombinierten physiotherapeutischen bzw. medikamentösen Behandlung.

Debridement

Das Debridement beinhaltet die Glättung von geschädigten Knorpelrändern, sowie die Entfernung freier Gelenkkörper. Dadurch wird die Auswirkung der Scherkräfte, ausgehend von freien Gelenkkörpern, auf die intakten Knorpelflächen vermieden. Obwohl durch dieses Verfahren die Regeneration des Knorpels nicht gefördert wird, kann es zu einer Besserung der klinischen Symptomatik führen (Madry et al. 2011).

Abrasionsarthroplastik

Bei der arthroskopischen Abrasionsarthroplastik nach Johnson (Johnson 1996) wird mit einem Shaver der degenerative Gelenkknorpel entfernt und der subchondrale

Knochen eröffnet ohne den spongiösen Raum zu verletzen. Durch nachfolgende Kontroll-Arthroskopien wurde die Ausbildung von Faserknorpel histologisch gesichert. Auch im Tiermodell konnte nachgewiesen werden, dass das Regeneratgewebe nach Abrasionsarthroplastik nicht den morphologischen und biochemischen Eigenschaften des hyalinen Knorpels entspricht (Altman et al. 1992). Dieses Verfahren wurde von Johnson als rein palliativ angesehen (Johnson 1996).

Pridie-Bohrung

Für diese Operationsmethode empfahl der Erstbeschreiber Pridie (Pridie et al. 1959) ein orthogrades Anbohren des Knorpels. Um den gut durchbluteten, spongiösen Knochen zu erreichen, wird durch den Knorpel und den angrenzenden sklerosierten Knochen gebohrt. Durch die Verletzung des subchondralen Knochens kommt es auf der Oberfläche zur Ausbildung eines Fibringerinnsels bzw. Koagulates, das unter anderem pluripotente Stammzellen enthält (Müller, Kohn 1999). Dieses ermöglicht die Ausbildung eines faserknorpeligen Ersatzgewebes, welches im Gegensatz zum hyalinen Knorpel hauptsächlich Kollagen Typ 1 enthält und somit nicht den mechanischen Eigenschaften des hyalinen Gelenkknorpels entspricht.

Mikrofrakturierung

Diese Technik stellt eine Weiterentwicklung der Pridie-Bohrung dar. Die ersten Ergebnisse stammen von Steadman (Steadman et al. 1997). In einer Langzeitstudie von durchschnittlich 11,3 Jahren Nachuntersuchungszeitraum wurden 72 Patienten mit tiefen Knorpelläsionen im Kniegelenk untersucht und die Funktion des Kniegelenks mittels klinischer Scores evaluiert. Dabei konnte eine Verbesserung der Kniefunktion sowie eine Verminderung der Schmerzen festgestellt werden (Steadman et al. 2003). Die Mikrofrakturierung dient der Stimulation von Knorpelersatzgewebe, das auf einer Ausdifferenzierung der Knochenmarkstammzellen zu Chondrozyten und einer darauffolgenden Bildung von Faserknorpel beruht. Operationstechnisch gesehen werden nach dem Debridement und Abtragung der Sklerosezone in arthroskopischer Weise kleine Kanäle mit verschiedenen Ähnen in den subchondralen Knochen gesetzt, um eine Regenerationsgewebeinduktion zu erreichen (Bernholt et al. 2003). Die iatrogen gesetzten Kanäle sind kleiner (0,5 - 1.0 mm) als die der Pridie Bohrung (2.0 - 2,5

mm). Vorteile dieser Technik sind die geringen Operationskosten, da keine aufwendigen, teuren Instrumente benötigt werden und der iatrogene Gewebeschaden sowohl aufgrund der minimal-invasiven Technik als auch im Bereich der suchondralen Zone minimiert werden kann. Im Vergleich zur Pridie-Bohrung, bei der durch Drehen des Bohrers mechanisch Wärme entsteht, entfällt bei der Mikrofrakturierung die Gefahr von Hitzenekrosen am Knochen (Hunziker et al. 2002).

Autologe Chondrozyten-Transplantation (ACT, Matrixassoziierte Autologe Chondrozyten-Transplantation (MACT)

Die Autologe Chondrozyten-Transplantation (ACT) beinhaltet die Entnahme, die Kultivierung und die Transplantation von körpereigenen Chondrozyten (Brittberg et al. 1994). Zuerst wird dem Patienten Knorpelgewebe des Kniegelenks entnommen, welches nicht in der belastungstragenden Zone des Gelenks liegt. Danach erfolgt die enzymatische Freisetzung der Chondrozyten durch Abbau der umliegenden Matrixproteine. Die Zellen werden nun in vitro expandiert und mit Erreichen einer definierten Zellzahl in eine Suspension überführt. In einem zweiten Eingriff wird durch Arthrotomie die Präparation des Knorpeldefektbettes vorgenommen, wobei der subchondrale Knochen nicht verletzt werden darf. Der Defekt wird nach dem Erstbeschreiber (Brittberg et al. 1994) mit einem Periostlappen gedeckt, welcher meistens von der proximalen, medialen Tibia gewonnen wird. Die Chondrozytensuspension wird nun unter den aufgenähten Periostlappen in das Defektbett gespritzt. In den meisten Fällen wird hierdurch eine Schmerzlinderung und die Wiederherstellung der Gelenkfunktion erreicht (Redman et al. 2005). Die häufigste Komplikation ist die Transplantathypertrophie (Kreuz et al. 2007), die sich nach Gaissmaier aber gut arthroskopisch beheben lässt (Gaissmaier et al. 2003). Ein weiteres Problem stellt die Delamination des Periostlappens dar, in dessen Folge die injizierten Chondrozyten nicht im Defekt lokalisiert bleiben, sondern frei ins Gelenk gelangen (Driesang, Hunziker 2000). In der zweiten Generation der autologen Chondrozyten Transplantation werden keine Periostlappen, sondern Kollagen-Bilayer-Membrane verwendet, die mit der vorbereiteten Chondrozytensuspension unterspritzt und mit Hilfe eines Fibrinklebers fixiert werden. Gute Langzeitergebnisse wurden von Filardo et al. erzielt (Filardo et al. 2011). Bei dieser sogenannten Matrixassoziierten Autologen Chondrozyten-Transplantation (MACT) werden

dreidimensionale Biomaterialien als Trägersubstanz für die aufbereiteten Chondrozyten verwendet (Marlovits et al. 2004, Vilchez et al. 2009). Die meist benutzten Trägersubstanzen sind Kollagene, veresterte Hyaluronsäure oder synthetische Polymere (Schewe und Weise 2006). Der operative Zugang, bei der die Chondrozyten eingesetzt werden, kann durch diese Neuerungen deutlich verringert werden und wird in manchen Fällen sogar arthroskopisch durchgeführt (Petersen et al. 2008). Iwasa et al. (Iwasa et al. 2009) verglichen 2009 verschiedene Techniken und Materialien der ACT und MACT in kurz- bis mittelfristigen Studien. Er berichtete, dass keine der neuen sogenannten „Tissue Engineering“ Techniken, unter Verwendung von Trägersubstanzen, ein besseres klinisches und histologisches Ergebnis als mit der herkömmlichen Technik erreichten. Nachteile dieser Chondrozyten-Transplantationsverfahren sind die hohen Kosten der Therapie und der zweizeitige Eingriff. Ein weiterer Nachteil stellen die Fixationsnähte dar, die zur suffizienten Verankerung verwendet werden müssen, dabei aber den umliegenden intakten Knorpel zusätzlich – wenn auch nur minimal – iatrogen schädigen (Hunziker, Stähli 2008).

Osteochondrales Autologes Transfer-System (OATS) bzw. Mosaikplastik

Bei dieser Technik werden Knochen-Knorpelzylinder zur Defektdeckung verwendet, wobei dieses die einzige Möglichkeit darstellt, artikulären, hyalinen Knorpel in den Defekt zu transplantieren. Die Indikation sind kleine bis mittlere osteochondrale Defekte, hauptsächlich nach Trauma oder bei Osteochondrosis dissecans, die anfangs im Kniegelenk, mittlerweile auch in anderen Gelenken wie dem Sprunggelenk, dem Ellenbogen und dem Schultergelenk Anwendung finden (Ovesen et al. 2011). Diese Technik ist sowohl arthroskopisch (Marcacci et al. 2007) als auch durch eine Arthrotomie anwendbar. Zur Transplantatentnahme werden die osteochondralen Zylinder mit speziellen Stanzmeißeln (OATS-Instrumentarium) aus den Spenderbereichen mobilisiert. Um eine ausreichende Primärstabilität des transplantierten Zylinders in das Defektbett zu erzielen, wird der Durchmesser des Zylinders minimal größer entnommen als der des ausgemessenen Defektbereiches. In dieser sogenannten „Press-fit“-Technik werden die einzelnen Transplantate nebeneinander in das Defektbett eingebracht. Entsprechend des Ausmaßes des Defekts und der Verfügbarkeit des Spendermaterials können verschiedene Größen

gewählt werden. Die Länge der osteochondralen Zylinder variiert je nach Ausmaß des Defekts zwischen 15 und 20 mm (Robert et al. 2011). Das Einbringen der Zylinder muss gemäß der Form der umliegenden Knorpeloberfläche (Konvexität, Konkavität) erfolgen. Dadurch soll bei Erreichen einer glatten Knorpeloberfläche eine primäre Stabilität im Defektbereich und eine homogene Belastung des Transplantats gewährleistet werden (Duchow et al. 2000). Als Spenderbereich dienen die weniger belastungstragenden Bereiche des ipsilateralen Femurkondylus bzw. der proximalen Trochlea. Der mediale Rand des lateralen Femurkondylus gilt gegenüber dem lateralen als Spenderbereich erster Wahl, da bei Bewegung im Kniegelenk die patellofemorale Kontaktfläche durch Spannung des Bandapparates vermehrt lateral lokalisiert ist (Hangody et al. 2001). Weitere Spenderbereiche befinden sich am interkondylaren Notchbereich, sowie im posterioren Anteil des Femurkondylus. Die Entnahmestellen wurden in einzelnen Studien mittels tibialen Periostlappen gedeckt. In histologischer Aufbereitung konnte ein teilweises Auffüllen des Spenderbereiches mit faserartigem Bindegewebe beobachtet werden (van Susante et al. 2003). Mittlerweile verbleiben die Entnahmestellen in den meisten Fällen unbedeckt. Als Mosaikplastik wird das Transplantieren von mehreren kleinen osteochondralen Zylindern bezeichnet, die in Summe einen größeren osteochondralen Defekt subtotal oder total decken sollen. Bei diesem Verfahren bleiben zwischen den Zylindern meist kleine Räume, die nicht mit hyalinem Knorpel gedeckt werden. In ausgereifter Technik können bis zu 90 % des Defekts mit hyalinem Knorpel aufgefüllt werden (Hangody et al. 2001). Die Zwischenräume füllen sich mit faserartigem Knorpel- bzw. Bindegewebe, welches nicht den mechanischen und biochemischen Eigenschaften des hyalinen Gelenkknorpels entspricht. Bei einem derartig großen Knorpeldefekt, ist die Festigkeit der in „Press-fit“-Technik eingebrachten Zylinder eingeschränkt und es besteht die Gefahr, dass sich die Transplantate aus dem Defektbett lösen können. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens in der Versorgung ausgedehnter Knorpel-Knochen Defekte ist die Limitierung der Entnahmestellen. Werden zu viele Zylinder entnommen, steigt das Risiko der postoperativen Entnahmemorbidität, was hauptsächlich Schmerzen verursachen, langfristig aber auch degenerative Veränderungen im Entnahmegebiet verursachen kann. In randomisierten Langzeitstudien konnten gute bis sehr gute klinische Ergebnisse bei einer durchschnittlichen maximalen Defektgröße von 3 cm² erreicht werden. Die Vitalität und Kongruenz der transplantierten osteochondralen Zylinder konnte sowohl in vivo

als auch in der Kernspintomografie nachgewiesen werden (Tetta et al. 2010, Hangody et al. 2010, Hangody et al. 2003).

7.3. Kernspintomografie des Gelenkknorpels

Quantitative und morphologische Sequenzen

Mit Hilfe von quantitativen kernspintomografischen Sequenzen können Dicke, Volumen und Fläche des Gelenkknorpels vermessen werden. Mit diesen Parametern lassen sich auch bereits geringe pathologische Veränderungen des Knorpels frühzeitig erkennen, die anhand von morphologischen Sequenzen nicht erfasst werden können. Ein Nachteil der quantitativen Sequenzen stellt im klinischen Alltag jedoch der hohe Zeitaufwand für die Messung und die Nachbearbeitung der Sequenzen dar. In den erstellten Bildern, muss der Knorpel mit Hilfe von spezieller Computersoftware sequenziert werden. Es werden hierbei die Grenzflächen von Knorpel und subchondralem Knochen in den einzelnen MRT-Schichtbildern markiert und ausgemessen. Zu den relevanten Größen gehören Knorpelvolumen, Fläche des subchondralen Knochens, Knorpeloberfläche, Anteil der subchondralen Knochenfläche, die mit Knorpel bedeckt oder nicht bedeckt ist, Knorpeldicke und Signalintensität des Knorpels (Eckstein und Wirth 2011).

Die am meisten verwendeten Sequenzen in der Darstellung des Gelenkknorpels sind intermediär gewichtete Fast-Spin-Echo (FSE) und 3-D-Fett-unterdrückende T1-gewichtete Gradienten-Echo-Sequenzen. Wobei erstere sensitiver ist, um die Struktur des Knorpels darzustellen, wird die T1-gewichtete Gradienten-Echo-Sequenz dazu verwendet, die Dicke und Oberfläche des Knorpels sowie vorhandene Knorpelschäden zu detektieren (Trattinig et al. 2011). Mit der Erstellung eines 3D-Datensatzes bei Fett-unterdrückenden Gradienten-Echo-Sequenzen mit geringerer Schichtdicke kann eine multiplanare Rekonstruktion errechnet werden.

T2-Mapping

Nach aktueller Datenlage in der Literatur können mittels T2-Mapping auf nicht-invasive Weise frühe degenerative Veränderungen des Knorpels detektiert und

morphologische Ergebnisse nach chirurgischer Knorpeltherapie quantitativ evaluiert werden (Baum et al. 2013). Die Anwendung des T2-Mappings kann Hinweise zur Unterscheidung zwischen normalem, hyalinen Gelenkknorpel und faserknorpelartigem Ersatzgewebe geben. Auch die Abgrenzung von gesundem zum geschädigten Knorpel und das Erkennen des seneszenten Knorpels ist möglich (Baum et al. 2013, Newbould et al. 2012). Diese Beurteilung basiert auf der Tatsache, dass die T2-Zeit mit der Hydratation und der Kollagenmatrix des Gelenkknorpels korreliert. Bei Vorliegen eines intakten Knorpels und somit einer festen und geordneten Kollagen- und Proteoglykanstruktur, finden keine wesentlichen Wasserbewegungen im Knorpel statt, was eine geringe Signalintensität der T2-gewichteten Sequenzen zur Folge hat. Bei nicht intakter Morphologie der Kollagen- und Proteoglykanfasern im degenerierenden Knorpel, steigt die Mobilität der Wassermoleküle und somit die Signalintensität in den T2-Maps an (Blumenkrantz et al. 2007). Bei geschädigtem Knorpel steigt dadurch auch die T2-Zeit (Mosher et al. 2000). Der Anstieg der T2-Zeit kann zwar auch bei extremer Belastung, wie z. B. nach einem Marathonlauf beobachtet werden, ist aber im Vergleich zum degenerierten Knorpel, reversibel (Luke et al. 2010). Ein Anhalt für den Wassergehalt und die Orientierung der Kollagenfasern des Knorpels kann anhand der verschiedenen Relaxationszeiten des T2-Mappings gewonnen werden. Eine dichtere Anordnung der Kollagenfasern in den tieferen Schichten resultiert in kürzeren Relaxationszeiten, wobei die lockere Organisation in der Transitionalzone eine längere Relaxationszeit zur Folge hat (White et al. 2006, Glaser et al. 2005). Im gesunden, nicht degenerierten Knorpelgewebe liegt die T2-Zeit bei 32 – 35 msec und verlängert sich im degenerierten, arthrotischen Knorpel auf 35 – 41 msec (Dunn et al. 2004). Diese Werte sind jedoch lediglich Richtwerte, da die Ergebnisse der T2-Zeiten durch verschiedenen Parameter bei der Messung und Auswertung beeinflusst werden. Baum et al. (Baum et al. 2013) beobachteten sogar bei übergewichtigen Patienten einen erhöhten T2-Wert und eine heterogene Darstellung des Knorpels.

8. Material und Methoden

8.1. Mega-OATS Operation

8.1.1. Operationsindikation

Indikation dieser Operationstechnik sind ausgedehnte traumatische oder posttraumatische, nicht refixierbare osteochondrale Defekte im Bereich der (Haupt-) Belastungszone des Femurkondylus. Die Hauptindikation stellen osteochondrale Läsionen vom Typ Outerbridge Grad IV (Outerbridge 1961), mit partiell oder vollständig abgelöstem, avitalem Dissekat dar. Der M. Ahlbäck und die Osteochondrosis dissecans stellen weitere Indikationen dar. Die biologische Altersgrenze zur Indikation der Mega-OATS-Operation liegt bei 55 Jahren, kann aber unter Berücksichtigung des individuellen Gesundheitszustandes variieren. Als untere Altersgrenze sollte bei den jüngeren Patienten jeweils deren Wachstumsfugen geschlossen sein.

Zu den Hauptkontraindikationen zählen die Pangoarthrose, die akute oder chronische Formen der Arthritis sowie nicht korrigierbare Achsfehlstellungen. Begleitpathologien wie korrigierbare Achsfehlstellungen sollten vor der Operation oder in gleicher Sitzung behoben werden, um Spitzenbelastungen in dem betroffenen Gelenkareal zu verringern bzw. zu normalisieren, um eine optimale Einheilung des Mega-OATS-Zylinders zu ermöglichen. Ligamentäre Instabilitäten und meniskeale Läsionen sollten ebenfalls zusätzlich behoben werden. Weiter lokal abgegrenzte Knorpelschäden sollten ebenfalls durch adäquate knorpelchirurgische Techniken mitversorgt werden.

8.1.2. Operationstechnik

Die Operationstechnik wurde in der Literatur bisher schon mehrfach beschrieben (Brucker et al. 2002, Agneskirchner et al. 2002, Braun et al. 2008, Brucker et al. 2008, Minzlaff 2010). Die Operation wird in Rückenlage durchgeführt. Nach steriler Abwaschung und Abdeckung wird eine Blutsperrung angelegt. Der operative Zugang

erfolgt über einen zentralen Längsschnitt. Die Defektlokalisierung bestimmt den weiteren Zugangsweg im Sinne einer anteromedialen bzw. anterolateralen Arthrotomie, wobei die Patella entsprechend nach lateral bzw. nach medial luxiert wird. Nun kann der sichtbare Defekt mit einem sterilen Stift markiert und ausgemessen werden (Abb.3).

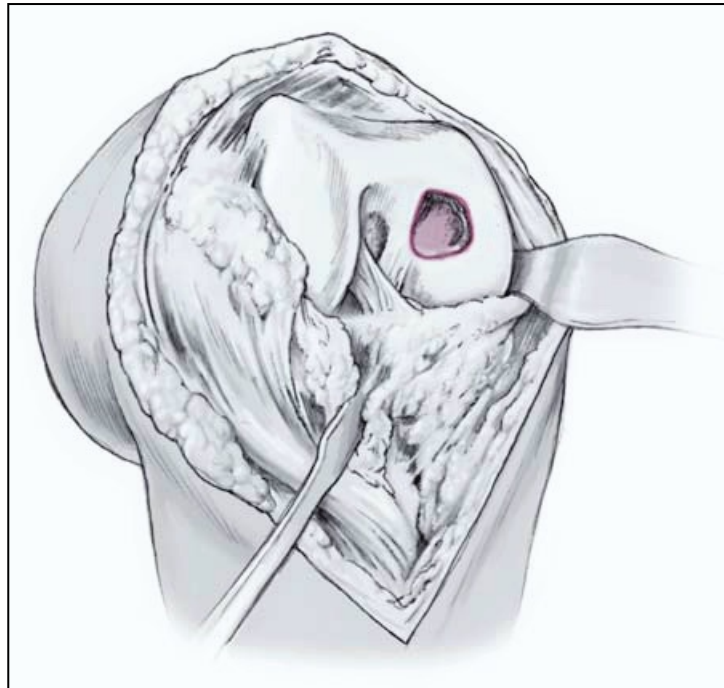


Abbildung 3: Markierung des Defektes aus (Brucker et al. 2008)

Es erfolgt die Vorbereitung des Transplantatbettes. Ein Kirschnerdraht wird orthograd und zentral in den Defekt gebohrt, der als Führungshilfe für die Hohlfräse dient (Abb.4, 5). Je nach Defektgröße kann zwischen einem Fräsendurchmesser von 20 bis 35 mm variiert werden.

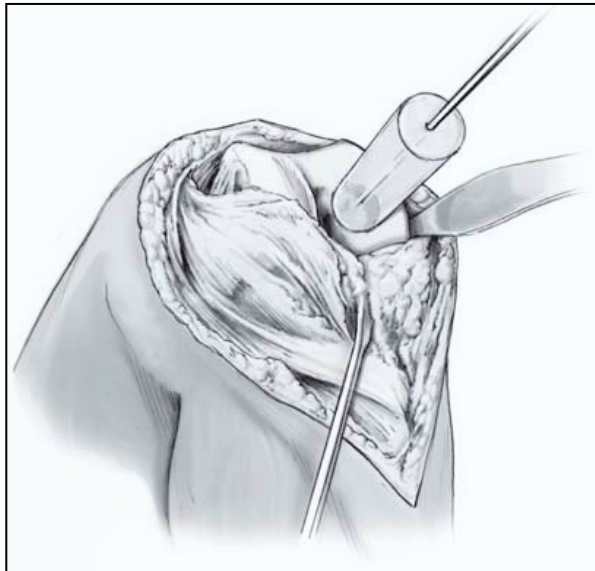


Abbildung 4: Ausmessen der Defektgröße aus (Brucker et al. 2008)

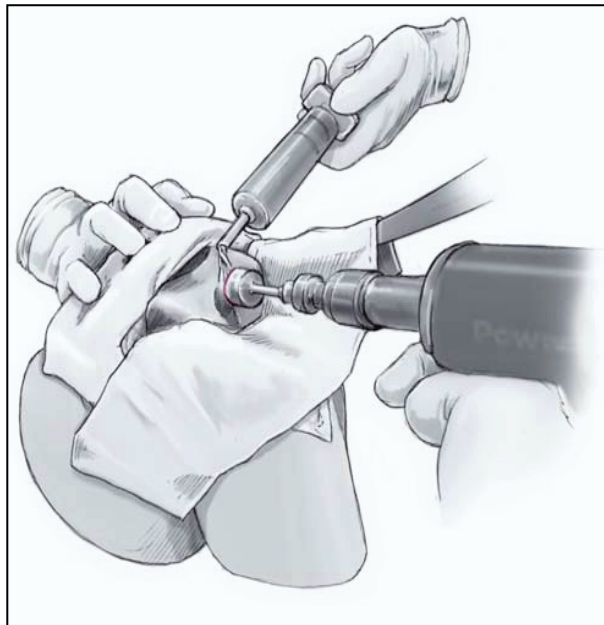


Abbildung 5: Ausfräsen der Sklerosezone des Defekts aus (Brucker et al. 2008)

Vorraussetzung für die regelrechte Einheilung des Transplantats ist ein vitales Transplantatbett mit blutender Spongiosa. Bei tiefreichender Sklerosierung bzw. Nekrotisierung des subchondralen Knochens kann es vorkommen, dass aufgrund der Bohrtiefe eine unterfütternde Spongiosaplastik nötig ist. Die Spongiosa kann entweder aus der ipsilateralen proximalen Tibia oder aus dem Beckenkamm entnommen werden. Die Bohrtiefe kann anhand der Millimeterskalierung des Hohlbohrers exakt gemessen werden kann (Abb.6).

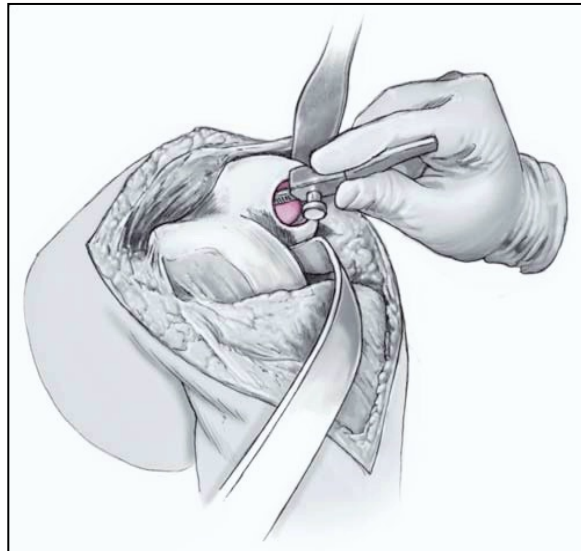


Abbildung 6: Vorbereitung und Tiefenmessung des Defektbettes aus (Brucker et al. 2008)

Zur Gewinnung des autologen Knorpel-Knochen-Transplantats wird der posteriore Femurkondylus mit einem scharfen Meißel in direkter Verlängerung der Femurkortikalis-Längsachse osteotomiert (Abb.7). Das Knie befindet sich hierbei in maximaler Flexionsstellung. Während der Osteotomie werden die interkondylären Strukturen, sowie der Kapselapparat und die poplitealen neurovaskulären Strukturen durch zwei Hohmann-Haken geschützt (Abb. 8).

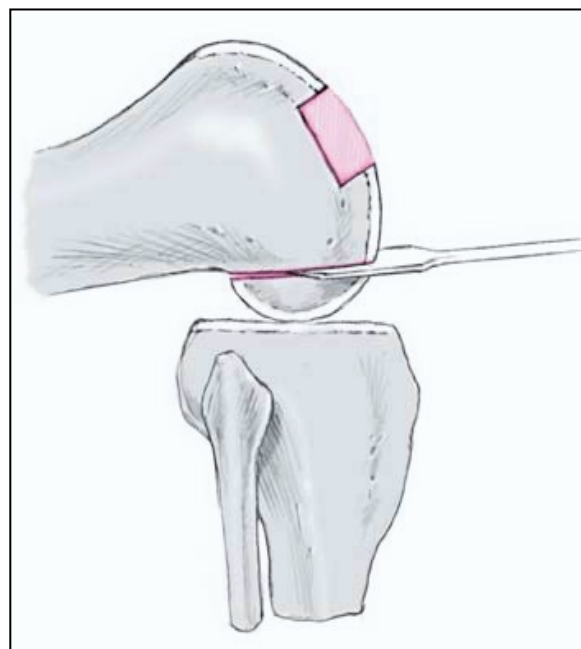


Abbildung 7: Osteotomie des posterioren Femurkondylus aus (Brucker et al. 2008)

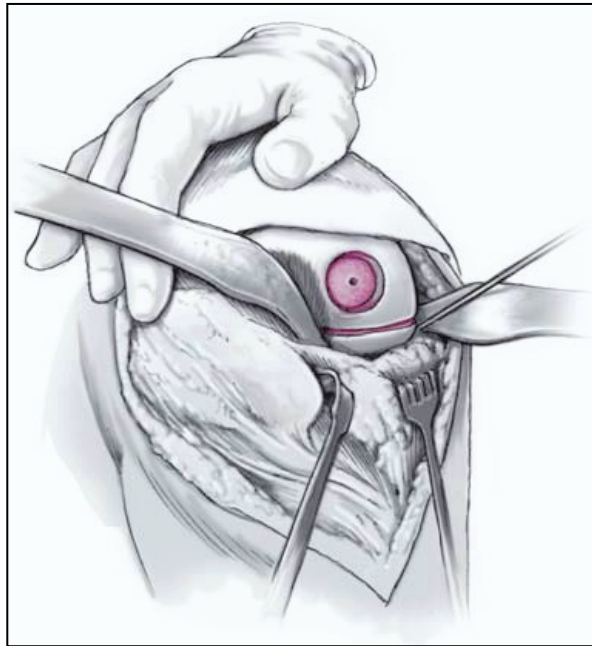


Abbildung 8: Osteotomie des posterioren Femurkondylus unter neurovaskulärem Schutz mittels Hohmann-Haken aus (Brucker et al. 2008)

Um iatrogene Läsionen der Knorpeloberfläche zu vermeiden, wird das so gewonnene Transplantat in einer speziell dafür entwickelten Mega-OATS Workstation (Firma Arthrex, Karlsfeld, BRD) mit 4 Schrauben am lateralen Transplantatrand fixiert (Abb. 9). Unter Berücksichtigung der Defektgröße, wird über einen Hohlbohrer der Mega-OATS-Zylinder aus dem posterioren Femurkondylus gewonnen. Um eine passgerechte Knorpeloberfläche des Mega-OATS-Zylinders zu erhalten, wird mit einem Hohlbohrer entlang eines Führungstunnels orthograd zur zentralen Knorpeloberfläche gebohrt.

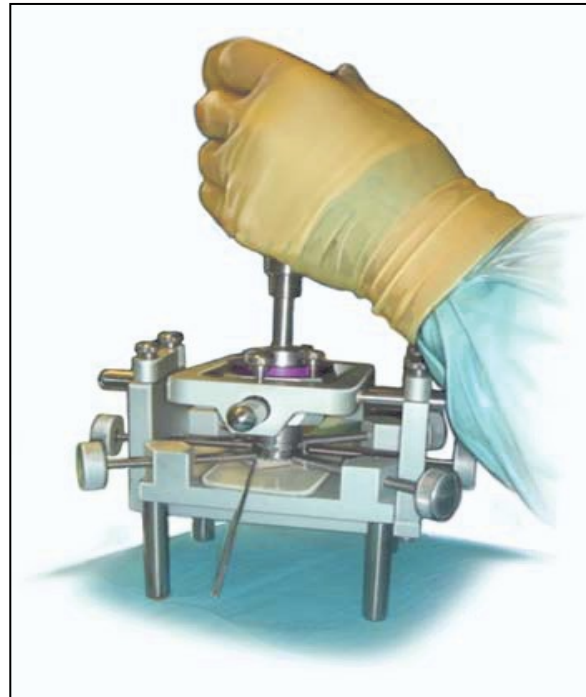


Abbildung 9: Gewinnen des osteochondralen Transplantats mittels Hohlfräse in der Arthrex Mega-OATS Workstation aus (Brucker et al. 2008)

Um eine spätere Press-fit-Verankerung zu gewährleisten, ist der Durchmesser des Transplantats um 0,3 mm größer als der des vorbereiteten Transplantatbettes. Sollte sich der osteochondrale Defekt am medialen bzw. lateralen Rand des Femurkondylus befinden, darf nicht exakt orthograd gebohrt werden, um dennoch ein exaktes Einbringen des Zylinders zu erreichen. Eine stabile Press-fit-Verankerung ist in der Regel nur möglich, wenn eine knöcherne Umrandung des Transplantats von mindestens 75% besteht. Ist diese nicht gegeben, so muss meist eine zusätzliche Kleinfragmentschraube zur Fixierung des Mega-OATS-Zylinders eingebracht werden, die nach sechs Wochen wieder entfernt werden muss. Das Einbringen des Mega-OATS-Zylinders in das vorbereitete Transplantatbett erfolgt mit einem speziellen Instrumentarium. Besonders wichtig ist die Berücksichtigung des Krümmungsradius der Knorpeloberfläche, um eine nahezu anatomische Rekonstruktion des Krümmungsradius wieder zu erhalten. Der Krümmungsradius des posterioren Femurkondylus ist in der Regel geringer als der Radius des Knorpels im Bereich der (Haupt-)Belastungszone des Femurkondylus. Da der Krümmungsradius des posterioren Femurkondyls eher in transversaler als in sagittaler Richtung dem sagittalen Krümmungsradius der Belastungszone entspricht, wird in den meisten Fällen der Zylinder um 90 Grad um seine Längsachse gedreht, so dass ein möglichst anatomischer Krümmungsradius in dem femoralen Defektbereich erhalten wird.

Bildet sich nach Einbringen des Zylinders (Abb.10) eine Stufe zwischen den beiden Knorpelbereichen, so kann der Mega-OATS-Zylinder mittels eines speziellen Retraktors nochmals entnommen werden, um entweder das Defektbett zu vertiefen oder die Höhe des Zylinders unter Schutz der Knorpeloberfläche anzupassen. Das Operationsgebiet wird schichtweise verschlossen und eine intraatrikuläre, sowie eine subkutane Redondrainage eingelegt.

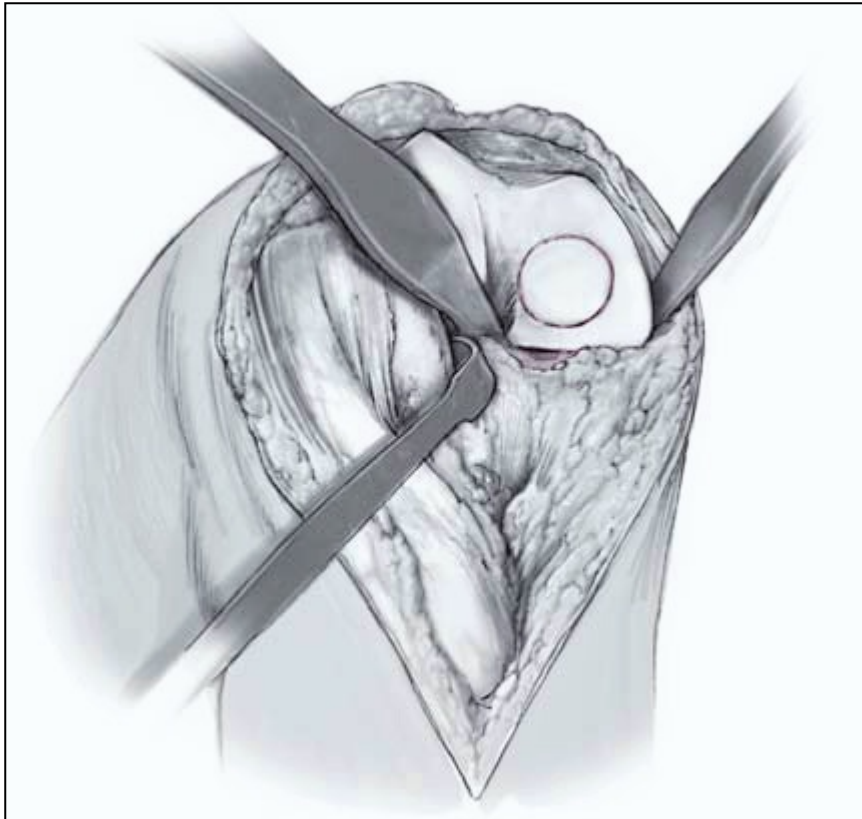


Abbildung 10: Kniegelenk mit in „Press-fit“-Technik eingebrachtem Mega-OATS Zylinder aus (Brucker et al. 2008)

8.2. Patienten

8.2.1. Patientenkollektiv

Zwischen Juli 1999 und Ende 2004 erhielten 62 Patienten in der Abteilung und der Poliklinik für Sportorthopädie der Technischen Universität am Klinikum Rechts der Isar eine Mega-OATS-Operation am Kniegelenk. Vor diesem Zeitraum erfolgte die Operationstechnik als sogenannter posteriorer Kondylentransfer (Imhoff et al. 1999). Nur Patienten, die in der Mega-OATS-Technik operiert wurden, sind in den

Nachuntersuchungszeitraum eingeschlossen. Die Patienten werden nun aus Gründen der Pseudonymisierung als Patient Nr. 1 (OP Juli 1999) bis Patient Nr. 62 (OP Dezember 2004) durchnummeriert. Die Kontaktaufnahme erfolgte primär telefonisch und die Reihenfolge der Kontaktaufnahme mit den Patienten war zufällig. Im Erstgespräch wurden Fragen zur Befindlichkeit im Alltag und zu Schmerzen gestellt. Dann wurde ein Termin für die Nachuntersuchung und die Kernspintomografie vereinbart. Konnten die Patienten telefonisch nicht erreicht werden, erfolgte die Kontaktaufnahme schriftlich per Post ggf. über die Auskunft beim Einwohnermeldeamt. Wenn die Patienten über diese Wege nicht kontaktiert werden konnten, erfolgte eine Kontaktaufnahme über soziale Internet-Netzwerke (z.B. Facebook). Insgesamt konnten 18 Patienten nicht erreicht werden, so dass in die Nachuntersuchungsstudie 45 Patienten eingeschlossen werden konnten (Abb. 11). Von den 45 Patienten konnten schließlich 6 Patienten aus folgenden Gründen nicht in die Nachuntersuchung mit aufgenommen werden: Patient Nr. 7 ist laut Angaben der Tochter im Gefängnis und konnte deswegen nicht erreicht werden. Patient Nr. 5 und Nr. 9 wurden nach Mega-OATS-Operation im weiteren Verlauf mit einer Kniegelenksendoprothese versorgt und konnten somit nicht in die Befragung mit eingeschlossen werden. Patienten Nr. 12, 19, 24 und 38 waren nach Erstkontakt aufgrund von langen Anreisezeiten oder persönlichen Gründen nicht bereit an der Studie teilzunehmen. Somit konnten 38 Patienten in die Befragungen eingeschlossen werden. Patient Nr. 6 erhielt an beiden Kniegelenken eine Mega-OATS-Operation. Patienten Nr. 3, 26, 44 und 58 konnten für die Nachuntersuchungen nicht persönlich kommen und wurden telefonisch befragt. Somit können Aussagen zu 39 operierten Kniegelenken mit Mega-OATS-Therapie getroffen werden, welche schließlich mit Nr. 1 (OP Juli 1999) bis Nr. 39 (OP Dezember 2004) pseudonymisiert werden. Von den 39 Patienten war es bei 32 Patienten möglich, eine Kernspintomografie des betroffenen Kniegelenks in der Abteilung für Radiologie des Klinikums Rechts der Isar anzufertigen.

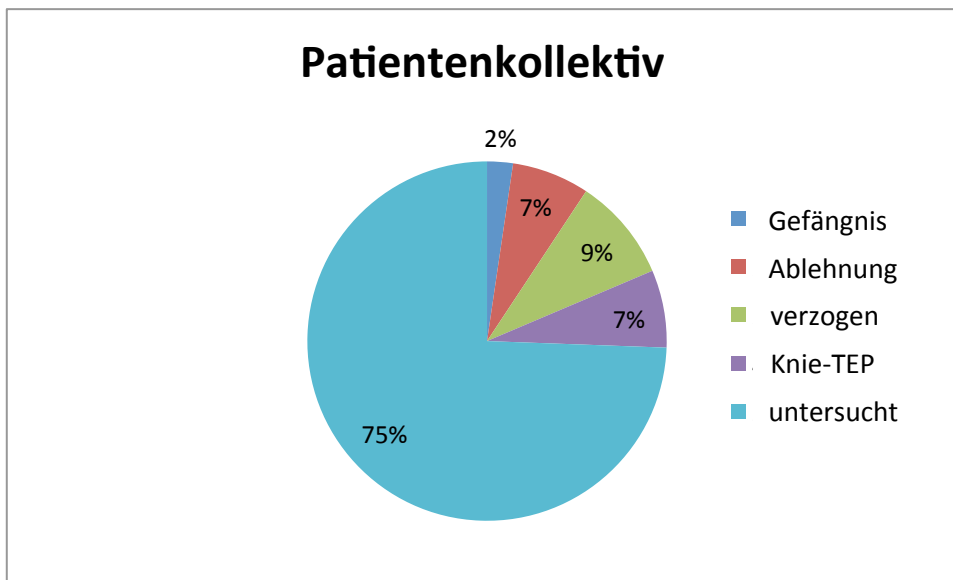


Abbildung 11: Kontaktiertes Patientenkollektiv

Wiederfindungsrate

Von den insgesamt 62 Patienten, die im oben genannten Zeitraum operiert wurden, konnten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen 45 Patienten kontaktiert werden. Das entspricht einer Wiederfindungsrate von 71 %.

8.2.2. Beschreibung der Studienteilnehmer

Da von den 45 kontaktierten Patienten, schließlich 39 an der Studie teilnahmen, wird dies im Weiteren als das untersuchte Patientenkollektiv behandelt.

Das Patientenkollektiv bestand aus 9 weiblichen und 30 männlichen Patienten bei einem Durchschnittsalter von 40,8 Jahren (Min. 23, Max. 67, SD 12,0), zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen und hatte ein Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation von 31,2 Jahren (Min. 14, Max. 59, SD 7,8). Das durchschnittliche Gewicht der Patienten lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen bei 86,5 kg (Min. 52, Max. 130, SD 18,4) und bei einer Körpergröße von 178,3 cm (Min. 160, Max. 194 SD 17,8). Daraus wurde ein Body Mass Index (BMI) errechnet, der bei 26,9 kg/m² (Min. 20, Max. 39 SD 4,2) lag und in drei Gruppen eingeteilt wurde. 10 Patienten hatten einen BMI von unter 25 kg/m², bei 20 Patienten lag er zwischen 25 kg/m² und 30 kg/m² und

bei 8 Teilnehmern wurde ein BMI über 30 kg/m² ermittelt, was einer leichtgradigen Adipositas entspricht (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.).

Tabelle 1: Gewichtsklassifikation bei Erwachsenen aus (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.)

Gewichtsklasse	BMI (kg/m ²)
Untergewicht	< 18,5
Normalgewicht	18,5 – 24,9
Übergewicht	> 25
Präadipositas	25 – 29,9
Adipositas Grad I	30 – 34,9
Adipositas Grad II	35 – 39,9
Adipositas Grad III	≥ 40

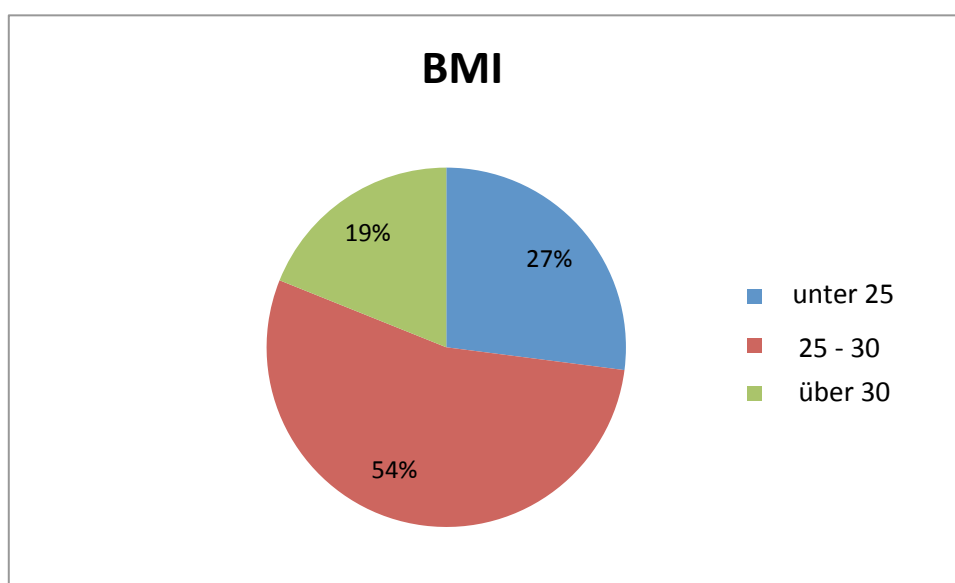


Abbildung 12: Body Mass Index (BMI) des untersuchten Patientenkollektivs

Die durchschnittliche Größe der osteochondralen Läsion in der Belastungszone des Femurkondylus umfasste gemäß den Operationsberichten 5,1 cm² (Min. 3,1, Max.7, 1, SD 1,0).

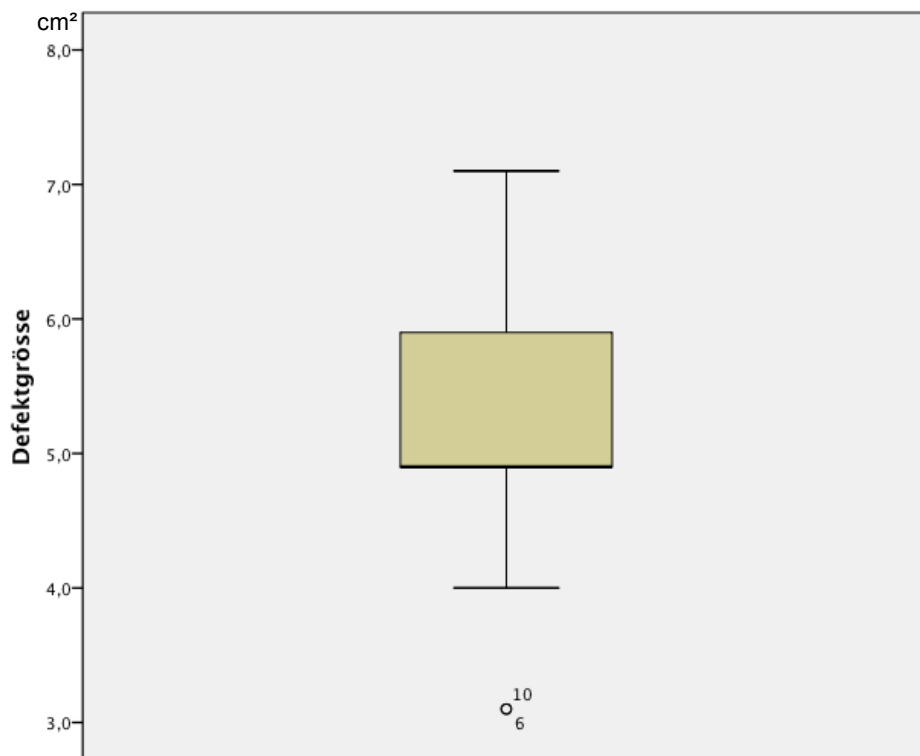


Abbildung 13: Durchschnittliche Größe des Knorpeldefektes in der Belastungszone am Femurkondylus, Mittelwert: 5,1 cm² (Min. 3,1, Max.7, 1, SD 1,0)

Der Defekt befand sich bei 30 Patienten auf dem medialen und bei 9 Patienten auf dem lateralen Femurkondylus. 12 Patienten erhielten bei varischer Beinachsenabweichung zusätzlich eine valgisierende, aufklappende, hohe tibiale Umstellungsosteotomie, um die Belastung auf den transplantierten Mega-OATS-Zylinder zu reduzieren.

17 Patienten wurden bereits am betroffenen Kniegelenk voroperiert. Darunter erhielten 5 Patienten eine diagnostische Arthroskopie, bei 5 wurden arthroskopisch freie Gelenkkörper entfernt, 2 erhielten eine arthroskopische Knorpelglättung, 3 wurden arthroskopisch am Meniskus operiert, 4 erhielten eine retrograde Anbohrung und 2 eine osteochondrale Fragmentrefixation (Abb. 15). Einige Patienten wurden schon mehrfach voroperiert (Abb. 14). 9 Patienten wurden nur einmal voroperiert, 6 Patienten wurden im Vorfeld 2 mal operiert, 2 erhielten 3 Operationen vor der Mega-OATS-Therapie und 1 Patient wurde sogar 5 mal voroperiert.

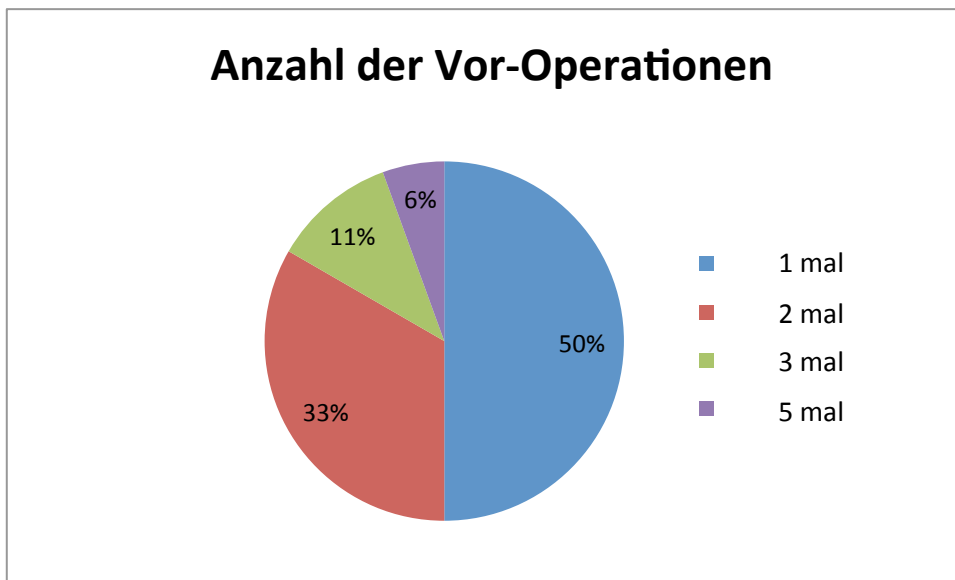


Abbildung 14: Anzahl der Vor-Operationen des untersuchten Patientenkollektivs

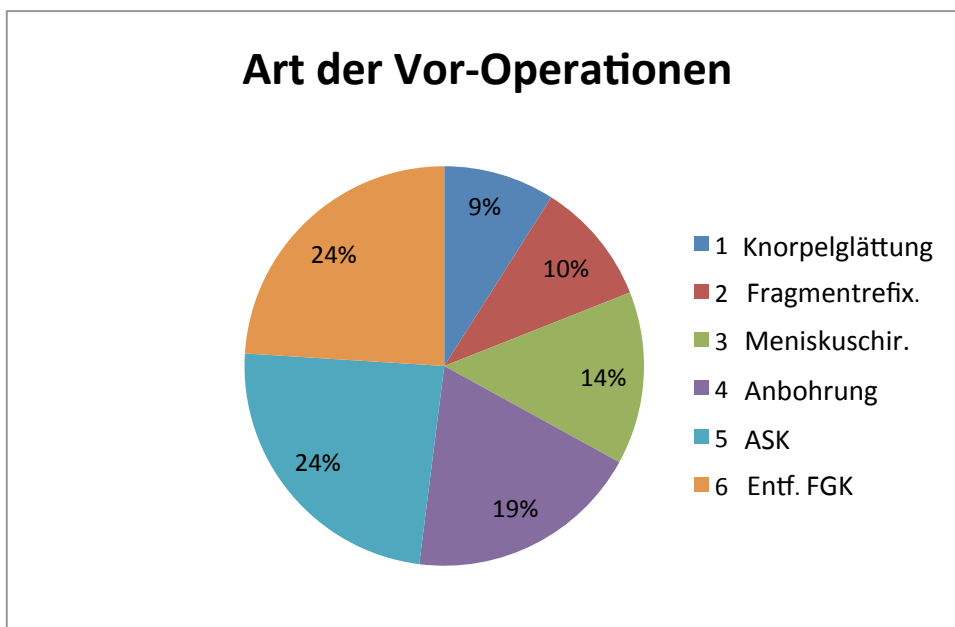


Abbildung 15: Art der Vor-Operationen ($n = 17$), welches 44% von dem untersuchten Patientenkollektiv entspricht, ASK = Arthroskopie, FGK = Freier Gelenkkörper

Der durchschnittliche Follow-up lag bei 114 Monaten (Min. 84, Max. 149, SD 46).

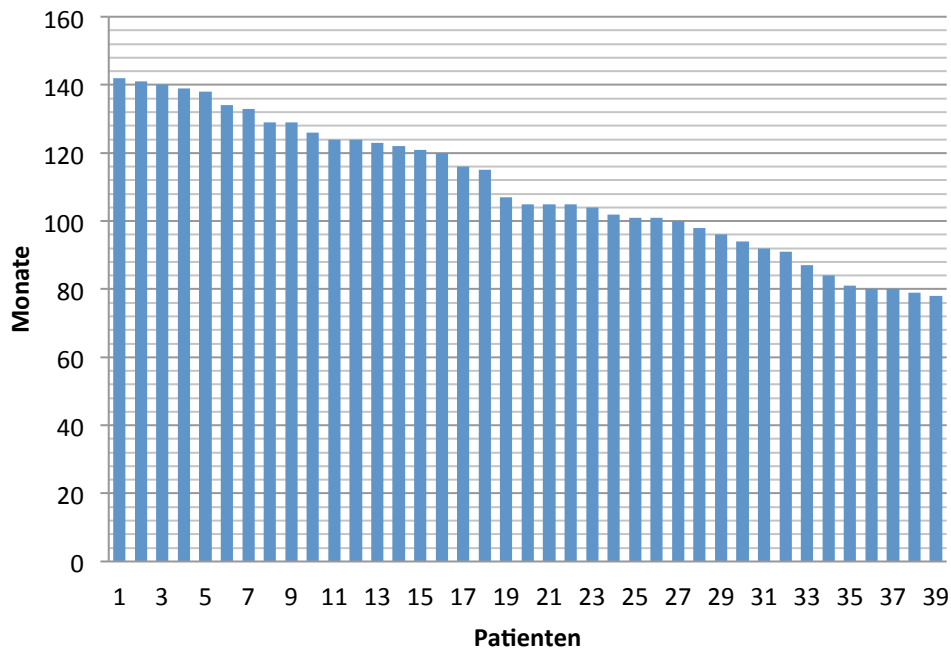


Abbildung 16: Follow – Up des untersuchten Patientenkollektivs in Monaten

8.3. Nachuntersuchung

Bei der ersten Konsultation wurden die Patienten klinisch untersucht und sie füllten mehrere Fragebögen zur Nachuntersuchung nach Mega-OATS-Operation aus (siehe Kapitel 8.4.3). Der zweite Termin diente der Anfertigung der Kernspintomografie des Kniegelenks. Die Nachuntersuchung fand im Zeitraum zwischen November 2011 bis März 2012 statt und beinhaltete folgende Schritte:

- Anamnese
- Klinische Untersuchung
- Fotografische Ganzbeinvermessung
- Ausfüllen des Fragebogen und der klinischen Scores
- Anfertigung der Kernspintomografie beider Kniegelenke
- Beantwortung von offenen Fragen der Patienten

8.3.1. Anamnese

Im Anamnesegespräch wurde nach der aktuellen Befindlichkeit und nach Schwierigkeiten oder Schmerzen mit ggf. Verwendung von Schmerzmedikation im

Alltag gefragt. Die Patienten berichteten über die alltägliche -und sportliche Aktivität und machten Angaben, ob sie mit der Operation zufrieden seien. In der Frage nach der Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis wurden die Antwortmöglichkeiten „sehr zufrieden“, „bedingt zufrieden“ und „nicht zufrieden“ vorgegeben. Des Weiteren wurden die Patienten befragt, ob sie sich bei gleicher Ausgangssituation erneut der Mega-OATS-Operation unterziehen würden. Es wurde nach der subjektiven Kniegelenksstabilität gefragt. Außerdem wurde sie bezüglich weiteren Operationen (nachfolgenden Operationen) oder anderen medizinischen Konsultationen, die das Kniegelenk und die allgemeine gesundheitliche Situation betreffen, interviewt.

8.3.2. Klinische Untersuchung

Die klinischen Untersuchungen wurden alle durch den Doktoranden, in standardisiertem Untersuchungsalgorithmus durchgeführt und wurden durch Dr. med. P. Minzlaff bzw. durch Dr. med. I. Banke supervisiert. Die Untersuchung beinhaltete eine Begutachtung des Gangbildes und fokussierte sich auf folgende Aspekte:

Gab es Unterschiede zum kontralateralen Kniegelenk hinsichtlich:

- Bewegungsumfang aktiv und passiv
- Stabilität (Kreuzbänder und Seitenbänder)
- Meniskuszeichen
- Grobe Kraft

Anhand des objektiven Teils des IKDC-2000 Fragebogens (siehe Anhang) wurde die Untersuchung komplettiert und dokumentiert.

8.3.3. Fotografische Ganzbeinvermessung

Eine fotografische Ganzbeinvermessung erfolgte, um die aktuelle Beinachsensituation beurteilen zu können, da eine radiologische Untersuchung aufgrund des Strahlenschutzes nicht indiziert war. In einer 2008 veröffentlichten Studie evaluierten Schmitt et al. (Schmitt et al. 2008) die Möglichkeiten der

Beurteilung der Beinachse mittels fotografischer Vermessung. Mit Hilfe der radiologischen Ganzbeinaufnahme (Goldstandard zur Ermittlung der Beinachse) konnten sie eine hohe Korrelation zwischen mechanischer Beinachse und der fotografischen Ganzbeinaufnahme feststellen, insbesondere dann, wenn die zu Untersuchenden nicht adipös sind. Die Patienten mussten sich hierbei bis auf die Unterwäsche entkleiden und in drei Meter Entfernung vor einer digitalen Kamera (Fuji Fine Pics F30) positionieren. Die Patienten wurden aufgefordert sich in hüftbreiter, paralleler, nach vorne zeigender Fußposition aufzustellen und das Gewicht gleichmäßig auf beide Beine zu verteilen. Die Arme hingen seitlich und entspannt am Körper herunter. Die Fotos wurden auf einem Computer gespeichert, ausgedruckt und manuell ausgewertet. Anhand des Ausdrucks wurden drei verschiedene Punkte festgelegt, um die Beinachse zu bestimmen.

Der proximale Punkt war die Mitte der am weitesten proximal gelegenen, größten Zirkumferenz des Oberschenkels. Für den medialen Messpunkt wurden drei weitere Punkte auf der Innenseite des Beines bestimmt. Die Mitte der Weichteilkontur der proximalen Konvexität und der distalen Konkavität des Kniegelenks wurde ermittelt. Von dort wurde eine horizontale Linie zur lateralen Weichteilkontur des Gelenks gezogen und der Mittelpunkt festgelegt. Dieser Punkt wurde als Zentrum des Kniegelenks gesehen. Der distale Punkt der Messungen war die Mitte des größtmöglichen Malleolarabstands im Bereich des oberen Sprunggelenks. Nun wurde der proximale, mittlere und distale Punkt miteinander verbunden. Der Winkel zwischen diesen beiden Linien wurde mit einem Geodreieck gemessen und ergab den Winkel der Beinachse. Die Auswertungen wurden zweimal vorgenommen und erfolgten in unabhängiger Reihenfolge.

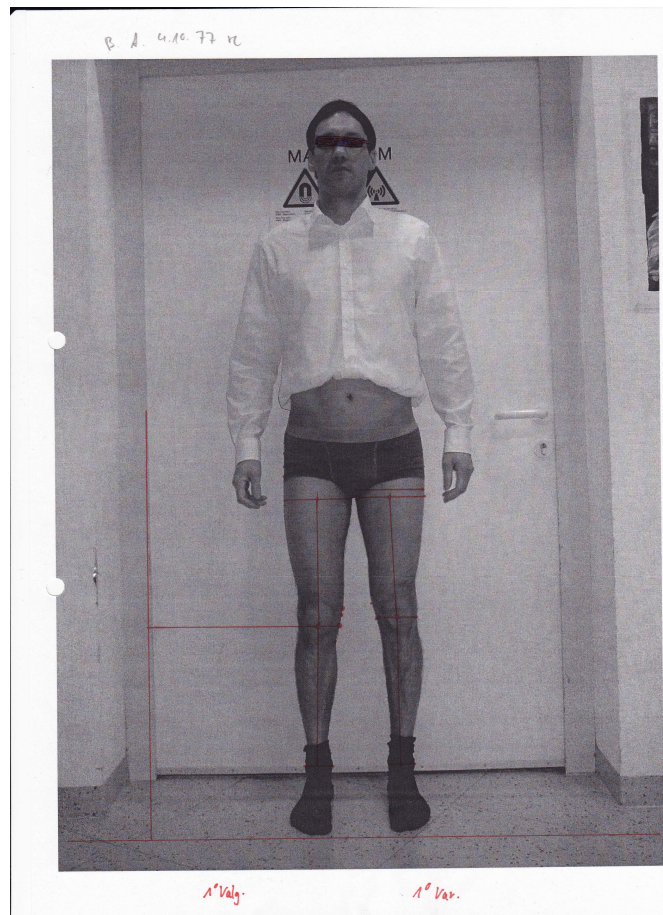


Abbildung 17: Fotografische Vermessung der Beinachse 10 Jahre postoperativ, Pat. Nr. 16

8.3.4. Der Fragebogen

Der Fragebogen beinhaltete die Information des Patienten zur Teilnahme an einer wissenschaftlichen Studie und die Einverständniserklärung zur Erhebung aktueller demografischer Daten der Patienten und zur Beantwortung allgemeiner Fragen. Unter anderem wurde nach Folgeoperationen, nach der Zufriedenheit mit der Operation und nach aktuellen oder chronischen Schmerzen gefragt. Außerdem interessierten Begleitpathologien und subjektives Instabilitätsgefühl.

Folgende standardisierte Fragebögen bzw. klinische Scores wurden verwendet:

- 1) Tegner Aktivitäts-Index (Tegner 1985)
- 2) KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) (Roos 2012)
- 3) Lysholm Score (Lysholm und Gillquist 1982)
- 4) IKDC Subjective Knee Evaluation Form-2000 (Brittberg et al. 2000)

- 5) IKDC Knee Examination Form-2000 (Brittberg et al. 2000)
- 6) FLZ Fragen zur Lebenszufriedenheit (Heinrich et al. 2000)

Bis auf die IKDC Knee Examination Form-2000, die vom Untersucher ausgefüllt wurde, wurden alle anderen Fragebögen von den Patienten persönlich ausgefüllt.

8.3.4.1. Tegner Aktivitäts-Index

Dieser Fragebogen diene zur Ermittlung des aktuellen Aktivitätslevels, als Ergänzung zu einem funktionellen Fragebogen wie z.B. dem Lysholm Score (Hambly et al. 2011). Es gibt hierbei 11 Auswahlmöglichkeiten.

Bei einem Aktivitätsgrad von 10 betreibt der Patient Kontaktsportarten, wie Fußball oder Eishockey auf nationaler oder internationaler Ebene. Bei einem Aktivitätsgrad von 6 sind Sportarten wie z.B. Tennis oder Leichtathletik auf Freizeitniveau möglich. Ein Aktivitätsgrad von 0 bedeutet, dass der Patient nur sitzende Tätigkeiten ausführen kann. Es gibt zwar mehrere Antwortmöglichkeiten, jedoch wird als Ergebnis nur der höchste Punktwert verwendet (siehe Anhang S. 131).

8.3.4.2. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Dieser Fragebogen (Roos 2012), welcher 1990 entwickelt und zwischenzeitlich aktualisiert wurde, dient der Befragung der Patienten nach ihren Beschwerden mit dem Kniegelenk und den damit verbundenen Schwierigkeiten. Er wird oft in klinischen Studien verwendet und kann für die Beobachtung von Kurz- und Langzeitstudien eingesetzt werden. Der Fragebogen besteht aus fünf Untergruppen, die die Bereiche „Symptome“, „Schmerzen“, „Aktivitäten des täglichen Lebens“, „Sport und Freizeit“ und „Beeinflussung der Lebensqualität“ durch das betroffene Knie beinhalten.

Diese Untergruppen sind weiter aufgeteilt in insgesamt 42 Fragen, welche mit Hilfe einer 5 Punkte-Skala (0, 1, 2, 3, 4) beantwortet werden. Der Wert 4 bedeutet keine Schwierigkeiten, 0 bedeutet extreme Schwierigkeiten. Die Anzahl der Fragen in den Untergruppen ist jeweils verschieden. Bei Beantwortung der Fragen findet die vorher

gegangene Woche Berücksichtigung. Für die Auswertung des Fragebogens werden nur die einzelnen Untergruppen berechnet. Ein Gesamtwert des Fragebogens ist nicht sinnvoll. Die erreichten Punkte werden addiert und in einen Wert von 0 bis 100 umgerechnet. Der Wert „100“ steht für Beschwerdefreiheit und „0“ bedeutet maximale Beschwerden.

8.3.4.3. Lysholm Score

Dieser Fragebogen dient der subjektiven Evaluation von Kniebeschwerden (Lysholm und Gillquist 1982). Er wurde auch bei vorherigen Veröffentlichungen zur Nachuntersuchungen nach Mega-OATS-Operation angewendet (Minzlaff et al. 2010, Braun et al. 2008, Brucker et al. 2002). In seiner modifizierten Form besteht er aus folgenden 8 Bereichen: „Hinken“, „Treppen steigen“, „Gefühl der Instabilität“, „Schwellung“, „Belastung“, „in die Hocke gehen“, „Schmerzen“ und „Muskelschwäche des Beins“. Die maximal erreichbare Gesamtpunktzahl ist „100“. Die 8 Bereiche sind unterschiedlich gewichtet und es darf je Bereich nur eine Antwort gegeben werden. Bei Hinken ist z.B. ein Wert zwischen 0 und 5 erreichbar, bei Gefühl der Instabilität und Schmerzen aber eine Höchstpunktzahl von 25 zu erreichen (siehe Anhang S. 139).

Für die Auswertung werden die Ergebnisse der einzelnen Bereiche addiert und gemäß einer vorgegebenen Skala gewertet. Je höher der Wert, desto besser ist die Kniefunktion.

91-100 Punkte	„sehr gut“
84-90 Punkte	„gut“
65-83 Punkte	„mäßig“
Ab 64 Punkte	„schlecht“

8.3.4.4. IKDC Subjektive Knee Evaluation Form – 2000

Die IKDC Subjective Knee Evaluation Form-2000 und die IKDC Knee Examination Form-2000 sind Teile des Cartilage Injury Evaluation Package der International Cartilage Repair Society (ICRS) (siehe Anhang S.140-145) (Brittberg et al. 2000). Die

Gemeinschaft besteht derzeit aus über 1000 Mitgliedern, welche aus über 60 verschiedenen Ländern kommen. Das Cartilage Injury Evaluation-Package wurde 2000 entwickelt und besteht aus zwei Teilen:

A: PATIENT PART:

ICRS Injury Questionnaire

The IKDC Subjective Knee Evaluation Form-2000

B: SURGEONS PART:

ICRS Knee Surgery History Registration

IKDC Knee Examination Form-2000

ICRS Articular Cartilage Injury Mapping System

ICRS Articular Cartilage Injury Classification

ICRS Osteochondritis dissecans Classification

ICRS Cartilage Repair Assessment System

Für die vorliegende Studie wurde die IKDC Subjektive Knee Evaluation Form-2000 und die IKDC Knee Examination Form-2000, in deutscher Ausgabe als Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Kniegelenks sowie als Formblatt zur Untersuchung des Kniegelenks verwendet.

Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Kniegelenks

Mit dem Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Kniegelenks können Symptome, Funktion und sportliche Aktivität bei Menschen mit verschiedenen Kniebeschwerden, wie ligamentäre Schäden, Meniskusschäden, Knorpelschäden, Arthrose und patellofemorale Dysfunktion beurteilt werden (Anderson et al. 2005). Dieser Dokumentationsbogen beinhaltet Fragen zum Auftreten von Schmerzen sowohl im Alltag als auch bei sportlichen Aktivitäten zu Symptomen wie Anschwellen, Steifigkeit oder Gelenksblockaden und zu Schwierigkeiten im Alltag wie z.B. Treppensteigen, Sitzen, Springen und Hockstellung. Des Weiteren sollen die Patienten neben Multiple Choice-Fragen auch Angaben auf einer Skala von 1 bis 10 zu Ihrer subjektiven

Kniefunktion prä- und postoperativ machen. Die Antworten auf die einzelnen Fragen erhalten einen Zahlenwert, wobei 1 der niedrigsten Funktionsstufe bzw. höchsten Symptomstufe entspricht. Die Fragen sind jeweils unterschiedlich gewichtet und beeinflussen das Gesamtergebnis unterschiedlich. Das Gesamtergebnis wird durch die Addition der einzelnen Zahlenwerte und anschließender Umrechnung in eine Skala von 0 bis 100 transformiert. Die Werte der Frage Nummer 10 fließen nicht in das Ergebnis ein. Der Transformationslogarithmus des IKDC-Rohwertes wird folgendermaßen durchgeführt:

$$\text{IKDC-Ergebnis} = \frac{\text{Rohergebnis} - \text{niedrigmögliche Punktzahl}}{\text{Punktzahlbereich}} \times 100$$

Dieses Ergebnis steht insgesamt für die Funktionsfähigkeit des Kniegelenks, wobei 100 bedeutet, dass keine Einschränkungen bei täglichen und sportlichen Aktivitäten bestehen. Der Dokumentationsbogen kann auch dann berechnet werden, wenn mindestens 90 Prozent der Fragen beantwortet sind. Für die fehlenden Fragen wird das Durchschnittsergebnis der beantworteten Fragen eingesetzt.

Formblatt zur Untersuchung des Kniegelenks

Die Untersuchung beginnt mit der Ermittlung allgemeiner Daten wie Laxizität, Beinachse, Stellung der Kniescheibe und der Vermessung des Bewegungsausmaßes passiv und aktiv nach der Neutral-Null-Methode. Im Folgenden werden 7 Gruppen unterschieden:

1. Erguss
2. Passives Bewegungsdefizit
3. Ligamentuntersuchung
4. Kompartimentbefunde wie Krepitation mit und ohne Schmerzen
5. Transplantatentnahme-Morbidität
6. Röntgenbefund des Gelenkspaltes
7. Funktionstest (Springen auf einem Bein)

Die Gruppen werden in 4 Grade eingeteilt wie z.B. bei Erguss „kein“, „leicht“, „mäßig“ und „deutlich“. Anhand des Befundes wird ein Gruppengrad von A bis D ermittelt,

wobei A = „normal“, B = „fast normal“, C = „abnormal“ und D = „stark abnormal“ bedeutet. Der Gruppengrad richtet sich nach dem niedrigsten Grad innerhalb einer Gruppe. Die Gesamtauswertung wird dem schlechtesten Gruppengrad entnommen, wobei nur die ersten 3 Gruppen in die Auswertung eingehen, die restlichen aber dokumentiert werden. Hat ein Patient z.B. bei „Erguss“ und „Ligamentuntersuchung“ einen Gruppengrad von A, aber bei „passives Bewegungsdefizit“ den Gruppengrad C, so ist auch die Gesamtauswertung als C zu beurteilen. Aus Gründen des Strahlenschutzes wurde auf die Anfertigung einer Röntgenaufnahme verzichtet, somit blieb die Gruppe „Röntgenbefund des Gelenkspaltes“ unberücksichtigt.

8.3.4.5. Fragen zur Lebenszufriedenheit (FLZ)

Die FLZ ist ein Fragebogen zur subjektiven Lebenszufriedenheit, welcher von Henrich & Herschbach (Heinrich et al. 2000) veröffentlicht wurde. Da jede Operation, auch die Mega-OATS-Operation ein das Leben veränderndes Ereignis darstellt, dient der FLZ als Instrument, um die Lebensqualität zu evaluieren (siehe S.146-148).

Der Fragebogen besteht aus 3 Teilen (Modulen)

- Das 1. Modul „Allgemeine Lebenszufriedenheit“ besteht aus 8 Items (Lebensbereiche wie z.B. körperliche Leistungsfähigkeit, Beruf, Energie, Freizeit, etc.), die jeweils nach „subjektiver Zufriedenheit“ und nach „subjektiver Wichtigkeit“ im Bezug auf die letzten 4 Wochen beantwortet werden. Die Bereiche sind in einer aufsteigenden 5-Punkte-Skala („nicht wichtig bzw. zufrieden“ bis „extrem wichtig bzw. zufrieden“) zu bewerten.
- Das 2. Modul „Gesundheit“ umfasst 8 wichtige Aspekte zur Beurteilung des Gesundheitszustandes wie z.B. Gesundheitszustand allgemein, seelische Probleme, Kontakte zu anderen Menschen etc., welche im Bezug auf die vergangene Woche beurteilt werden.
- Das 3. Modul „Magen-Darm-Aspekte“ beurteilt 8 gastroenterologische Aspekte der Gesundheit.

Aufgrund der Relevanz für die Auswirkung auf das Ergebnis der vorliegenden Studie wurden die ersten 2 Module in die Auswertung aufgenommen, das 3. Modul wurde weggelassen.

Als 3. Teil folgte ein Fragebogen zur subjektiven Beurteilung des Gesundheitszustandes. Dieser Teil soll Aufschluss darüber geben, wie die Patienten im Alltag in bestimmten Situationen zurechtkommen bzw. unter anderem durch das Ergebnis der Operation beeinflusst sind (siehe S. 149, 150). Die Bereiche „Allgemeine Lebenszufriedenheit“ und „Gesundheit“ sind für die Bundesrepublik Deutschland normiert und es liegen Daten von über 11.000 Patienten aus verschiedenen Diagnosegruppen sowie einer Kontrollgruppe von über 6000 gesunden Patienten vor (Heinrich et al. 2000). Der Fragebogen findet Anwendung bei der Beurteilung der subjektiven Lebensqualität von Patienten mit chronischen oder anderen schwerwiegenden Erkrankungen und kann auch zur Beurteilung des Krankheitsverlaufs verwendet werden. Die computergestützte Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS (SPSS Statistics Version 15.0) (IBM, Ehningen, Deutschland) anhand einer speziellen Rechenanweisung. Für die Auswertungen können 2 Parameter errechnet werden: Je Item kann eine gewichtete Zufriedenheit, die den Anteil des Lebensbereichs an der globalen Lebenszufriedenheit widerspiegelt und die Wichtigkeit allein berechnet werden. Letztere ist ein Maß für die subjektive Bedeutung eines Items für die Lebensqualität des Patienten (Heinrich et al. 2000).

8.3.5. Kernspintomografie

Alle Patienten, welche in die Studie eingeschlossen waren, wurden zu einer kernspintomografischen Untersuchung in die Abteilung für Radiologie am Klinikum rechts der Isar eingeladen. 33 von 39 Patienten erklärten sich bereit, diese durchführen zu lassen. Die Durchführung der MRT-Aufnahmen wurde vom Doktoranden unter Betreuung bzw. Supervision von PD Dr. med. Jan Bauer vorgenommen. Die Anfertigung der kernspintomografischen Aufnahmen erfolgte an einem 3 Tesla Siemens Magnetom Verio syngo MR B 17 (Siemens, Eschborn, Deutschland). Folgende Sequenzen wurden durchgeführt:

Tabelle 1: *Protokoll der Kernspintomografie (Pd = Protone density, spc = spectral, fs = fat saturation, tse = turbo-spin-echo, SSFP = Steady State Free Precession)*

Sequenz	Pd spc fs	Pd tse	T1	T2-Map	Ob SSFP T2
Speziell	3D				3D
Ebene	Sagittal	Sagittal	Sagittal	Sagittal	Sagittal
Echo Zeit (TE; ms)	44	43	2,41	11,5-57,7	4,85
Wiederholungszeit (TR; ms)	1000	3300	50	1760	9,68
Sichtfeld (FOV; mm)	160	130	128	160	128
Schichtdicke (mm)	0,6	3,0	3,0	2,5	3,0
Auflösung (mm ²)	0,6x0,5x0,6	0,3x0,3x0,3	0,4x0,4x3,0	0,5x0,4x2,5	0,4x0,4x3,0
Flip Winkel (°)		150		180	35
Anzahl der Schichten	176	25	26	26	26
Distanz Faktor (%)	10		20	44	20
Bandbreite (Hz/Pixel)		243	230	352	
Erfassungszeit (min)	8:14	5:02	5:54	7:43	8:22

Die Beurteilung der MRTs erfolgte sowohl semi-quantitativ, als auch quantitativ in Form der Auswertung des T2-Mappings.

Um eine standardisierte morphologische Beurteilung der MRTs zu gewährleisten, wurden die MRT-Aufnahmen mittels Boston-Leeds-Osteoarthritis-Knee-Score (BLOKS) und Magnetiv Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue-Score (MOCART) ausgewertet (Hunter et al. 2007, Marlovits et al. 2006).

8.3.5.1. Boston-Leeds-Osteoarthritis-Knee-Score (BLOKS)

Das BLOKS-Auswertungssystem wurde 2004 von Radiologen und Rheumatologen entwickelt, um kernspintomografische Beurteilungen bei Vorliegen von Arthrose im Kniegelenk vorzunehmen (Hunter et al. 2007). Der BLOKS Score beinhaltet die Bewertung von folgenden Aspekten des Kniegelenks:

1. Knochenmarkläsionen
2. Knorpelschaden
3. Auftreten von Osteophyten
4. Zeichen von Synovitis

5. Vorhandensein eines suprapatellären Ergusses
6. Vorhandensein eines freien Gelenkkörpers
7. Beurteilung der Menisken
8. Beurteilung von Kreuzbändern und Patellarsehne
9. Beurteilung von periartikulären Strukturen wie Pes anserinus, Tractus iliotibialis, Poplitea, infra- und präpatelläre Bursa

Diese 9 Items werden nach dem Auftreten von Veränderungen beurteilt. Die Items werden mit 1 bis 3 Punkten beurteilt, je nach Schweregrad der Veränderung, wobei 3 der größten Veränderung entspricht. Anschließend werden die Punkte jeweils addiert (Hunter et al. 2007).

Tabelle 2: *Boston-Leeds-Osteoarthritis-Knee-Score (BLOKS)*(Hunter et al. 2007)

Untergruppen	Beurteilung
Knochenmarkläsionen (Größe)	Score von 0-3 in 9 verschiedenen Regionen
Knochenmarkläsionen (Anteil)	Score von 0-3 in Prozent für die Beurteilung der betroffenen Oberfläche angrenzend an die subchondrale Schicht.
Knochenmarkläsionen (Zysten)	Score von 0-3 zur Beurteilung der Knochenmarkläsionen gegenüber Zysten
Knorpel 1	2 Scores von 0-3 für Größe und Anteil des full-Thickness-Knorpelschadens am Knorpelschaden
Knorpel 2	Ausmaß des Knorpelschadens in bestimmten Regionen
Osteophyten	Score von 0-3 in 12 verschiedenen Regionen: Patella (med., lat., sup., inf.), Femur (med. ant, lat. ant., med. wb, lat. wb, med. post., lat. post.), Tibia (med., lat.)
Synovitis	Score von 0-3 für das synoviale Volumen
Gelenkerguss	Score von 0-3 nach der Größe des

	Ergusses
Meniskus (Extrusion)	Score von 0-3 in 4 verschiedenen Regionen: Innenmeniskus (ant., post., inf.), Außenmeniskus (ant., post., inf.)
Meniskus (Signalanhebung)	Vorhanden / nicht vorhanden
Meniskus (Riss)	Unterscheidung der Typen des Risses in 6 verschiedenen Regionen
Bandstrukturen	VKB, HKB, Patellarsehne: vorhanden/ nicht vorhanden
Periartikuläre Strukturen	Signalanhebung und Ganglien: Vorhanden / nicht vorhanden

8.2.5.2. Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue (MOCART)

Die Beurteilung des Transplantats und des perifokalen Gewebes erfolgt durch den MOCART-Score. In folgender Tabelle sind die einzelnen Beurteilungskriterien aufgelistet. Je höher hierbei der Punktwert des Scores ist, desto schlechter ist das Ergebnis des Einzel- und Gesamtscores zu werten.

Tabelle 3: MOCART- Score (Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue)

Untergruppen	Beurteilung
Defektreparatur und Defektfüllung	Score von 0 - 4 (komplett, Implantathypertrophie, nicht komplett > 50 % der Höhe, nicht komplett < 50 % der Höhe, teilweise unbedeckter subchondraler Knochen)
Integration in perifokales Gewebe	Score von 0 – 2 (komplett, kleine Fissur, Fissur > 50 % des Transplantats)
Qualität des Ersatzgewebes	Score von 0 – 2 (intakt, geschädigt < 50 %, geschädigt > 50 %)
Struktur des Ersatzgewebes	Score von 0 – 1 (homogen, inhomogen)
Signal des Ersatzgewebes im MRT	Score von 0 – 1 (wie normaler Knorpel, abnormal)
Status der subchondralen Lamina	Score von 0 – 1 (intakt, geschädigt)
Integrität des subchondralen Knochens	Score von 0 – 2 (intakt ohne Ödem, Ödem vorhanden, Zysten und Ödem)
Anwesenheit von Komplikationen wie Adhäsionen und Gelenkerguss	Score von 0 – 2 (keine, Erguss, Erguss und weitere Komplikationen)

8.3.5.3. T2-Mapping

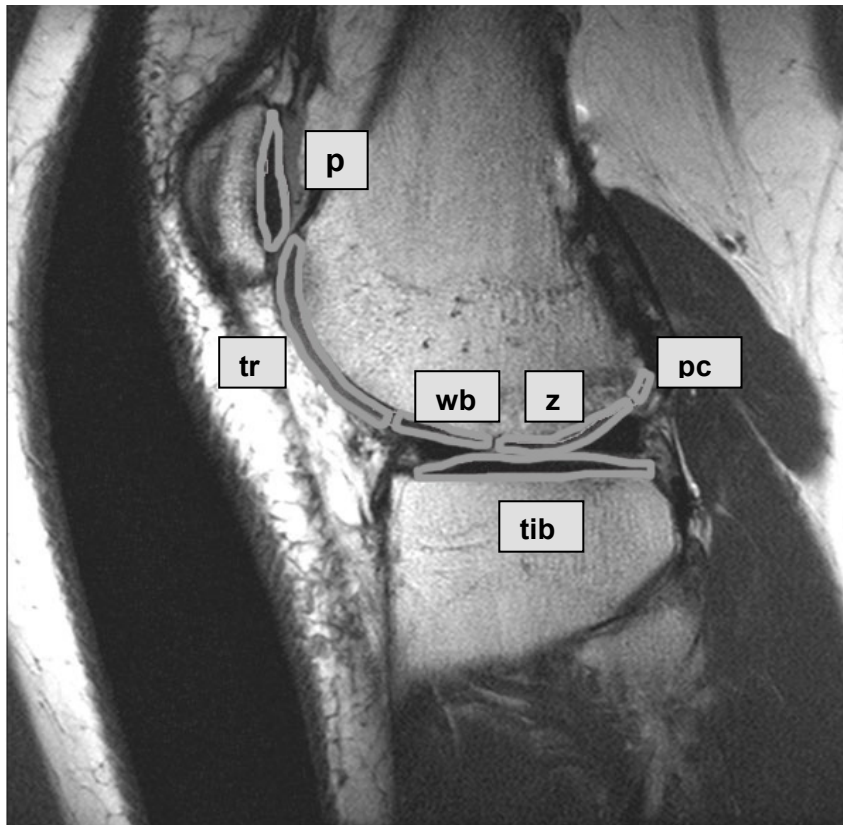


Abbildung 18: MRT ROI (Region of Interest) (*p* = Patella, *tr* = Trochlea, *wb* = Weightbearing (gewichtstragender Bereich), *z* = Mega-OATS Zylinder, *pc* = posteriorer Kondylus, *tib* = Tibia)

Für die Auswertung des T2-Mappings wurden die „Regions of Interest“ (ROI) in definierten Regionen (Patella, Trochlea, Weightbearing (Haupt-)Belastungszone des Femurkondylus), posteriorer Femurkondylus, Tibia, dann weiter auf der operierten Seite im Kniegelenk, Patella, Trochlea, perifokaler Knorpel, posteriorer Femurkondylus, Tibia, Mega-OATS des Knorpels eingezeichnet, um dadurch die T2-Relaxationszeiten berechnen zu können (Stehling et al. 2011). Bereiche, die durch das Signal von Material aus operativen Eingriffen arte faktisch gestört waren, wurden nicht in die ROI einbezogen. Die Auswertung und Berechnung der T2-Zeiten wurde mit Hilfe der Software IDL (Creaso, Gilching, Deutschland) durchgeführt.

8.3.5.4. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Excel Version 2007 und Statistical Package for Social Science (SPSS Statistics Version 15.0). Die Testung auf Normalverteilung der Daten wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest durchgeführt. Handelte es sich bei der statistischen Auswertung um nicht normalverteilte Daten, kam der nichtparametrische U-Test nach Mann und Whitney zur Anwendung. Waren die zu untersuchenden Daten normalverteilt, so wurde die Testung auf Signifikanz für unverbundene bzw. verbundene Stichproben mit Hilfe des Student`s-T-Test gewertet. Die Zusammenhänge für original skalierte Variablen wurden mittels Korrelationskoeffizienten nach Spearman durchgeführt. Das für die statistische Auswertung erforderliche Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ definiert.

9. Ergebnisse

Für die folgenden subjektiven Kategorien (Patientenzufriedenheit, Operation erneut, subjektive Instabilität, Schmerzen, Schmerzmedikation) werden einfache Kreisdiagramme verwendet, um einen Gesamteindruck zu bekommen.

9.1. Patientenzufriedenheit

23 Patienten waren mit der Operation sehr zufrieden, 13 Patienten waren bedingt zufrieden und 3 Patienten waren mit dem Operationsergebnis unzufrieden (Abb.19).

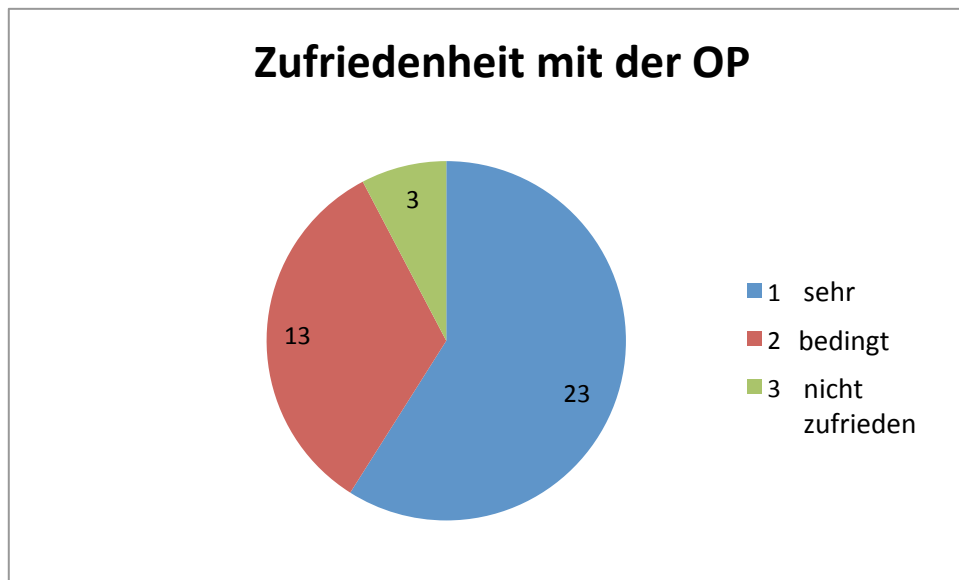


Abbildung 19: Zufriedenheit des untersuchten Patientenkollektivs mit dem Operationsergebnis 10 Jahre postoperativ

17 Patienten würden die Operation erneut durchführen lassen, 20 Patienten würden sich dieser Maßnahme nur ungern unterziehen und 1 Patient lehnte es ab, sich bei gleicher Ausgangssituation dieser Operationsmethode erneut zu zustimmen (Abb. 20).

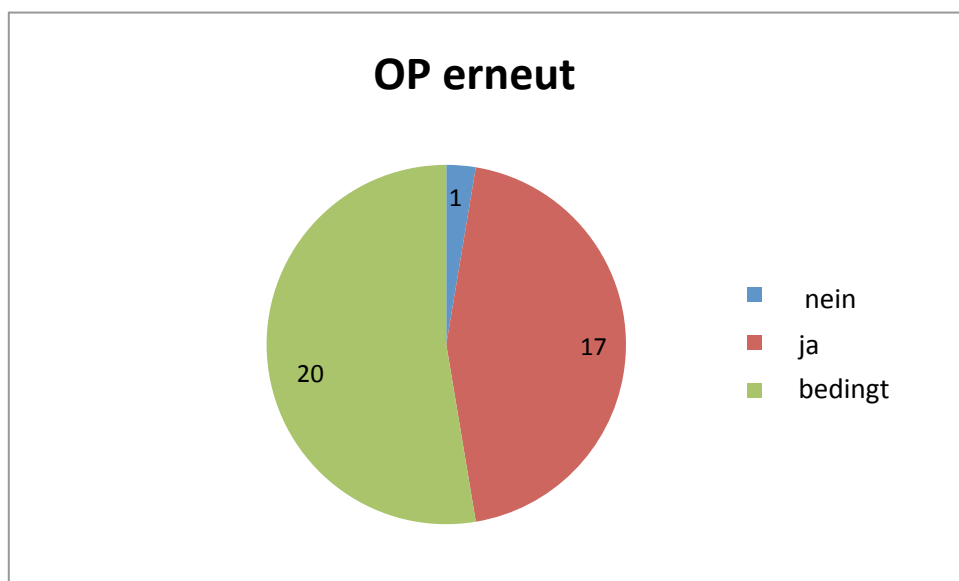


Abbildung 20: Operation erneut 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

9.2. Subjektive Instabilität

20 Patienten verneinten das Auftreten eines Instabilitätsgefühls, 12 Patienten gaben an bei sehr starker Beanspruchung ein subjektives Gefühl von Instabilität zu haben. Bei 5 Patienten trat schon bei leichter Beanspruchung ein Instabilitätsgefühl auf und 1 Patient verspürte ein ständiges Gefühl der Instabilität (Abb. 21).

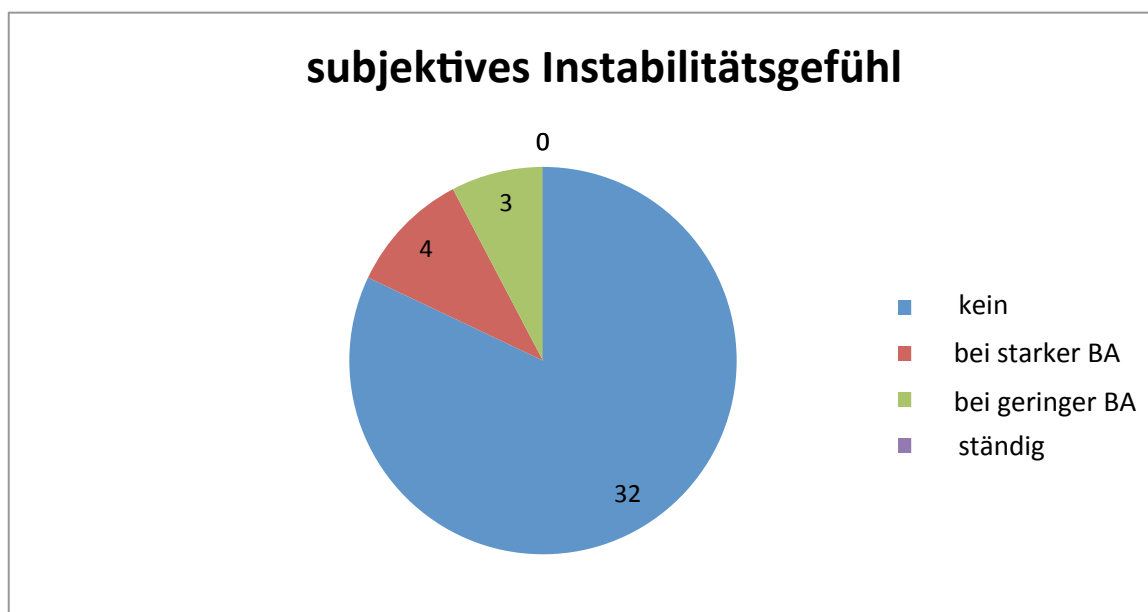


Abbildung 21: Subjektives Instabilitätsgefühl 10 Jahre postoperativ untersucht bei dem untersuchten Patientenkollektiv (BA = Beanspruchung)

9.3. Schmerzen

10 Patienten gaben an, keine Schmerzen im operierten Kniegelenk zu haben. Über die Hälfte (20 Patienten) der Operierten berichteten über das Auftreten von leichten Schmerzen. 4 Patienten klagten über mäßige Schmerzen und 1 Patient hatte starke Schmerzen im Kniegelenk. 3 Patienten machten keine Angaben zum Auftreten von Schmerzen (Abb. 22).

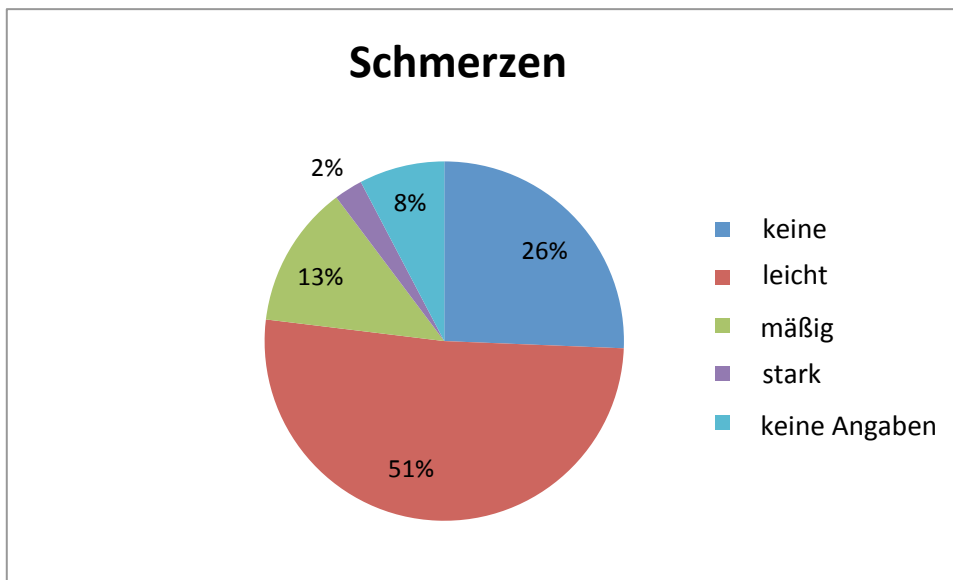


Abbildung 22: Subjektives Schmerzempfinden 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Die Patienten wurden darüber hinaus befragt, ob sie aufgrund von Schmerzen im Kniegelenk regelmäßig Schmerzmedikamente einnehmen. 32 Patienten berichteten, nicht regelmäßig Schmerzmittel einzunehmen, wobei 4 Patienten regelmäßig Schmerzmittel aufgrund von Kniegelenksschmerzen einnehmen. 3 Patienten machten keine Angaben (Abb.23).

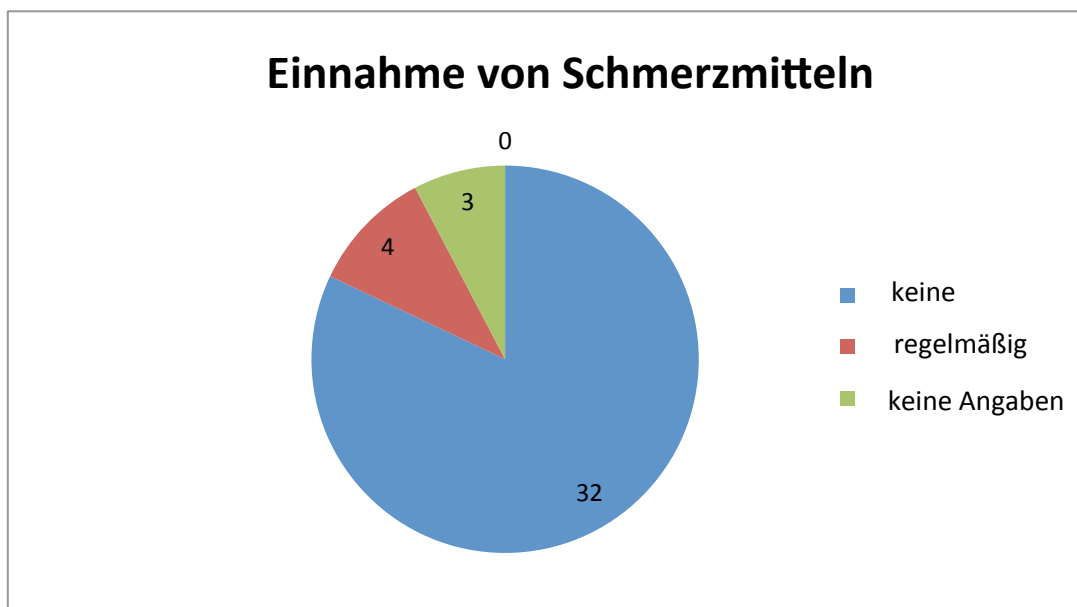


Abbildung 23: Einnahme von Schmerzmedikamenten 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

9.4. Bewegungsdefizite

Bei 11 Patienten konnte ein Streckdefizit gefunden werden, das durchschnittlich bei 0,8 Grad (Min. 0, Max. 5,0, SD 1,5) lag. Bei 20 Patienten wurde ein Flexionsdefizit von durchschnittlich 5 Grad (Min. 0, Max. 25, SD 6,6) ermittelt. Die Daten wurden in 3 Gruppen eingeteilt. 21 Patienten lagen bei der Messung des Flexionsdefizits zwischen 0 – 5 Grad, 11 zwischen 6 – 15 und 3 Patienten lagen zwischen 16 – 25 Grad (Abb.24).

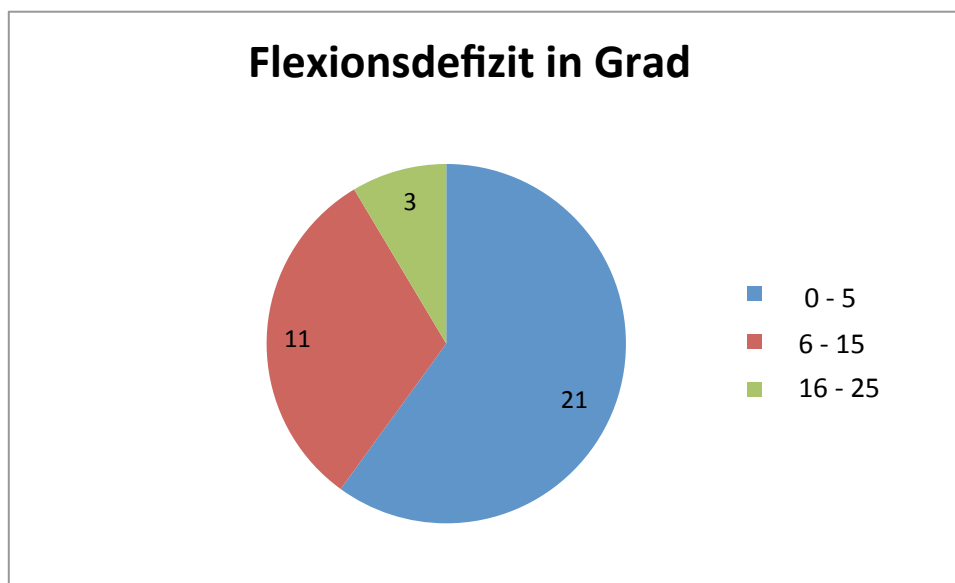


Abbildung 24: Flexionsdefizit in Grad des operierten Kniegelenks 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Zur Beurteilung des Streckdefizites wurde gemäß dem IKDC-Fragebogen ein anderes Bewegungsintervall angewendet. Hierbei waren 29 Patienten im Bereich von 0 - 5 Grad und 5 Patienten zwischen 6 – 15 Grad (Abb. 25).

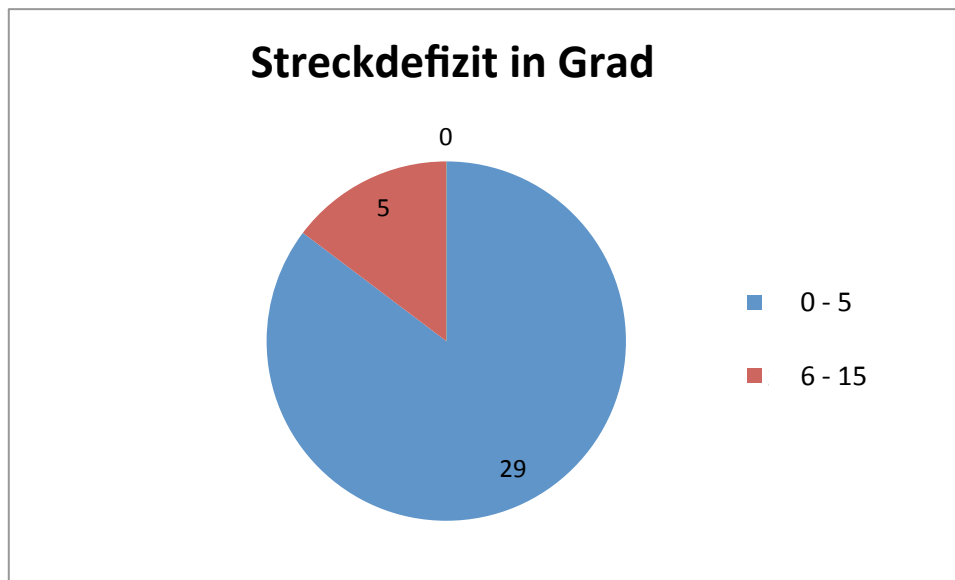


Abbildung 25: Streckdefizit in Grad des operierten Kniegelenks 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

9.5. Ergebnisse der klinischen Scores

Im Folgenden sind die Ergebnisse in Form eines Boxplot Diagramms dargestellt. Das Rechteck beinhaltet den Bereich in dem 50 % aller Werte liegen, den sogenannten Interquartilabstand. Das untere Ende der Box entspricht dem unteren Quartil (25%), d.h. dass 25 % der Werte kleiner oder gleich diesem Wert sind. Mit der oberen Begrenzung der Box beginnt das obere Quartil (75%). Somit sind die kleinsten 75 % der Werte kleiner oder gleich diesem Wert. Innerhalb des Rechtecks zeigt die waagerechte Linie den Median an. Es befinden sich jeweils 50 % der Werte oberhalb bzw. unterhalb diese Linie. Die beiden Antennen oberhalb bzw. unterhalb der Box bezeichnen die Maxima bzw. Minima des Datenbereichs. Kleine Kreise jenseits der Antennen sind Ausreißer.

9.5.1. Lysholm Score

Werte präoperativ

Der präoperative Lysholm Score lag bei durchschnittlich 59,1 Punkten (Min.3, Max.100, SD 28) (Abb.26).

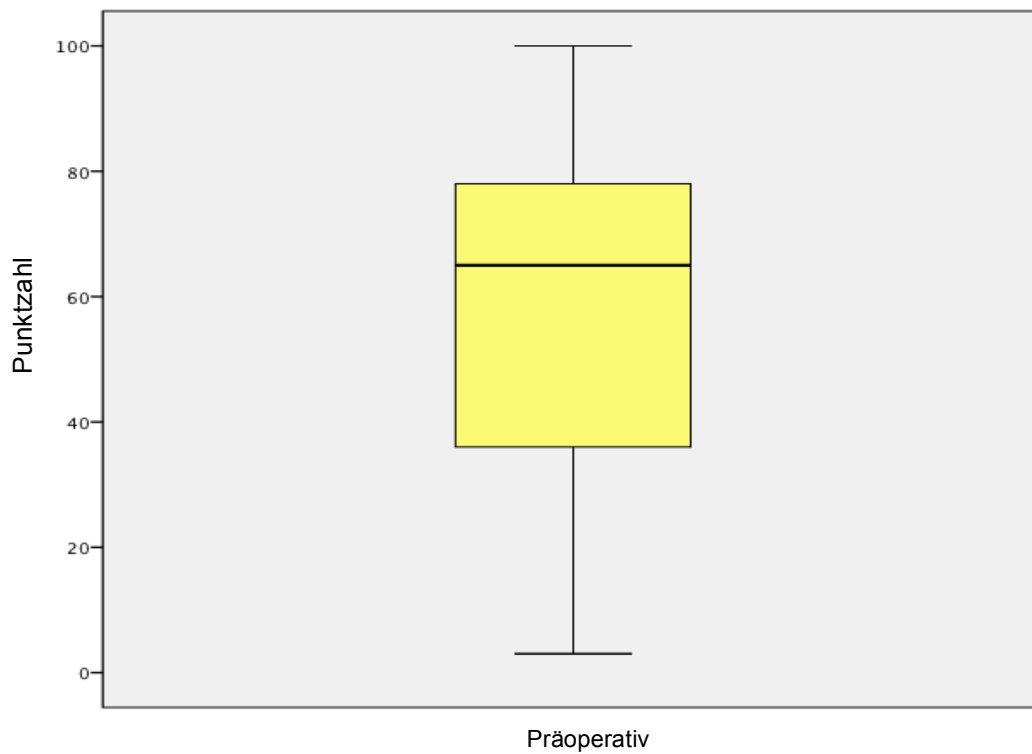


Abbildung 26: Lysholm Score bei dem untersuchten Patientenkollektiv unmittelbar präoperativ

Werte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen

Das Ergebnis des Lysholm Scores zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen liegt im Mittel bei 77,3 Punkten (Min. 24, Max. 100, SD 17,2) (Abb. 27).

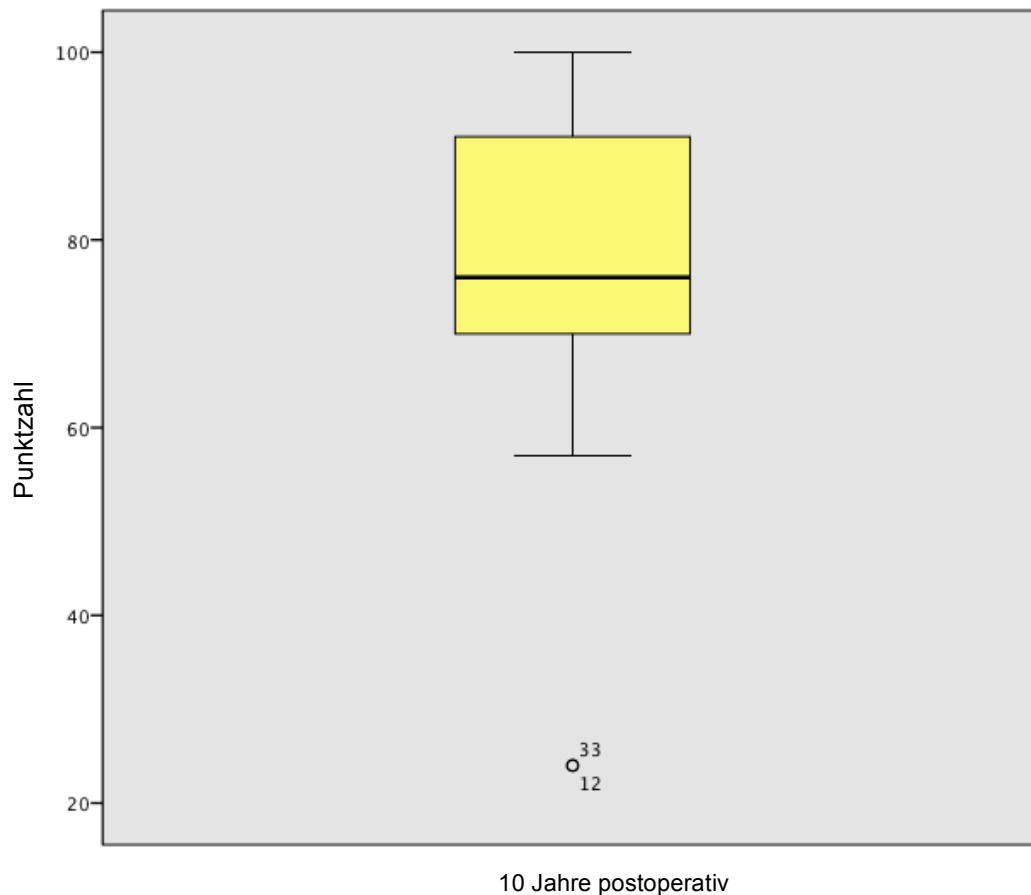


Abbildung 27: Lysholm Score 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Die isolierte Auswertung der Ergebnisse der 11 Patienten, welche in der vorherigen Studie teilnahmen, zeigt, dass sich die Werte vom präoperativen zum 5,5 Jahres-Ergebnis stark verbessern und nach Evaluation der aktuellen Ergebnisse um 5,8 Punkte im Vergleich zum 5,5 Jahresergebnis wieder etwas abfallen (Tab. 4). Nichts desto trotz bleiben die 10 Jahres-Ergebnisse deutlich über dem präoperativen Ausgangswert bestehen.

Tabelle 4: Auswertung des Lysholm Scores zum Zeitpunkt präoperativ, 5,5 Jahre und 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Lysholm präoperativ	11	45	70	58,4	12,9
Lysholm 5,5 Jahre	11	44	100	80,5	16,7

Lysholm 10 Jahre	11	57	90	74,7	12,0
------------------	----	----	----	------	------

Ergebnisse präoperativ und 10 Jahre postoperativ

Der Lysholm Score verbesserte sich signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ 59,2 auf 77,3 Punkte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen 10 Jahre postoperativ (Abb. 28).

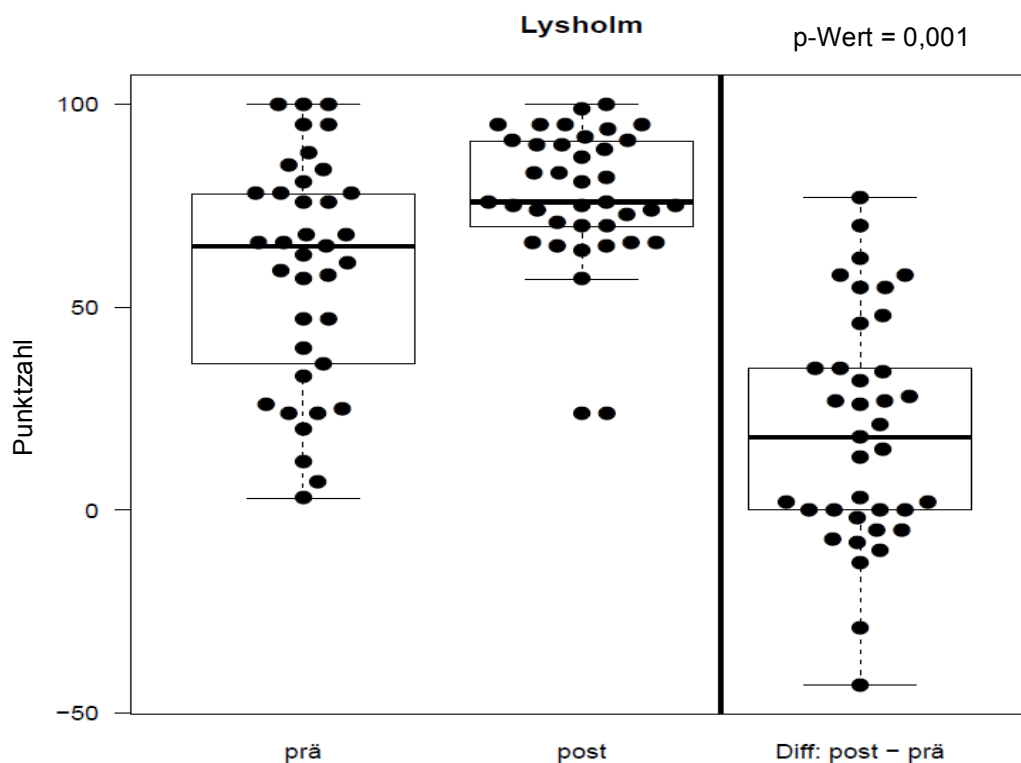


Abbildung 28: Vergleich des Lysholm Scores präoperativ zu 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv (prä. = präoperativ, post. = postoperativ, Diff.= Differenz)

Tabelle 5: Lysholm Score präoperativ und 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Lysholm präoperativ	38	3	100	59,2	28,1
Lysholm 10 Jahre postoperativ	38	24	100	77,3	17,2

Einfluss der HTO auf den Lysholm Score

Um zu ermitteln, ob die hohe tibiale Umstellungsosteotomie (HTO) bei Beinachsenabweichung Auswirkung auf das Ergebnis des Lysholm Scores hat, wurden die Gruppen „prä“- und „post“-operativ hinsichtlich der Durchführung einer HTO unterschieden. Die Gruppe, die keine HTO erhalten hatte, wurde als Gruppe 1 und die Gruppe, die eine HTO in Kombination erhielt, als Gruppe 2 bezeichnet.

Sowohl im Vergleich der beiden Gruppen 1 und 2 als auch im Vergleich der präoperativen und der aktuellen Ergebnisse des Lysholm Scores konnte kein signifikanter Unterschied ($p = 0,907$) gefunden werden, was die folgende Abbildung zeigt (Abb.29).

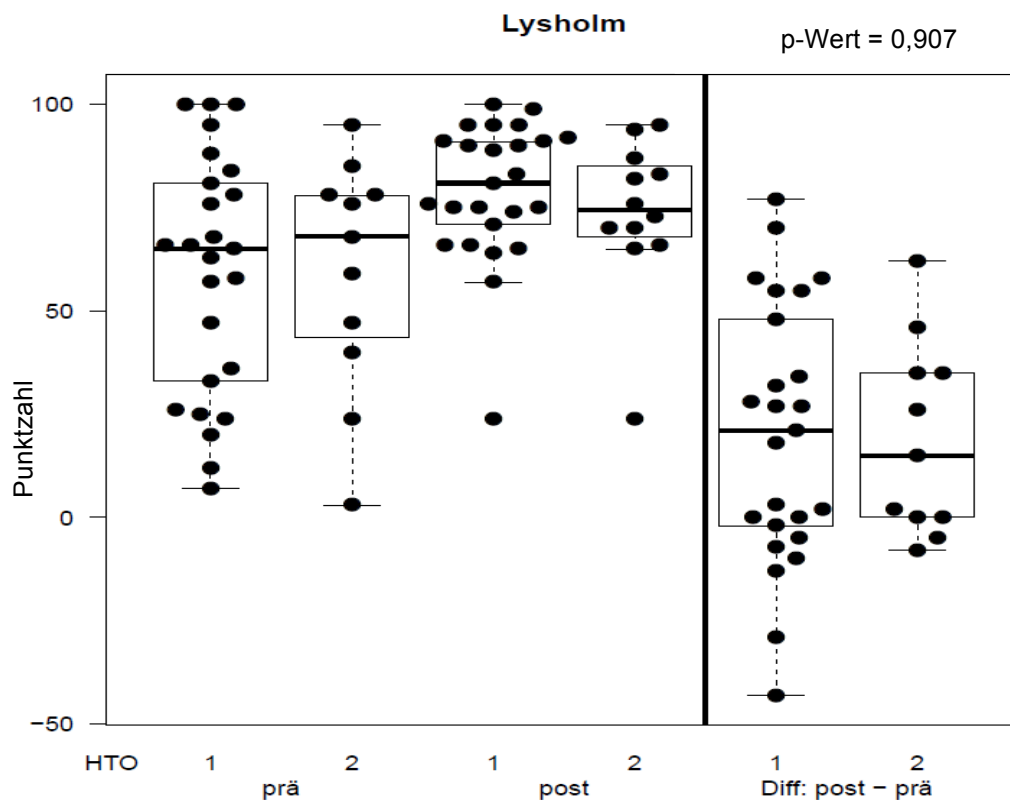


Abbildung 29: Einfluss der HTO auf den Lysholm Score präoperativ und 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1= Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation, 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation) (prä. = präoperativ, post. = postoperativ, Diff. = Differenz

9.5.2. Tegner Aktivitäts-Index

Der präoperative Wert des Tegner Aktivitäts-Index wurde retrospektiv zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen erhoben.

Präoperative Werte

Der durchschnittliche Wert des präoperativen Tegner Scores lag bei 4,3 (Min. 1, Max. 9, SD 2,3), was freizeitsportlichen Aktivitäten wie Fahrradfahren oder Joggen auf unebenem Untergrund entspricht (Tegner 1985).

10 Jahres-Ergebnisse

Die aktuellen Werte des Tegner Aktivitäts-Index lagen bei 4,6 Punkten (Min. 1, Max. 9, SD 1,8), was ungefähr dem Wert und Aktivitätslevel der präoperativen Erhebung entspricht (siehe S. 63).

Ergebnisse präoperativ und 10 Jahre postoperativ

Im Vergleich der prä- zu den postoperativen Ergebnissen konnte kein signifikanter Unterschied ($p = 0,708$) im Tegner Aktivitäts-Index gefunden werden (Abb.30).

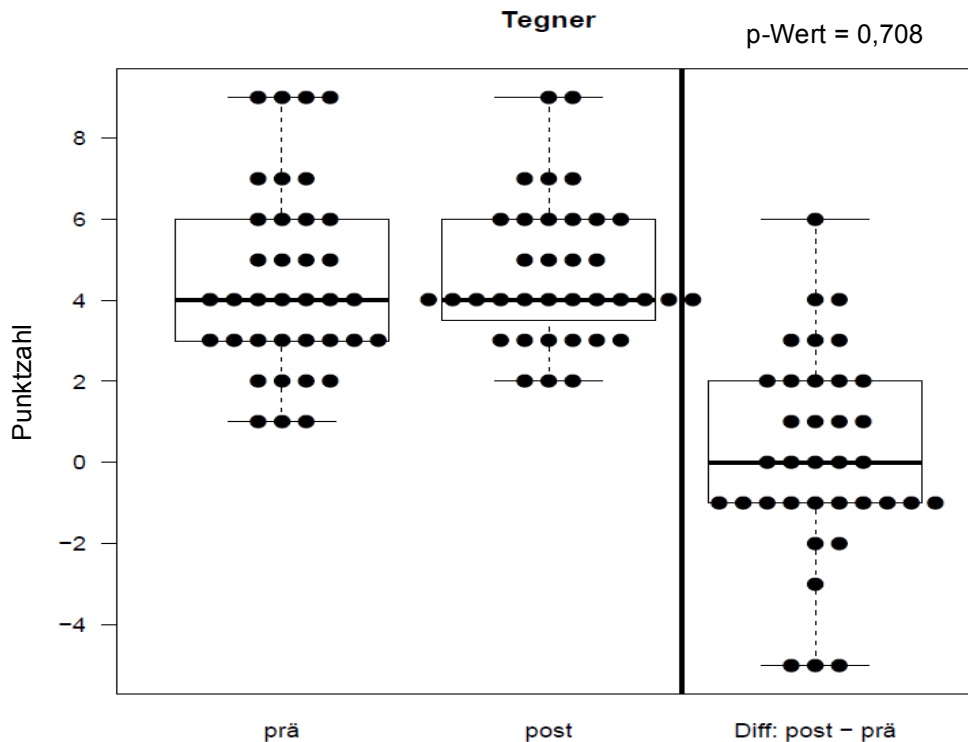


Abbildung 30: Tegner Aktivitäts-Index: Vergleich der Werte bei dem untersuchten Patientenkollektiv präoperativ und 10 Jahre postoperativ (prä. = präoperativ, post. = postoperativ, Diff. = Differenz)

Einfluss der HTO auf den Tegner Score

Um zu ermitteln, ob die hohe tibiale Umstellungsosteotomie bei Beinachsenabweichung Auswirkung auf das Ergebnis des Tegner Aktivitäts-Index hat, wurden die Gruppen „prä“- und „post“-operativ hinsichtlich der Durchführung einer HTO unterschieden. Die Gruppe, die keine HTO erhalten hatte, wurde als Gruppe 1 und die Gruppe, die eine HTO in Kombination erhielt, als Gruppe 2 bezeichnet.

Sowohl im Vergleich der beiden Gruppen 1 und 2, als auch im Vergleich der präoperativen und der 10 Jahre postoperativen Ergebnisse des Tegner Aktivitäts-Index konnte kein signifikanter Unterschied ($p = 0,839$) gefunden werden (Abb. 31).

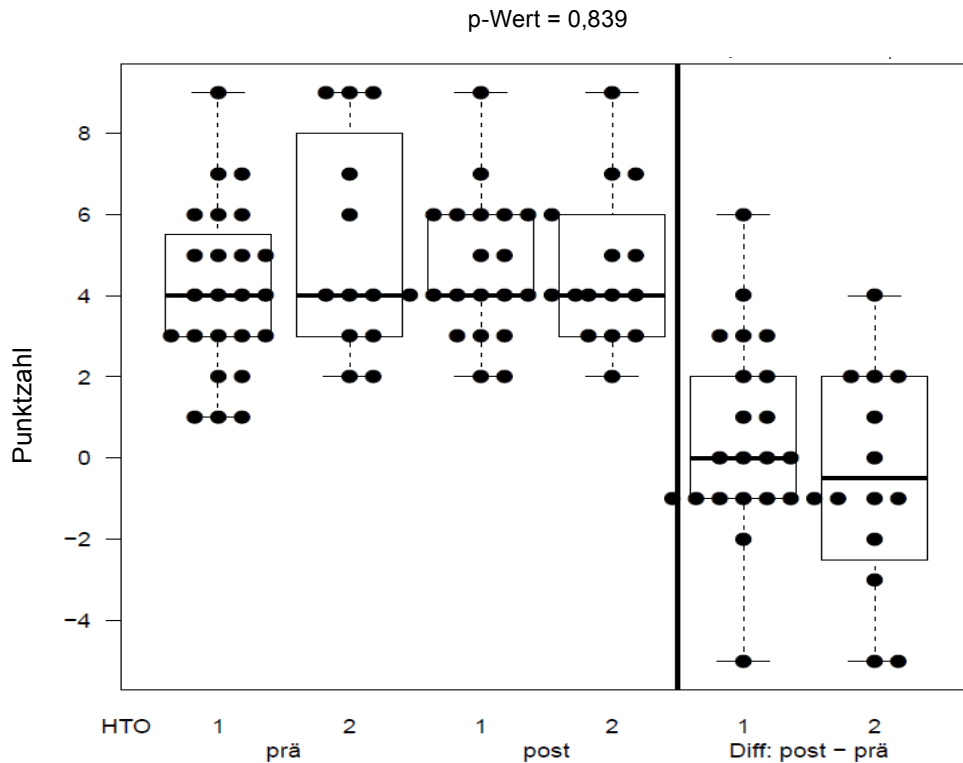


Abbildung 31: Einfluss der HTO auf den Tegner Aktivitäts-Index bei dem untersuchten Patientenkollektiv: präoperativ und 10 Jahre postoperativ, 1= Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation), 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation) (prä. = präoperativ, post. = postoperativ, Diff. = Differenz)

9.5.3. IKDC Score

Im Rahmen dieser Studie erfolgte die Datenerhebung nur zum Zeitpunkt der Nachtuntersuchungen.

Subjektiver Teil

Im Gesamtergebnis erreichten die Teilnehmer im IKDC Score durchschnittlich 72,7 Punkte (Min. 33, Max. 94, SD 15,1) (Abb. 32).

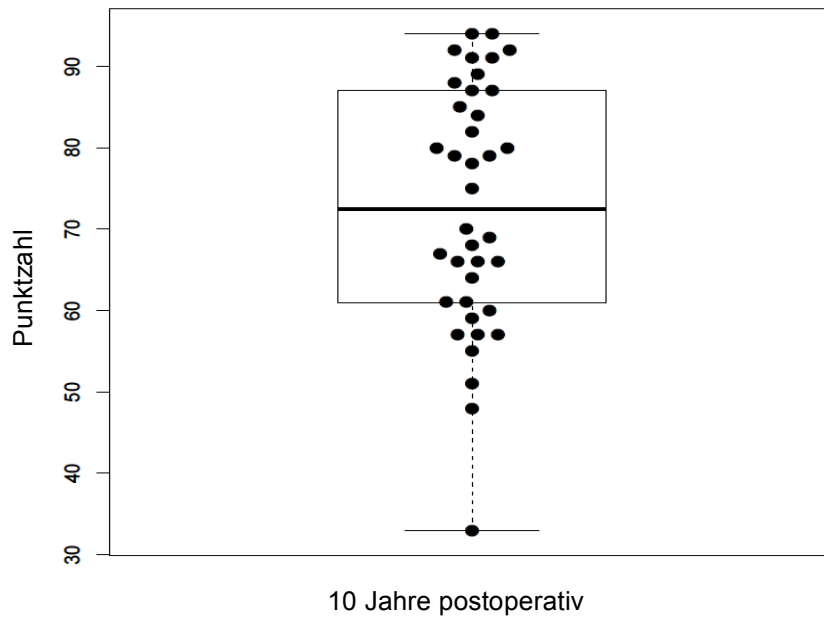


Abbildung 32: IKDC (subjektiver Teil) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Da von den 11 Patienten in der vorherigen Studie der IKDC 5,5 Jahre vorhanden ist, kann von diesem Kollektiv ein Verlauf beobachtet werden. Bei diesen Teilnehmern konnte eine Verschlechterung des subjektiven IKDC Scores im Vergleich von 5,5 Jahren nach Operation und zum Wert von 6,6 Punkten 10 Jahre postoperativ errechnet werden (Tab. 6).

Tabelle 6: IKDC (subjektiver Teil) 5,5 Jahre- und 10 Jahre postoperativ des untersuchten Patientenkollektivs

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
IKDC subjektiv 5,5 Jahre postoperativ	11	44,8	96,6	75,1	15,2
IKDC subjektiv 10 Jahre postoperativ	11	57	87	68,5	11,2

Einfluss der HTO auf den subjektiven IKDC Score

Um zu ermitteln, ob die hohe tibiale Umstellungsosteotomie bei Beinachsenabweichung Auswirkung auf das Ergebnis des subjektiven IKDC Scores hat, wurden die Gruppen 1 „keine HTO“ und 2 „mit HTO“ in Kombination gesetzt. Es konnte hierbei allerdings kein signifikanter Unterschied ($p = 0,841$) zwischen der isolierten Mega-OATS-Operation und der Kombination mit einer HTO hinsichtlich des Ergebnisses des subjektiven IKDC Scores gefunden werden (Abb. 33).

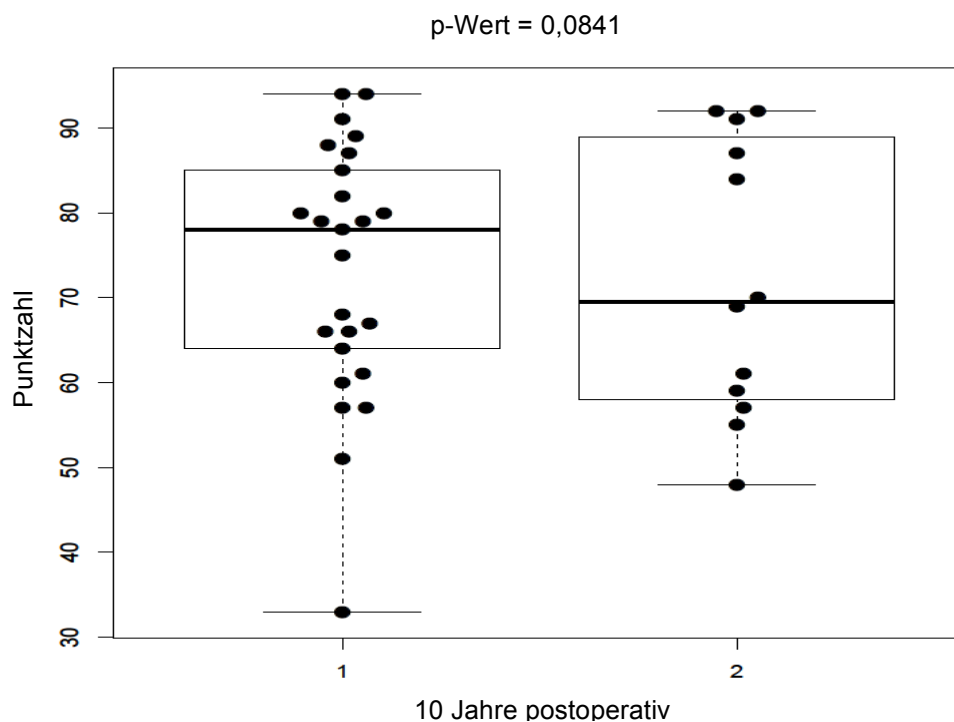


Abbildung 33: Einfluss der HTO auf den IKDC Score (subjektiven Teil) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1= Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation), 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation)

Objektiver Teil

Der objektive Teil des IKDC konnte nur bei 34 Patienten erhoben werden, da fünf Patienten nicht zur Untersuchung erscheinen konnten (Tab. 7).

Tabelle 7: IKDC Score (objektiver Teil), 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

IKDC Score (objektiv) 10 Jahre postoperativ					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	14	35,9	35,9	35,9
	B	17	43,6	43,6	79,5
	C	2	5,1	5,1	84,6
	D	1	2,6	2,6	87,2
	fehlend	5	12,8	12,8	100,0
	Gesamt	39	100,0	100,0	

„Sehr gute“ Ergebnisse (A) konnten bei 14 Patienten, „gute“ bei 17 und „ausreichende“ bei 2 erreicht werden, 1 Patient erreichte ein „schlechtes“ (D) Ergebnis im Rahmen der standardisierten Untersuchung zur Erhebung des objektiven IKDC Scores (Abb. 33).

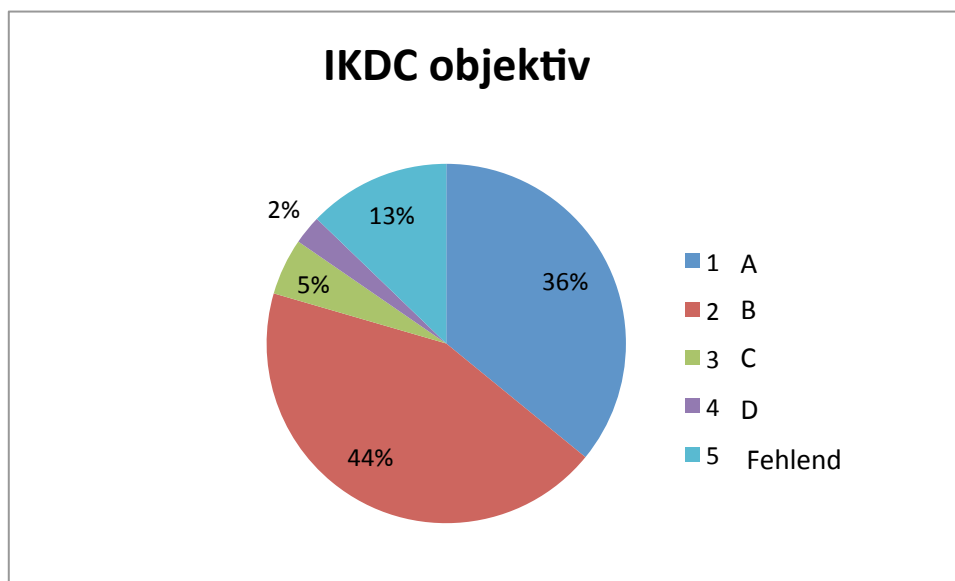


Abbildung 34: IKDC Score (objektiver Teil), 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

9.5.4. Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Die Ergebnisse und Unterpunkte des KOOS sind in der folgenden Tabelle (Tab. 8) und Grafik (Abb. 34) dargestellt. Die Angabe eines einzelnen Gesamtergebnisses dieses Fragebogens ist nicht sinnvoll.

Gesamtbeurteilung

Tabelle 2: KOOS 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

KOOS Unterpunkte	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Schmerzen	37	19	100	81,2	18,3
Symptome	37	21	100	76,5	19,1
Aktivitäten des täglichen Lebens	37	22	100	88,8	15,6
Sport und Freizeit	37	15	100	65,2	26,3
Lebensqualität	37	19	87	59,5	18,0

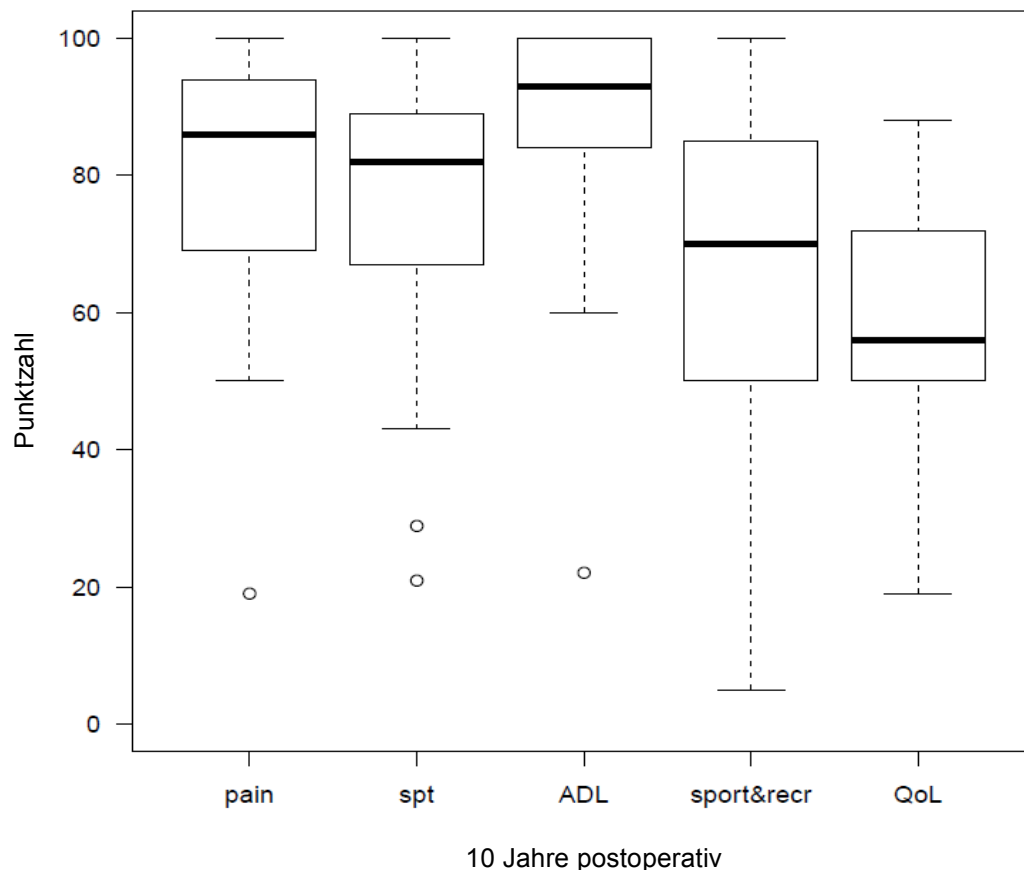


Abbildung 35: KOOS 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Beeinflussung des KOOS durch die HTO

Um eine Auswirkung der HTO auf das Ergebnis des KOOS zu ermitteln, wurden aus jeder Kategorie zwei Gruppen gebildet. Gruppe 1 erhielt keine HTO, Gruppe 2 erhielt die Kombination mit einer HTO. In keiner der Kategorien konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 gefunden werden (Symptome $p = 0.409$, Schmerzen $p = 0,061$, Aktivitäten des täglichen Lebens $p = 0,115$, Sport und Freizeit $p = 0,332$, Lebensqualität $p = 0,22$) (Abb. 35 – 39).

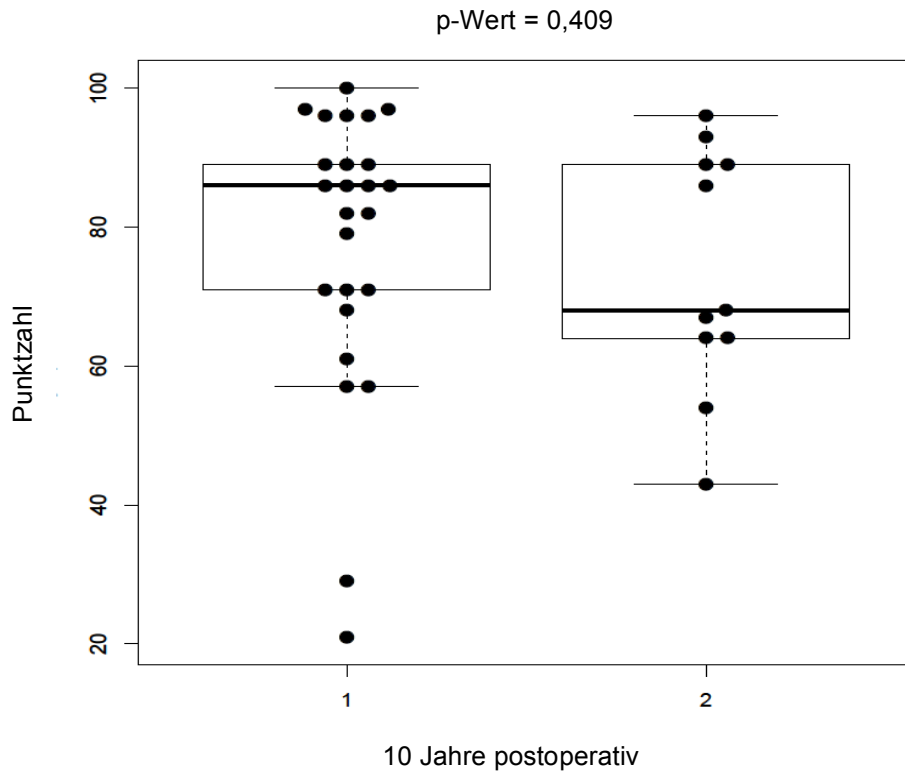


Abbildung 36: Beeinflussung des KOOS (Symptome) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation), 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation)

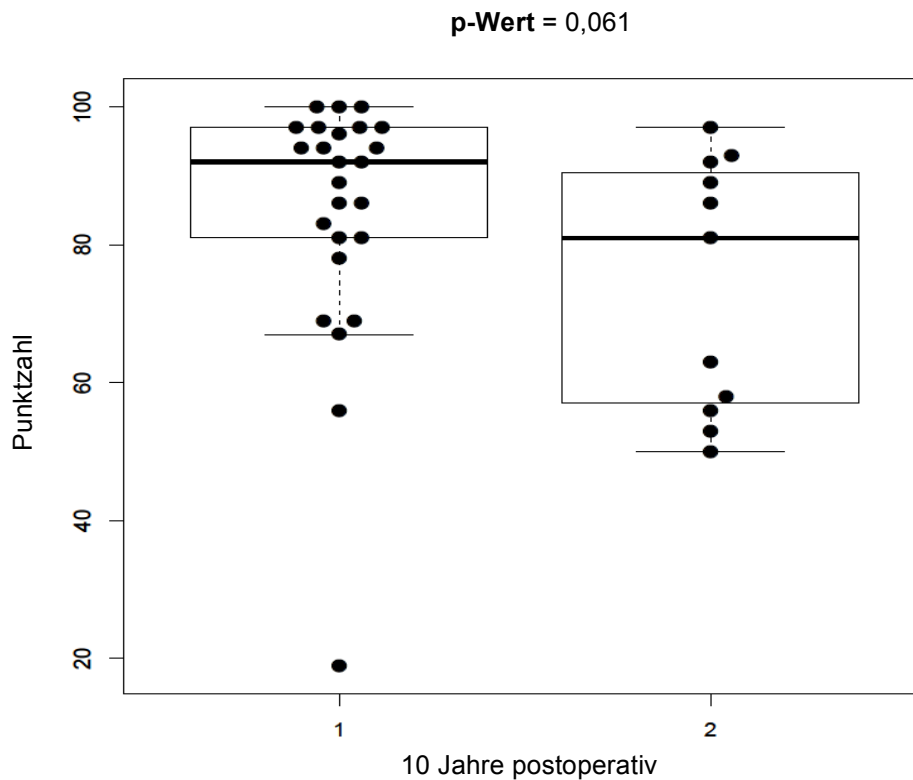


Abbildung 37: Beeinflussung des KOOS (Schmerzen) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation), 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation)

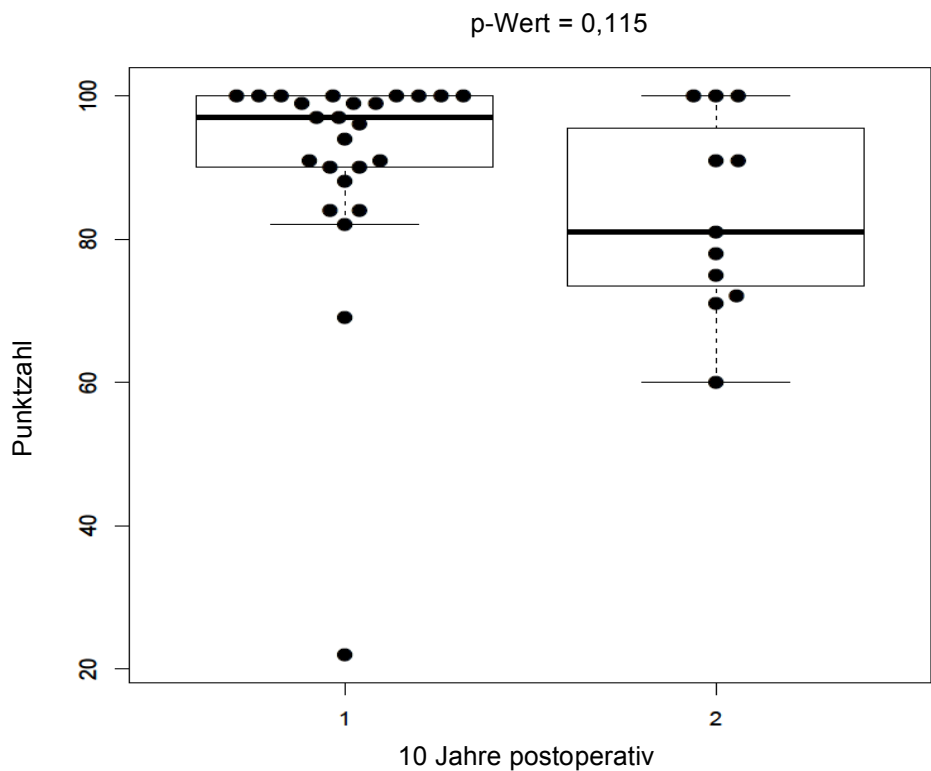


Abbildung 38: Beeinflussung des KOOS (Aktivitäten des täglichen Lebens) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation), 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation)

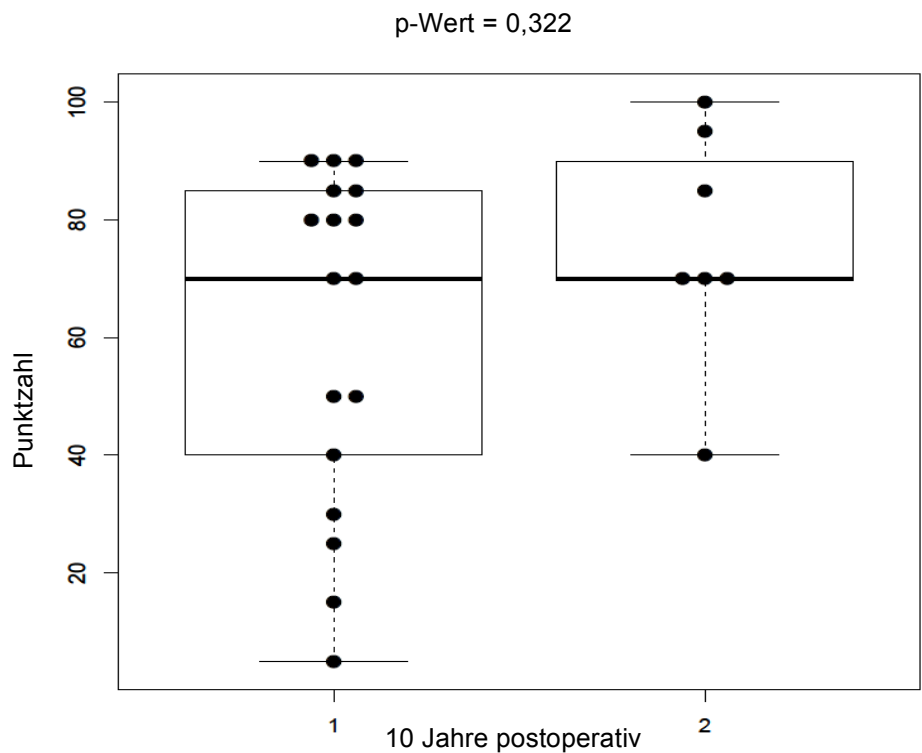


Abbildung 39: Beeinflussung des KOOS (Sport und Freizeit) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation), 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation)

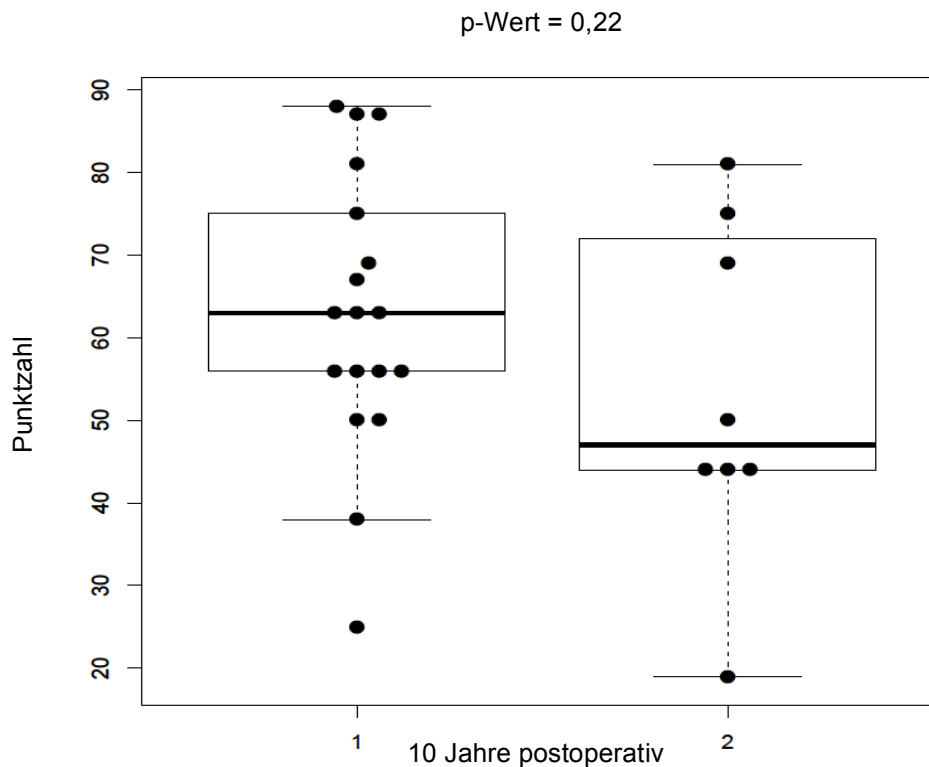


Abbildung 40: Beeinflussung des KOOS (Quality of Life) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = Patienten ohne HTO (isolierte Mega-OATS-Operation), 2 = Patienten mit kombinierter HTO (plus Mega-OATS-Operation)

9.5.5. Patientenspezifische Einflüsse auf die Ergebnisse der klinischen Scores

Es werden nun die patientenspezifischen Gruppen BMI und Alter hinsichtlich der Auswirkung auf die klinischen Scores besprochen.

Auswirkungen des BMI auf klinischen Scores

Der BMI war durchschnittlich bei 26,9 kg/m² (Min. 20, Max. 39 SD 4,2). Um die Auswirkungen des BMI auf klinische Scores zu errechnen, wurde das statistische Verfahren der linearen Regression angewendet, welche den BMI mit den klinischen Scores in Korrelation bringt. Ein positiver Wert der Korrelation bedeutet, dass sich beide Parameter in die gleiche Richtung (entweder negativ oder positiv) verändern. Ein negativer Wert der Korrelation bedeutet, dass sich die Parameter gegensätzlich verändern. Mit Hilfe des Konfidenzintervalls kann die statistische Signifikanz der Korrelation berechnet werden. Diese ist signifikant, wenn das Konfidenzintervall die „0“ ausschließt (Tab. 11).

Tabelle 9: Korrelation zwischen BMI und den klinischen Scores 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Score	Korrelation	95% Konfidenzintervall	p-Wert
Lysholm Score	0,021	[-0,314;0,352]	0,904
IKDC Score (subj. Teil)	-0,097	[-0,417;0,244]	0,580
Tegner Aktivitäts-Index	-0,018	[-0,354;0,322]	0,917
KOOS (Symptome)	-0,229	[-0,526;0,119]	0,194
KOOS (Schmerzen)	-0,114	[-0,435;0,233]	0,522
KOOS (Aktivitäten des täglichen Lebens)	-0,135	[-0,453;0,213]	0,445
KOOS (Sport und Freizeit)	-0,218	[-0,579;0,213]	0,317
KOOS (Lebensqualität)	0,145	[-0,265;0,511]	0,489

In 2 der angegebenen Scores (Lysholm und KOOS (Lebensqualität)) wurde eine positive Korrelation erreicht. Das heißt, dass bei steigendem BMI auch der jeweilige Score steigt. Bei den restlichen Scores, dem IKDC, Tegner und dem KOOS (bis auf Lebensqualität) wurde eine negative Korrelation gefunden. Dies bedeutet, dass bei steigendem BMI der jeweilige Score im Maße des Korrelationskoeffizienten sinkt. Da in allen Fällen das 95% Konfidenzintervall die 0 beinhaltet und das Signifikanzniveau niemals unter dem geforderten $p < 0.001$ liegt, erreichten die Ergebnisse somit keine Signifikanz. Exemplarisch sind der IKDC Score (subjektiver Teil) und der Tegner Aktivitäts-Index grafisch dargestellt (Abb. 40,41).

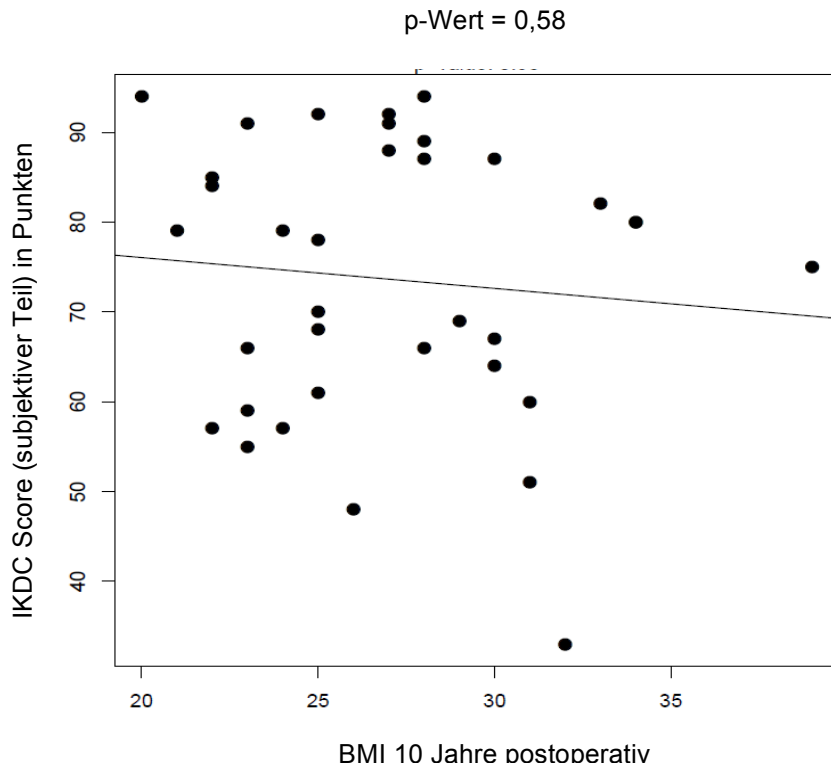


Abbildung 41: Korrelation zwischen dem BMI und dem IKDC Score (subjektiver Teil) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

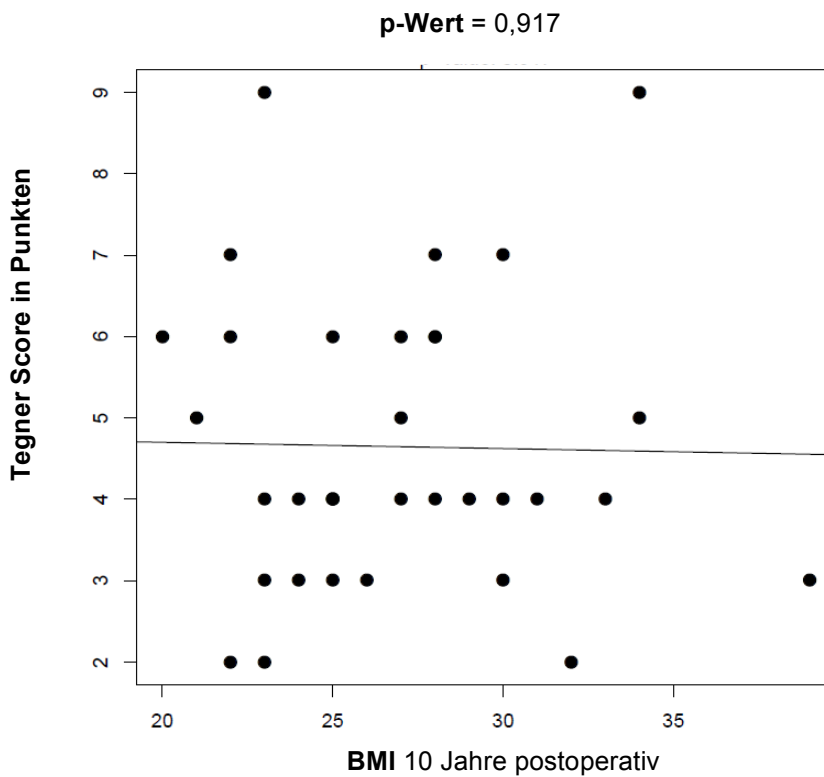


Abbildung 42: Korrelation zwischen dem BMI und dem Tegner Aktivitäts-Index 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Einfluss des Alters auf die klinischen Scores

Zur Beurteilung, ob das Patientenalter Einfluss auf die klinischen Scores nimmt, wurde ebenfalls mittels linearer Regression nach Korrelation der beiden Parameter (Patientenalter, klinische Score 10 Jahre postoperativ) gesucht (Tab. 10).

Tabelle 10: Korrelation zwischen dem Patientenalter und den Werten der klinische Scores 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Score	Korrelation	95% Konfidenzintervall	p-Wert
Lysholm Score	-0,107	[-0,425;0,235]	0,540
IKDC Score (subj. Teil)	-0,286	[-0,565;0,053]	0,096
Tegner Aktivitäts-Index	-0,103	[-0,426;0,244]	0,562
KOOS (Symptome)	-0,12	[-0,441;0,227]	0,498
KOOS (Schmerzen)	-0,206	[-0,509;0,142]	0,241
KOOS (Aktivitäten des täglichen Lebens)	-0,091	[-0,416;0,255]	0,610
KOOS (Sport und Freizeit)	-0,334	[-0,656;0,091]	0,120
KOOS (Lebensqualität)	-0,174	[-0,533;0,237]	0,406

Das Patientenalter steht mit allen angegebenen Scores in negativer Korrelation. Das heißt, dass mit steigendem Patientenalter der Wert der klinischen Scores sinkt. Da in allen Fällen das 95% Konfidenzintervall die 0 beinhaltet und das Signifikanzniveau niemals unter dem geforderten $p < 0.001$ liegt, erreichten die Ergebnisse keine Signifikanz. Exemplarisch ist die Korrelation mit dem Lysholm Score grafisch dargestellt (Abb. 42).

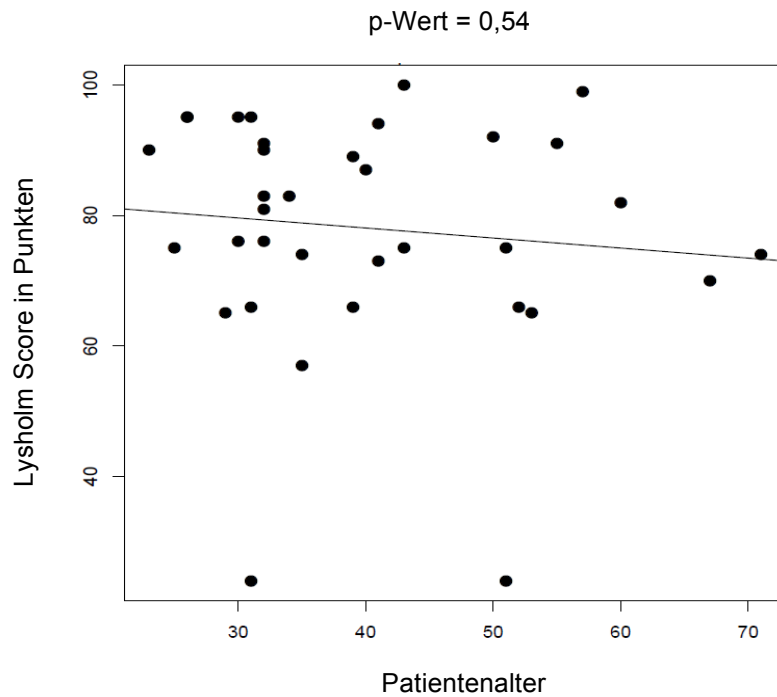


Abbildung 43: Korrelation zwischen dem Lysholm Score und dem Patientenalter 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

9.5.6. Fotografische Beinachsenvermessung

Zuerst werden die allgemeinen Werte der Beinachsenvermessung der Patienten dargestellt, anschließend erfolgt die Beurteilung der Beeinflussung der Achsabweichung hinsichtlich der klinischen Funktion des Kniegelenks. 12 Patienten hatten eine varische Beinachse von durchschnittlich 1,7 Grad (Min. 1, Max. 4, SD 1,1) bzw 14 Patienten eine valgische Beinachse von durchschnittlich 1,8 Grad (Min. 1, Max. 4, SD 0,9) (Tab. 11).

Tabelle 11: Fotografische Ganzbeinvermessung, Beinachsenabweichung in Grad 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Achsabweichung in Grad	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Gesamt	26	1,0	4	1,7	1,0
Varisch	12	1,0	4	1,7	1,1
Valgisch	14	1,0	4	1,8	0,9

Einfluss der Beinachse auf die klinische Funktion des Kniegelenks

Bei Patienten, die vor der Operation eine Beinachsenfehlstellung von über 1 Grad hatten, wurden diese mittels Umstellungsosteotomie (HTO) korrigiert. Die Patienten wurden in Gruppen gemäß ihrer Achsabweichung in Grad jeweils valgisch oder varisch unterteilt und mit den klinischen Scores verglichen. Es konnten statistisch keine signifikanten Unterschiede in den einzelnen Gruppen gefunden werden (Tab. 12).

Tabelle 12: Beeinflussung der klinischen Scores durch die Beinachsabweichung (varisch und valgisch) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Score	Lysholm	IKDC	Tegner	KOOS (Symp.)	KOOS (Schm.)	KOOS (A. d.t. L.)	KOOS (S& F)	KOOS (LQ)
Signifikanz (p) varisch	0,375	0,707	0,437	0,896	0,673	0,593	0,07	0,116
Signifikanz (p) valgisch	0,683	0,756	0,505	0,688	0,374	0,322	0,385	0,213

Exemplarisch ist der Lysholm Score grafisch dargestellt (Abb. 43,44). Die statistische und grafische Auswertung erfolgte mit den anderen klinischen Scores in gleicher Weise. Diese sind im Folgenden aber nicht grafisch dargestellt.

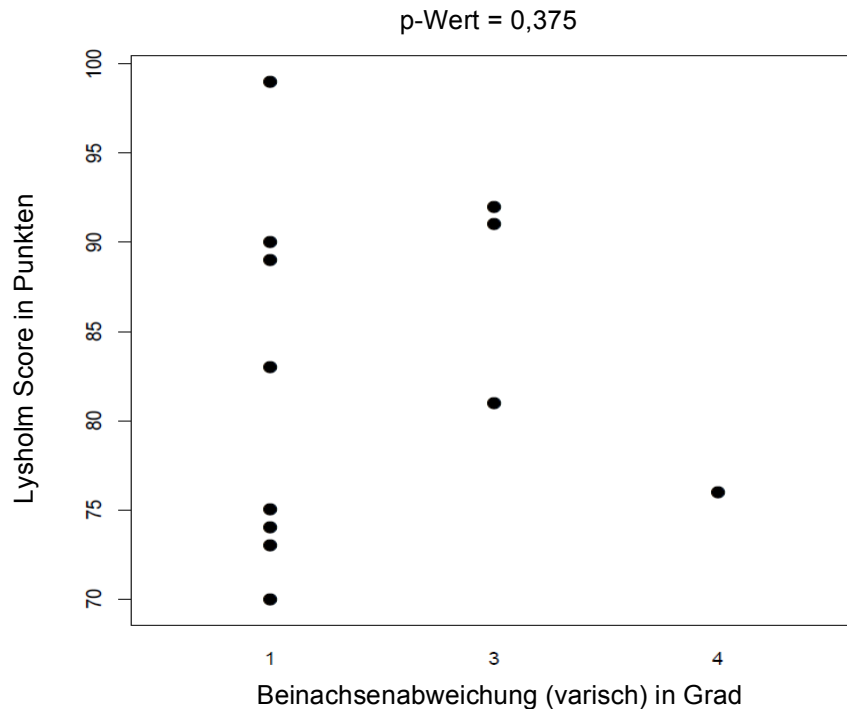


Abbildung 44: *Beeinflussung des Lysholm Scores durch eine varischen Beinachse 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv*

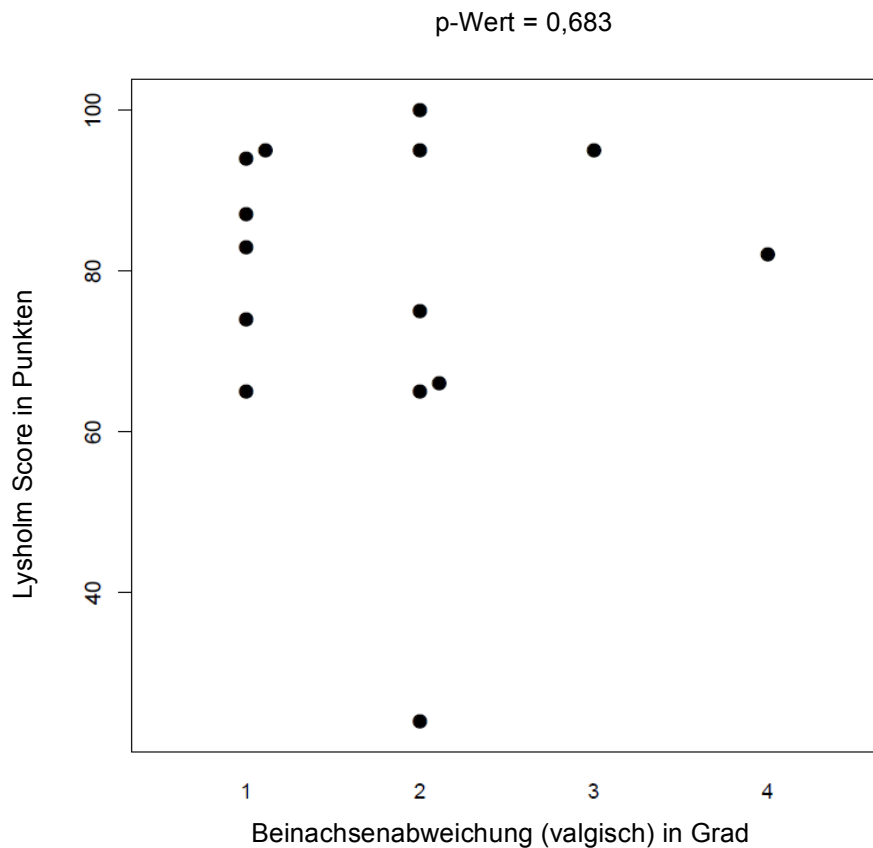


Abbildung 45: Beeinflussung des Lysholm Scores durch eine valgischen Beinachse 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

9.5.7. Fragen zur Lebenszufriedenheit

Um einen Einfluss der Mega-OATS-Operation auf die Lebenszufriedenheit zu erheben füllten die Patienten den Fragebogen „Fragen zur Lebenszufriedenheit“ aus. 22 Patienten erklärten sich dazu bereit.

Zuerst werden die totalen Werte der Wichtigkeit der einzelnen Bereiche für den „allgemeinen“ Teil (Tab. 13) und für den Aspekt der „Gesundheit“ erörtert. Anschließend wird aus beiden Teilbereichen die „gewichtete Zufriedenheit“ tabellarisch und grafisch dargestellt. Die gemessenen Werte liegen zwischen minimal -12 bis maximal 20 Punkten. Im Anschluss wird die subjektive Beurteilung des Gesundheitszustandes der Patienten aufgeführt. Die grafische Darstellung erfolgt gemäß dem Vorschlag der Autoren (Heinrich et al. 2000).

Allgemeiner Teil

Tabelle 13: Fragen zur Lebenszufriedenheit: Wichtigkeit / allgemeiner Teil 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Wichtigkeit/ Allgemein	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Freunde/ Bekannte	22	3	5	3,9	0,9
Freizeit/ Hobbies	22	2	5	3,5	0,9
Gesundheit	22	2	5	4,4	0,8
Einkommen	22	3	5	4,0	0,6
Beruf/ Arbeit	22	2	5	4,0	0,8
Wohnsituation	22	2	5	3,7	0,7
Familie/ Kinder	22	2	5	4,0	0,6
Partnerschaft/ Sexualität	22	3	5	4,1	0,7

Der Bereich Gesundheit wurde in der Bewertung der Wichtigkeit im allgemeinen Teil mit durchschnittlich 4,4 Punkten (Min. 2, Max. 5, SD 0,8) am höchsten bewertet.

Die Patienten erreichten im allgemeinen Teil des Fragebogens „Fragen zur Lebenszufriedenheit“ eine gewichtete Zufriedenheit von durchschnittlich 66,4 Punkten (Min. 29, Max. 160, SD 36,3) (Tab 14, Abb. 45).

Tabelle 14: Fragen zur Lebenszufriedenheit, gewichtete Zufriedenheit, „allgemeiner Teil“ 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Allgemein / gewichtete Zufriedenheit	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Freunde/ Bekannte	22	-4	20	7	8,4
Freizeit/ Hobbies	22	-12	20	5	7,6

Hobbies					
Gesundheit	22	1	20	9	4,7
Einkommen	22	2	20	9	5,1
Beruf/ Arbeit	22	1	20	9	5,8
Wohnsituation	22	2	20	9	5,6
Familie/ Kinder	22	-3	20	8	7,1
Partnerschaft/ Sexualität	22	-3	20	9	7,6
Summenwert	22	29	160	66,4	36,3

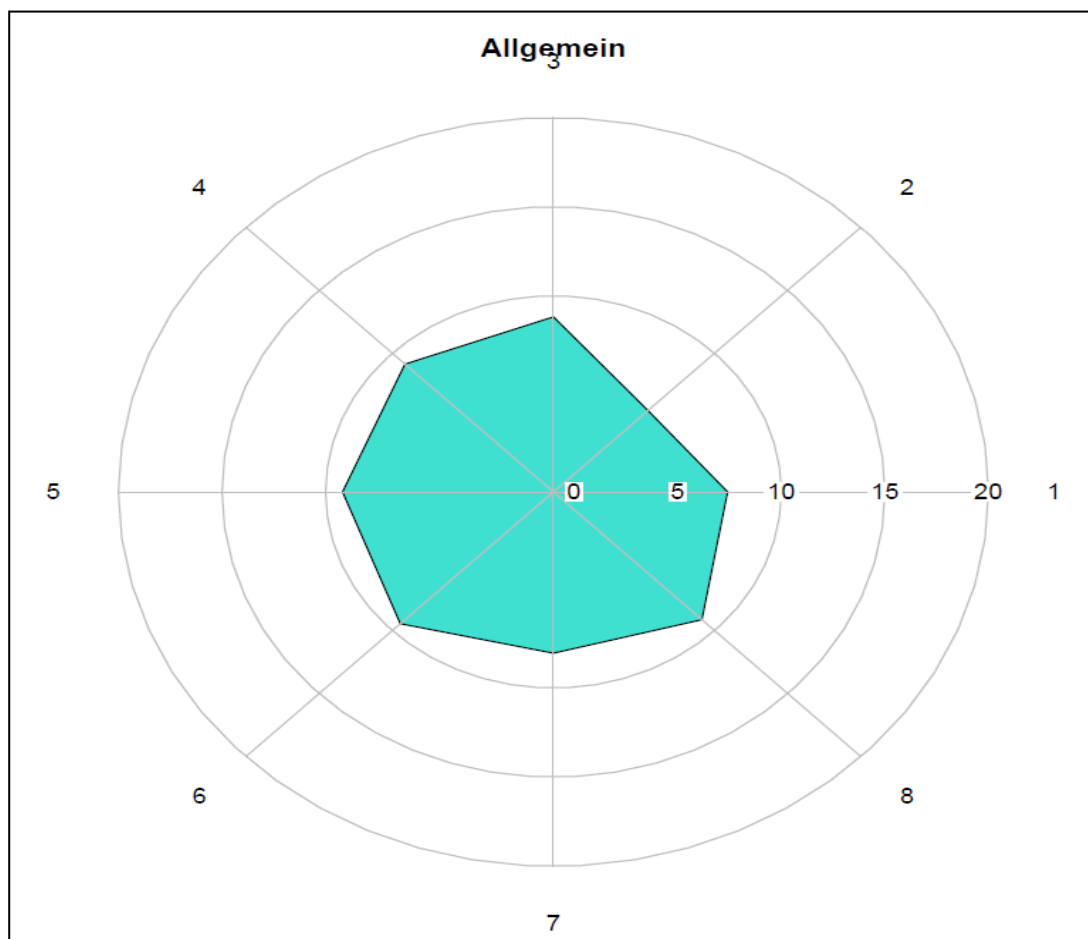


Abbildung 46: Fragen zur Lebenszufriedenheit, gewichtete Zufriedenheit (allgemeiner) Teil 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Der Abstand der Punkte zum Mittelpunkt stellt den gewichteten Wert der Zufriedenheit dar. Die dadurch aufgespannte Fläche steht für die Lebenszufriedenheit der Teilnehmer. (Gesundheit der Patienten: 1= Freunde/ Bekannte, 2= Freizeit und Hobbies, 3= Gesundheit, 4= Einkommen/ finanzielle Sicherheit, 5= Beruf/ Arbeit, 6= Wohnsituation, 7= Familie/ Kinder, 8= Partnerschaft/ Sexualität)

Teil „Gesundheit“

Tabelle 15: Fragen zur Lebenszufriedenheit, Wichtigkeit / Gesundheit 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Gesundheit /Wichtigkeit	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Körperliche Leistungsfähigkeit	22	3	5	4,2	0,6
Entspannungsfähigkeit/ Ausgeglichenheit	22	2	5	3,9	0,8
Energie/ Lebensfreude	22	3	5	4,2	0,7
Fortbewegungsfähigkeit	22	3	5	4,5	0,7
Seh- und Hörvermögen	22	3	5	4,2	0,8
Angstfreiheit	22	2	5	3,8	0,8
Beschwerde- und Schmerzfreiheit	22	2	5	4,2	0,9
Unabhängigkeit von Hilfe	22	2	5	4,6	0,8

Bei dem Aspekt „Gesundheit“ erreichten die Patienten einen durchschnittlichen Wert von 71 (Min. 37, Max. 160, SD 30,1) in der gewichteten Zufriedenheit (Tab. 18, Abb.53).

Tabelle 16: Fragen zur Lebenszufriedenheit, Gesundheit, gewichtete Zufriedenheit 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Gesundheit/ gewichtete Zufriedenheit	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Körperliche Leistungsfähigkeit	22	-3	20	7	7,3
Entspannungsfähigkeit/ Ausgeglichenheit	22	-3	20	7	7,3
Energie / Lebensfreude	22	-2	20	7	6,1
Fortbewegungsfähigkeit	22	3	20	11	5,0
Seh- und Hörvermögen	22	3	20	10	6,9
Angstfreiheit	22	2	20	8	6,1
Beschwerde- und Schmerzfreiheit	22	-12	20	6	6,5
Unabhängigkeit von Hilfe	22	2	20	15	6,2
Summenwert	22	37	160	71	30,1

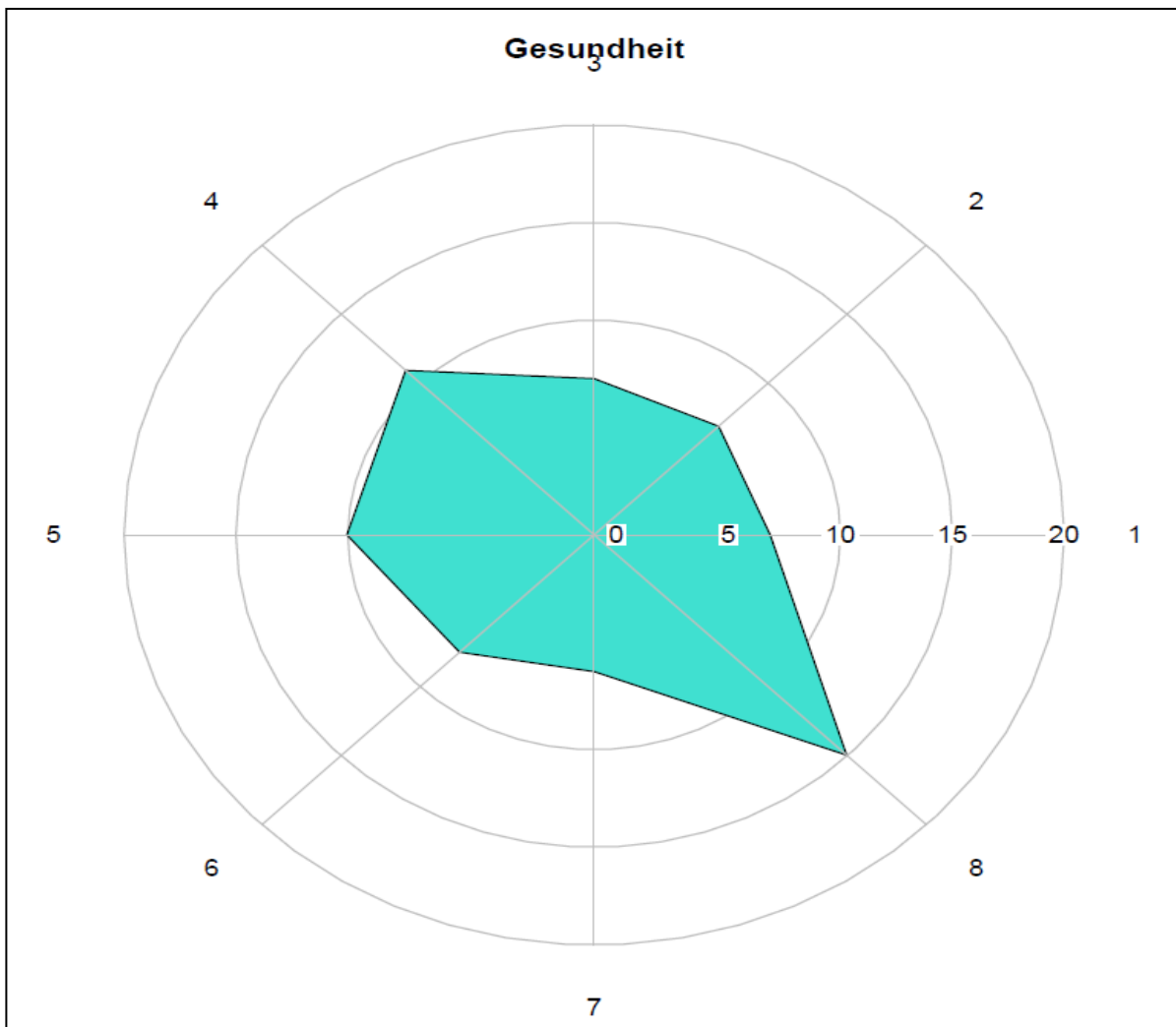


Abbildung 47: Fragen zu Lebenszufriedenheit, gewichtete Zufriedenheit des Aspektes der Gesundheit 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, der Abstand der Punkte zum Mittelpunkt stellt den gewichteten Wert der Zufriedenheit dar. Die dadurch aufgespannte Fläche steht für die Lebenszufriedenheit der Teilnehmer. (1= körperliche Leistungsfähigkeit, 2= Entspannungsfähigkeit, 3= Energie/ Lebensfreude, 4= Fortbewegungsfähigkeit, 5= Seh-/ Hörvermögen, 6= Angstfreiheit, 7= Beschwerde-/ Schmerzfreiheit, 8= Unabhängigkeit von Hilfe)

Beurteilung des Gesundheitszustandes

Im folgenden Fragebogen sind 12 Fragen zur subjektiven Beurteilung des Gesundheitszustandes gelistet (Tab. 17-23).

Tabelle 17: Fragen zur Gesundheit: Gesundheit im Allgemeinen 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = ausgezeichnet, 2 = sehr gut, 3 = gut, 4 = weniger gut, 5 = schlecht

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Gesundheitszustand im Allgemeinen	22	4	1	2,7	0,8

Tabelle 18: Fragen zur Gesundheit: Eingeschränktheit bei Tätigkeiten durch den Gesundheitszustand 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = sehr stark eingeschränkt, 2 = etwas eingeschränkt, 3 = nicht eingeschränkt

Eingeschränktheit bei Tätigkeiten, durch den Gesundheitszustand	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Mittelschwere Tätigkeit	22	3	1	2,8	0,5
Mehrere Treppenabsätze steigen	22	3	2	2,6	0,5

Tabelle 19: Fragen zur Gesundheit: Schwierigkeiten aufgrund körperlicher Gesundheit 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = ja, 2 = nein

Schwierigkeiten, aufgrund körperlicher Gesundheit	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Weniger geschafft als gewollt	22	2	1	1,8	0,4
Es waren nur bestimmte Dinge möglich	22	2	1	1,8	0,4

Tabelle 20: Fragen zur Gesundheit: Schwierigkeiten aufgrund von seelischen Problemen 10 Jahre bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = ja, 2 = nein

Schwierigkeiten, aufgrund von seelischen Problemen	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Weniger geschafft als gewollt	22	2	1	1,9	0,4
Nicht so sorgfältig wie normal	22	2	1	1,9	0,4

Tabelle 21: Fragen zur Gesundheit: Behinderung bei Tätigkeiten aufgrund von Schmerzen 10 Jahre bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = überhaupt nicht, 2 = ein bisschen, 3 = mäßig, 4 = ziemlich, 5 = sehr

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Behinderung bei Tätigkeiten aufgrund von Schmerzen	22	4	1	2	1,0

Tabelle 22: Fragen zur Gesundheit: Gefühlslage 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = immer, 2 = meistens, 3 = manchmal, 4 = selten, 5 = nie

Gefühlslage	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Ruhig und gelassen	22	5	1	2,5	0,9
Voller Energie	22	4	1	2,4	1,1
Entmutigt und traurig	22	6	2	4,7	1,1

Tabelle 23: Fragen zur Gesundheit: Beeinträchtigung der sozialen Kontakte durch körperliche oder seelische Gesundheit 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, 1 = immer, 2 = meistens, 3 = manchmal, 4 = selten, 5 = nie

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
--	---	---------	---------	------------	--------------------

Beeinträchtigung der sozialen Kontakte durch körperliche oder seelische Gesundheit	22	5	2	4,6	0,9
--	----	---	---	-----	-----

9.6. Ergebnisse der Kernspintomografie

Zuerst erfolgt die Auswertung des BLOKS, des MOCART Scores und des T2-Mappings, anschließend werden diese Ergebnisse in Korrelation untereinander und mit den klinischen Scores gesetzt.

9.6.1. BLOKS

Zur Auswertung des BLOKS wird ein Gesamtwert angegeben und anschließend die Ergebnisse der 9 Untergruppen dargestellt.

Gesamtergebnis

Das Gesamtergebnis des BLOKS liegt durchschnittlich bei 41,1 (Min.7, Max. 95, SD 23,6) Punkten.

1. Knochenmarkläsionen

Beurteilt werden die totale Größe der Knochenmarkläsionen, der Anteil an der Knorpeloberfläche und der Anteil gegenüber Zysten in den Bereichen Patella, Tibia, Trochlea und Femur von 0 - 27 Punkten. Die durchschnittliche Punktzahl im Bezug auf die Größe lag bei 3,0 (Min. 0, Max. 10, SD 2,6), im Bereich Anteil der Läsion zur Gelenkoberfläche 4,1 Punkte (Min. 0, Max. 18, SD 3,8) und im Bereich des Anteils der Knochenmarkläsionen gegenüber den Zysten 4,1 Punkte (Min. 0, Max. 15, SD 3,6) (Tab.24).

Tabelle 24: BLOKS, Knochenmarkläsionen 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Knochenmarkläsionen	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Größe	32	0	10	3,0	2,6
Anteil an Oberfläche	32	0	18	4,1	3,8
Anteil gegenüber Zysten	32	0	15	4,1	3,6

2. Knorpel

Score 1

Es wird die totale Größe des Knorpelschadens sowie der Anteil des kompletten Knorpelschadens angegeben in den Bereichen Patella, Trochlea, Tibia und Femur von 0 - 24 Punkten. Die durchschnittliche Größe des gesamten Knorpelschadens lag bei 7,4 Punkten (Min. 1, Max. 18, SD 4,8) und der Anteil des Knorpelschadens (komplette Tiefe) betrug 2,7 Punkte (Min. 0, Max. 10, SD 2,2) (Tab. 25).

Tabelle 25: BLOKS, Knorpelschaden, Score 1 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Knorpelschaden 1	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Größe	32	1	18	7,4	4,8
Anteil des kompletten Defekts	32	0	10	2,7	2,2

Score 2

Der zweite Score bezieht sich auf Schäden in den Bereichen Patella, Femur und Tibia von 0-12 Punkten. Die einzelnen Regionen der Gelenkkompartimente sind ebenfalls angeben von 0-2 Punkten. Die durchschnittliche Punktzahl des Scores gesamt lag bei 4,6 (Min. 0, Max. 11, SD 3,6). Es ist zu erkennen, dass der Knorpelschaden des medialen Kompartiments mit durchschnittlich 0,76 deutlich über dem des lateralen Kompartiments mit 0,34 lag (Tab. 26).

Tabelle 26: BLOKS, Knorpel, Score 2, 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Knorpelschaden 2	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Gesamt	32	0	11	4,6	3,6
Patella med.	32	0	2	0,7	0,8
Patella lat.	32	0	2	0,3	0,6
Patella mid.	32	0	2	0,6	0,8
Femur med.	32	0	2	0,9	0,7
Femur lat.	32	0	2	0,4	0,7
Tibia med.	32	0	2	0,7	0,8
Tibia lat.	32	0	2	0,6	0,8

3. Osteophyten

Die Punktzahl der Osteophyten lag durchschnittlich bei 7,3 (Min.0, Max. 21, SD 4,7).

4. Erguss

Der durchschnittliche Wert lag bei 0,4 Punkten (Min. 0, Max. 2, SD 0,6).

5. Synovitis

Der durchschnittliche Wert für Synovitis gesamt lag bei 1,6 Punkten (Min. 0, Max. 5, SD 1,4). In der Bewertung des Ausmaßes des infrapatellaren Ergusses lag der Mittelwert bei 0,7 Punkten (Min. 0, Max. 2, SD 0,8).

6. Meniskus

Tabelle 27: *BLOKS, Meniskus 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv*

Meniskus	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Extrusion	32	0	2	0,6	0,8
Degeneration	32	0	5	2,2	1,3
Riss allgemein	32	0	3	0,8	1,0
Vertikalriss	32	0	3	0,3	0,7
Horizontalriss	32	0	3	0,7	0,9
Komplexer Riss	32	0	3	0,3	0,8
Wurzelriss	32	0	2	0,1	0,4
Malzeration	32	0	4	0,7	1,1
Zystenanteil	32	0	1	0,2	0,4

7. Bandstrukturen

Tabelle 28: *BLOKS, Bandstrukturen 10 Jahre bei dem untersuchten Patientenkollektiv*

Bandstrukturen	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Riss HKB	32	0	0	0	0
Riss Patellarsehen	32	0	0	0	0
Zysten	32	0	2	0,09	0,3
Reparation	32	0	1	0,06	0,2

Im Bereich „Risse“ wurden durchschnittlich 0,25 Punkte (Min. 0, Max. 2, SD 0,5) erreicht, was bedeutet, dass bei 4 Patienten das vordere Kreuzband gerissen war. Im Bereich des hinteren Kreuzbandes und des Ligamentum patellae wurden bei keinem Patienten ein Riss gefunden. Im Bereich „Auftreten von Zysten“ lag der Mittelwert bei

0,09 Punkten (Min. 0, Max 1, SD 0,3). Somit wurde bei jeweils einem Patienten das Auftreten von Zysten im Bereich des vorderen und des hinteren Kreuzbandes festgestellt. Der Wert des Unterpunktes „Reparation“ lag im Mittel bei 0,06 Punkten (Min. 0, Max. 1, SD 0,2), was einem Reparationszustand des vorderen Kreuzbandes bei zwei Patienten entspricht (Tab. 28).

8. Periartikuläre Strukturen

Die Beurteilung der periartikulären Strukturen beinhaltet das Auftreten von Signalanhebungen in einem Intervall von 0-5 für die Strukturen „Pes anserinus“, „Tractus iliotibialis“, „popliteale Zyste“, „infrapatellare Bursa“, „praepatellare Bursa“ und das Auftreten von Ganglien im Intervall von 0-6 für die Strukturen „tibiofibular“, „Meniskus“, „Kreuzbänder“, „M. semimembranosus“, „M. semitendinosus“ und „andere“. Der durchschnittliche Wert für Signalanhebungen lag bei 0,5 Punkten (Min. 0, Max. 4, SD 0,9) und für Ganglien ebenfalls bei 0,5 Punkten (Min.0, Max. 2, SD 0,6).

9.6.2. MOCART Score

Tabelle 29: MOCART Score 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

MOCART Score	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Gesamt	32	0	12	5,7	3,7
Defektreparatur und Defektfüllung	32	0	4	1,4	1,6
Integration in perifokales Gewebe	32	0	2	0,5	0,7
Qualität des Ersatzgewebes	32	0	2	0,9	0,8
Struktur des Ersatzgewebes	32	0	1	0,7	0,5
Signal des Ersatzgewebes im MRT	32	0	1	0,6	0,5
Status der subchondralen Lamina	32	0	1	0,4	0,5
Status des subchondralen Knochens	32	0	2	1,2	0,8

Im Gesamtergebnis des MOCART Scores lag der Mittelwert bei 5,7 Punkten (Min. 0, Max. 12, SD 3,7). In der Betrachtung der einzelnen Untergruppen kommt folgendes Ergebnis zustande: Bei 14 (43,7 %) Patienten konnte eine komplette Defektreparatur und bei 5 eine inkomplette (über 50% der Höhe) gefunden werden. Eine Hypertrophie des Transplantats war bei 4 Patienten vorhanden und bei 7 Patienten war die partielle Freilegung des subchondralen Knochens zu sehen. Eine vollständige Integration des Transplantats in das perifokale Gewebe fand sich bei 18 Patienten (56%), bei den übrigen 14 Patienten konnten kleine Fissuren in der Grenzzone entdeckt werden. Bei 11 Patienten (34%) war die Qualität des Ersatzgewebes vollständig intakt, sowie die Struktur der Transplantatoberfläche

homogen und bei 21 Patienten (66%) war das Ersatzgewebe beschädigt, sowie die Transplantatoberfläche von inhomogener Struktur. Bei 12 Patienten (37,5%) glich die Signalintensität des Zylinders einem gesunden, hyalinen Gelenkknorpels und bei 20 Patienten (62,5%) war eine abnorme Signalintensität zu beobachten. 19 Patienten (59,4%) zeigten im Bereich der subchondralen Lamina eine intakte signalarme Linie, wobei bei 13 Patienten (40,6%) Schäden und verstärkte Signalanreicherungen zu finden waren. Bei 7 Patienten war der subchondrale Knochen vollständig intakt, bei 13 traten Ödeme auf und bei 12 Patienten konnte das Auftreten von Ödemen und Zysten im subchondralen Knochen diagnostiziert werden (Tab. 29).

9.6.3. T2-Mapping

Im operierten Kniegelenk wurde in insgesamt 11 verschiedenen Regionen (ROI = Region of Interest) die T2-Zeit gemessen. Pro Region wurden meistens 4 verschiedene ROIs gemessen und daraus der Mittelwert berechnet. Die Regionen und die dazugehörigen T2-Werte sind in folgender Tabelle aufgelistet (Tab. 32). Die Bereiche Patella, Trochlea, Weight-Bearing, posteriorer Femurkondylus und Tibia wurden auf der Seite des Mega-OATS-Zylinders und auf der Seite ohne Zylinder (entweder medial oder lateral) innerhalb des Kniegelenks vermessen. Zusätzlich wurde die T2-Zeit des Knorpels im Bereich des Mega-OATS-Zylinders und des perifokalen Knorpels gemessen (Abb. 47, 48).

Der durchschnittliche T2-Wert für das gesamte Kniegelenk lag bei 38,1 ms (Min. 33,0, Max. 60,6, SD 3,4). Alle ermittelten Werte lagen zwischen mindestens 21,3 (Tibia) und höchstens 60,6 ms (Trochlea). Der höchste durchschnittliche Wert lag im Bereich der Trochlea mit 46,2 ms (Min. 38,2, Max. 60,6, SD 5,8) auf der Seite des transplantierten Zylinders und mit 44,0 ms (Min. 33,8, Max. 52,0, SD 4,7) an der kontralateralen Seite. Der niedrigste Wert ergab sich im Bereich der kontralateralen Tibia mit durchschnittlich 30,5 ms (Min. 22,5, Max. 43,3, SD 6,0). Der Knorpel des Mega-OATS-Zylinders (gesamt) lag bei 40,1 ms (Min. 29,7, Max. 46,8, SD 4,6) bzw. bei 40,7 ms (Min. 29,7, Max. 48,7, SD 4,1) bei ausschließlich medial transplantierten Zylindern. Das perifokale Gewebe lag bei 37,7 ms (Min. 27,3, Max. 48,5, SD 6,1). Im belastungstragenden Bereich der Femurkondylen waren die Werte 37,3 ms (Min. 27,9, Max. 45,3, SD 4,6) lateral und 39,7 ms (Min. 29,7, Max. 48,7, SD 4,6) medial. Die posterioren Anteile des Femurkondylus waren 40,3 ms (Min. 31,3, Max. 52,6, SD

5,5). Der Wert für Patella lag im Mittel bei 34,5 ms (Min. 27,2, Max. 44,4, SD 4,8). Rechnet man in das Gesamtergebnis den Wert des betroffenen Kompartiments nicht mit ein, so hat dieses einen durchschnittlichen Wert von 37,7 ms (Min. 21,3, Max. 48,6, SD 3,9).

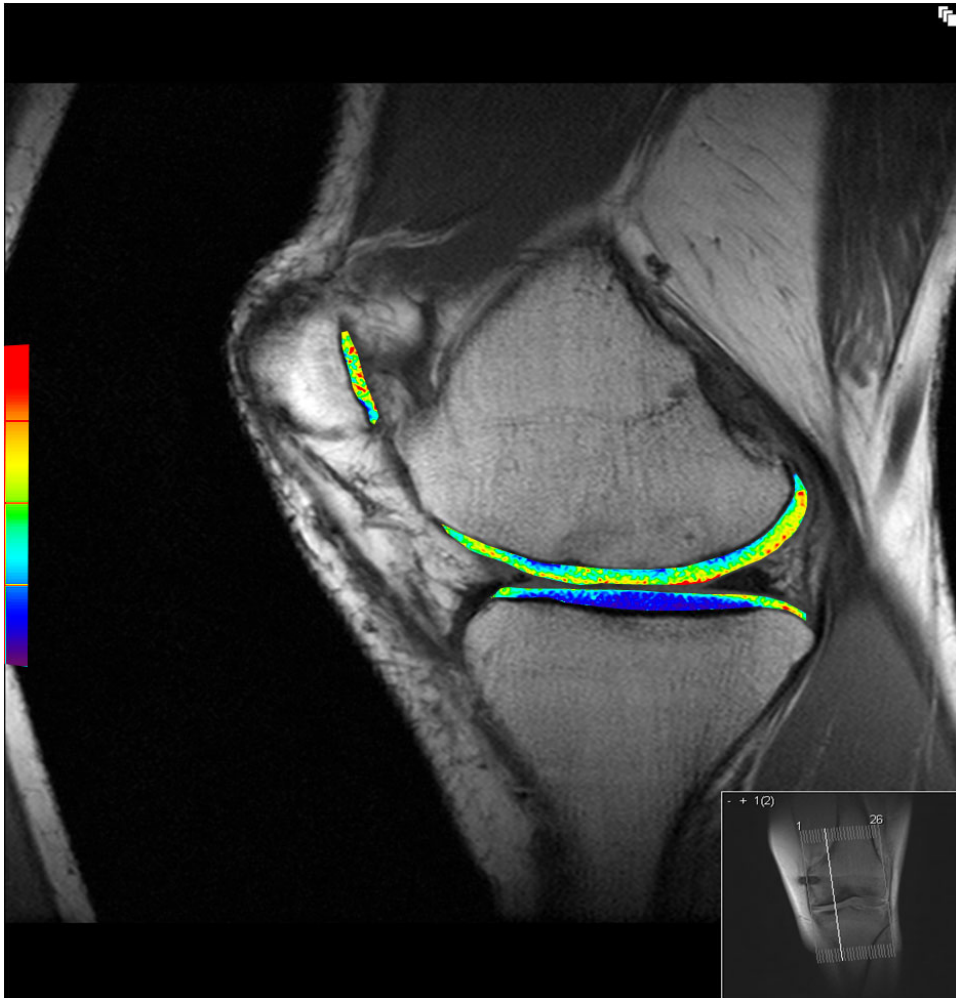


Abbildung 48: Farbkodierte T2-Maps Pat. Nr. 36 10 Jahre postoperativ. Entsprechend der Skala stellt sich eine T2-Zeit von 0 ms lila, von 50 ms gelb und von 100 ms rot dar.

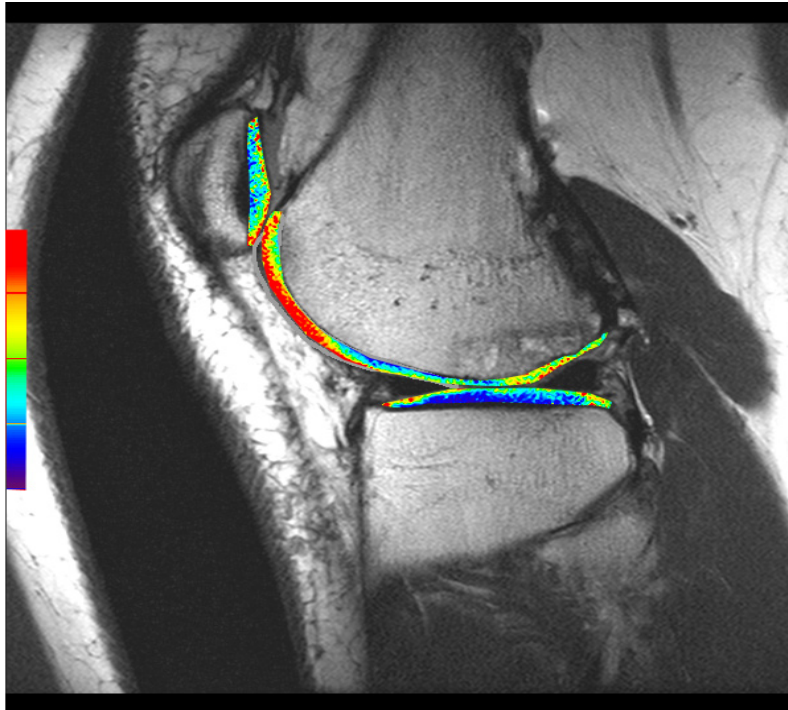


Abbildung 49: *Farbkodierte T2-Maps Pat. Nr. 29 10 Jahre postoperativ. Entsprechend der Skala stellt sich eine T2-Zeit von 0 ms lila, von 50 ms gelb und von 100 ms rot dar.*

Tabelle 30: T2-Mapping, angegeben sind die T2-Werte in ms in den untersuchten ROIs 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Region der gemessenen T2 Zeit	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Patella	32	28,2	46,1	35,3	5,1
Trochlea	32	33,8	52,0	44,0	4,7
Weight-Bearing	32	27,9	45,8	37,2	4,7
Posteriorer Femurkondylus	32	31,7	52,6	40,6	4,8
Tibia	32	22,5	43,3	30,7	6,0
Patella (Zylinder)	32	27,2	44,4	33,8	4,6
Trochlea (Zylinder)	32	38,2	60,6	46,2	5,8
Perifokaler Knorpel (Zylinder)	32	27,3	48,5	37,7	6,1
Posteriorer Femurkondyl (Zylinder)	32	31,3	50,7	40,0	6,4
Tibia (Zylinder)	32	21,3	39,8	30,3	4,8
Mega-OATS-Zylinder	32	29,7	46,8	40,1	4,6
Mega-OATS-Zylinder (medial)	32	29,7	48,7	40,7	4,1
Gesamt ohne Zylinder	32	21,3	60,6	37,5	7,3
Medialer Femurkondylus	32	29,7	48,7	39,7	4,6
Gesamt ohne betroffenes Kompartiment	32	21,3	48,6	37,7	3,9
Gesamt	32	21,3	60,6	38,1	3,4

Lateraler Femurkondylus	32	27,9	45,3	37,3	4,6
-------------------------	----	------	------	------	-----

9.6.4. Zusammenhang zwischen kernspintomografischen und klinischen Ergebnissen

Um zu testen, ob es einen statistischen Zusammenhang zwischen den klinischen Ergebnissen und den Auswertungen der kernspintomografischen Daten gibt, wurden diese in Korrelation gebracht. Zusätzlich wurden Einflüsse, die das Ergebnis verfälschen könnten in den Auswertungen adjustiert. Dazu wurden das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation, der BMI und das Geschlecht gezählt. Bei genauerer Betrachtung der T2-Werte fanden sich Unterschiede zwischen Patienten, bei denen das Transplantat auf dem medialen Femurkondylus lokalisiert ist zu Patienten mit Transplantatlokalisierung auf der lateralen Seite. Um bei der Korrelation diesen Störfaktor zu minimieren wurden diese beiden Gruppen separat in der Korrelationsanalyse untersucht. Zunächst wird die Patientengruppe besprochen, bei denen das Transplantat auf dem medialen Femurkondylus ist. Dies war bei 24 Patienten (75 % der MRTs) der Fall. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gesamtergebnis des BLOKS Scores und den klinischen Scores gefunden werden (Lysholm $p = 0,860$, IKDC $p = 0,656$). In den Untergruppen des Blocks Scores fanden sich vereinzelt negative Korrelationen zu den klinischen Ergebnissen, die ein statistisch signifikantes Niveau erreichten (Lysholm: $p = 0,025$ für Meniskus „Root Tear“, $0,021$ für Meniskus „malceration“, $p = 0,013$ für perartikuläres Gewebe „Signalanreicherung“, IKDC: $p = 0,020$ für Meniskus „malceration“, $p = 0,026$ für perartikuläres Gewebe „Signalanreicherung“). Eine weitere signifikante negative Korrelation konnte zwischen dem IKDC Score und dem T2-Index (Zylinder/ perifokales Gewebe) beobachtet werden ($p = 0,045$). In positiver Korrelation standen die beiden kernspintomografischen Scores BLOKS und MOCART Score zu einander ($p = 0,028$). In der Betrachtung der Patientengruppe mit Transplantatlokalisierung auf dem lateralen Femurkondylus konnten keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden.

Zur Komplettierung der Ergebnisse wurde im folgendem das gesamte Patientenkollektiv betrachtet. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen

den klinischen Scores und dem T2-Mapping hinsichtlich des gesamten bzw. der regionenspezifischen T2-Zeiten gefunden werden (Lysholm $p = 0,6$, IKDC $0,7$ für die T2-Zeit des gesamten Kniegelenks). Eine signifikante negative Korrelation bestand zwischen dem T2-Index (Mega-OATS-Zylinder / MFC) und dem Lysholm Score. In Korrelation der klinischen Score mit den Ergebnissen des BLOKS bestand kein signifikanter Zusammenhang (Lysholm $p = 0,6$, IKDC $p = 0,7$). Hochsignifikant korrelierte hingegen ein steigender BMI mit sowohl dem Gesamtergebnis ($p = 0,003$) als auch mit 5 von 8 Teilergebnissen des MOCART Scores. Es konnte eine positive Korrelation des BLOKS und des MOCART Scores gefunden werden. Diese verfehlte knapp das Signifikanzniveau ($p = 0,09$). Die Untergruppen des BLOKS korrelierten in der Mehrzahl mit dem Gesamtwert des BLOKS. Exemplarisch sind einige Korrelationen grafisch dargestellt (Tab. 31, 32, Abb. 49, 50).

Tabelle 31: Korrelation des Lysholm Scores und dem BLOKS 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Variable	mit Variable	Korrelation	95% KI unten	95% KI oben
BLOKS	Lysholm Score	-0,0143	-0,3668	0,3418

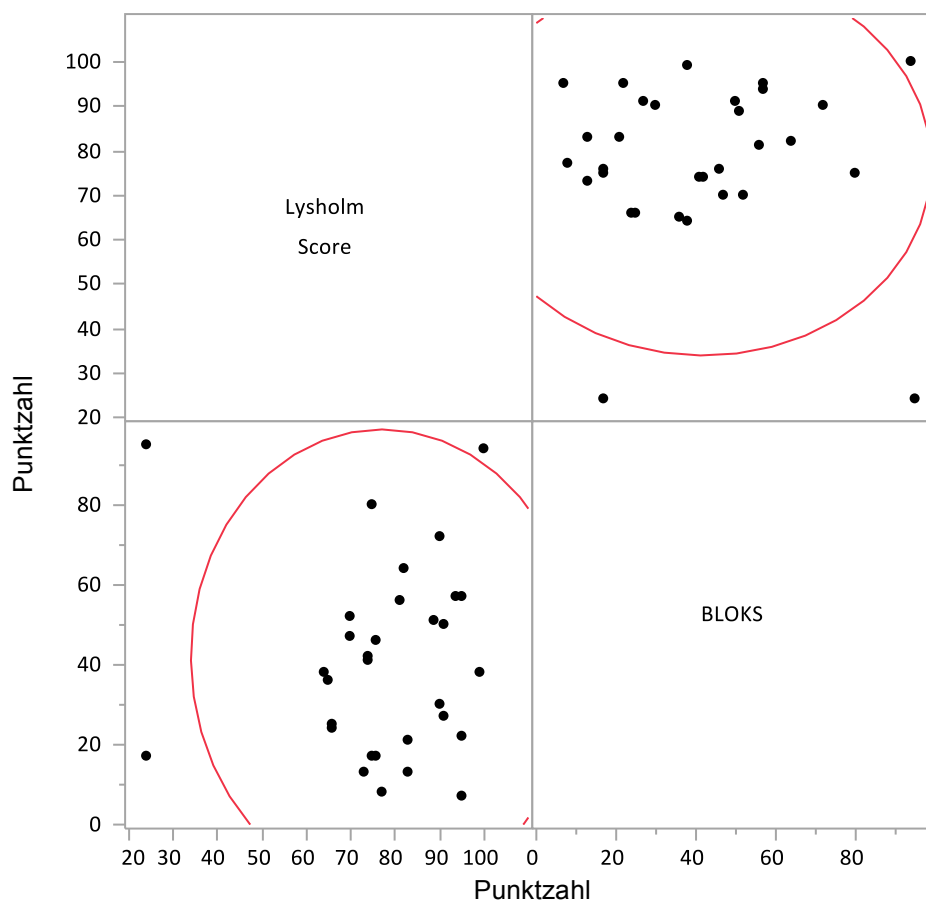


Abbildung 50: Korrelation des Lysholm Scores und dem BLOKS 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv, es besteht eine negative Korrelation (-0,0143) zwischen den beiden Parametern, diese ist mit einem die „0“ einschließendem 95% Konfidenzintervall statistisch nicht signifikant.

Tabelle 32: Korrelation des BMI und des MOCART-Score 10 Jahre bei dem untersuchten Patientenkollektiv

Variable	mit Variable	Korrelation	95% KI unten	95% KI oben
BMI	MOCART	0,5201	0,1966	0,7414

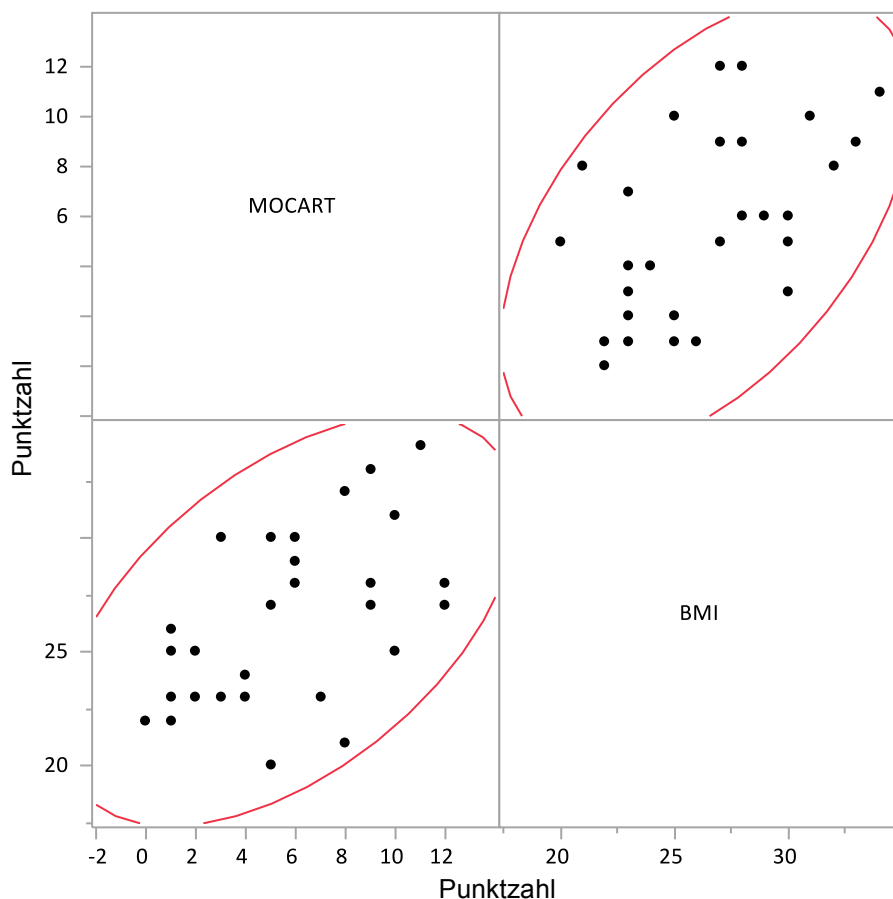


Abbildung 51: Korrelation des BMI und des MOCART-Scores 10 Jahre bei dem untersuchten Patientenkollektiv, es besteht eine positive Korrelation (0,5201) zwischen den beiden Parametern, diese ist mit einem die „0“ ausschließendem 95% Konfidenzintervall statistisch signifikant.

9.7. Kaplan-Meier Überlebenskurve

Im Zeitraum von durchschnittlich 10 Jahren war die Mega-OATS-Operation in 3 Fällen nicht erfolgreich. Diese Patienten wurden aufgrund des Versagens des Transplantats mit der Implantation einer Teil-, bzw. Vollprothese versorgt (Abb. 51).

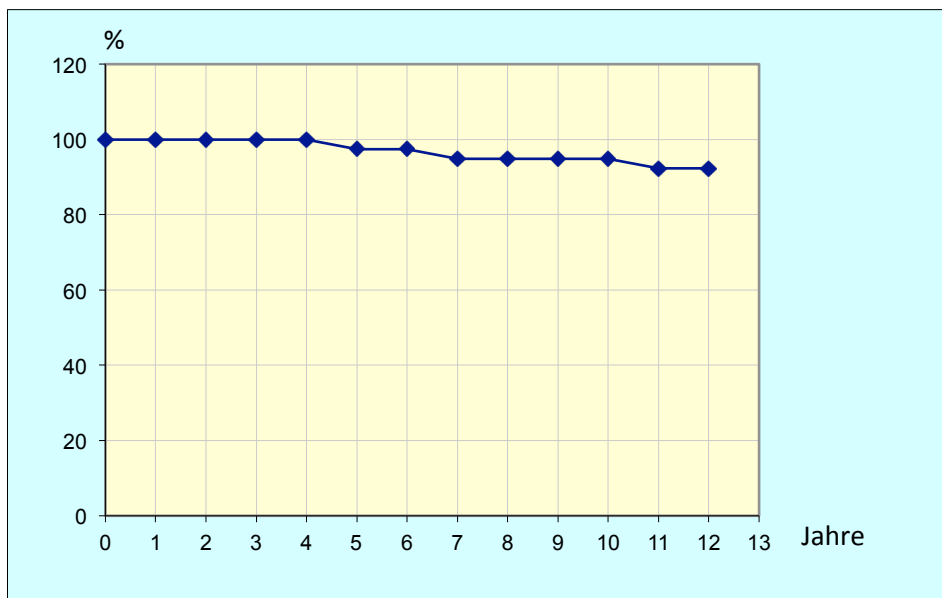


Abbildung 52: Kaplan-Meier Überlebenskurve 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv

10. Diskussion

Für die Therapie von ausgedehnten osteochondralen Läsionen in der Hauptbelastungszone des Femurkondylus steht bisher kein einheitlicher Behandlungsplan zur Verfügung. Knorpelchirurgische Techniken, wie die Mikrofrakturierung (Steadman et al. 2003) und die Autologe Chondrozyten-Transplantation (Brittberg et al. 1994), finden in der Behandlung von isolierten, fokalen Knorpeldefekten Anwendung, sind aber für die Therapie eines kombinierten osteochondralen Defekts ungeeignet. Für die Therapie osteochondraler Läsionen stehen weitere Ansätze zur Verfügung. Die Mosaiktechnik beruht auf der Transplantation von mehreren osteochondralen Zylindern, die aus weniger belasteten Bereichen des Kniegelenks entnommen werden. In Studien wurden bisher gute Langzeitergebnisse beschrieben (Ovesen et al. 2011, Hangody et al. 2001, Hangody et al. 2010). Limitationen dieser Technik sind die iatrogen entstehende Entnahme-Morbidität, sowie eine gute Erfolgsaussicht nur bei kleinen bis mittelgroßen Defekten (Hangody et al. 2003). Die Implantation einer unikompartimentellen Kniegelenksendoprothese stellt ein radikaleres Verfahren dar, welches meist bei fortgeschrittener Arthrose und älterem Patientengut Anwendung findet (Rahul et al. 2001). Ein neuerer Ansatzpunkt sind sogenannte „Sandwichtechniken“, welche die autologe Transplantation von Chondrozyten mit einer unterfütternden Spongiosaplastik (Knochen aus Tibia, Beckenkamm oder distalem Femur) kombiniert. In diesem Gebiet sind bisher erst wenige Patientenzahlen und Ergebnisse beschrieben, Langzeitergebnisse fehlen (Basad et al. 2007, Könst et al. 2012, Peterson et al. 2003, Bartlett et al. 2005).

In der vorliegenden Studie wurden die klinischen und kernspintomografischen 10-Jahres-Ergebnisse bei 39 Patienten mit ausgedehnten osteochondralen Defekten, vorwiegend am medialen Femurkondylus nach Mega-OATS-Operation evaluiert. Die Patienten erzielten eine signifikante Verbesserung in den klinischen Scores und erreichten vorwiegend „gute“ bis „sehr gute“ Ergebnisse. Nach kernspintomografischer Kontrolle war der transplantierte Zylinder in jedem Fall gut in die umliegende osteochondrale Defektzone integriert, wobei bei fast allen Patienten arthrotische Veränderungen zu beobachten waren. Die Erfolgsquote der Operation

lag bei über 90 Prozent. Dies bestätigt auch die Ergebnisse der mittelfristigen Untersuchung dieser Operationsmethode (Braun et al. 2008).

Das Patientenkollektiv, welches im eingeschlossenen Zeitraum von Juli 1999 (Beginn der Mega-OATS-Operation) bis Dezember 2004 operiert wurde, wurde so gewählt, dass ein möglichst langer Nachuntersuchungszeitraum beurteilt werden kann. In diesem Zeitraum wurden 62 Patienten operiert, welche in die retrospektive Kohortenstudie einbezogen wurden. 17 Patienten konnten nicht kontaktiert werden, woraus sich eine Wiederfindungsrate von 71 Prozent ergibt. Dieser Prozentsatz ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass die Operation nur im Klinikum Rechts der Isar Anwendung findet und sich das Patientengut aus allen Teilen der Welt zusammensetzt und daher nicht kontaktiert werden konnte. Von den 45 erreichten Patienten erklärten sich 39 bereit an der Studie teilzunehmen. Das Patientengut beinhaltete 9 weibliche und 30 männliche Patienten.

Subjektive Angaben der Patienten

Im Rahmen der Langzeitanalyse dieser Operation waren 23 (59%) Patienten sehr zufrieden mit dem Operationsergebnis. 13 Patienten waren wegen anhaltender leichter Beschwerden, wie ein gering eingeschränktes Bewegungsausmaß, vor allem in Flexion, und zeitweisen Auftreten von Schmerzen nur teilweise zufrieden. 3 Patienten waren mit dem Operationsergebnis nicht zufrieden. Diese Patienten klagten über bestehende Schmerzsymptomatik und die Einschränkung der alltäglichen und sportlichen Aktivitäten aufgrund der Beschwerden im Kniegelenk. Aufgrund der Anamnese scheint bei diesen Patienten die Symptomatik arthrotischer Veränderungen des Gelenks im Vordergrund zu stehen. Jedoch wurde bei keinem dieser Patienten aufgrund klinischer oder radiologischer Befunde die Indikation zur weiteren Therapie gestellt. 17 Patienten würden sich jederzeit bei gleicher Ausgangssituation erneut dieser Operationsmethode unterziehen. 20 Patienten würden nur bedingt diese Operationsmethode erneut wählen und 1 Patient lehnte die Mega-OATS-Operation bei gleicher Ausgangssituation ab. 1 Patient, welcher mit dem operativen Ergebnis zufrieden war, stellte sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung mit akuter Bewegungsblockade im Kniegelenk wegen eines freien Gelenkkörpers vor und wurde anschließend mit einer unikondylären Schlittenprothese versorgt. In der

Befragung nach dem Gefühl der subjektiven Instabilität, verneinten 20 Patienten eine solches in jeglicher Hinsicht. 12 Patienten berichteten über ein geringes Instabilitätsgefühl bei starker körperlicher Belastung und 5 Patienten litten schon bei leichter Beanspruchung unter einem subjektiven Instabilitätsgefühl. 10 Patienten gaben an, nie an einer Schmerzsymptomatik zu leiden, wobei über die Hälfte das gelegentliche Auftreten von leichten Schmerzen im Kniegelenk berichteten. Die regelmäßige Einnahme von Schmerzmedikamenten wurde von 32 Patienten (89%) verneint.

Klinische Scores

Der Lysholm Score verbesserte sich signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ 59,2 Punkten auf 77,3 Punkte zum 10 Jahre postoperativ. Bei einer Gruppe von 11 Patienten, die sowohl an der mittelfristigen Nachuntersuchung von Dr. med. P. Minzlaff und an der jetzigen Nachuntersuchung teilnahm, kann eine Aussage zu 3 Zeitpunkten gemacht werden. Der Ausgangswert des Lysholm Scores lag bei dieser Gruppe bei 58,4 Punkten, der 5,5 Jahres-Wert bei 80,5 und der 10 Jahres-Wert bei 74,4 Punkten. Bei dem etwas niedrigeren aktuellen Wert im Vergleich zum mittelfristigen Ergebnis ist zu beachten, dass es sich bei dieser Patientengruppe um den längsten Nachuntersuchungszeitraum handelt, der für Mega-OATS-Patienten jemals gemessen wurde (über 12 Jahre). Somit ist eine deutliche Verbesserung des Lysholm Scores im Langzeitverlauf zu beobachten. In der Bewertung des IKDC „subjektiver Teil“ konnten ebenfalls die Werte der mittelfristigen Nachuntersuchung miteinbezogen werden, präoperative Werte liegen aber nicht vor. Der Punktwert lag nach 5,5 Jahren bei 75,1 und verringerte sich bis zur aktuellen Untersuchung auf 68,5 Punkte. Da kein präoperativer Wert vorhanden war, kann das Ausmaß der Verbesserung im Vergleich zum Zeitpunkt vor der OP nicht eindeutig beschrieben werden. Es besteht aber eine statistisch signifikante positive Korrelation zwischen IKDC und Lysholm Score, was einen Hinweis auf den Verlauf des IKDC „subjektiver Teil“ geben kann. Der Wert des IKDC „subjektiver Teil“ lag im Gesamtkollektiv bei durchschnittlich 73 Punkten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen. Bei der klinischen Untersuchung im Rahmen des IKDC „objektiver Teil“ konnte bei 31 Patienten (80 %) eine „gute“ bis „sehr gute“ Kniefunktion festgestellt werden. Lediglich bei 3 Patienten war eine „ausreichende“ bis „schlechte“ Kniefunktion vorhanden. Für die Begutachtung dieses Scores war meist das Flexionsdefizit

ausschlaggebend im Sinne einer drastischen Verschlechterung, was folglich den Gesamtgruppengrad bestimmt. Im Vergleich der maximal möglichen sportlichen Betätigung, präoperativ zum jetzigen Zeitpunkt, konnte kein Unterschied ($p = 0,708$) festgestellt werden. Dieser lag im Durchschnitt bei 4 Punkten, was Freizeitsport wie Radfahren oder Joggen auf unebenem Untergrund entspricht (Tegner 1985). In der Bewertung des KOOS sind die einzelnen Kategorien und der jeweils erreichte Punktwert zu beurteilen. In der Kategorie „Pain“ wurden durchschnittlich 81,2 Punkte, in „Symptoms“ 76,5, in „Activity of Daily Life“ 88,8, in „Function, sports and recreational activities“ 65,2 und in der Kategorie „Quality of Life“ im Mittel 59,5 Punkte erreicht. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den Ergebnissen der Langzeitauswertung nach Autologer Chondrozyten-Transplantation so ergeben sich ähnliche Graduierungen in den einzelnen Subskalen (Peterson et al. 2010). Jedoch sind die absoluten Werte in der vorliegenden Studie höher. Hieraus ist zu erkennen, dass die Patienten eher unter weniger Schmerzen, sowie symptomatischen Kniegelenksbeschwerden leiden. Die Alltagsaktivität ist ebenso wenig eingeschränkt. Die Lebensqualität und die sportliche Aktivität erreichten niedrigere Werte, was in der Literatur bei der Beurteilung des KOOS nach knorpelchirurgischer Therapie bekannt ist (Cole et al. 2012, Pestka et al. 2012).

Der Vergleich mit weiteren Therapiemaßnahmen bei ausgedehnten osteochondralen Defekten muss differenziert begutachtet werden, da dies die einzige Studie nach Mega-OATS im Langzeitverlauf darstellt. 2001 erreichten Laprell et al. (Laprell et al. 2001) mittels „Diamond Bone Cutting System“ bei der Mehrzahl der Patienten eine „normale“ bis „fast normale“ Funktion des Kniegelenks nach durchschnittlich 8,1 Jahren. Als Spenderbereich der osteochondralen Zylinder wurde ebenfalls der ipsilaterale posteriore Femurkondylus verwendet, wobei die Transplantatgröße mit 1,1 bis 2,4 cm² deutlich geringer war als in unserem Kollektiv. 14 % der Patienten konnten als Zeichen der Entnahme-Morbidität nicht in die tiefe Hocke gehen. Peterson et al. (Peterson et al. 2003) untersuchte 2003 mittelfristige Ergebnisse bei 58 Patienten nach ACT bei einer Defektgröße von durchschnittlich 5,7 cm² und kombinierte diese in 7 Fällen mit einer unterfütternden Spongiosaplastik. Dabei verbesserten sich im Gesamten die klinischen Scores (Lyshom, Tegner, Brittberg-Peterson VAS) signifikant, wobei die 7 Patienten nicht explizit beschrieben wurden. Könst et al. (Köst et al. 2012) kombinierte die ACI mittels Chondrozytensuspension in Fibrin-Gel mit einer Knochenspanentnahme aus dem ipsilateralen distalen Femur für die Deckung einer durchschnittlichen Defektgröße von 7,1 cm². Die

Entnahmestelle wurde mit allogenen Knochenmaterial aufgefüllt. Es konnten in einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 9 Monaten gute klinische Ergebnisse mittels IKDC und KOOS Score evaluiert werden. 1 Patient musste aufgrund bestehender Beschwerden eine Therapie mittels unikompartimenteller Kniegelenksendoprothese zugeführt werden. In ähnlicher Technik beschrieben Bartlett et al. (Bartlett et al. 2005) vergleichbare klinische Ergebnisse mit Kombination aus matrixassoziierter ACI und Spongiosaplastik in einer 1-Jahres-Analyse bei 5 Patienten. Ebenfalls kombinierten Basad et al. (Basad et al. 2007) in „Sandwichtechnik“ die MACI mit einer Spongiosaplastik und erreichten nach durchschnittlich 2 Jahren bei 12 Patienten eine signifikante Verbesserung des Lysholm und des Tegner Scores. 2007 erreichten Ochs et al. (Ochs et al. 2007) gute klinische Ergebnisse (IKDC 69, Tegner 4) in einem Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 16 Monaten bei einem Kollektiv von 22 Patienten. Als Spenderbereich wurden Knochenzylinder einer durchschnittlichen Größe von 4,8 cm² je nach Anzahl aus dem ipsilateralen Femurkondylus bzw. dem Beckenkamm entnommen. Steinhagen et al. (Steinhagen, Bruns 2010) veröffentlichten 2010 Ergebnisse nach „Sandwichtechnik“ von 21 Patienten mit ausgedehnten osteochondralen Läsionen des Femurkondylus, welche in einer prospektiven Studie kontinuierlich nach 3, 6, 12 und 36 Monaten nachuntersucht wurden. Als Spenderbereich diente der ipsilaterale Tibiakopf mit einer durchschnittlichen Zylinderanzahl von 2,1 und einer mittleren Größe von 6,6 cm², welche durch wassergekühlte „diamond bone cutter“ gewonnen wurden. Der mediane Lysholm Score verbesserte sich von präoperativ 64 Punkte auf 79 Punkte nach 6 Monaten und zu 87 Punkten nach einem Jahr. Im Intervall konnte kein weiterer Anstieg beobachtet werden. Beschrieben wurde zudem ein Rückgang der Scoreverbesserung ab einer durchschnittlichen Defektgröße von 6 cm². Eine weitere Studie zur „Sandwichtechnik“ veröffentlichten Petri et al. (Petri et al. 2013), in welcher unter Verwendung einer „bilayer collagen membrane“ nach durchschnittlich 2 Jahren eine signifikante Verbesserung des IKDC (81 Punkte) und des Lysholm Scores (85 Punkte) erreicht werden konnte. Die Defektgröße lag mit durchschnittlich 2,9 cm² bei einem Patientenkollektiv von 7 deutlich unter unserer durchschnittlichen Defektgröße. Karataglis et al. (Karataglis et al. 2005) beschrieben 2005 die Ergebnisse von 5 Patienten nach Mega-OATS-Operation, wobei die osteochondralen Zylinder Allografts waren. Die durchschnittliche Zylindergröße lag bei 6 cm² bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 32 Monaten. Erzielt wurden ebenfalls eine

Verbesserung des Lysholm Scores von präoperativ 38 auf 74 Punkte, sowie eine Verbesserung des Tegner Scores von präoperativ 2 auf 4, was wie in unserem Kollektiv Freizeitsportarten wie Fahrradfahren oder Joggen entspricht.

Die Verwendung von allogenem Spendermaterial hat den Vorteil, dass die Gefahr von iatrogen entstandener Entnahmemorbidität entfällt. Die Verfügbarkeit und Akzeptanz ist in Deutschland sehr umstritten und immer mit der Gefahr einer Infektion verbunden. Die Implantation von unikompartimentellen Teilprothesen wird hauptsächlich bei älteren Patienten angewendet, die bereits fortgeschrittene klinische und radiologische Anzeichen von Arthrose im Kniegelenk aufweisen (Rahul et al. 2001). Außerdem sind bei sportlich sehr aktiven Patienten die Langzeitergebnisse hinsichtlich des Überlebens der Prothese aufgrund der hohen Belastung reduziert. Zwar konnte gezeigt werden, dass auch Patienten mit 60 Jahren oder jünger im Langzeitverlauf von dieser Therapie profitieren, dennoch ist unser Patientenkollektiv mit durchschnittlich 31 Jahren nicht vergleichbar (Heyse et al. 2012, Felts et al. 2010). Dieses Verfahren war somit aufgrund des Durchschnittsalters und der sportlichen Aktivität der Patienten nicht die bevorzugte Therapiemöglichkeit.

Auswirkungen von BMI und Alter auf die klinischen Ergebnisse

Um zu ermitteln, ob der Body Mass Index und das Patientenalter die klinischen Ergebnisse beeinflussen, wurden diese Parameter mittels linearer Regression verglichen. Im Hinblick auf den BMI der Patienten konnte bei allen Scores eine negative Korrelation gefunden werden außer beim Lysholm Score, welcher in positiver Korrelation mit dem BMI stand. Dies bedeutet ein steigender BMI beeinflusst das Ergebnis der klinischen Score negativ. Jedoch konnte bei keinem der Korrelationen eine statistische Signifikanz erreicht werden (p zwischen 0.9 und 0.2). Das Patientenalter war mit allen klinischen Scores in negativer Korrelation. Jedoch waren auch in diesem Punkt die Ergebnisse in keinem Fall signifikant (p zwischen 0.6 und 0.1). Somit kann nicht sicher ein Zusammenhang des BMI und des Patientenalters mit den Resultaten der klinischen Scores nachgewiesen werden. In klinischen Studien nach Autologer Chondrozyten-Transplantation wurde ebenfalls untersucht, ob der BMI und das Patientenalter einen Einfluss auf die Werte der klinischen Scores haben. Es konnte gezeigt werden, dass jüngere Patienten bessere Erfolge hinsichtlich der klinischen Scores erzielten (Krishnan et al. 2006). Im Hinblick

auf den BMI konnte zwar belegt werden, dass ein erhöhter BMI die Inzidenz und die Progression der Arthrose im Kniegelenk erhöht (Reijman et al. 2006), allerdings wurde ein statistisch belegter negativer Einfluss auf die klinischen Ergebnisse nach ACI nicht verifiziert (Niemeyer et al. 2012). Ähnliche Ergebnisse wurden auch nach Knorpeltherapie mittels OATS-Technik veröffentlicht (Curtis et al. 2012).

Vergleich der Ergebnisse zwischen isolierter Mega-OATS-Operation und Kombination mit der HTO

Im Vergleich der klinischen Scores beider Patientengruppen, isolierte Mega-OATS-Operation und Kombination mit der HTO, konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. (Lysholm $p = 0.36$, Tegner $p = 0.71$, IKDC „subjektiver Teil“ $p = 0.84$, KOOS „Symptoms“ $p = 0.41$, KOOS „pain“ $p = 0,10$, KOOS „activity of daily life“ $p = 0,12$, sport and recreational activities“ $p = 0,3$, „Quality of life“ $p = 0,22$). Bei Patienten die vor der Mega-OATS-Operation eine Beinachsenabweichung über 1 Grad aufwiesen, wurde als Korrektur eine HTO durchgeführt. Somit ist im gesamten Patientenkollektiv von einer annähernd präoperativ geraden Beinachse auszugehen. Aus ethischen Gründen wurde keiner Kontrollgruppe bei gleicher Ausgangssituation eine isolierte HTO angeboten, da wir in jedem Fall eine knorpelchirurgische Therapie empfohlen. Nach einer Metaanalyse von Harris et al. (Harris et al. 2013) erreichten Patienten, die einer HTO in Kombination mit weiteren knorpelchirurgischen Verfahren zugeführt wurden, deutlich bessere Ergebnisse als Patienten mit isolierter HTO. In der mittelfristigen Nachuntersuchung nach Mega-OATS-Operation konnte ebenfalls kein statistisch signifikanter Einfluss der HTO auf das klinische Ergebnis gefunden werden (Minzlaff 2007).

Einfluss der Ganzbeinvermessung auf die klinischen Scores

Um Strahlenbelastung zu vermeiden, wurde die Vermessung der Beinachse der Patienten im Rahmen der Nachuntersuchung mittels fotografischer Messung durchgeführt. Schmitt et al. (Schmitt et al. 2008) konnten eine gute Korrelation der Ergebnisse zwischen Vermessung der Beinachse nach dem Goldstandard, der radiologischen Ganzbeinaufnahme und der fotografischen Vermessung belegen.

Trotzdem liegt hier ein Fehlerquellenpotential vor, da unsere Ausführung der fotografischen Beinachsenvermessung nicht mit einer radiologischen Kontrollgruppe verglichen wurde. Im Durchschnitt lag die Abweichung der Beinachse bei 26 Patienten bei 1,7 Grad. Die restlichen Patienten wiesen keine Abweichungen auf. Mittels linearer Korrelation wurde der Effekt der bestehenden Beinachse auf die klinischen Ergebnisse gemessen. Dabei konnte bei keinem der klinischen Scores ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit der gemessenen Beinachse, sowohl varisch als auch valgisch, gefunden werden. Bei diesem Ergebnis ist zu beachten, dass nur 5 Patienten eine aktuelle Beinachsenabweichung von mehr als 2 Grad hatten. Die derzeitig gemessene Abweichung der Beinachse könnte dadurch erklärbar sein, dass der subchondrale Knochen und die Knorpeldicke bei Belastung v.a. im medialen Kompartiment mit der Zeit abnehmen. Die Beinachse nimmt großen Einfluss auf das Ergebnis knorpelchirurgischer Therapieerfolge. Somit ist die Korrektur der Beinachse eine entscheidende Voraussetzung, um eine erfolgreiche Knorpeltherapie durchzuführen (Moran et al. 2014).

Entnahme-Morbidität

Ein großer Kritikpunkt der Mega-OATS-Operation ist die Osteotomie des posterioren Femurkondylus zur Transplantatgewinnung und die dadurch entstandene Entnahme-Morbidität. Als Komplikationen der Osteotomie könnte eine Schädigung des Hinterhorns des Meniskus auftreten, da durch die scharfe Osteotomiekante bei Bewegung der Meniskus beschädigt oder eingeklemmt werden könnte. Dies wurde in einer biomechanischen Studie mit 7 Kadaverknien simuliert (Burkart et al. 2000). In den kernspintomografischen Auswertungen konnten bei 43 % der Patienten degenerative Veränderungen am Meniskushinterhorn gefunden werden. In den übrigen Bereichen des Meniskus wurden bei 33 % der Patienten degenerative Veränderungen gefunden. Somit scheint das Meniskushinterhorn stärker von den degenerativen Veränderungen betroffen zu sein. Im Vergleich dazu konnten im gesunden Kniegelenk bei 19 % degenerative Veränderungen im Hinterhorn des Meniskus gefunden werden. Inwiefern dies auf den Effekt der Osteotomiekante zurückzuführen ist, kann abschließend nicht sicher beurteilt werden, da das mediale Kompartiment des Kniegelenks, wie beschrieben, früher und stärker von den Auswirkungen der Arthrose betroffen ist. In der mittelfristigen Auswertung nach

Mega-OATS-Operation wurden keine kernspintomografischen Veränderungen am Meniskus gefunden (Minzlaff 2007). In einem heterogenem Kollektiv aus Patienten nach Mega-OATS-Operation und nach posteriorem Kondylentransfer, bei dem ebenfalls die Osteotomie des posterioren Femurkondyls vorgenommen wurde, konnte bei 4 von 36 Patienten eine Schädigung des Meniskus gefunden werden (Braun et al. 2008). Ein weiterer Punkt der Entnahmemorbidity könnte die Abnahme des Bewegungsumfanges, vor allem in Flexion sein. Dies wäre durch den verminderten Flächenkontakt des Femurkondylus mit der ipsilateralen Tibiagelenkfläche erklärbar oder durch die Füllung des Osteotomiedefekts durch Bindegewebe. Bei 21 (54 %) Patienten konnte ein Flexionsdefizit gemessen werden. Dieses lag im Mittel bei 5 Grad, wobei nur 3 Patienten ein Ausmaß zwischen 16 – 25 Grad aufwiesen. In den 5-Jahres Ergebnissen wurde bei 25 % ein Flexionsdefizit gefunden, das zwischen 6-20 Grad lag (Minzlaff 2007). 4 Patienten war es nicht möglich über 90 Grad in Hockstellung zu gehen.

Fragen zu Lebenszufriedenheit

Im „allgemeinen Teil“ der „Fragen zur Lebenszufriedenheit“ erreichten die Patienten einen durchschnittlichen Wert von 66,4 Punkten (Min. 29, Max. 160, SD 36,3). In einer Erhebung der Normdaten der Bundesrepublik Deutschland (West) 1994 lag der Durchschnitt bei 63, 2 Punkten (Min. -64, Max. 160, SD 37,3) (Heinrich 2000). Der Durchschnitt im Alter zwischen 26 und 35 Jahren lag allerdings bei 65,3 Punkten, was eher dem Altersbereich unseres Patientengutes entspricht. Betrachtet man die Wichtigkeit im „allgemeinen Teil“ so scheint der Aspekt Gesundheit den Patienten mit 4,4 Punkten am wichtigsten und der Aspekt Freizeit und Hobbies mit 3,5 Punkten am wenigsten wichtig zu sein. Dies spiegeln auch die Einzelkategorien der „gewichteten Zufriedenheit“ wieder. In der deutschlandweiten Erhebung lagen der höchste Wert im Bereich „Familie/ Kinder“ und der niedrigste bei „Beruf/ Arbeit“. Im Vergleich zur BRD West lagen die Testergebnisse des vorliegenden Patientengutes in 3 von 8 Fällen („Freunde / Bekannte“, „Freizeit/ Hobbies“, „Familie/ Kinder“) unter und in 5 von 8 Fällen („Gesundheit“, „Einkommen/ finanz. Sicherheit“, „Beruf/ Arbeit“, „Wohnsituation“, „Partnerschaft/ Sexualität“) über den durchschnittlichen Werten der BRD West (Heinrich 2000). 1998 wurde eine der wenigen orthopädisch/ unfallchirurgischen Studien veröffentlicht, welche auch die FLZ nach Herschbach

verwendeten (Graf et al. 1998). In dieser Studie zur Lebenszufriedenheit nach komplexen Unterschenkelrekonstruktionen liegen die Ergebnisse in 3 von 8 Gruppen („Freund/ Bekannte“, „Familie/ Kinder“, „Partnerschaft und Sexualität“) über denen des aktuellen Kollektivs. Im Bereich der „Gesundheit“ erreichten die Patienten im Durchschnitt 71 Punkte (Min. 37, Max. 160, SD 30,1) im Vergleich zur BRD West Erhebung, deren Wert durchschnittlich bei 75,8 (Min. -63, Max. 160, SD 41,8) Punkten lag. Sowohl bei dieser Studie, als auch in der Erhebung war der höchste Wert der „gewichteten Zufriedenheit“ im Bereich „Unabhängigkeit von Hilfe“. Bei Betrachtung der Teilergebnisse liegen die Werte unserer Studie in 2 von 8 („Fortbewegungsfähigkeit“, „Unabhängigkeit von Hilfe“) über und in 6 von 8 („Körperliche Leistungsfähigkeit“, „Entspannungsfähigkeit“, „Energie/ Lebensfreude“, „Seh-/ Hörvermögen“, „Angstfreiheit“, „Beschwerde-/ und Schmerzfreiheit“) unter den Ergebnissen der BRD West Erhebung. Im Vergleich mit den Patienten nach Unterschenkelrekonstruktion liegen unsere Werte in 2 von 8 Fällen („Körperliche Leistungsfähigkeit“, „Entspannungsfähigkeit“, „Energie/ Lebensfreude“, „Beschwerde- und Schmerzfreiheit“, „Unabhängigkeit von Hilfe“, „Fortbewegungsfähigkeit“) über diesen Werten. Das Ausmaß der Mega-OATS-Operation ist nicht mit dem Ausmaß nach einer komplexen Unterschenkelrekonstruktion nach vorwiegend schweren Motorradunfällen zu vergleichen. Die Werte im Gesamten liegen etwas über diesen Werten wobei im Punkt „Schmerzen“ gleichwertige bis schlechtere Ergebnisse erzielt wurden. In Fragen zur subjektiven Beurteilung der Gesundheit beschrieben die Patienten einen durchschnittlich „gut“ bis „sehr guten“ Gesundheitszustand. 82 % der Patienten gaben an, aufgrund ihrer körperlichen Gesundheit nicht in alltäglichen Tätigkeiten wie Einkaufen, Putzen, eingeschränkt zu sein. Lediglich 1 Patient gab an, er sei sehr stark in alltäglichen Tätigkeiten eingeschränkt. Beim Treppensteigen gaben 63% an keine Einschränkungen zu haben, wobei 37% etwas eingeschränkt waren. In der Frage nach Einschränkungen bei Tätigkeiten aufgrund von Schmerzen gaben 32 % an, überhaupt nicht, 42 % ein bisschen und 14 % sehr eingeschränkt zu sein. 14 % der Patienten gaben an aufgrund von seelischen und 18 % aufgrund von körperlichen Beschwerden weniger geschafft zu haben als sie im Zeitraum der letzten 4 Wochen wollten. 77% der Patienten berichteten, dass aufgrund von seelischer und körperlicher Beschwerden die sozialen Kontakte unverändert seien, wobei jeweils 9 % der Patienten berichteten selten bzw. manchmal eingeschränkt zu sein. Aus dem Gesamtergebnis ist zu sehen, dass fast alle Patienten in alltäglichen Tätigkeiten keine Probleme haben, aber teilweise körperlich anspruchsvollere Aufgaben wie

Treppensteigen mit Schmerzen und leichten Abstrichen ihres Tagespensums verbunden sind.

Kernspintomografische Ergebnisse

Bei 32 Patienten konnte eine Kernspintomografie des Kniegelenks durchgeführt werden.

BLOKS

Knochenmarkläsionen, welche ein häufiges Merkmal der kernspintomografisch diagnostizierten Arthrose sind, haben Einfluss auf die Progression der Arthrose sowie dem Auftreten von Schmerzen (Davies-Tuck et al. 2010). In Studien konnten Hinweise gefunden werden, die auch eine Assoziation zwischen Knorpeldefekten, vor allem Defekte der kompletten Tiefe und Knochenmarkläsionen zeigen (Driban et al. 2011). Bei 28 Patienten konnte das Merkmal „Auftreten von Knochenmarködem“ im Rahmen des BLOKS ausgewertet werden. Die am meisten betroffene Region des Kniegelenks war der mediale Femurkondylus (in 19 Fällen betroffen). Im Vergleich dazu wurde das Auftreten von Knochenmarködem im Bereich des lateralen Femurkondylus nur in 4 Fällen beobachtet. Im Bereich der Tibia liegt das Verhältnis des Auftretens von Knochenmarkläsionen zwischen medialem und lateralem Kompartiment bei 8 zu 5 und ist demnach nicht so stark ausgeprägt. Bei allen Patienten konnte ein bestehender Knorpeldefekt mit einem durchschnittlichen Wert des „Cartilage 1 size“ von 7,4 (Min. 1, Max. 18, SD 4,8) von möglichen 24 Punkten gefunden werden, wobei bei 26 (81%) Patienten auch ein Knorpelschaden der kompletten Tiefe vorhanden war. Der Anteil des Knorpelschadens der kompletten Tiefe am gesamten Knorpelschaden lag bei 2,7 (Min. 0, Max. 10, SD 2,2) Punkten von möglichen 18. Sowohl die Anzahl der Knorpelschäden als auch der Anteil des kompletten Knorpelschadens war im Bereich des medialen FK am Größten. Im Rahmen der mittelfristigen Ergebnisse nach Mega-OATS-Operation konnte bei 3 von 8 Patienten ein Knorpelschaden in der Kernspintomografie beobachtet werden (Minzlaff et al. 2010). Osteophyten konnten in unserer Studie bei allen Patienten gefunden werden, wobei das mediale Kompartiment auch deutlich ausgeprägter

betroffen war als das laterale Gelenkkompartiment. Bei 32 kernspintomografisch untersuchten Patienten lag der transplantierte Zylinder in 25 Fällen auf dem medialen und in 7 Fällen auf dem lateralen Femurkondylus. Vergleicht man das Auftreten von Osteophyten im Bereich des medialen FK im Hinblick auf die Lokalisation des Mega-OATS-Zylinders so finden sich deutliche Unterschiede. War der Zylinder auf der medialen Seite lokalisiert, so konnte das Auftreten von Osteophyten in 71 % der Fälle am medialen FK beobachtet werden. Bei lateral gelegenen Transplantaten waren in 42 % der Fälle Osteophyten auf dem medialen FK. Das Auftreten von lateralen Osteophyten verhält sich gleichsinnig. Bei medial transplantierten Zylindern wurden laterale Osteophyten in 50 % gefunden, wobei bei lateralen Transplantaten in 71 % lateral gelegene Osteophyten vorhanden waren. Dies deutet auf einen Zusammenhang der Transplantatlokalisierung mit dem Auftreten von Osteophyten hin. Da osteochondrale Defekte einen Risikofaktor in der Entstehung von arthrotischen Veränderungen im Kniegelenk darstellen (Davies-Tuck et al. 2010) war diese Beobachtung zu erwarten.

Das mediale Kompartiment ist aufgrund von biomechanischen und statischen Gegebenheiten am häufigsten und ehesten von dem Beginn und der Progression der Gelenksarthrose betroffen (Vincent et al. 2012). Osteophyten spielen eine Rolle bei der Progression der Arthrose im Kniegelenk. Felson et al. (Felson et al. 2005) untersuchten die Auswirkungen von der Größe der Osteophyten auf die Progression der Arthrose. Dabei konnte zwar keine direkte Korrelation gefunden werden, aber die Größe der Osteophyten scheint mit der Entstehung von Beinachsabweichungen und dem Verlust von Knorpeldicke in Bezug zu stehen. Diese beiden Faktoren nehmen wiederum Einfluss auf die Progression der Arthrose. Bei 11 Patienten (34%) konnte kernspintomografisch ein Erguss im Gelenk festgestellt werden, der sich bei keinem der Patienten in der klinischen Untersuchung als auffällig im Sinne einer „tanzenden Patella“ zeigte. Der Erguss war bei 9 dieser Patienten auch nur als gering und retropatellar darstellbar. Zeichen der Synovitis konnte bei 23 Patienten bzw. der infrapatellaren Synovitis bei 17 Patienten gefunden werden. Auch in diesem Fall war das mediale Kompartiment häufiger betroffen. Bei 29 (91%) Patienten konnten leichte degenerative Veränderungen des Meniskus gefunden werden, wobei kein Patient in der klinischen Untersuchung eindeutige Meniskuszeichen („Steinmann I, II, MC Murray“) zeigte. Im Vergleich dazu wurden degenerative Veränderungen des Meniskus im gesunden Kniegelenk nur bei 47 % der Patienten beobachtet.

MOCART Score

Bei 14 (43,7%) Patienten konnte eine komplette und bei 5 eine inkomplette Defektreparatur gefunden werden. Eine Hypertrophie des Transplantats war bei 4 (12,5%) Patienten vorhanden und bei 7 (22%) Patienten war eine partielle Freilegung des subchondralen Knochens zu sehen. Eine vollständige Integration des Transplantats in das perifokale Gewebe fand sich bei 18 Patienten (56%). Bei 11 Patienten (34%) war die Qualität des Ersatzgewebes vollständig intakt, sowie die Struktur der Transplantatoberfläche homogen und bei 21 Patienten (66%) war das Ersatzgewebe beschädigt, sowie die Transplantatoberfläche von inhomogener Struktur. Bei 12 Patienten (37,5%) glich die Signalintensität des Zylinders dem eines gesunden hyalinen Gelenkknorpels. 19 Patienten (59,4%) wiesen eine intakte subchondrale Lamina auf, wobei bei 13 Patienten (40,6%) Schäden und verstärkte Signalanreicherungen zu finden waren. Bei 7 Patienten (21,9%) war der subchondrale Knochen vollständig intakt, bei den restlichen Patienten (78,1%) traten Ödeme zum Teil in Kombination mit zystischen Veränderungen auf. Petri et al. (Petri et al. 2013) untersuchten nach „Sandwichtechnik“ bei 4 Patienten die kernspintomografischen Eigenschaften mittels MOCART-Score nach durchschnittlich 2 Jahren. Dabei zeigte sich eine komplette Defektfüllung in 25 %, eine komplette Integration in das perifokale Gewebe bei ebenfalls 25 % der Probanden. Der subchondrale Knochen, sowie die subchondrale Lamina waren in allen Fällen geschädigt. Die Signalintensität entsprach in 50 % der Patienten einem normalen hyalinen Knorpel. 2011 evaluierten Ochs et al. (Ochs et al. 2011) mittelfristige Ergebnisse nach ähnlichem Verfahren mittels MOCART-Score bei 26 Patienten und einer durchschnittlichen Defektgröße von 5,6 cm². Es konnte bei 35 % der Patienten eine komplette und in 39 % eine inkomplette Füllung des Defekts gefunden werden. Die Integration ins perifokale Gewebe lag bei 35%. Die Struktur des Ersatzgewebes stellte sich in der Mehrzahl der Fälle als inhomogen dar. Eine Isointensität im Vergleich zum normalen Knorpel war in 34% gegeben, wobei der subchondrale Knochen in 87% der Fälle geschädigt war. In einer Langzeitstudie (113 Monate) nach OATS-Operation am Kniegelenk fanden Tetta et al. (Tetta et al. 2010) deutlich bessere Ergebnisse in der kernspintomografischen Beobachtung bei 24 Patienten. Die durchschnittliche Defektgröße war mit Werten zwischen 1,1 cm² und 2,6 cm² geringer als in unserer Studie. Die komplette Defektfüllung war bei 62% vorhanden

und die Integration in das benachbarte Gewebe war bei 75%. Die Struktur der transplantierten Zylinder stellte sich in 71% der Fälle als homogen dar.

T2-Mapping

Mittels T2-Mapping können auf nicht invasive Weise die Resultate nach chirurgischer Knorpeltherapie im Hinblick auf Qualität und Morphologie untersucht werden (Baum et al. 2013).

Der durchschnittliche T2-Wert für das gesamte Kniegelenk lag in dieser Studie bei 38,1 ms. Alle gemessenen Werte lagen zwischen mindestens 21,3 ms (Tibia) und 60,6 ms (Trochlea). Um eine genauere Analyse der verschiedenen Knorpelregionen darzustellen, wurden die Kompartimente separat untersucht. Der höchste durchschnittliche Wert lag im Bereich der Trochlea mit 46,2 ms auf der Seite des transplantierten Zylinders und mit 44,0 ms an der kontralateralen Seite. Der niedrigste Wert ergab sich im Bereich der kontralateralen Tibia mit durchschnittlich 30,7 ms. Der Knorpel des Mega-OATS-Zylinders (gesamt) lag durchschnittlich bei 40,1 ms bzw. bei 40,7 ms bei medial transplantierten Zylindern. Die lateral transplantierten Zylinder hatten einen Durchschnittswert von 38,1 ms. Im Vergleich zum Mega-OATS-Zylinder konnte ein signifikanter Unterschied zum perifokalen Knorpel, welcher bei 37,7 ms ($p = 0,04$) lag, gefunden werden. Betrachtet man die Werte des belastungstragenden Bereichs der Femurkondylen, so waren diese bei 37,3 ms lateral und 39,7 ms medial. Die posterioren Anteile des Femurkondylus lagen bei 40,3 ms und die Patella im Mittel bei 34,5 ms. In einer Studie, die mit ähnlichen Parametern der kernspintomografischen Untersuchung die T2-Werte des Knorpels in den verschiedenen Regionen analysierte, sind die Werte vergleichbar, wobei sich in manchen Regionen Differenzen zeigen (Jungmann et al. 2013). Für das gesamte Gelenk wurde ein Wert von durchschnittlich 34,5 ms, für die Patella 33,1 ms, für den medialen Femurkondylus 38,1 ms, für den lateralen Femurkondylus 35,6 ms, für die laterale bzw. mediale Tibia 32,4 ms bzw. 33,5 ms gemessen. Insgesamt deutlich höherer Werte wurden in einer weiteren Studie zur Evaluierung der T2-Werte bei Patienten mit asymptomatischen Kniegelenken beschrieben (Surowiec et al. 2013). Die Bewertung dieser Ergebnisse sollte differenziert betrachtet werden. Es können keine absoluten T2-Werte bestimmt werden, anhand

derer die Diagnose arthrotischer Veränderungen gestellt werden kann. Die technischen Parameter einer kernspintomografischen Untersuchung wie das Protokoll, die Schichtanzahl, die Auflösung und das Auswertungssystem beeinflussen die Ergebnisse des T2-Mappings. Somit müssen zur Beurteilung einer kernspintomografischen Untersuchung des Kniegelenks, wie oben beschrieben, weitere Beobachtungen, wie das Auftreten von Osteophyten, Knorpeldicke, Knochenmarködem, Zustand des Meniskus etc. hinzugezogen werden. In einer aktuellen Studie (Jungmann et al. 2013) wurde die Aussagekraft der T2-Zeit hinsichtlich der Progression von Knorpelschäden untersucht. Dafür wurden Patienten anhand des Whole-Organ-Magnetic-Resonance-Imaging-Score (WORMS) in drei Gruppen eingeteilt (keine Schäden, mittlere Schäden und schwere Knorpelschäden) und der T2-Wert zum Zeitpunkt 0 und nach 2 Jahren gemessen. Es konnte bei den Patienten mit starken Schäden eine längere T2-Zeit gefunden werden als Patienten ohne Schäden. Es zeigte sich, dass Patienten mit einem niedrigen T2-Wert und einem guten WORM-Score nach 2 Jahren bei Verschlechterung des WORM-Scores auch einen signifikant hohen Anstieg der T2-Zeit aufwiesen. Im Vergleich dazu war bei Patienten mit einem anfangs hohen T2-Wert und fortgeschrittener morphologischer Knorpelschädigung der Anstieg des T2-Wertes innerhalb von 2 Jahren verhältnismäßig gering. Ein Grund dafür könnten die unterschiedlichen T2-Werte innerhalb der zonalen Struktur des Knorpels sein. In der superfizialen Knorpelschicht ist der T2-Wert deutlich höher als in den unteren Schichten. Bei stark geschädigtem Knorpel kann diese Schicht schon vollkommen verloren gegangen sein und somit nicht in die Messung der T2-Werte mit eingerechnet werden. Somit ist die Beurteilung des T2-Wertes des Knorpels hinsichtlich der Progression von Knorpelschäden vor allem bei gesunden bzw. nur gering geschädigten Knorpel aussagekräftig. Dies spricht gegen eine lineare Korrelation zwischen T2-Zeit und dem Ausmaß der Knorpeldegeneration (Koff et al. 2007).

Korrelation der klinischen und kernspintomografischen Ergebnisse

Im Rahmen der Betrachtung der Korrelationen wurde ein heterogenes Ergebnis gefunden. Betrachtet man das gesamte Patientenkollektiv, konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den klinischen Scores und den Ergebnissen der kernspintomografischen Untersuchung aufgezeigt werden. Es konnte aber eine

positive Korrelation des BLOKS und des MOCART-Scores gefunden werden. Diese verfehlte knapp eine statistische Signifikanz ($p = 0,09$). Die Untergruppen des BLOKS korrelierten in der Mehrzahl mit dem Gesamtwert des BLOKS.

Da sich die T2-Werte im Kniegelenk zwischen dem medialen und dem lateralen Kompartiment unterscheiden, führten wir ebenfalls eine separate Analyse der medial und lateral transplantierten Zylinder aus. Die Begutachtung des größeren Patientenkollektivs, bei denen der Mega-OATS-Zylinder in den medialen Femurkondylus transplantiert wurde, zeigte bei 2 von 24 Unterpunkten (Meniskus und Signalanreicherung) des BLOKS eine signifikante negative Korrelation mit dem Lysholm Score und in 2 von 24 Unterpunkten mit dem IKDC Score. In den restlichen Unterpunkten des BLOKS und des MOCART-Scores konnten keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden. Ein weiterer signifikanter negativer Zusammenhang konnte zwischen dem IKDC und dem T2-Index (OATS/ perifokaler Knorpel) hergestellt werden. Dies bedeutet, dass bei steigendem T2-Wert, was ebenfalls bei arthrotischen Veränderungen im Kniegelenk zu beobachten ist ein schlechteres klinisches Ergebnis gefunden wird. Die weiteren kernspintomografisch gemessenen ROIs zeigten keine signifikanten Zusammenhänge mit den klinischen Parametern. In Korrelation des Gesamtergebnisses des BLOKS und des MOCART Scores konnte ein signifikanter positiver Zusammenhang gefunden werden.

In der Analyse der Patientengruppe, bei denen die Transplantatlokalisierung auf dem lateralen Femurkondylus war, konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen den klinischen Ergebnissen und den kernspintomografischen Scores gefunden werden. Ein Grund dafür könnte die geringe Größe des Patientenkollektivs von 8 Teilnehmern sein. In der Betrachtung dieser Ergebnisse im Gesamten kann nicht von einer durchgehenden Korrelation der klinischen Ergebnisse mit den kernspintomografischen Scores ausgegangen werden.

In einer Metaanalyse untersuchten Windt et al. (Windt et al. 2013) inwiefern die klinischen und kernspintomografischen Ergebnisse nach chirurgischer Knorpeltherapie miteinander korrelieren. Bei einer Gesamtzahl von 32 gefundenen, veröffentlichten Artikel und damit eingeschlossenen 1019 Patienten konnte bei der Mehrzahl der Patienten kein signifikanter bzw. nur eingeschränkt ein Zusammenhang gefunden werden. In 9 Studien (28%) wurde eine Korrelation der klinischen Ergebnisse mit dem MOCART Score beobachtet. Bei dem Versuch der Korrelation des MOCART Score mit dem klinischen Outcome sollte beachtet werden,

dass dieser lediglich für die kernspintomografische Beurteilung von Knorpeltransplantaten entwickelt wurde (Marlovits et al. 2004).

Fasst man die Ergebnisse der kernspintomografischen Auswertungen zusammen so liegen bei fast allen Patienten arthrotische bzw. präarthrotische Veränderung im Kniegelenk vor. Die Kriterien der kernspintomografischen Diagnostik in der Beurteilung der Kniegelenksarthrose ähneln den Kriterien des Goldstandards, der konventionellen Röntgenaufnahme und der Beurteilung nach Kellgren und Lawrence (Kellgren et al. 1957). Die Diagnostik beinhaltet die Beurteilung von Osteophyten, Knorpelschäden bzw. Knorpelverlust, Knochenmarködem und degenerativen Meniskusveränderungen (Hunter et al. 2011). In der Mehrzahl der Patienten konnten diese Kriterien in verschiedenen Ausprägungen gefunden werden. Die radiologische Diagnose einer Gonarthrose ist aber nicht gleichzusetzen mit der Diagnose einer symptomatischen Arthrose im Kniegelenk. Schmerz und Bewegungseinschränkung sind u.a. Hauptkriterien für die symptomatische Arthrose. Führt man die klinischen und radiologischen Ergebnisse zusammen, so kann doch bei den meisten Patienten von einer guten Kniefunktion ausgegangen werden. Fast alle Patienten kommen im alltäglichen Leben gut zurecht, wobei doch eine gewisse Anzahl über leichte Einschränkungen aufgrund des Kniegelenks berichtet. Es kann abschließend nicht eindeutig beurteilt werden, inwiefern durch die Mega-OATS-Operation das Eintreten bzw. das Verhindern der Progression einer Gonarthrose beeinflusst wurde, da es v.a. aus ethischen Gründen keine Kontrollgruppe gibt, die keiner Therapie zugeführt wurde. Das Ziel der Mega-OATS-Operation liegt in der Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung einer guten Kniegelenksfunktion. Dieses Ziel konnte bei den meisten Patienten erreicht werden. Als Versagen der Operation wurde die Konversion zu einer Teil-, bzw. Vollprothese definiert. In 3 Fällen versagte das Transplantat und das Kniegelenk musste endoprothetisch versorgt werden. Die Mega-OATS-Operation ist ein Salvageverfahren und wurde meist bei Patienten angewandt, die schon zum Teil mehrere Voroperationen erhalten hatten. Sie wird bei jungen, sportlich aktiven Patienten durchgeführt, um eine alternative Möglichkeit zu bieten, als die Implantation einer Gelenks-Endoprothese. Als eine solche Therapiealternative ist die Mega-OATS-Operation erfolgreich. Die abnehmenden Zahlen dieses Verfahrens könnten darauf begründet sein, dass derzeit neuere Therapieansätze angeboten werden (Basad et al. 2007) und die Radikalität des Verfahrens durch die Osteotomie des posterioren Femurkondylus für den orthopädischen Chirurgen abschreckend wirkt.

11. Zusammenfassung

Die Mega-OATS-Operation wird seit Juli 1999 als optimierte Technik des posterioren Kondylentransfers bei sportlich aktiven Patienten mit ausgedehnten osteochondralen Defekten im lasttragenden Bereich des Femurkondylus durchgeführt. Ziel der Studie war nach erfolgsversprechenden mittelfristigen Ergebnissen (Minzlaff et al. 2010), nun die klinischen und kernspintomografischen Langzeitergebnisse zu evaluieren. Die Resultate wurden mittels klinischer und kernspintomografischer Scores, sowie der Interpretation des T2-Mapping erhoben.

Es konnte eine signifikante Verbesserung der klinischen Scores erreicht werden. Der Lysholm Score verbesserte sich von 59,2 auf 77,3 Punkte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen. Der Tegner Score blieb im Vergleich zum präoperativen Ergebnis bei 4 Punkten konstant und der IKDC Score zeigte im Rahmen der klinischen Untersuchung bei der Mehrzahl der Patienten eine „gute“ bis „sehr gute“ Kniefunktion. Nach den Ergebnissen der „Fragen zur Lebenszufriedenheit“ und der Evaluation des KOOS Scores, sind die meisten Patienten im Alltag nicht durch die Funktion ihres Kniegelenks eingeschränkt und können bis auf wenige Ausnahmen auch sportliche Aktivitäten auf Freizeitniveau ausführen. In der kernspintomografischen Auswertung konnten fast ausschließlich gut in das perifokale Gewebe eingewachsene Zylinder gefunden werden. Bei nahezu allen Patienten waren arthrotische Veränderungen im Kniegelenk vorhanden. Die Mega-OATS-Operation hatte zum Ziel die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Kniefunktion. Mit einer Überlebensrate von über 90 % stellt die Mega-OATS-Operation als Salvageverfahren eine alternative Therapiemöglichkeit für die Behandlung von ausgedehnten osteochondralen Defekten in den femoralen belastungstragenden Teilen des Kniegelenks dar.

12. Literaturverzeichnis

Altman, R. D.: Preliminary observations of chondral abrasion in a canine model. *Ann Rheum Dis* (51), 1056–1062 (1992)

Anderson, A. F.: The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: Normative Data. *Am J Sports Med* 34 (1), 128–135 (2005)

Bartlett, W.: Autologous chondrocyte implantation at the knee using a bilayer collagen membrane with bone graft. A Preliminary Report. *J Bone Joint Surg [Br]* 87, 330–332 (2005)

Basad, E., Stürz, H., Steinmeyer, J.: Treatment of osteochondral defects of the knee with autologous bone graft and chondrocyte transplantation: An overview together with our results. *Acta Orthop Traumatol Turc (Suppl 2)* (2007)

Baum, T., Joseph, G.B., Karampinos, D.C., Jungmann, P.M., Link, T.M., Bauer, J.S.: Cartilage and meniscal T2 relaxation time as non-invasive biomarker for knee osteoarthritis and cartilage repair procedures. *Osteoarthritis Cartilage* 21 (10), 1474–1484 (2013)

Baum, T., Joseph, G.B., Nardo, L., Virayavanich, W., Arulanandan, A., Alizai, H., Carballido-Gamio, J., Nevitt, M.C., Lynch, J., McCulloch, C.E., Link, T.M.: Correlation of magnetic resonance imaging-based knee cartilage T2 measurements and focal knee lesions with body mass index: Thirty-six-month followup data from a longitudinal, observational multicenter study. *Arthritis Care Res* 65 (1), 23–33 (2013)

Behrens, P., Bitter, T., Kurz, B., Russlies M.: Matrix-associated autologous chondrocyte transplantation/implantation (MACT/MACI)—5-year follow-up. *Knee* 13 (3), 194–202 (2006)

Benninghoff, A.: Form und Bau der Gelenkknorpel in ihren Beziehungen zur Funktion. *Z Anat Entwickl Gesch* 76 (1-3), 43–63 (1925)

Bentley, G., Bhamra, J.S., Gikas, P. D., Skinner, J.A., Carrington, R., Briggs T. W.: Repair of osteochondral defects in joints – How to achieve success. *Injury* 44, 3–10 (2013)

Bernholt, J., Höher, J.: Knorpelersatzgewebe durch Mikrofrakturierung. *Deut Z Sportm*, 54 (6) (2003)

Blumenkrantz, G., Majumdar, S.: Quantitative Magnetic Resonance Imaging of Articular Cartilage in Osteoarthritis. *Eur Cell Mat* 13, 75-86 (2007)

Braun, S., Minzlaff, P., Hollweck, R., Wörtler, K., Imhoff, A.B.: The 5.5-year results of MegaOATS – autologous transfer of the posterior femoral condyle: a case-series study. *Arthritis Research Therapy* 10 (3) (2008)

Brittberg, M. (2000): ICRS Cartilage Injury Evaluation Package (http://www.cartilage.org/_files/contentmanagement/ICRS_evaluation.pdf), Stand: 31.07.2015

Brittberg, M., Lindahl, A., Nilsson, A., Ohlsson, C., Isaksson, O., Peterson, L.: Treatment of Deep Cartilage Defects in the Knee with Autologous Chondrocyte Transplantation. *N Eng J Med* 331 (14), 889-895 (1994)

Brucker, P. U., Agneskirchner, J.D., Burkart, A., Imhoff, A.B.: Mega OATS. Technik und Ergebnisse. *Unfallchirurg* 105, 443–449 (2002)

Brucker, P. U., Braun, S., Imhoff, A. B.: Mega-OATS-Technik – autogene Knorpel-Knochen-Transplantation als Salvage-Verfahren bei großen osteochondralen Defekten am Femurkondylus. *Orthop Traumatol* 20 (3), 188–198 (2008)

Buckwalter, J. A.: Articular Cartilage Injuries. *Clin Orthop Rel Res* (402), 21–37 (2002)

Buckwalter, J. A.: Part I: Tissue Design and Chondrocyte- Matrix Interactions. *J Bone Joint Surg* 79-A, 600–611 (1997)

Buckwalter, J.A., Lohmander, S.: Current Concepts Review. Operative Treatment of Osteoarthrosis. Current Practice And Future Development. *J Bone Joint Surg* 76A, 1405-1418 (1994)

Buckwalter, J. A., Mankin, H. J.: Part II- Degeneration and Osteoarthrosis, Repair, Regeneration, and Transplantation. *J Bone Joint Surg* 79a, 612–632 (1997)

Burkart, I.A., Dirisamer, F., Steinhauser, E., Brucker P.: Klinische und biomechanische Ergebnisse nach posteriorem Kondylentransfer als Salvageoperation. *DGOT 2000 Wiesbaden: Abstract, 2000*

Cole, B. J., DeBerardino, T., Brewster, R., Farr, J., Levine, D.W., Nissen, C., Roaf, P., Zaslav, K.: Outcomes of Autologous Chondrocyte Implantation in Study of the

Treatment of Articular Repair (STAR) Patients With Osteochondritis Dissecans. *Am J Sports Med* 40 (9), 2015–2022 (2012)

Convery, F.R., Akeson, W.H., Keown, G.: The Repair of Large Osteochondral Defects. An experimental Study in Horses. *Clinical Orthopaedics* (82), 253–262 (1972)

Curtis, A.R., Charlotte, S.G.S., Matharu, K.B.P.: Survival of autologous osteochondral grafts in the knee and factors influencing outcome. *Acta Orthop Belg* 78, 643–651 (2012)

Davies-Tuck, M.L., Wluka, A.E., Forbes, A., Wang, Y., English, D.R., Giles G.G.: Development of bone marrow lesions is associated with adverse effects on knee cartilage while resolution is associated with improvement - a potential target for prevention of knee osteoarthritis: a longitudinal study. *Arth Res Ther* 12 (10) (2010)

Depalma, A. F., McKeever, C.D., Subin, D.K.: Process of Repair of Articular Cartilage Demonstrated by Histology and Autoradiography With Tritiated Thymidine. *Clin Orthop Rel Res* (48), 229-242 (1966)

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V (2006): Die Deutschen werden immer dicker (<https://www.dge.de/presse/pm/die-deutschen-werden-immer-dicker/>), Stand: 31.07.2015

Driban, J. B.: Quantitative bone marrow lesion size in osteoarthritic knees correlates with cartilage damage and predicts longitudinal cartilage loss. *BMC Musculoskeletal Disorders* 217 (12), 1471–2474 (2011)

Driesang, I. M. K., Hunziker, E. B.: Delamination rates of tissue flaps used in articular cartilage repair. *J Orthop Res* 18 (6), 909–911 (2000)

Duchow, J., Hess, T., Kohn, D.: Primary Stability of Press-Fit-Implanted Osteochondral Grafts. Influence of Graft Size, Repeated Insertion, and Harvesting Technique Influence of Graft Size Harvesting Technique. *Am J Sports Med* 28 (1), 24–27 (2000)

Dunn, T. C., Lu, Y., Jin, H., Ries, M.D., Majumdar, S.: T2 Relaxation Time of Cartilage at MR Imaging: Comparison with Severity of Knee Osteoarthritis1. *Radiology* 232 (2), 592–598 (2004)

Eckstein, F., Wirth, W.: Quantitative Cartilage Imaging in Knee Osteoarthritis. *Arthritis* (5), 1–19 (2011)

Felson, D.T., Lawrence, R.C., Dieppe, P.A., Hirsch, R., Helmick, C.G., Jordan, J.M., Kington, R.S., Lane, N.E., Nevitt, M.C., Zhang, Y., Sowers, M., McAlindon, T., Spector, T.D., Poole, A.R., Yanovski, S.Z., Ateshian, G., Sharma, L., Buckwalter, J.A., Brandt, K.D., Fries, J.F.: Osteoarthritis. new insights. Part 1: the disease and its risk factors. *Ann int med* 133 (8), 635–646 (2000)

Felson, D.T.: Osteophytes and progression of knee osteoarthritis. *Rheumatology* 44 (1), 100–104 (2005)

Felts, E., Parratte, S., Pauly, V., Aubaniac, J.M., Argenson, J.N.: Function and quality of life following medial unicompartmental knee arthroplasty in patients 60 years of age or younger. *Orthop Traumat Surg Res* 96 (8), 861–867 (2010)

Filardo, G., Kon, E., Di Martino, A., Iacono, F., Marcacci, M.: Arthroscopic Second-Generation Autologous Chondrocyte Implantation: A Prospective 7-Year Follow-up Study. *Am J Sports Med* 39 (29), 2153–2160 (2011)

Frank, R., Cole, B.: Complex Cartilage Cases in the Athletic Patient: Advances in Malalignment, Instability, Articular Defects, and Meniscal Insufficiency. *Phy Sportsmed* 41 (4), 41–52 (2013)

Gaissmaier, C., Mollenhauer, J., Schneider, U.: Verlauf klinisch symptomatischer Knorpelschäden des Kniegelenks. Ergebnisse ohne und mit biologischer Rekonstruktion. *Deutsches Ärzteblatt* 100 (38) (2003)

Glaser, C.: New Techniques for Cartilage Imaging: T2 Relaxation Time and Diffusion-Weighted MR Imaging. *Radiol Clin N Am* (43), 641–653 (2005)

Graf, P.F., Wiendl M., Maurer M., Herschbach, G.J., Henrich P.G.: Lebenszufriedenheit nach komplexen Unterschenkelrekonstruktionen. *Unfallchirurg* 105, 443–449 (2002)

Haggart, G.: Surgical treatment of degenerative arthritis of the knee joint. In: *N Engl J Med* 236, 971 (1947)

Hambly, K.: The use of the Tegner Activity Scale for articular cartilage repair of the knee: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19 (4), 604–614 (2011)

Hangody, L., Dobos, J., Balo, E., Panics, G., Hangody, L. R., Berkes, I.: Clinical Experiences With Autologous Osteochondral Mosaicplasty in an Athletic Population: A 17-Year Prospective Multicenter Study. *Am J Sports Med* 38 (6), 1125–1133 (2010)

Hangody, L.: Mosaicplasty for the Treatment of Articular Defects of the Knee and Ankle. *Clin Orthop Rel Res* 391, 328–336 (2001)

Hangody, L.: 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 (2003)

Harris, J.D., McNeilan, R., Siston, R.A., Flanigan, D.C.: Survival and clinical outcome of isolated high tibial osteotomy and combined biological knee reconstruction. *Knee* 20 (3), 154–161 (2013)

Heinrich, G.,Herschbach, P.: Questions on Life Satisfaction (FLZM). A short questionnaire for assessing subjective quality of life. *Eur J Psych Ass* 16 (3), 150–159 (2000)

Heyse, T. J., Khefacha, A., Peersman, G., Cartier, P.: Survivorship of UKA in the middle-aged. *Knee* 19 (5), 585–591 (2012)

Huber, M., Trattnig, S., Lintner, F.: Anatomy, biochemistry, and physiology of articular cartilage. *Invest Radiol* 35 (10), 573–580 (2000)

Hunter, D. J., Lo, G. H., Gale, D., Grainger, A. J., Guermazi, A., Conaghan, P. G.: The reliability of a new scoring system for knee osteoarthritis MRI and the validity of bone marrow lesion assessment: BLOKS (Boston Leeds Osteoarthritis Knee Score). *Ann Rheum Dis* 67 (2), 206–211(2007)

Hunter, D.J, Arden, N., Conaghan, P.G., Eckstein, F., Gold, G.; Grainger, A., Guermazi, A., Harvey, W., Jones, G., Hellio Le Graverand, M.P., Laredo, J.D., Lo, G., Losina, E., Mosher, T.J., Roemer, F.; Wang, Z.: Definition of osteoarthritis on MRI: results of a Delphi exercise. *Osteoarthritis Cartilage* 19 (8), 963–969 (2011)

Hunter, W.: On the structure and diseases of articulating cartilage. *Philos Trans R Soc London*. 42, 514–521 (1743)

Hunziker, E. B.: Articular cartilage repair: basic science and clinical progress. A review of the current status and prospects. *Osteoarthritis Cartilage* 10 (6), 432–463 (2002)

Hunziker, E.B., Stähli, A.: Surgical suturing of articular cartilage induces osteoarthritis-like changes. *Osteoarthritis Cartilage* 16 (9), 1067–1073 (2008)

Imhoff, A.B., Burkart, A., Öttl, G.M.: Der posteriore Femurkondylenttransfer. Erste Erfahrungen mit einer Salvageoperation. *Ortopäde* (28), 45–51 (1999)

Iwasa, J., Engebretsen, L., Shima, Y., Ochi, M.: Clinical application of scaffolds for cartilage tissue engineering. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17 (6), 561–577 (2009)

Jackson, R., Marans, H., Silver, R.: Arthroscopic treatment of degenerative arthritis of the knee. In: *J Bone Joint Surg Am* 70, 332 (1988)

Johnson, L.: Arthroscopic Abrasion Arthroplasty; In: *Operative Arthroscopy*, Second edition, Edited by McGinty, J. B., Philadelphia, Lippincott-Raven Press, 427-446 (1996)

Jungmann, P. M., Kraus, M.S., Nardo, L., Liebl, H., Alizai, H., Joseph, G.B.: T 2 relaxation time measurements are limited in monitoring progression, once advanced cartilage defects at the knee occur: Longitudinal data from the osteoarthritis initiative. *J Magn Reson Imaging* 38 (6), 1415–1424 (2013a)

Karataglis, D., Learmonth, D.: Management of big osteochondral defects of the knee using osteochondral allografts with the MEGA-OATS technique. *The Knee* 12 (5), 389–393 (2005)

Kellgren, J.H., Lawrence, J. S.: Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* (16), 494–502 (1957)

Kim, H. K., Moran, M. E., Salter, R. B.: The potential for regeneration of articular cartilage in defects created by chondral shaving and subchondral abrasion. An experimental investigation in rabbits. *J Bone Joint Surg Am* 73 (9), 1301–1315 (1991)

Kirkley, A., Birmingham, T. B., Litchfield, R.B., Giffin, J.R., Willits, K. R., Wong, C.J., Feagan, B.G., Donner, A., Griffin, S.H., D’Ascanio, L.M., Pope, J.M., Fowler, P.J.: A Randomized Trial of Arthroscopic Surgery for Osteoarthritis of the Knee. *N Eng J Med* 359 (11), 1097–1107 (2008)

Koff, M.F, Amrami, K.K., Kaufman, K.R: Clinical evaluation of T2 values of patellar cartilage in patients with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 15 (2), 198–204 (2007)

Könst, Y. E., Benink, R. J., Veldstra, R., Krieke, T. J., Helder, M. N., Royen, B. J.: Treatment of severe osteochondral defects of the knee by combined autologous bone grafting and autologous chondrocyte implantation using fibrin gel. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20 (11), 2263–2269 (2012)

Kreuz, P.C, Steinwachs, M., Erggelet, C., Krause, S.J, Ossendorf, C., Maier, D., Ghanem, N., Uhl, M., Haag, M.: Classification of graft hypertrophy after autologous chondrocyte implantation of full-thickness chondral defects in the knee. *Osteoarthritis Cartilage* 15 (12), 1339–1347 (2007)

Krishnan, S. P.: Who is the ideal candidate for autologous chondrocyte implantation? *J Bone Joint Surg* 88, 61–64 (2006)

Kuettner, K. E.: Biochemistry of Articular Cartilage in Health and Disease. *Clinical Biochemistry* 25, 155–163 (1992)

Laprell, H., Petersen, W.: 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, 248–253 (2001)

Luke, A. C., Stehling, C., Stahl, R., Li, X., Kay, T., Takamoto, S., Ma, B., Majumdar, S., Link, T.: High-Field Magnetic Resonance Imaging Assessment of Articular Cartilage Before and After Marathon Running: Does Long-Distance Running Lead to Cartilage Damage? *Am J Sports Med* 38 (11), 2273–2280 (2010)

Lysholm, J., Gillquist, J.: Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10 (3), 150–154 (1982)

Madry H., Grün, U. W., Knutsen, G.: Cartilage Repair and Joint Preservation. *Deutsches Ärzteblatt* 108 (40), 669-677 (2011)

Mankin, H. J.: Current Concepts Review: The Response of Articular Cartilage to Mechanical Injury. *J Bone Joint Surg (Am)* (64), 460–466 (1982)

Marcacci, M., Kon, E., Delcogliano, M., Filardo, G., Busacca, M., Zaffagnini, S.: Arthroscopic Autologous Osteochondral Grafting for Cartilage Defects of the Knee: Prospective Study Results at a Minimum 7-Year Follow-up. *Am J Sports Med* 35 (12), 2014–2021 (2007)

Marcacci, M., Filardo, G., Kon, E.: Treatment of cartilage lesions: What works and why? *Injury* 44, 11–15 (2013)

Marlovits, S., Nürnberger, S., Kolonja, A., Singer, P., Zeller, P., Mandl, I., Vacsei, V.: Matrixgekoppelte autologe Knorpelzelltransplantation. *Trauma Berufskrankh* 6 (4), 314–323 (2004a)

Marlovits, S., Singer, P., Zeller, P., Mandl, I., Haller, J., Trattnig, S.: Magnetic resonance observation of cartilage repair tissue (MOCART) for the evaluation of autologous chondrocyte transplantation: Determination of interobserver variability and correlation to clinical outcome after 2 years. *Eur J Rad* 57 (1), 16–23 (2006)

Marlovits, S., Striessnig, G., Resinger, C.T., Aldrian, S.M., Vecsei, V., Imhof H., Trattnig, S.: Definition of pertinent parameters for the evaluation of articular cartilage repair tissue with high-resolution magnetic resonance imaging. *Eur J Rad* 52 (3), 310–319 (2004)

Martinek, V.: Anatomie und Pathophysiologie des hyalinen Knorpels. , *Deut Z Sportmed* 54 (6), 166-170 (2003)

Minzlaff, P., Braun, S., Haller, B., Wörtler, K., Imhoff, A.B: Der autologe Transfer der posterioren Femurkondyle bei ausgedehnten osteochondralen Schäden des Knies. *Orthopäde* 39 (6), 631–636 (2010)

Minzlaff, P.: Klinische und radiologische mittel- bis langfristige Ergebnisse nach posteriorem Kondylentransfer (PCT) und MegaOATS. *Disseration der TUM* (2007)

Moran, C.J., Pascual-Garrido, C., Chubinskaya, S., Potter, H.G., Warren, R.F. Cole, B.J., Rodeo, S. A.: Restoration of Articular Cartilage. *J Bone Joint Surg* 96 (4), 336–344 (2014)

Mosher, T. J., Dardzinski, B. J., Smith, M. B.: Human Articular Cartilage: Influence of Aging and Early Symptomatic Degeneration on the Spatial Variation of T2—Preliminary Findings at 3 T. *Radiology* 214 (1), 259–266 (2000)

Müller, B., Kohn, D.: Indikation und Durchführung der Knorpel-Knochen-Anbohrung nach Pridie. *Orthopäde* (28), 4-10 (1999)

Newbould, R. D., Miller, S. R., Toms, L. D., Swann, P., Tielbeek, J. A.W., Gold, G., Robin, E., Strachan, K., Taylor, P.C., Matthews, P.M., Brown, A.P.: T2* measurement of the knee articular cartilage in osteoarthritis at 3T. *J Magn Res Imag* (6), 1422-1429 (2012)

Niemeyer, P., Salzmann, G., Hirschmüller, A., Südkamp, N.: Einflussfaktoren auf das Behandlungsergebnis nach autologer Knorpelzelltransplantation (ACT) am Kniegelenk. *Z Orthop Unfall* 150 (1), 83–88 (2012)

Ochs, B.G., Muller-Horvat, C., Albrecht, D., Schewe, B., Weise, K., Aicher, W.K., Rolaußs, B.: Remodeling of Articular Cartilage and Subchondral Bone After Bone

Grafting and Matrix-Associated Autologous Chondrocyte Implantation for Osteochondritis Dissecans of the Knee. *Am J Sports Med* 39 (4), 764–773 (2011)

Ochs, B.G., Müller-Horvat, C., Rolauffs, B., Fritz, J., Weise, K., Schewe, B.: Einzeitige Rekonstruktion osteochondraler Defekte am Kniegelenk bei Osteochondrosis dissecans. *Z Orthop Unfall* 145 (2), 146–151 (2007)

Outerbridge, R. E.: The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg [Br]* 43-B, 752–757 (1961)

Ovesen, J., Olsen, B.S, Johannsen, H.V.: The clinical outcomes of mosaicplasty in the treatment of osteochondritis dissecans of the distal humeral capitellum of young athletes. *J Shoulder Elbow Surg* 20 (5), 813–818 (2011)

Pestka, J. M., Bode, G., Salzmann, G., Sudkamp, N. P., Niemeyer, P.: Clinical Outcome of Autologous Chondrocyte Implantation for Failed Microfracture Treatment of Full-Thickness Cartilage Defects of the Knee Joint. *Am J Sports Med* 40 (2), 325–331 (2012)

Peterson, L., Minas, T., Brittberg, M., Lindahl, A.: Treatment of Osteochondritis Dissecans of the Knee with Autologous Chondrocyte Transplantation. Results at two to ten years. *J Bone Joint Surg (Am)* 85-A, suppl. 2 (2003)

Peterson, L., Vasiliadis, H. S., Brittberg, M., Lindahl, A.: Autologous Chondrocyte Implantation: A Long-term Follow-up. *Am J Sports Med* 38 (6), 1117–1124 (2010)

Petersen, W., Zelle, S., Zantop, T.: Arthroscopic implantation of a three dimensional scaffold for autologous chondrocyte transplantation. *Arch Orthop Trauma Surg* 128 (5), 505–508 (2008)

Petri, M., Ettinger, M., Falck, C., Hawi, N., Jagodzinski, M., Haasper, C.: Reconstruction of osteochondral defects by combined bone grafting and a bilayer collagen membrane as a sandwich technique. *Orthop Rev (Pavia)* 5 (4) (2013)

Pridie, K.H.: A method of resurfacing osteoarthritic knee joints. *J Bone Joint Surg [Br]* 41 (B), 618–619 (1959)

Rahul, V., Scott, D.: Unicompartamental Knee Arthroplasty. Long-Term Results. *Clin Orthop Rel Res* 392, 272–278 (2001)

Redman, S. N., Oldfield, S. F., Archer C. W.: Current strategies for articular cartilage repair. *Eur Cell Mat* 9, 23–32 (2005)

Reijman, M., Pols, H. A. P., Bergink, A. P., Hazes, J. M. W., Belo, J. N., Lieveense, A. M., Bierma-Zeinstra, S. M. A.: Body mass index associated with onset and progression of osteoarthritis of the knee but not of the hip: The Rotterdam Study. *Ann Rheum Dis* 66 (2), 158–162 (2006)

Robert, H.: Chondral repair of the knee joint using mosaicplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 97 (4), 418–429 (2011)

Roos, E. (2012) KOOS German LK1.01(<http://www.koos.nu/KOOSGuide>) Stand: 31.07.2015

Schewe, B., Weise, K.: Therapie von Knorpelschäden. *Trauma Berufskrankh* 8 (Suppl. 1), 49-54 (2006)

Schmitt, H., Kappel, H., Moser, M.T., Cardenas-Montemayor, E., Engelleiter, K., Kuni, B., Clarius, M.: Determining knee joint alignment using digital photographs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthr* 16 (8), 776–780 (2008)

Schumacher, B. L., Su, J.L., Lindley, K. M., Kuettner, K. E., Cole, A. A.: Horizontally oriented clusters of multiple chondrons in the superficial zone of ankle, but not knee articular cartilage. *Anat. Rec* 266 (4), 241–248 (2002)

Steadman, J., Briggs, K., Rodigo, J., Kocher, M., Gill, T., Rodkey, W.: Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: Average 11-year follow-up. *Arthroscopy: J Arthr Rel Surg* 19 (5), 477–484 (2003)

Steadman, J.R., Rodkey, W.G., Singleton, S.B., Briggs, K.K.: Microfracture technique for full-thickness chondral defects: Technique and clinical results. *Oper Tech Orthop* 7, 300–304 (1997)

Stehling, C., Baum, T., Mueller-Hoecker, C., Liebl, H., Carballido-Gamio, J., Joseph, G.B., Majumdar, S., Link, T.M.: A novel fast knee cartilage segmentation technique for T2 measurements at MR imaging – data from the Osteoarthritis Initiative. *Osteoarthritis Cartilage* 19 (8), 984–989 (2011)

Steinhagen, J., Bruns, J., Deuretzbacher, G., Ruether, W., Fuerst, M., Niggemeyer, O.: Treatment of osteochondritis dissecans of the femoral condyle with autologous bone grafts and matrix-supported autologous chondrocytes. *Int Orthop* 34 (6), 819–825 (2010)

Stockwell, R. A.: Chondrocytes. *J Clin Path* (12), 7-13 (1978)

Stockwell, R. A.: The cell density of human articular and costal cartilage. *J Anat* (4), 753-763 (1967)

Surowiec, R.K., Lucas, E.P., Fitzcharles, E.K., Petre, B.M., Dornan, G.J., Giphart, J.E., LaPrade, R.F., Ho, C.P.: T2 values of articular cartilage in clinically relevant subregions of the asymptomatic knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6 (2013)

Tegner, Y., Lysholm, J.: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 198, 43–49 (1985)

Tetta, C., Busacca, M., Moio, A., Rinaldi, R., Delcogliano, M., Kon, E., Filardo G. Marcacci, M., Albisinni, U.: Knee Osteochondral Autologous Transplantation: Long-term MR findings and clinical correlations. *Eur J Rad* 76 (1), 117–123 (2010)

Trattnig, S., Marlovits, S., Jurvelin J.S., Welsch, G.H., Potter, H. G.: Magnetic Resonance Imaging of Cartilage Repair: A Review. *Cartilage* 2 (1), 5–26 (2011)

van Susante, J. L. C., Wymenga, A. B., Buma, P.: Potential healing benefit of an osteoperiosteal bone plug from the proximal tibia on a mosaicplasty donor-site defect in the knee. *Arch Orthop Trauma Surg* 123 (9), 466–470 (2003)

Vilchez F., Lara J., Álvarez-Lozano, E., Cuervo, C. E., Mendoza, O. F., Acosta-Olivo, C. A.: Knee chondral lesions treated with autologous chondrocyte transplantation in a tridimensional matrix: clinical evaluation at 1-year follow-up. *J Orthop Traumatol* 10 (4), 173–177 (2009)

Vincent, K. R., Conrad, B.P., Fregly, B.J., Vincent, H.K: The Pathophysiology of Osteoarthritis: A Mechanical Perspective on the Knee Joint. *PM&R* 4 (5), 3-9 (2012)

Welsch, U.: Sobotta Lehrbuch Histologie. Zytologie, Histologie, Mikroskopische Anatomie, Urban & Fischer, München, 2. Auflage (2006)

White, L. M., Sussman, M. S., Hurtig, M., Probyn, L., Tomlinson, G., Kandel, R.: Cartilage T2 Assessment: Differentiation of Normal Hyaline Cartilage and Reparative Tissue after Arthroscopic Cartilage Repair in Equine Subjects. *Radiology* (2), 407-414 (2006)

Windt, T.S., Welsch, G.H., Brittberg, M., Vonk, L.A., Marlovits, S., Trattnig, S., Saris, D.B.F.: Is Magnetic Resonance Imaging Reliable in Predicting Clinical Outcome After

Articular Cartilage Repair of the Knee?: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 41 (7), 1695–1702 (2013)

Zhang, Y., Jordan, J. M.: Epidemiology of Osteoarthritis. *Clin Ger Med* 26 (3), 355–369 (2010)

13. **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Chondrozyten des menschlichen Femurkondyls.....	13
Abbildung 2: Schichten des Gelenkknorpels. Superfizialschicht	15
Abbildung 3: Markierung des Defektes aus (Brucker et al. 2008).....	25
Abbildung 4: Ausmessen der Defektgröße aus (Brucker et al. 2008).....	26
Abbildung 5: Ausfräsen der Sklerosezone des Defekts aus (Brucker et al. 2008)	26
Abbildung 6: Vorbereitung und Tiefenmessung des Defektbettes aus (Brucker et al. 2008).....	27
Abbildung 7: Osteotomie des posterioren Femurkondylus aus (Brucker et al. 2008)	27
Abbildung 8: Osteotomie des posterioren Femurkondylus unter neurovaskulärem Schutz mittels Hohmann-Haken aus (Brucker et al. 2008).....	28
Abbildung 9: Gewinnen des osteochondralen Transplantats mittels Hohlfräse in der Arthrex Mega-OATS Workstation aus (Brucker et al. 2008).....	29
Abbildung 10: Kniegelenk mit in „Press-fit“-Technik eingebrachtem Mega-OATS Zylinder aus (Brucker et al. 2008).....	30
Abbildung 11: Kontaktiertes Patientenkollektiv	32
Abbildung 12: Body Mass Index (BMI).....	33
Abbildung 13: Durchschnittliche Größe des Knorpeldefektes in der Belastungszone am Femurkondylus	34
Abbildung 14: Anzahl der Vor-Operationen	35
Abbildung 15: Art der Vor-Operationen	35
Abbildung 16: Follow – Up des untersuchten Patientenkollektivs in Monaten.....	36
Abbildung 17: Fotografische Vermessung der Beinachse 10 Jahre postoperativ	39
Abbildung 18: MRT ROI (Region of Interest).....	50

Abbildung 19: Zufriedenheit des untersuchten Patientenkollektivs mit dem Operationsergebnis 10 Jahre postoperativ	52
Abbildung 20: Operation erneut 10 Jahre postoperativ	52
Abbildung 21: Subjektives Instabilitätsgefühl 10 Jahre postoperativ	53
Abbildung 22: Subjektives Schmerzempfinden 10 Jahre postoperativ	54
Abbildung 23: Einnahme von Schmerzmedikamenten 10 Jahre postoperativ.....	54
Abbildung 24: Flexionsdefizit in Grad des operierten Kniegelenks 10 Jahre postoperativ	55
Abbildung 25: Streckdefizit in Grad des operierten Kniegelenks 10 Jahre postoperativ	56
Abbildung 26: Lysholm Score unmittelbar präoperativ	57
Abbildung 27: Lysholm Score 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv	58
Abbildung 28: Vergleich des Lysholm Scores präoperativ zu 10 Jahre postoperativ	59
Abbildung 29: Einfluss der HTO auf den Lysholm Score präoperativ und 10 Jahre postoperativ	60
Abbildung 30: Tegner Aktivitäts-Index: Vergleich der Werte bei dem untersuchten Patientenkollektiv präoperativ und 10 Jahre postoperativ.....	62
Abbildung 31: Einfluss der HTO auf den Tegner Aktivitäts-Index bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	63
Abbildung 32: IKDC (subjektiver Teil) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	64
Abbildung 33: Einfluss der HTO auf den IKDC Score (subjektiver Teil) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	65
Abbildung 34: IKDC Score (objektiver Teil) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	66
Abbildung 35: KOOS 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv	68
Abbildung 36: Beeinflussung des KOOS (Symptome) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	69
Abbildung 37: Beeinflussung des KOOS (Schmerzen) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	69
Abbildung 38: Beeinflussung des KOOS (Aktivitäten des täglichen Lebens) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	70

Abbildung 39: Beeinflussung des KOOS (Sport und Freizeit) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	70
Abbildung 40: Beeinflussung des KOOS (Quality of Life) durch die HTO bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	71
Abbildung 41: Korrelation zwischen dem BMI und dem IKDC Score (subjektiver Teil) 10 Jahre postoperativ	73
Abbildung 42: Korrelation zwischen dem BMI und dem Tegner Aktivitäts-Index 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	74
Abbildung 43: Korrelation zwischen dem Lysholm Score und dem Patientenalter 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	75
Abbildung 44: Beeinflussung des Lysholm Scores durch eine varischen Beinachse 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	77
Abbildung 45: Beeinflussung des Lysholm Scores durch eine valgischen Beinachse 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	78
Abbildung 46: Fragen zur Lebenszufriedenheit: Gewichtete Zufriedenheit (allgemeiner Teil) 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv...	80
Abbildung 47: Fragen zur Lebenszufriedenheit , gewichtete Zufriedenheit des Aspektes der Gesundheit 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	82
Abbildung 48: Farbkodierte T2-Maps, Pat. Nr. 36 10 Jahre postoperativ.....	92
Abbildung 49: Farbkodierte T2-Maps, Pat. Nr. 29 10 Jahre postoperativ.....	93
Abbildung 50: Korrelation des Lysholm Scores und dem BLOKS 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	96
Abbildung 51: Korrelation des BMI und dem MOCART-Scores 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	97
Abbildung 52: Kaplan-Meier-Überlebenskurve 10 Jahre postoperativ bei dem untersuchten Patientenkollektiv.....	98

14. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: <i>Protokoll der Kernspintomografie</i>	45
Tabelle 2: <i>Boston-Leeds-Osteoarthritis-Knee-Score (BLOKS)</i>	47
Tabelle 3: <i>MOCART- Score</i>	49
Tabelle 4: <i>Lysholm Score zum Zeitpunkt präoperativ / 5,5 Jahre / aktuell.</i>	58
Tabelle 5: <i>Lysholm Score präoperativ/ aktuell</i>	59
Tabelle 6: <i>IKDC subjektiver Teil. 5,5 Jahre / aktuell 11 Jahre</i>	64
Tabelle 7: <i>IKDC objektiver Teil / aktuell</i>	66
Tabelle 8: <i>KOOS / aktuell</i>	67
Tabelle 9: <i>Korrelation: BMI / Klinische Scores</i>	72
Tabelle 10: <i>Korrelation: Patientenalter / klinische Scores</i>	74
Tabelle 11: <i>Fotografische Ganzbeinvermessung</i>	75
Tabelle 12: <i>Beeinflussung der Beinachse auf die klinischen Scores</i>	76
Tabelle 13: <i>Fragen zur Lebenszufriedenheit: Wichtigkeit / allgemeiner Teil</i>	79
Tabelle 14: <i>Fragen zur Lebenszufriedenheit, gewichtete Zufriedenheit, / allgemeiner Teil</i>	79
Tabelle 15: <i>Fragen zur Lebenszufriedenheit, Wichtigkeit / Gesundheit</i>	81
Tabelle 16: <i>Fragen zur Lebenszufriedenheit / Gesundheit / gewichtete Zufriedenheit</i>	82
Tabelle 17: <i>Fragen zur Gesundheit: Gesundheit im Allgemeinen.</i>	84
Tabelle 18: <i>Fragen zur Gesundheit: Eingeschränktheit bei Tätigkeiten</i>	90
Tabelle 19: <i>Fragen zur Gesundheit: Schwierigkeiten aufgrund körperlicher Gesundheit</i>	84
Tabelle 20: <i>Fragen zur Gesundheit: Schwierigkeiten aufgrund von seelischen Problemen</i>	84
Tabelle 21: <i>Fragen zur Gesundheit: Behinderung bei Tätigkeiten aufgrund von Schmerzen</i>	85
Tabelle 22: <i>Fragen zur Gesundheit: Gefühlslage</i>	85
Tabelle 23: <i>Fragen zur Gesundheit: Beeinträchtigung der sozialen Kontakte durch körperliche oder seelische Gesundheit</i>	85
Tabelle 24: <i>BLOKS, Knochenmarksläsionen</i>	87
Tabelle 25: <i>BLOKS, Knorpelschaden, Score 1</i>	87
Tabelle 26: <i>BLOKS, Knorpel, Score 2</i>	88

Tabelle 27: <i>BLOKS, Meniskus</i>	89
Tabelle 28: <i>BLOKS, Bandstrukturen</i>	89
Tabelle 29: <i>MOCART Score aktuell</i>	91
Tabelle 30: <i>T2 Mapping</i>	95
Tabelle 31: Korrelation Lysholm Score/ BLOKS	101
Tabelle 32: Korrelation BMI/ MOCART-Score	102

15. Anhang

1. Allgemeine Daten

Name _____

Vorname _____

Telefon _____

Email _____

Adresse _____

Geb. Datum _____

Alter

Größe

Gewicht

Beruf

2. Allgemeine Fragen

Wurden Sie nach der Knie-Operation an unserer Abteilung nochmals am Knie operiert?

Ja Nein

Wenn ja, welche und wann

Sind Sie zufrieden mit dem Ergebnis der Operation an Ihrem Kniegelenk?

Sehr zufrieden Zufrieden Bedingt zufrieden
Unzufrieden

Würden Sie die Operation bei sich nochmals durchführen lassen?

ja, würde ich wieder machen lassen würde ich nur noch ungern machen lassen
re li
nein niemals

Haben Sie aktuell Schmerzen im Knie?

re li re li
Ja, starke Schmerzen Ja, mässige Schmerzen
Ja, gelegentlich leichte Schmerzen Keine Schmerzen

Nehmen Sie zurzeit Schmerzmedikamente wegen des Knies?

re li re li re li
Ja, regelmässig Ja, bei Bedarf Nein

Wenn Sie Sport treiben, müssen Sie dann zur Durchführung Schmerzmedikamente nehmen?

re li re li re li
Ja, regelmässig Ja, bei Bedarf Nein

Haben Sie aktuell ein Instabilitätsgefühl im rechten Knie?

re li re li
Ja, schon bei alltäglichen Aktivitäten Ja, bei leichten sportlichen Aktivitäten
Ja, bei schweren sportlichen Aktivitäten Kein Instabilitätsgefühl

Haben Sie sich seit der OATS- bzw. Mega-OATS-Operation schwerere Verletzungen im Bereich des operierten Knies zugezogen?

Ja Nein

Wenn Ja, welche Operationen wurden wann durchgeführt:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Bestehen von der Operation unabhängige andere Beschwerden die eine Aktivität einschränken?

Ja Nein

Wenn ja, welche?

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Bestehen ansonsten Erkrankungen/Verletzungen im Bereich der Knochen, Gelenke, Bänder, Muskeln oder Sehnen?

Ja Nein

Wettkampfsport: (National/ International)

Fussball/ Hallensport mit Gegnerkontakt

10

Wenn Ja, welche und wann:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Subjektive Einschätzung des operierten Knies im Vergleich zum nicht operierten.

Knie rechts : Normal Fast Normal Nicht Normal Völlig Abnormal

Knie links : Normal Fast Normal Nicht Normal Völlig Abnormal

Haben Sie sonstige Nebenerkrankungen (Herz, Leber, Niere, Lunge, Schilddrüse)?

Rauchen Sie?

Ja Nein

Wenn ja, wie viel und seit wann?

Trinken Sie Alkohol?

Täglich Gelegentlich Nein

Wenn täglich oder gelegentlich, wie viel?

Welche sportlichen Aktivitäten üben Sie aktuell noch zusätzlich aus? (Art der Sportart, Dauer, Intensität)

1. _____
 2. _____
 3. _____
- usw.

<p>Wettkampfsport: - Regional (Fussball/ Gegnerkontakt) Ballsportarten mit</p> <p>- International (Abfahrtski/ Gegnerkontakt) Ballsportarten ohne</p>	9
<p>Wettkampfsport:</p> <p>Squash, Badminton, Leichtathletik (Sprungsportarten), Abfahrtski</p>	8
<p>Wettkampfsport:</p> <p>Tennis, Leichtathletik (Laufsportarten), Handball, Basketball, Motorrad</p> <p>Freizeitsport:</p> <p>Fußball, Eishockey, Squash, Leichtathletik (Sprungsportarten), Orientierungslauf, Crosslauf</p>	7
<p>Freizeitsport</p> <p>Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Abfahrtski,</p> <p>Jogging (mind. 5 mal wöchentlich)</p>	6
<p>- Schwere Körperliche Arbeit (Z.B. Bauarbeiter)</p> <p>- Freizeitsport: Radfahren, Jogging auf unebenem Untergrund (mind. 2 mal wöchentlich)</p>	5
<p>- mittelschwere Arbeit (z.B. Fernfahrer)</p> <p>- Freizeitsport</p> <p>Radfahren, Skilanglauf, Jogging auf ebenem Untergrund (mind. 2 mal wöchentlich)</p>	4
<p>- leichte Arbeit (z.B. Krankenschwester)</p> <p>Wettkampf- und Freizeitsport:</p> <p>Schwimmen/ Gehen im Wald möglich</p>	3

- Leichte Arbeit - Gehen auf unebenem Grund möglich, aber Gehen im Wald	2
- sitzende Tätigkeit - Gehen auf ebenem Untergrund möglich	1
Bettlägerigkeit oder Invalidität, Rente wegen Knieproblemen	0

„KOOS“ KNIEFRAGEBOGEN

Datum: ____/____/____ Geburtsdatum: ____/____/____

Patienten Nr: _____

ANLEITUNG: Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie haben. Die dadurch gewonnene Information wird uns helfen zu überwachen, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihre üblichen Aktivitäten zu verrichten.

Beantworten Sie bitte jede Frage durch ankreuzen des zugehörigen Kästchens. Bitte nur ein Kästchen pro Frage ankreuzen. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.

Symptome

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden von Seiten Ihres Kniegelenkes in der **vergangenen Woche**.

S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

niemals selten manchmal oft immer

S2. Fühlen Sie manchmal ein Mahlen, hören Sie manchmal ein Klicken oder irgendein Geräusch, wenn Sie Ihr Knie bewegen?

niemals selten manchmal oft immer

S3. Bleibt Ihr Knie manchmal hängen, oder blockiert es, wenn Sie es bewegen?

niemals selten manchmal oft immer

S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

immer oft manchmal selten nie

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer oft manchmal selten nie

Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der **letzten Woche**. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

S6. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

S7. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit nach dem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten im Verlauf des Tages?

keine schwach mäßig stark sehr stark

Schmerzen

P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?

niemals monatlich wöchentlich täglich immer

Wie ausgeprägt waren Ihre Schmerzen in der vergangenen Woche als Sie z.B.:

P2. sich im Knie drehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P4. Ihr Knie ganz beugen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P5. auf ebenem Boden gehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P6. Treppen herauf oder heruntergehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P7. nachts im Bett liegen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P8. saßen oder lagen, z.B. auf der Couch?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P9. aufrecht standen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

Aktivitäten des täglichen Lebens

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit sich selbständig zu bewegen bzw. sich selbst zu versorgen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie letzte Woche als Sie z.B.:

A1. Treppen herunterstiegen?

keine wenig einige große sehr große

A2. Treppen hinaufstiegen?

keine wenig einige große sehr große

A3. vom Sitzen aufstanden?

keine wenig einige große sehr große

Welche Schwierigkeiten hatten Sie letzte Woche als Sie z.B.:

A4. standen?

keine wenig einige große sehr große

A5. sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?

keine wenig einige große sehr große

A6. auf ebenen Boden gingen?

keine wenig einige große sehr große

A7. ins Auto ein- oder ausstiegen?

keine wenig einige große sehr große

A8. einkaufen gingen?

keine wenig einige große sehr große

A9. Strümpfe/Socken anzogen?

keine wenig einige große sehr große

A10. vom Bett aufstanden?

keine wenig einige große sehr große

A11. Strümpfe/Socken auszogen?

keine wenig einige große sehr große

A12. im Bett lagen und sich drehten, ohne das Knie dabei zu beugen?

keine wenig einige große sehr große

A13. in oder aus der Badewanne kamen?

keine wenig einige große sehr große

A14. saßen?

keine wenig einige große sehr große

A15. sich auf die Toilette setzten oder aufstanden?

keine wenig einige große sehr große

A16. schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben, ...)?

keine wenig einige große sehr große

A17. leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen, ...)?

keine wenig einige große sehr große

Sport und Freizeit

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit im Rahmen eher sportlicher Aktivitäten. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Hatten Sie Schwierigkeiten letzte Woche als Sie z.B.:

SP1. in die Hocke gingen?

keine wenig einige große sehr große

SP2. rannten?

keine wenig einige große sehr große

SP3. hüpfen?

keine wenig einige große sehr große

SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?

keine wenig einige große sehr große

SP5. sich hinknieten?

keine wenig einige große sehr große

Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie

Q1. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?

nie monatlich wöchentlich täglich immer

Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

nicht wenig etwas stark vollständig

Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, daß Ihr Knie nicht stabil ist?

gar nicht wenig einiges schlimm sehr schlimm

Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten die Sie durch das Knie haben?

keine wenig etwas große sehr große

Vielen Dank für die Beantwortung aller Fragen dieses Fragebogens

LYSHOLM- Kniebogen Knie

Bitte das Entsprechende ankreuzen

Hinken

- niemals
- leicht oder periodisch
- stark oder permanent

Treppen steigen

- ohne Probleme
- mit leichter Beeinträchtigung
- nur Schritt für Schritt
- überhaupt nicht, ist unmöglich

Gefühl der Instabilität

- nie
- mäßig beim Sport oder anderer starker Belastung
- häufig beim Sport oder anderer starker Belastung
- gelegentlich bei täglichen Aktivitäten
- häufig bei täglichen Aktivitäten
- bei jedem Schritt

Schwellung

- nie
- gelegentlich
- bei starker Beanspruchung
- bei leichter Beanspruchung
- permanent

Belastung

- uneingeschränkt möglich
- ist nur mit Stock oder Gehhilfe möglich
- ist überhaupt nicht möglich

In die Hocke gehen

- ohne Probleme
- mit leichter Beeinträchtigung
- nicht über 90° im Kniegelenk
- überhaupt nicht, ist unmöglich

Schmerzen

- nie
- unkonstant und leicht bei starker Belastung
- beim Wegknicken des Beines
- bei starker Beanspruchung
- bei Spaziergängen von 2km und mehr
- bereits bei Spaziergängen von weniger als 2km
- permanent und stark

Muskelschwäche des/ der Beine(s) ?

- keine
- gering (Oberschenkelumfang 1-2 cm verringert)
- ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als 2 cm verringert)
-

2000

144

FORMBLATT ZUR SUBJEKTIVEN BEURTEILUNG DES KNIES

Name _____

Heutiges Datum: _____ / _____ / _____ Datum der Verletzung _____ / _____ / _____
Tag Monat Jahr Tag

Monat Jahr

SYMPTOME*:

* Wählen Sie zur Beurteilung der Symptome die höchste Aktivitätsstufe, die Sie Ihrer Meinung nach ohne erhebliche Symptome ausüben könnten, selbst wenn Sie auf dieser Stufe keine Aktivitäten ausüben.

1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (Nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen).

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Nie ständig Schmerzen

3. Wie stark sind Ihre Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 Keine
 Schmerzen
unerträgliche Schmerzen

4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?

- überhaupt nicht
- etwas
- ziemlich
- sehr
- extrem

5. Was ist das höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund eines geschwollenen Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?

- Ja Nein

1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche durch Knieschwäche verursachte Gangunsicherheit einhalten können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund der Knieschwäche keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

(page 8)

SPORTLICHE BETÄTIGUNG:

8. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?

	extrem	überhaupt nicht schwierig	unmöglich schwierig	minimal schwierig	ziemlich schwierig	
a. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Treppe hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Auf dem vorderen Knie knien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Hochspringen betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	und	<input type="checkbox"/>	auf	<input type="checkbox"/>	dem <input type="checkbox"/>
i. Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

FUNKTION:

10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport auszuführen

FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KNEIVERLETZUNG:

Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen

Keine

Einschränkung

der

täglichen

Aktivitäten

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES:

Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen

Keine

Einschränkung

der

täglichen

Aktivitäten

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

FORMBLATT ZUR UNTERSUCHUNG DES KNIES

Name des Patienten _____

Geburtsdatum: ____/____/____

Tag Monat Jahr

Geschlecht: W M **Alter:** _____

Untersuchungsdatum:

____/____/____

Tag Monat Jahr

Allgemeine Laxizität: verminderte Laxizität normal erhöhte Laxizität

Beinachse: eindeutig Varus normal eindeutig Valgus

Patellastellung: baja normal alta

Subluxation/Dislokation der Patella: zentriert sublaxierbar sublaxiert disloziert

Bewegungsausmaß (Streckung/Beugung): Betroffene Seite: passiv ____/____/____
 aktiv ____/____/____

Normale Seite: passiv ____/____/____

____/____/____ aktiv ____/____/____

SIEBEN GRUPPEN

VIER GRADE *GRUPPENGRAD

	Normal	Fast normal	Abnormal	Deutlich abnormal	A	B	C	D
1. Erguß	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> leicht	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Passives Bewegungsdefizit								
Δ Streckdefizit	<input type="checkbox"/> < 3°	<input type="checkbox"/> 3-5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> > 10°				
Δ Beugedefizit	<input type="checkbox"/> 0-5°	<input type="checkbox"/> 6-15°	<input type="checkbox"/> 16-25°	<input type="checkbox"/> > 25°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ligamentuntersuchung (manuell, instrumentell, Röntgen)								
Δ Lachman Test (25° Beugung (134 N))	<input type="checkbox"/> -1-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm (1+)	<input type="checkbox"/> 6-10mm (2+)	<input type="checkbox"/> >10mm (3+)				
		<input type="checkbox"/> <-1- -3	<input type="checkbox"/> < -3 steif					
Δ Lachman Test (25° Beugung) manuell, max.	<input type="checkbox"/> -1-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Vorderer Endpunkt:	<input type="checkbox"/> fest		<input type="checkbox"/> unsicher					
Δ Gesamt AP-Translation (25°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Gesamt AP-Translation (70°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Hintere Schublade (70°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Valgusstress	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Varusstress	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Außenrotationstest (30°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> >20°				
Δ Außenrotationstest (90°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> >20°				
Δ Pivot shift	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> +Gleiten	<input type="checkbox"/> ++(dumpf)	<input type="checkbox"/> +++ (laut)				
Δ Reverse pivot shift	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> Gleiten	<input type="checkbox"/> stark	<input type="checkbox"/> ausgeprägt			<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
4. Kompartimentbefunde		Krepitation	Krepitation mit					
Δ Krepitation anterior (PF)	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz				
Δ Krepitation mediales Komp.	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz				
Δ Krepitation laterales Komp.	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz				
1. Transplantatentnahmeformbidität	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich				
6. Röntgenbefund:								
Medialer Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich				

Lateraler Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich
Femoropatellar-Gelenk	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich
Vorderer Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich
Hinterer Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich

7. Funktionstest

Hüpfen auf einem Bein $\geq 90\%$ 89-76% 75-50% $< 50\%$
(in % der gegenüberliegenden Seite)

** Abschlußbeurteilung

* Gruppengrad: Der Gruppengrad richtet sich nach dem niedrigsten Grad innerhalb einer Gruppe.

** Abschlußbeurteilung: Bei akuten und subakuten Patienten richtet sich die Abschlußbeurteilung nach dem schlechteren Gruppengrad. Bei chronischen Patienten wird die prä- und postoperative Beurteilung verglichen. Bei einer Abschlußbeurteilung werden nur die ersten drei Gruppen beurteilt, jedoch werden alle Gruppen dokumentiert.

Der Unterschied zwischen dem betroffenen Knie und dem normalen Knie, bzw. dem, was als normal angesehen wird.

IKDC-AUSSCHUSS:

AOSSM: Anderson, A., Bergfeld, J., Boland, A., Dye, S., Feagin, J., Hamer, C., Mohtadi, N., Richmond, J., Shelbourne, D., Terry, G.

ESSKA: Staubli, H., Hefti, F., Höher, J., Jacob, R., Müller, W., Neyret, P.

APOSSM: Chan, K., Kurosaka, M.

Bei den folgenden Fragen geht es darum, wie **zufrieden** Sie mit Ihrem Leben und mit einzelnen Aspekten Ihres Lebens sind. Außerdem sollen Sie angeben, wie **wichtig** einzelne Lebensbereiche (z.B. Beruf oder Freizeit) für Ihre Zufriedenheit und Ihr Wohlbefinden sind.

Bitte beantworten Sie **alle** Fragen, auch diejenigen, die scheinbar nicht auf Sie zutreffen: Wenn Sie z.B. keinen Partner haben, können Sie bei der Frage nach der "Partnerschaft" trotzdem angeben, wie wichtig Ihnen das wäre und wie zufrieden Sie mit der derzeitigen Situation (ohne Partner) sind.

Lassen Sie sich nicht davon beeinflussen, ob Sie sich im Augenblick gut oder schlecht fühlen, sondern versuchen Sie, bei Ihrer Beurteilung **die letzten vier Wochen** zu berücksichtigen.

Bitte kreuzen Sie zunächst an, **wie wichtig** jeder einzelne Lebensbereich für Ihre Zufriedenheit insgesamt ist. Bevor Sie beginnen, schauen Sie bitte erst alle Bereiche an.

Wie wichtig ist (sind) für Sie ...	nicht wichtig	etwas wichtig	ziemlich wichtig	sehr wichtig	extrem wichtig
1. Freunde / Bekannte _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Freizeitgestaltung / Hobbies _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Gesundheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Einkommen / finanzielle Sicherheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Beruf / Arbeit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Wohnsituation _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Familienleben / Kinder _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Partnerschaft / Sexualität _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte kreuzen Sie nun an, wie **zufrieden** Sie in den einzelnen Lebensbereichen sind.

Wie zufrieden sind Sie mit ...	un- zufrieden	eher un- zufrieden	eher zufrieden	ziemlich zufrieden	sehr zufrieden
1. Freunden / Bekannten _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Freizeitgestaltung / Hobbies _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Gesundheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Einkommen / finanzielle Sicherheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Beruf / Arbeit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Wohnsituation _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Familienleben / Kinder _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Partnerschaft / Sexualität _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem Leben insgesamt , wenn Sie alle Aspekte zusammennehmen? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Im folgenden ist der Bereich "Gesundheit" in verschiedene Aspekte unterteilt. Sie sollen auch hier wieder angeben, wie **wichtig** Ihnen einzelne Aspekte sind, und wie **zufrieden** Sie damit sind.

Bitte beantworten Sie **alle** Fragen. Lassen Sie sich nicht davon beeinflussen, ob Sie sich im Augenblick gut oder schlecht fühlen, sondern versuchen Sie, bei Ihrer Beurteilung die letzten **vier Wochen** zu berücksichtigen.

Bitte kreuzen Sie zunächst an, wie **wichtig** jeder einzelne Aspekt für Ihre Gesundheit ist. Bevor Sie beginnen, schauen Sie bitte **erst** alle Aspekte an.

Wie wichtig ist (sind) für Sie ...	nicht wichtig	etwas wichtig	ziemlich wichtig	sehr wichtig	extrem wichtig
1. Körperliche Leistungsfähigkeit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Entspannungsfähigkeit / Ausgeglichenheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Energie / Lebensfreude _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Fortbewegungsfähigkeit (z.B. gehen, Auto fahren) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Seh- und Hörvermögen _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Angstfreiheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Beschwerde- und Schmerzfreiheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Unabhängigkeit von Hilfe / Pflege _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte kreuzen Sie nun an, wie **zufrieden** Sie mit den einzelnen Aspekten sind.

Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer (Ihrem) ...	un- zufrieden	eher un- zufrieden	eher zufrieden	ziemlich zufrieden	sehr zufrieden
1. Körperlichen Leistungsfähigkeit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Entspannungsfähigkeit / Ausgeglichenheit _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Energie / Lebensfreude _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Fortbewegungsfähigkeit (z.B. gehen, Auto fahren) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Seh- und Hörvermögen _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ausmaß von Angst _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Ausmaß von Beschwerden und Schmerzen _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Unabhängigkeit von Hilfe / Pflege _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In diesem Fragebogen geht es um Ihre **Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes**. Der Bogen ermöglicht es nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen. Bitte beantworten Sie jede der (grau unterlegten) Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft. Berücksichtigen Sie die letzten 7 Tage.

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. <i>Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?</i>	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
2. mittelschwere Tätigkeiten , z. B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
3. mehrere Treppensätze steigen	1	2	3

Hatten Sie <i>in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit</i> irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja	Nein
4. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
5. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2

Hatten Sie in den <i>vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme</i> irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?	Ja	Nein
6. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
7. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

	Überhaupt nicht	Ein bißchen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie <i>in den vergangenen 4 Wochen</i> bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen <i>in den vergangenen 4 Wochen</i> gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die seinem/ihrer Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie <i>in den vergangenen 4 Wochen</i>	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
9. ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
10. voller Energie?	1	2	3	4	5	6
11. entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
12. Wie häufig habe Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme <i>in den vergangenen 4 Wochen</i> Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

16. Danksagung

Ich möchte mich recht herzlich bedanken bei:

- **Univ. Prof. Dr. A. Imhoff** für die Vergabe des Themas, die Durchführung der Promotionsarbeit in der Abteilung für Sportorthopädie und die Unterstützung im Rahmen der AGA-Students
- **Univ. Prof. E. Rummeny** für die Kooperation mit der Abteilung für Radiologie und die Durchführung der kernspintomografischen Aufnahmen
- **PD Dr. Dipl. Sport. P. Brucker** für die Betreuung meiner Dissertation, sowie die Unterstützung im Rahmen von wissenschaftlichen Vorträgen
- **PD Dr. J. Bauer** für die Unterstützung bei der Durchführung der kernspintomografischen Aufnahmen
- **Dr. P. Minzlaff, Dr. I. Banke** für die Unterstützung bei den Nachuntersuchungen der Patienten
- **PD. Dr. P. Jungmann** für die Unterstützung bei der Auswertung der kernspintomografischen Daten
- **Allen Patienten**, die an der Studie teilnahmen und einwilligten, die Daten zu verwenden
- **Dr. rer. Nat. A. Hapfelmeier** für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung
- **Allen Mitarbeitern der Sportorthopädie** für die gute Zusammenarbeit und den Sieg beim Drachenbootrennen 2013
- **Meiner Frau Regine Förchner** für die seelische und kulinarische Unterstützung während meines Medizinstudiums und meiner Promotionsarbeit
- **Meinen Eltern** für die finanzielle und herzliche Unterstützung zum Abschluss meines Medizinstudiums und der Durchführung der Doktorarbeit.

17. Eidestattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die Dissertation von mir selbstständig angefertigt wurde und alle von mir genutzten Hilfsmittel angegeben wurden.

Ich erkläre, dass die wörtlichen oder dem Sinne nach anderen Veröffentlichungen entnommenen Stellen von mir kenntlichgemacht wurden.

Datum

Unterschrift

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich mich bisher keiner weiteren Doktorprüfung unterzogen habe. Ich habe die Dissertation in der gegenwärtigen oder einer anderen Fassung an keiner anderen Fakultät eingereicht.

Datum

Unterschrift