

Aus der
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
an der Universität Tübingen

**Prognose der matrixassoziierten autologen
Chondrozytenimplantation (MACI) nach
osteocondralen Läsionen des Talus**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Gronbach, Hannes Tobias**

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. A. Ateschrang

2. Berichterstatter: Professor Dr. N. Wülker

Tag der Disputation: 09.01.2023

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung	1
1.1 Osteochondrale Läsionen des Talus	1
1.2 Epidemiologie.....	2
1.3 Anatomie und Physiologie des Talus	3
1.4 Diagnostik.....	7
1.5 Klassifikation.....	9
1.6 Konservative Therapie.....	11
1.7 Operative Therapie	12
1.7.1 Knochenmark-stimulierende Methoden (BMS)	13
1.7.2 Autologe Knorpel-Knochen-Transplantation (OATS).....	16
1.7.3 Autologe Chondrozytenimplantation (ACI) bzw. -transplantation (ACT) .	17
1.7.4 Matrixassoziierte autologe Chondrozytenimplantation (MACI) bzw. - transplantation (MACT)	18
1.8 Behandlungspfade	20
1.9 Fragestellung	22
2 Patienten und Methoden	23
2.1 Patientenkollektiv	23
2.2 Material und operatives Vorgehen	24

2.3	Erhobene Patientendaten	27
2.4	Klinische postoperative Nachuntersuchung	27
2.5	Funktionsscores	27
2.5.1	Visual-Analogue-Scale Foot and Ankle Score (VASFA)	27
2.5.2	Foot and Ankle Outcome Score (FAOS).....	28
2.5.3	American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS).....	28
2.6	Lebensqualität-Score EQ-5d-3L.....	28
2.7	Statistische Auswertung	29
3	Ergebnisse	31
3.1	Erhobene Patientendaten	31
3.1.1	Nachuntersuchungszeitraum.....	31
3.1.2	Geschlechterverteilung	32
3.1.3	Altersverteilung	32
3.1.4	Anteil Osteochondrosis dissecans und Knorpelläsion.....	33
3.1.5	Trauma oberes Sprunggelenk	33
3.1.6	Begleitläsionen	34
3.1.7	Läsionsgrad.....	34
3.1.8	Läsionsgröße.....	35
3.1.9	Läsionsort	35
3.1.10	Vorausgegangene Operationen.....	36
3.1.11	Intraoperative Komplikationen.....	36

3.1.12	Postoperative Komplikationen	36
3.1.13	Revisionsrate	36
3.1.14	Dauer von Arbeitsunfähigkeit, Therapie und Schmerzmitteleinnahme	37
3.1.15	Body-Mass-Index	38
3.1.16	Instabilität oberes Sprunggelenk	38
3.1.17	Return to sports Rate	39
3.1.18	Schmerzen oberes Sprunggelenk.....	39
3.1.19	Subjektiver Operationserfolg.....	41
3.2	Klinische postoperative Nachuntersuchung	41
3.2.1	Beinachse, Fußstellung und Gangbild	41
3.2.2	Fußödem	43
3.2.3	Periphere Durchblutung, Sensibilität und Reflexe	43
3.2.4	Muskelfunktionsprüfung, funktioneller Zehenstand und Beinumfang Unterschenkel	44
3.2.5	Beweglichkeit oberes und unteres Sprunggelenk.....	45
3.3	Funktionsscores und Lebensqualität-Score	46
3.3.1	Visual-Analogue-Scale Foot and Ankle Score (VASFA)	46
3.3.2	Foot and Ankle Outcome Score (FAOS).....	47
3.3.3	American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS).....	49
3.3.4	Lebensqualität-Score EQ-5d-3L.....	49
3.4	Statistische Zusammenhänge.....	54

4	Diskussion.....	57
4.1	Erhobene Patientendaten	57
4.2	Klinische postoperative Nachuntersuchung	62
4.3	Funktionsscores und Lebensqualität-Score	63
4.4	Statistische Zusammenhänge.....	65
4.5	Schlussfolgerung	67
5	Zusammenfassung	70
6	Literaturverzeichnis	73
7	Erklärungen zum Eigenanteil der Dissertationsschrift	83
8	Anhang.....	84
8.1	Aus Kapitel 1.5 Klassifikation	84
8.2	Aus Kapitel 1.8 Behandlungspfade	86
8.3	Aus Kapitel 2.6 Funktionsscores und Lebensqualitäts-Score	88
8.3.1	Visual-Analogue-Scale Foot and Ankle Score (VASFA)	88
8.3.2	Foot and Ankle Outcome Score (FAOS).....	89
8.3.3	American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS)	93
8.3.4	Lebensqualität-Score EQ-5d-3L	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fuß von cranial: Häufigste OCL-Lokalisation am Talus (Zeichnung Dr. med. M. Horisberger).	4
Abbildung 2: Zonen des hyalinen Knorpels.	5
Abbildung 3: Extrazelluläre Matrix des Knorpels.....	6
Abbildung 4: Struktur des Proteoglykans.....	6
Abbildung 5: Histologischer Schnitt eines Gelenkknorpels nach ICRS-Graden 1-3 (links nach rechts).	7
Abbildung 6: Klinischer Fall einer posteromedialen osteochondralen Läsion am Talus.	8
Abbildung 7: Arthroskopische Darstellung einer OLT.	9
Abbildung 8: ICRS-Klassifikation von Knorpelschäden.	10
Abbildung 9: Schematische Darstellung der Mikrofrakturierung (a-f).	15
Abbildung 10: Flussdiagramm. Studienpatientenverteilung und Teilnahme.	24
Abbildung 11: MACI 1.	26
Abbildung 12: MACI 2.	26
Abbildung 13: MACI 3.	26
Abbildung 14: Nachuntersuchungszeitraum.	31
Abbildung 15: Geschlechterverteilung.	32
Abbildung 16: Altersverteilung.	32
Abbildung 17: Anteil OD und KL.....	33

Abbildung 18: OSG-Trauma.	33
Abbildung 19: Begleitläsionen.	34
Abbildung 20: Läsionsgrad.	34
Abbildung 21: Läsionsgröße.	35
Abbildung 22: Läsionsort.	35
Abbildung 23: Vorausgegangene Operationen.....	36
Abbildung 24: Revisionsrate.	37
Abbildung 25: Dauer von Arbeitsunfähigkeit, Therapie und Schmerzmitteleinnahme.	37
Abbildung 26: Body-Mass-Index.	38
Abbildung 27: OSG-Instabilität.	38
Abbildung 28: Return to sports Rate / Einschränkungen beim Sport.	39
Abbildung 29: Ruheschmerz.	40
Abbildung 30: OSG-Belastungsschmerz.....	40
Abbildung 31: Subjektiver Operationserfolg / Patientenzufriedenheit.	41
Abbildung 32: Beinachse.	42
Abbildung 33: Fußstellung.	42
Abbildung 34: Gangbild.	42
Abbildung 35: Fußödem.	43
Abbildung 36: Sensibilität.	44
Abbildung 37: Funktioneller Zehenspitzenstand.....	45
Abbildung 38: Reduktion des Unterschenkelumfangs.	45

Abbildung 39: OSG-Bewegungseinschränkung.....	46
Abbildung 40: USG-Beweglichkeit.....	46
Abbildung 41: VASFA-Score.	47
Abbildung 42: FAOS-Score.	48
Abbildung 43: AOFAS-Score.	49
Abbildung 44: EQ-5D-3L Beweglichkeit / Mobilität.	50
Abbildung 45: EQ-5D-3L Beweglichkeit / Mobilität.	50
Abbildung 46: EQ-5D-3L Selbstversorgung.....	50
Abbildung 47: EQ-5D-3L Selbstversorgung.....	51
Abbildung 48: EQ-5D-3L allgemeine Tätigkeiten.....	51
Abbildung 49: EQ-5D allgemeine Tätigkeiten.....	51
Abbildung 50: EQ-5D EQ-5D-3L Schmerzen / körperliche Beschwerden.	52
Abbildung 51: EQ-5D Schmerzen / körperliche Beschwerden.....	52
Abbildung 52: EQ-5D EQ-5D-3L Angst / Niedergeschlagenheit.....	53
Abbildung 53: EQ-5D Angst / Niedergeschlagenheit.	53
Abbildung 54: EQ-5D-3L allgemeiner Gesundheitszustand.....	54
Abbildung 55: VASFA, Richter et al. (2006) (109-111). Ein Funktions-Score für Füße und das OSG.....	88
Abbildung 56: FAOS (Teil 1) (112-114). Ein Funktion-Score für Füße und das OSG.	89
Abbildung 57: FAOS (Teil 2) (112-114). Ein Funktion-Score für Füße und das OSG.	90
Abbildung 58: FAOS (Teil 3) (112-114). Ein Funktion-Score für Füße und das OSG.	91

Abbildung 59: FAOS (Teil 4) (112-114). Ein Funktion-Score für Füße und das OSG.	92
Abbildung 60: EuroQol Group, EQ-5d, VAS (118-120).	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ICRS und Outerbridge Klassifikation (2003) (41, 42).....	9
Tabelle 2: Übersicht zu Behandlungsempfehlungen einer OLT.	22
Tabelle 3: Statistische Zusammenhänge.....	56
Tabelle 4: Brittberg und Winalski (2003), ICRS-OCD-Klassifikation (41).	84
Tabelle 5: Berndt & Harty (1959), Loomer et al. (1993) OCL-Klassifikation (24, 44). 84	
Tabelle 6: Ferkel et al. (1990, CT-OCL-Klassifikation (45).....	84
Tabelle 7: Hepple et al (1999), MRT-OCL-Klassifikation (46).....	85
Tabelle 8: Imhoff und König (2003), OCL-Klassifikation (47).....	85
Tabelle 9: Zengerink et al. (2006), Richtlinie zur Behandlung einer OLT (62).....	86
Tabelle 10: Braun et al. (2007), Behandlungspfad einer OLT nach ICRS- Klassifikation von Knorpelschäden (59).....	86
Tabelle 11: Van Bergen et al. (2008), Richtlinie zur Behandlung einer OLT (60).....	86
Tabelle 12: Braun et al. (2007), Behandlungspfad einer OLT nach Läsionsgröße, Begleitschäden, Alter und Kosten (59).	87
Tabelle 13: Braun et al. (2007) (59), Imhoff und König (2003) (47), ICRS- Klassifikation - Stadiengerechte Therapievorschläge bei osteocondralen Schäden.	87
Tabelle 14: AOFAS-Score (115-117).....	93
Tabelle 15: EuroQol Group, EQ-5d-3L, Fragebogen (118-120).....	94

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
ACI	Autologe Chondrozytenimplantation
ACT	Autologe Chondrozytentransplantation
ADL	Activities of daily living
AMIC	Autologe matrixinduzierte Chondrogenese
AOFAS	American Orthopedic Foot and Ankle Society Score
AOS	Ankle Osteoarthritis Scale
ap	Anteroposterior
Art.	Articulatio
BGU	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
BMI	Body-Mass-Index
BMS	Bone marrow stimulation
CBMA	Concentrated bone marrow aspirate
CT	Computertomographie
et al.	Et alii/aliae/alia
EQ-5d-3L	EuroQol Score (Gesundheitsfragebogen)
FAOS	Food and Ankle Outcome Score
Gd.	Gadopentetat-Dimeglumin
HemiCAPb	Metallimplantat

IBM	International Business Machines Corporation
ICRS	International Cartilage Repair Society
i.v.	Intravenös
l ²	Körpergröße in Meter zum Quadrat
KL	Knorpelläsion
Ligg.	Ligamenta
m	Körpermasse in Kilogramm, männlich
MACI	Matrixassoziierte autologe Chondrozytenimplantation
MACT	Matrixassoziierte autologe Chondrozytentransplantation
mBMAC	Matrix-Induced Bone Marrow Aspirate Concentrate
MFP	Muskelfunktionsprüfung
VAS	Visual Analog Scale
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
OAT	Osteochondral Autograft Transfer
OATS	Osteochondral Autograft Transfer System, Autologe Knorpel-Knochen-Transplantation, Mosaikplastik
OCL	Osteochondrale Läsion
OD, OCD	Osteochondrosis Dissecans
OLT	Osteochondrale Läsion des Talus
OSG	Oberes Sprunggelenk
SF-36	Short Form Health 36 Score

SGB	Strafgesetzbuch
SPECT	Single Photon Emissions Computed Tomography
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TruFit	Biologisch abbaubares Doppelschichtimplantat
USG	Unteres Sprunggelenk
VAS	Visuelle Analogskala
VASFA	Visual Analogue Scale Foot and Ankle

1 Einleitung

1.1 Osteochondrale Läsionen des Talus

Osteochondrale Läsionen des Talus (OLT) sind fokale Verletzungen des Gelenkknorpels, der Grenzlamelle und des darunterliegenden subchondralen Knochens. Diese können zudem ein Dissekat aufweisen. Zu den möglichen Ursachen zählen die Osteochondrosis Dissecans Tali (OD), im Rahmen derer es a.e. durch traumatische oder repetitive mikrotraumatische Ereignisse zu Läsionen beginnend im subchondralen Knochen kommt. Im weiteren Verlauf kommt es zu einer Affektion des über der Läsion befindlichen Knorpels mit ggf. Bildung eines freien Gelenkkörpers. Weitere Faktoren sind akut traumatische Ereignisse unterschiedlicher Genese durch z.B. Distorsionen und Frakturen mit direkten Verletzungen des Knorpels, chronische Belastungszustände verursacht durch lokale mechanische Überbeanspruchung, Instabilität, Inkongruenz der Gelenkflächen, Übergewicht, sowie entzündliche Veränderungen der Synovialflüssigkeit und des Knochens. Allen Knochenknorpeldefekten gemein ist, dass sie unbehandelt in eine manifeste Arthrose übergehen können. Diese kann zu Schmerzen, reduzierter Mobilität und Lebensqualität bis hin zur Minderung der Erwerbstätigkeit und Invalidität führen. Zu den klinischen Symptomen am Sprunggelenk zählen Schmerz (zunächst Belastungsschmerz über Bewegungsschmerz bis hin zu Ruheschmerz), Schwellung, Instabilitätsgefühl, Krepitation, Bewegungseinschränkung und Gelenkblockierung (1-4).

In dem Artikel von Hunter „Von der Struktur und den Krankheiten der Gelenkknorpel“ (1743) ist zu lesen, dass seit Hippocrates bekannt ist, dass sich ein zerstörter Knorpel nicht regeneriert (5). Das Problem eines eingeschränkten bis fehlendem Regenerationspotentials des Gelenkknorpels mit dem zunehmenden Risiko einer Osteoarthritis durch tiefe oder gewichtstragende Knorpeldefekte wird von verschiedenen Autoren dargelegt (6-9). Monro beschrieb als erster im Jahr 1738 eine Läsion mit freiem Gelenkkörper, welche heute als eine OCL Stadium 4 nach Berndt und Harty bezeichnet wird (10). Auf König geht der Begriff einer OD zurück. Im Jahr 1887 veröffentlichte er eine Arbeit zu den Ursachen freier Gelenkkörper im Kniegelenk, wozu er entzündliche, traumatische und spontane Geschehen zählte (11). Kappis übertrug im Jahr 1922 den

Begriff der OD und die zuvor beschriebenen Prozesse erstmals auf das Sprunggelenk (12). Seit der Übersichtsarbeit mit Röntgen-Klassifikation von Berndt und Harty aus dem Jahre 1959 werden die Knorpelläsionen als osteochondrale Frakturen (OD) und osteochondrale Läsionen (OCL) bezeichnet.

Bis heute haben sich verschiedene Behandlungspfade und Therapieverfahren zur OLT etabliert und weiterentwickelt, um einen defekten Gelenkknorpel bestmöglich und langfristig zu behandeln. Auf die unterschiedlichen Verfahren wird in folgenden Kapiteln eingegangen. Die Doktorarbeit beschreibt im Speziellen die Studienergebnisse zu dem Operationsverfahren der matrixassoziierten autologen Chondrozytenimplantation (MACI) mit dem Ziel, die Datenlage und Evidenz zu erweitern und eine Prognose des Operationsverfahrens anhand der ausgewerteten Daten darzustellen.

1.2 Epidemiologie

Über die Inzidenz von Sprunggelenksverletzungen mit OLT sind unterschiedliche Zahlen zu finden. Ein wesentlicher Faktor dafür ist, dass viele der Knochenknorpelschäden häufig nicht direkt durch ein nativradiologisches Röntgenbild dargestellt und erst in der MRT- oder CT-Bildgebung sowie Arthroskopie nachgewiesen werden können.

Das OSG ist mit einem Anteil von 4% das am dritthäufigsten betroffene Gelenk nach dem Knie- und Ellenbogengelenk (13). Bridgman et al. (2003) beziffern Verletzungen des oberen Sprunggelenks (OSG) auf jährlich 52 Fälle pro 10.000 Einwohner (14). Das Durchschnittsalter der Patienten liegt bei 31 Jahren (15). Die Osteochondrosis Dissecans hat dabei eine Inzidenz von 0,09% und eine Prävalenz von 0,002% (16, 17). Sprunggelenksfrakturen haben eine Inzidenz von 174 pro 100.000 Personen, Talusfrakturen eine Prävalenz von 1,68% (18). 73% der Frakturen sind mit einer OLT vergesellschaftet (19).

Die häufigste Verletzung des OSG ist jedoch die Sprunggelenksdistorsion, welche 15% aller Sportunfälle ausmacht, in Form von Supinations- (85%) oder Eversionstraumata (15%) (20, 21). Nach Saxena und Eakin (2007), sowie Murawski et al. (2013) gehen bis zu 50% der akuten Distorsionen des OSG mit einer OLT einher (22, 23).

Anterolaterale osteochondrale Läsionen der Talusschulter machen dabei ungefähr ein Drittel, posteriomediale Läsionen zwei Drittel der OLT aus. Entweder sind akut traumatische Ereignisse oder chronische Verläufe ursächlich. Die OD kann ätiologisch mit einem traumatischen Ereignis assoziiert sein (15, 17, 24, 25). Ungefähr 10% der OLT treten beidseits im Bereich der Talusschultern auf (26). Körner et al. (2018) werteten die präoperative Schmerzintensität von OLT anhand von 259 Patienten aus. Sie konnten zeigen, dass ein fortgeschrittenes Stadium (4 und 5) nach der Berndt-Harty-Loomer-Klassifikation und ein höherer BMI bei weiblichen Patienten mit einer höheren Schmerzintensität einhergehen. Keine Korrelation zeigte sich hingegen beim Patientenalter, im Geschlechtsunterschied, der Defektlokalisierung (medialer, lateraler Talus) und der Defektgröße (27).

1.3 Anatomie und Physiologie des Talus

Der Talus besteht aus dem Corpus tali, dem Collum tali und dem Caput tali, wovon 60% mit Gelenkknorpel bedeckt sind. Nach ventral und kaudal ist er Artikulationspartner des unteren Sprunggelenkes mit 2 Gelenkkammern, der hinteren Art. subtalaris und der vorderen Art. talocalcaneonavicularis. Nach kranial und lateral wird das OSG durch die konvexe Trochlea tali mit ihrer Facies superior et malleolaris medialis gegenüber der konkaven distalen Tibia und der Facies malleolaris lateralis zur distalen Fibula gebildet. Der ventrale Teil der Trochlea tali ist ca. 5mm breiter als der dorsale. Die bessere knöcherne Führung in Dorsalextension mit zusätzlicher Spannung der Syndesmosebänder bietet mehr Gelenkstabilität als die Plantarflexion. Zusätzlich wird das Gelenk über die Ligg. collateralia mediale et laterale stabilisiert. Die anatomischen Gegebenheiten können damit das sehr häufig auftretende Supinationstrauma in Plantarflexion mit Verletzung der Außenbänder begünstigen. Ein Distorsionstrauma in einer für das Gelenk verriegelten Dorsalextension kann eine Sprengung der Malleolengabel mit Ruptur der Syndesmose bedingen (28).

Die arterielle Blutversorgung des Taluskörpers erfolgt zu 50-75% über Äste der A. tibialis posterior und der Peronealarterien zur A. sinus tarsi. Das mediale Drittel wird aus der A. tibialis posterior zur A. deltoidea entlang des Lig. deltoideum versorgt, der laterale Teil

über Äste der A. sinus tarsi. Äste der A. dorsalis pedis gelangen an den Taluskopf und Talushals (29).

Nach Millington et al. (2007) besitzt der Gelenkknorpel des Talus eine gemittelte Knorpeldicke von $1,1 \pm 0,18\text{mm}$, eine maximale Knorpeldicke von $2,38 \pm 0,4\text{mm}$ und ein Knorpelvolumen von $2,44 \pm 0,48\text{ml}$. Die dickste Knorpelschicht liegt im Bereich der Talusschulter (30). Die gemittelte größte tibiotalare Kontaktfläche betrug in Dorsalextension $7,34 \pm 1,69\text{cm}^2$ und die kleinste in Plantarflexion $4,39 \pm 1,41\text{cm}^2$. Die größte fibulotalare Kontaktfläche betrug in Dorsalextension $2,02 \pm 0,78\text{cm}^2$ und die kleinste in Pronation $0,77 \pm 0,49\text{cm}^2$. Der Gelenkkontakt erstreckt sich über den Talusdom und die Talusschultern (31). Abbildung 1 zeigt die Trochlea tali mit den zwei häufigsten OCL-Lokalisationen posteromedial und anterolateral (32).

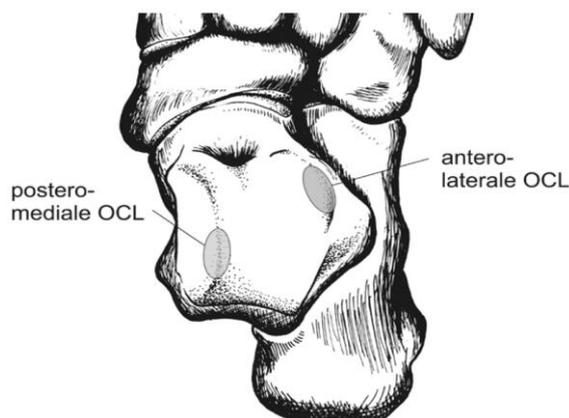


Abbildung 1: Fuß von cranial: Häufigste OCL-Lokalisation am Talus (Zeichnung Dr. med. M. Horisberger).

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Horisberger M. et al. Osteochondrale Läsionen am Sprunggelenk-ein Review für Sportärzte. Dtsch Z Sportmed. 2011; 62: 143-149.

Der Gelenkknorpel besteht aus hyalinem Knorpel, welcher Druck- und Stoßbelastungen abfängt und gleichmäßig auf den subchondralen Knochen verteilt. Da der hyaline Knorpel zu den bradytrophen Geweben zählt und kein Perichondrium besitzt, erfolgt seine Versorgung durch Diffusion aus der Synovia. Seine glatte Oberfläche minimiert in Verbindung mit der Synovia die Reibungskräfte beim Gleiten der Gelenkflächen zueinander. Er besteht zu 1-10% aus Chondrozyten, die ihre Teilungsfähigkeit mit steigendem Lebensalter weitestgehend verlieren, was dazu führen kann, dass die

Regenerations- und Proliferationsfähigkeit gegenüber einem Defekt unzureichend ist und eine Arthrose entsteht. Die Chondrozyten (1-3% des Knorpelgesamtvolumens) stellen dabei den einzigen Zelltyp im Knorpel dar. Die Größe, Form und metabolische Aktivität der Chondrozyten unterscheiden sich in den unterschiedlichen Zonen des Gelenkknorpels, wie in Abbildung 2 dargestellt wird (33). Die höchste Wasserkonzentration ist in der oberflächlichen oder Tangentialzone vorhanden, in der die Chondrozyten und Kollagenfibrillen nahezu parallel zur Oberfläche verlaufen, um Zugspannungen abzufangen. Die Kollagenfibrillen der mittleren oder Übergangszone besitzen den größten Durchmesser. Die Kollagenfibrillen der tiefen oder Radiärzone verlaufen senkrecht zur Knorpeloberfläche und dringen durch das „Tidemark“ (Grenze zwischen nicht-kalzifizierten und kalzifizierten Matrix) bzw. die Mineralisationszone, zur Verankerung in den subchondralen Knochen ein.

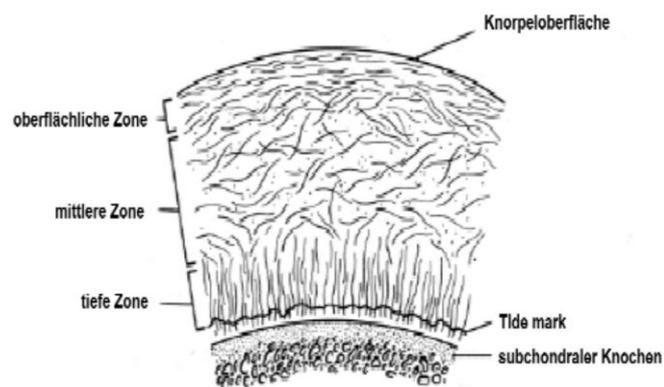


Abbildung 2: Zonen des hyalinen Knorpels.

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Martinek V. Anatomie und Pathophysiologie des hyalinen Knorpels. DtschZSportmed.2003;54:166-170.

Der Knorpel erhält seine viskoelastische Eigenschaft durch einen Anteil von ca. 90% des Kollagen Typ 2 unter den Strukturproteinen und den Hyaluronsäure-Proteoglykan-Aggregaten (ca. 90% der gesamten Knorpelmatrix) in der Interzellulärsubstanz, welche bis zu 80% Wasser binden können. Die Proteoglykane dehnen sich durch Wasserbindung aus, welches unter Druck wieder abgeben wird. Die Kollagenfibrillen begrenzen die Ausdehnung der Proteoglykane und gewährleisten die Stabilität des Knorpels. Die Neubildung einer Kollagenfaser benötigt ca. 600 Tage. Abbildung 3 zeigt den Aufbau der

extrazellulären Matrix und Abbildung 4 die Struktur der Hyaluronsäure-Proteoglykan-Aggregaten (33).

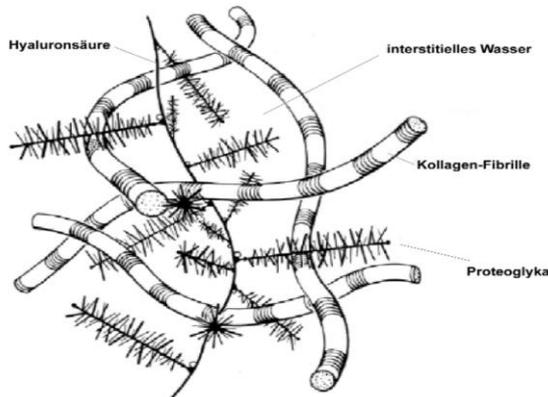


Abbildung 3: Extrazelluläre Matrix des Knorpels.

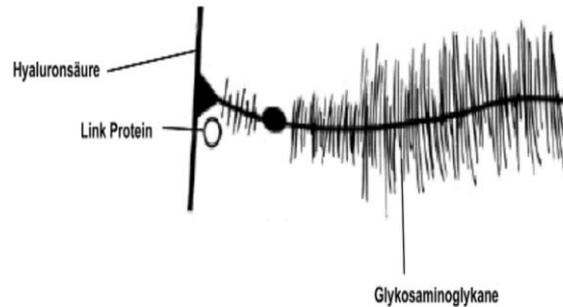


Abbildung 4: Struktur des Proteoglykans.

Abbildung 3 und 4 gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Martinek V. Anatomie und Pathophysiologie des hyalinen Knorpels. DtschZSportmed.2003;54:166-170.

Es lassen sich oberflächliche chondrale Läsionen (ICRS-Grad 1-3) von tieferen osteochondralen Läsionen (ICRS-Grad 4) unterscheiden. Die körpereigene Reparatur bei OLT erfolgt durch Einblutung und Migration von mesenchymalen Stammzellen aus dem Knochenmark innerhalb von 2-7 Tagen in das Defektareal. Diesen Mechanismus machen sich Knochenmark-stimulierende Techniken wie die Abrasionsarthroplastik, Anbohrung und Mikrofrakturierung zunutze. In den ersten 6 - 8 Wochen bildet sich ein hyalin-ähnlicher Reparaturknorpel, der allerdings innerhalb der nächsten 12 Monaten zu einem biomechanisch minderwertigen faserigen Regeneratknorpel vom Kollagen Typ 1 degeneriert. Dieser erreicht durch seine Struktur nicht die Eigenschaften eines hyalinen Gelenkknorpels, ist weniger stabil und führt schneller zur Arthrose. Um diesem Problem entgegenzutreten, gibt es zusätzliche Verfahren wie z.B. die autologe Knorpel-Knochen-Transplantation (OATS), die autologe Chondrozytenimplantation (ACI) und MACI, bei denen körpereigenes hyalines Gelenkknorpelgewebe transplantiert wird. In Abbildung 5 sind histologische Schnitte (Safranin-O) eines Gelenkknorpels mit einer OCL nach ICRS-Graden 1-3 zu sehen (34). Im linken Schnittbild (ICRS-Grad 1) sieht man eine

unregelmäßige Knorpeloberfläche, im mittleren Schnittbild (ICRS-Grad 2) sind Ausdünnungen und Einrisse der Knorpeloberfläche zu sehen und im rechten Schnittbild (ICRS-Grad 3) eine komplett aufgehobene Knorpelstruktur bis hin zur subchondralen Platte. Eine OCL nach ICRS-Grad 4 würde in den subchondralen Knochen hineinreichen (33-35).

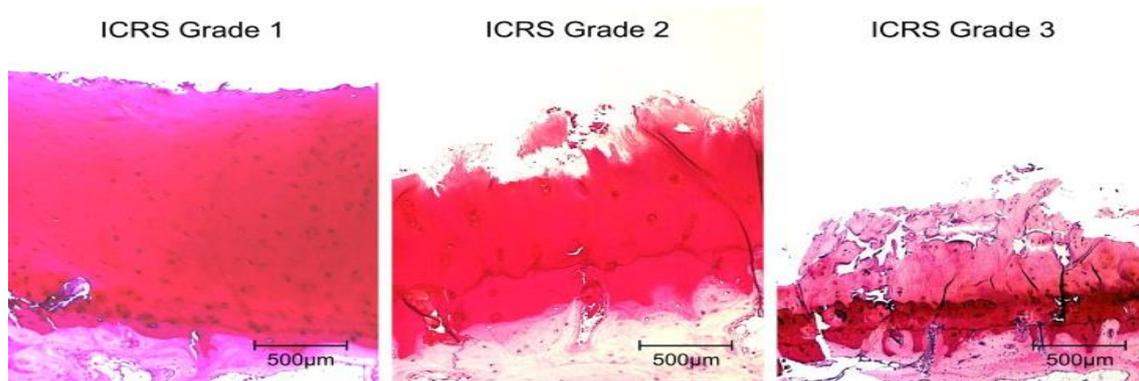


Abbildung 5: Histologischer Schnitt eines Gelenkknorpels nach ICRS-Graden 1-3 (links nach rechts).

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Kleemann, R. et al. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis relation to clinical assessment (ICRS-Grade). *Osteoarthritis Cartilage* (Elsevier).2005;13:958-63.

1.4 Diagnostik

Zur Diagnostik einer OLT gehören die Anamnese und klinische Untersuchung. Dies gibt Auskunft über einen akut aufgetretenen oder zurückliegenden Unfallmechanismus, Erkrankungen wie die OD sowie einen chronischen Beschwerdeverlauf. Erfasst werden Hinweise wie Achsfehlstellungen, Bewegungseinschränkung und Blockierungen, Instabilitätsgefühl, Krepitationen, Schmerzen und Schwellung als Reizzustand in Ruhe, während oder nach Belastung. Erfahrene Untersucher erreichen eine hohe Sensitivität in der Erkennung klinisch relevanter Frakturen und Syndesmoseverletzungen durch Provokation von Syndesmose Schmerz in Außenrotation und Schmerz entlang der distalen Tibia (36). Zur Bildgebung gehört ein konventionelles Röntgenbild des OSG im Stehen in 3 Ebenen (ap, 20° Innenrotation und seitlich). Dieses kann die Gelenkkongruenz, das Rückfuß-Alignment und Knochenläsionen darstellen, jedoch nur Anhaltspunkte für eine

OLT geben. Bei positivem Röntgenbefund, knöchernen Begleitverletzungen und zur präoperativen Planung wird die Bildgebung um eine CT-Untersuchung ergänzt. Es besteht auch die Möglichkeit eines SPECT-CT, welches morphologische und metabolische Bildgebung kombiniert (37). Den nicht-invasiven Goldstandard zur Darstellung von Knorpel, gelenkumgebenden Weichteilen und Knochenmarksödemen stellt die MRT dar. Den invasiven Goldstandard zur zuverlässigen Beurteilung des Ausmaßes, der Stabilität und Integrität der Knorpelläsion stellt die Arthroskopie dar (38). Verhagen et al. (2005) stellen keinen statistisch signifikanten Unterschied zur Diagnosefindung einer OLT, zwischen Spiral-CT, MRT oder Arthroskopie fest (39). Abbildung 6 zeigt eine Röntgen-, MRT-, und SPECT-CT-Aufnahme sowie das klinische Bild einer posteromedialen OLT (32).

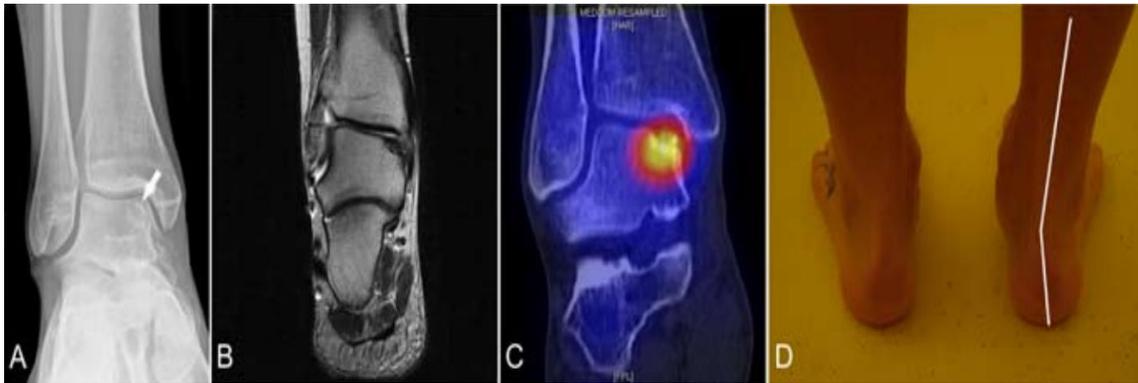


Abbildung 6: Klinischer Fall einer posteromedialen osteochondralen Läsion am Talus.

A) konventionelles Röntgen. Die OCL lässt sich erahnen (weißer Pfeil); B) MRI (T2-wichtung); C) SPECT-CT Untersuchung, welches die fokale Aktivität der OCL sowie die ossäre Ausdehnung belegt; D) klinisches Bild, welches den ausgeprägten Pes planovalgus zeigt.

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Horisberger M. et al. Osteochondrale Läsionen am Sprunggelenk-ein Review für Sportärzte. Dtsch Z Sportmed. 2011; 62: 143-149.

In Abbildung 7 wird eine OLT arthroskopisch mit Hilfe eines Testhakens dargestellt, welcher in die Läsion eindringt und den defekten Knorpel anhebt (40).

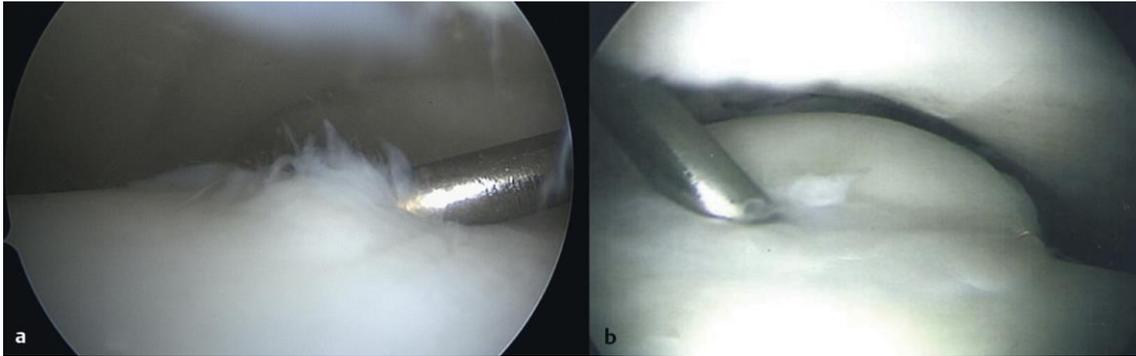


Abbildung 7: Arthroskopische Darstellung einer OLT.

a) laterale Talusschulter, b) OD mediale Talusschulter.

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Becher C. Diagnostik und Therapie von Knorpelschäden am Talus. In: Stukenborg-Colsman C, Fuhrmann RA, editors. Kurzgefasste Fußchirurgie. 1. Auflage ed: Georg Thieme Verlag; 2017. DOI: 10.1055/b-004-132244

1.5 Klassifikation

Für die arthroskopische Klassifikation von Knorpelschäden gilt die international gebräuchliche ICRS-Klassifikation (2003), welche eine Erweiterung der Outerbridge-Klassifikation (1961) darstellt. Es werden die Knorpeloberfläche, Läsionstiefe und ein möglicher Knochendefekt erfasst, wie in Tabelle 1 dargestellt (41, 42).

Tabelle 1: ICRS und Outerbridge Klassifikation (2003) (41, 42). Eine arthroskopische Klassifikation von Knorpelschäden.

Outerbridge	ICRS-Grade	ICRS-Beschreibung
	0	Keine erkennbaren Defizite
1	1a	Intakte Oberfläche, Fibrillationen und/oder leichte Erweichung
	1b	Zusätzlich oberflächliche Risse / Fissuren
2	2	Läsionstiefe < 50% der Knorpeldicke (abnormaler Knorpel)
3	3a	> 50% Tiefe der Knorpeldicke, nicht bis zur Knochenschicht (schwer abnormer Knorpel)
	3b	> 50% Tiefe der Knorpeldicke, bis zur Knochenschicht
	3c	> 50% Tiefe der Knorpeldicke, bis zur subchondralen Platte
	3d	> 50% Tiefe der Knorpeldicke, mit Blasenbildung
4	4a	Vollständige Knorpelläsion bis in die subchondrale Platte
	4b	Mit begleitendem Knochendefekt

Abbildung 8 stammt aus dem Evaluierungspaket der International Cartilage Regeneration & Joint Preservation Society (ICRS) und stellt die Knorpelläsionen graphisch anhand der ICRS-Klassifikation dar (43).

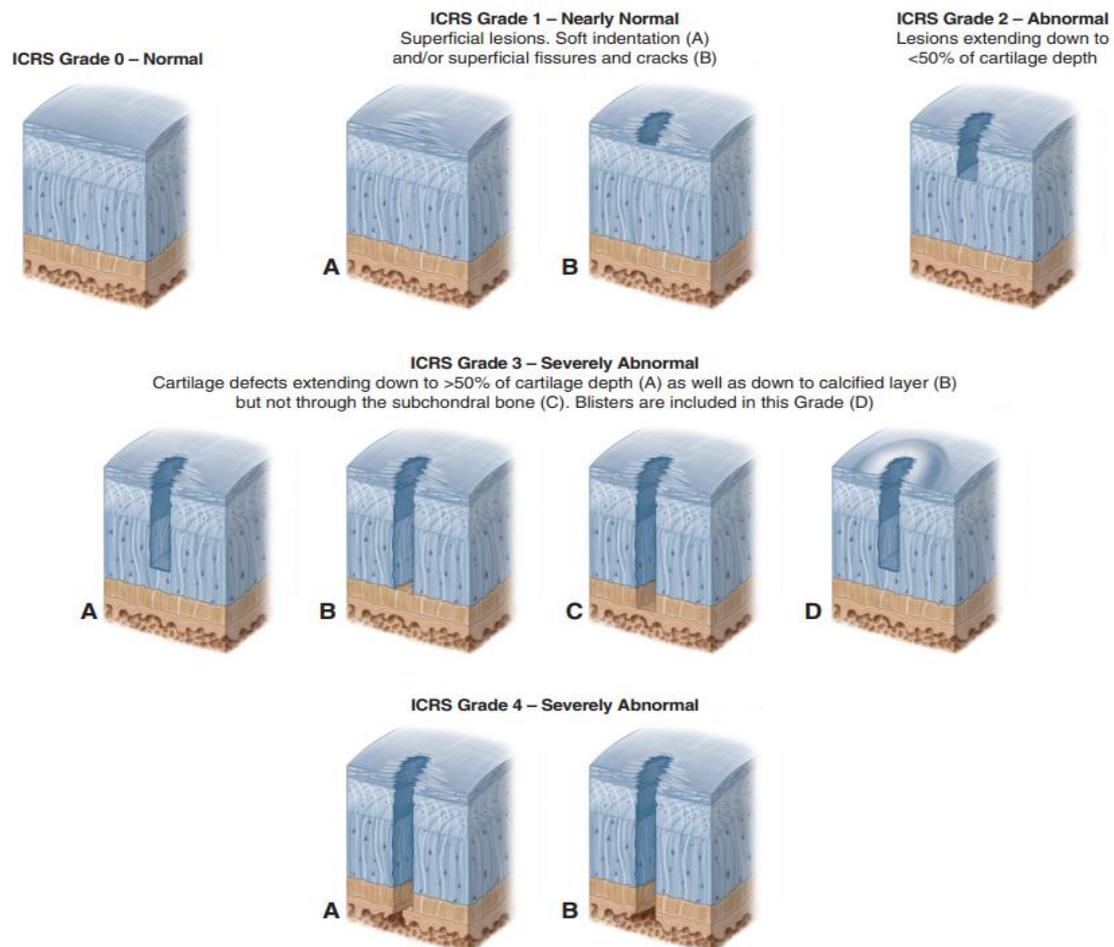


Abbildung 8: ICRS-Klassifikation von Knorpelschäden.

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Cartilage Injury Evaluation Package der ICRS Society.
<https://cartilage.org/society/publications/icrs-score/>:

Von Brittberg und Winalski (2003) stammt eine ICRS-Klassifikation speziell für die Osteochondrosis dissecans, welche den Zustand des Dissekats und des Knochens erfasst (Tabelle 4 im Anhang) (41).

Die radiologischen Klassifikationen der OCL sind an die Röntgen-Klassifikation von Berndt und Harty (1959) angelehnt, welche von Loomer et al. (1993) anhand von CT-Daten um ein 5 Stadium (subchondrale Zyste) erweitert wird (Tabelle 5 im Anhang).

Diese erfassen die Art der Läsion, ein Dissekat und ggf. das Vorhandensein einer Zystenformation (24, 44). Die CT-Klassifikation stammt von Ferkel et al. (1990, Tabelle 6 im Anhang) (45) und die MRT-Klassifikation von Hepple et al. (1999, Tabelle 7 im Anhang) (46).

Imhoff und König (2003) nehmen eine Einteilung von OCL am Knie vor, welche sich auf das Sprunggelenk übertragen lässt. Diese listet das Röntgen, die MRT und Arthroskopie nebeneinander auf und berücksichtigt dabei die Stabilität, Vitalität und Sklerose der Knochen-Knorpel-Struktur (Tabelle 8 im Anhang) (47).

Des Weiteren wird noch die Klassifikation von Giannini et al. (2005) genannt, welche die OLT in akut und chronisch, nach Oberflächenbeschaffenheit und der Läsionsgröße einteilt (48).

1.6 Konservative Therapie

Canale und Belding (1980) geben an, dass nach Berndt und Harty eingeteilte OLT im Stadium 1 und 2 unabhängig von ihrer Lokalisation konservativ behandelt werden sollten. Medial lokalisierte Läsionen des Stadium 3 sollten initial ebenfalls konservativ behandelt werden, solange keine Beschwerden persistieren. Lateral lokalisierte Stadium 3 und Stadium 4 Läsionen sollten frühzeitig operiert werden. Degenerative Veränderungen im Sprunggelenk treten bei 50% der Patienten auf, unabhängig von Symptomatik oder Behandlungsart (49). Schachter et al. (2005) sagen, dass die konservative Behandlung für akute, nicht-dislozierte OLT indiziert ist. Asymptomatische Läsionen können bei Kindern und Jugendlichen besonders erfolgreich konservativ behandelt werden (50). Die operative Behandlung sei angezeigt bei Vorliegen eines instabilen Fragments oder Versagen der konservativen Therapie (51). Tol et al. (2000), Stuijs et al. (2001) und Verhagen et al. (2003) geben in ihren Reviews über Behandlungsstrategien von OLT eine durchschnittliche Erfolgsrate von 45% der nichtoperativen Therapien an, wobei der Zeitraum vor der Behandlung variiert (52-54). Zengerink et al. (2010) beziehen für ihre Review über Behandlungsstrategien von OLT Datensätze von 1966 bis 2006 mit ein. Zu den konservativen Therapiemöglichkeiten zählen nichtsteroidale Antirheumatika, Schonung, Entlastung und Einschränkung oder Aussetzen der sportlichen Aktivität. Sie

unterscheiden die konservativ behandelten Patienten in 2 Gruppen. Die Gruppe ohne Immobilisation durch einen Cast zeigt eine Erfolgsrate von 45%. Die Gruppe mit Cast, welcher zwischen 3 Wochen bis 4 Monaten getragen wird, hat eine Erfolgsrate von 53% (Range 29-69%) (15). Zu weiteren Möglichkeiten der konservativen Therapie zählt die Physiotherapie, die Einfluss auf die Stabilität und Propriozeption des Gelenks nimmt sowie umliegende Strukturen positiv beeinflussen kann (55). Zudem ist die Viskosupplementation mit Hyaluronsäure zu nennen. Die stark wasserbindende Hyaluronsäure, welche in Knorpelzellen und Gelenkschleimhaut gebildet wird, verleiht der Synovia ihre viskoelastische Eigenschaft und steigert die Proliferation von in vitro gezüchteten Chondrozyten (56). Bei Osteoarthritis kann die Behandlung zu einer Schmerzlinderung und funktionellen Verbesserung führen (57). Nach einer arthroskopischen Mikrofrakturierung mit anschließenden Hyaluronsäure-Injektionen in der Nachbehandlung zeigt sich ein besseres klinisches Ergebnis gegenüber der Gruppe ohne Injektionen (58).

Aus den in Kapitel 1.8 vorgestellten aktuelleren Behandlungspfaden kann abgeleitet werden, dass eine konservative Therapie bei asymptomatischen oder geringfügig symptomatischen OCL empfohlen wird. Dies entspricht primär dem ICRS-Grad 1, welcher entweder eine intakte Knorpeloberfläche mit Fibrillationen und/oder leichten Erweichungen (Grad 1a) oder rein oberflächliche Risse und Fissuren aufweist (Grad 1b). Bei einer OLC mit einem ICRS-Grad 2 entsprechend einer Läsionstiefe $< 50\%$ der Knorpeldicke bzw. eine Läsionsgröße $< 10\text{-}15\text{mm}^2$ ohne Begleitverletzungen wie eine zystische Läsion oder Dissekat, wird symptomabhängig teilweise noch ein abwartendes konservatives Prozedere empfohlen (59, 60). Andere Autoren empfehlen bereits direkt ein operatives Vorgehen (61, 62). Ab einem ICRS-Grad 3 bzw. symptomatischen Läsionen $> 10\text{-}15\text{mm}^2$ wird kein konservatives Prozedere mehr empfohlen.

1.7 Operative Therapie

Eine Einteilung der operativen Verfahren bei OLT kann zunächst in gelenkerhaltend und nicht-gelenkerhaltend erfolgen. Zu den nicht-gelenkerhaltenden Therapieverfahren gehören die Sprunggelenksarthrodese und Sprunggelenksendoprothese. Beide Therapieverfahren sind hier als Ultima Ratio anzusehen. Indikationen stellen bipolare

Läsionen, generalisierte avaskuläre Nekrosen und hochgradig symptomatische Arthrosen dar. Der Therapieschwerpunkt liegt hierbei in der Schmerzreduktion. Die Arthrodesse kann arthroskopisch gestützt durchgeführt werden und betrifft entweder nur das obere oder das untere Sprunggelenk oder den gesamten Sprunggelenksapparat. Die alternative Sprunggelenksprothese beinhaltet meist eine talare und tibiale Komponente mit Kunststoffinlay, wobei hier hinsichtlich funktionellem Outcome und Durabilität nicht der selbe Stellenwert wie bei Hüft- oder Kniegelenksprothesen besteht (4, 63). Haddad et al. (2007) zeigen in ihrer Review, dass beide Verfahren, gemessen anhand des AOFAS-Scores und der Revisionsrate, vergleichbar sind (64).

Zu den gelenkerhaltenden Therapien zählen die arthroskopisch durchgeführten, symptomatisch orientierten Verfahren mit Debridement und Nettoyage. Sie stellen keine kausale Therapieform dar, da die subchondrale Platte nicht durchbrochen wird und somit keine Induktion einer Regeneration des Gelenkknorpels erfolgt. Durch die Exzision, das Débridement oder Kürettage und die Lavage können degenerativ veränderte Knorpelanteile geglättet und die abgelösten Knorpel- und Gewebeanteile zusammen mit knorpelabbauenden Enzymen aus dem Gelenk gespült werden. Ein Voranschreiten der Defektgröße kann somit reduziert werden. Dieses Vorgehen eignet sich zudem als vorbereitende Maßnahme für weitere Verfahren der Knorpeltherapie (4, 65, 66).

Die Empfehlung zur Dissekatentfernung gilt für eine durchschnittliche Läsionsgröße von < 7mm. Bei einem größeren Dissekat kann eine Refixation durchgeführt werden, wenn ein vitaler Knochen mit intakter hyaliner Knorpeloberfläche besteht. Das Dissekat kann sich hierbei in situ (Stadium 3 nach Berndt und Harty) befinden oder durch eine chronische Läsion (Stadium 4 nach Berndt und Harty) oder ein akut traumatisches Ereignis losgelöst sein. Vor der Refixation sollte eine anterograde Entfernung der Sklerose mit Spongiosaplastik erfolgen (67). Für die Refixation können bioresorbierbare Stifte verwendet werden, die nicht entfernt werden müssen (66).

1.7.1 Knochenmark-stimulierende Methoden (BMS)

Zu den arthroskopisch durchgeführten Reparaturtechniken durch Knochenmarkstimulation und Stammzellaktivierung zählt die Anbohrung mit einem Bohrdurchmesser von 2 bis 2,5mm, welche von Pridie und Beck bereits in den 50er

Jahren im offenen Operationsverfahren durchgeführt worden sind (68). Bei der anterograden Anbohrung wird direkt in den Knorpeldefekt eingebohrt. Eine Einblutung aus dem Knochenmark mit Stammzellen setzt sich als Fibrinklumpen in das Defektareal und generiert im Verlauf einen Faserknorpel. Bei intakter vitaler Knorpelschicht kann eine retrograde Anbohrung unter Bildgebung erfolgen. Es wird subkortikal bis an die Knorpelfläche gebohrt, wobei ein subchondraler Defekt oder Zysten mit Spongiosa aufgefüllt werden können. Bei der erstmals in den 80er Jahren von L. Johnson eingesetzten Abrasionsarthroplastik wird arthroskopisch ein Shaver statt eines Bohrers verwendet, was die bis dahin arthroskopisch eingeschränkte Möglichkeiten der Anbohrung verbessert (69, 70). Tol et al. (2000) schließen in ihrer Review zu Behandlungsstrategien von OLT 32 Studien von 1966 bis 1998 ein. Die größte Erfolgsrate erreicht die Exzision, Débridement und Anbohrung mit 85%, gefolgt von Exzision und Débridement mit 78%, gegenüber alleiniger Exzision mit 38% (53). Struijs (2001) verwenden in ihrer Literaturübersicht über Behandlungsstrategien von OLT 36 Studien von 1966 bis 2000. Das beste Resultat erzielen Débridement, Kürettage und Anbohrung mit 86%, gefolgt von Débridement und Kürettage mit 76%, gegenüber einem einzeltem Débridement mit nur 38% (54). Verhagen (2003) beziehen in ihrer Review zu Behandlungsstrategien von OLT 39 Studien von 1966 bis 2000 ein. Die größte Erfolgsrate zeigen Exzision, Kürettage und Anbohrung mit 86%, gefolgt von Exzision und Kürettage mit 78%. Exzision und konservative Therapie (45%) werden als alleinige Therapie nicht empfohlen (52).

Eine von Steadman in den 80er Jahren eingeführte Modifikation der Pridie-Bohrung ist die arthroskopisch durchgeführte Mikrofrakturierung. Nach Entfernen des Defektmaterials wird das subchondrale Knochenbett mit einer Ahle (Chondropick) im Abstand von 3 bis 4mm ca. 3mm tief aufgebrochen. Dadurch wird wie bei der Anbohrung durch Einblutung von Stammzellen in die Läsion Faserknorpel generiert (71). Abbildung 9 zeigt das Vorgehen bei der Mikrofrakturierung einer OLT nach vorbereitendem Débridement der Läsion (72).

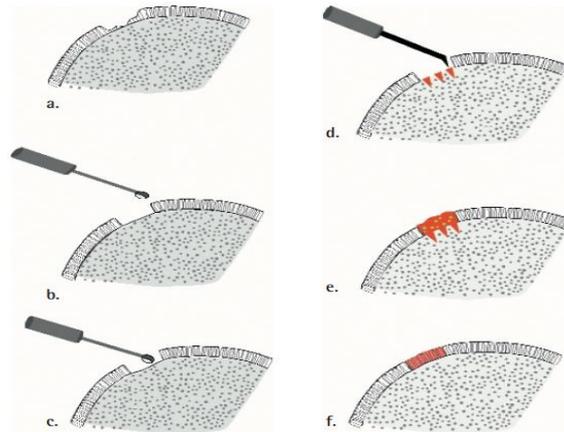


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Mikrofrakturierung (a-f).

a. 4. gradiger Knorpeldefekt, b. Debridement der Knorpelränder und Schaffung stabiler Schultern am Defektrand, c. Abtragen der Sklerosezone und Exposition des subchondralen Knochens, d. Multiple Perforation des subchondralen Knochens mit gebogenen Ahlen, e. Auffüllen des Defektes mit einem "super clot" (=koagulierter Blutkuchen mit Cytokinen und Zellen aus dem Knochenmark), f. allmähliche "Reifung" /Umbau des Gewebes zu Faserknorpel und Schließung des Defekts.

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Knorpelersatzgewebe durch Mikrofrakturierung. J. Bernholt and J. Höher. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2003 Vol. 54 Issue 6 Pages 218-221

Aus Kapitel 1.8 Behandlungspfade wird ersichtlich, dass die Mikrofrakturierung hauptsächlich bei einem ICRS-Grad 2, unter Berücksichtigung der Symptomschwere, angewandt wird. Für ICRS-Grad 3 wird die Mikrofrakturierung nur noch teilweise empfohlen. Für einen ICRS-Grad 1 und 4 besteht keine Indikation für eine Mikrofrakturierung.

Chuckpaiwong et al. (2007) und Choi et al. (2009) kommen zu dem Schluss, dass die Mikrofrakturierung bis zu einer Läsionsgröße von 1,5cm² erfolgreich durchgeführt werden kann, da der Faserersatzknorpel bei größeren Läsionen, im Verhältnis zum verbleibenden hyalinen Gelenkknorpel, den biomechanischen Belastungen nicht mehr ausreichend standhält (73, 74). Donnenwerth und Roukis (2012) beschreiben gute bis sehr gute klinische Erfolge in über 80% der so behandelten Fälle (75). Choi et al. (2020) bestätigen der Mikrofrakturierung bei Läsionen bis 15mm² gute funktionale Ergebnisse und eine Lebensqualitätsverbesserung (AOFAS, VAS, Short Form-36) über einen mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 6,7 Jahren (76).

Behrens et al. (2010, 2013) beschreiben als Erste das AMIC-Verfahren, eine Modifizierung der Mikrofrakturierung. Hierbei wird zusätzlich der Defekt mit einer Kollagen-I/III-Matrix zum Schutz der Stammzellen abgedeckt (77, 78). Valderrabano et al. (2013) und Walther et al. (2014) bestätigen das Verfahren als sicher mit durchweg guten Ergebnissen in der Klinik und MRT sowie mit einer Steigerung des AOFAS-Scores von 50 auf 89 Punkte (79, 80).

1.7.2 Autologe Knorpel-Knochen-Transplantation (OATS)

Ein weiteres etabliertes Operationsverfahren für OLT stellt die autologe Knorpel-Knochen-Transplantation (OATS) dar. Zu den Indikationen des Verfahrens gehören eine OLT größer 15mm oder 1,5cm² sowie ein zuvor erfolglos durchgeführtes knochenmarkstimulierendes Verfahren (62, 81). Es wird ein körpereigener osteochondraler Zylinder aus einem nicht gewichtstragenden Teil des Sprunggelenks oder dem Kniegelenk entnommen und in die vorbereitete Läsionszone eingebracht. Werden mehrere Zylinder entnommen spricht man von einer Mosaikplastik. Der Vorteil besteht in der Einbringung eines körpereigenen hyalinen Gelenkknorpels mit zugehörigem intaktem subchondralen Knochen (82). Es ergeben sich aber auch mehrere Nachteile. Eine Osteotomie des OSG kann je nach betroffener Stelle erforderlich sein. Da gesunde Gelenkanteile aus dem Spendergelenk entnommen werden, ist die Entnahmegröße limitiert, um das Risiko einer Entnahmemorbidität zu vermindern. Valderrabano et al. (2009) stellen bei der Entnahme im Kniegelenk auf der Spenderseite eine hohe Rekurrenz zystischer Läsionen und eine fortschreitende Knorpeldegeneration fest (83). Reddy et al. (2007) berichten von funktionellen Einschränkungen des Kniegelenks bei ADLs (84). Eine Schwierigkeit stellt die kongruente Integration des Zylinders in die umgebende Gelenkfläche dar, was zu einer fehlerhaften Kontaktmechanik führen kann. Dafür können zusätzlich strukturelle Unterschiede des Spenderknorpels aus dem Kniegelenk gegenüber dem des Sprunggelenks verantwortlich sein (85). Mehrere kurz- und mittelfristige Studien berichten von guten klinischen Ergebnissen (70, 86-88). Langzeitstudien über 10 Jahre fehlen bisher (89). Dahmen et al. (2017) beziehen sich auf 52 Studien mit 1226 primären OLT von 1996 bis zum Februar 2017, in welchen die Behandlungserfolge von Mikrofrakturierung (82%) mit OATS (77%) verglichen wurden. Keine der beiden Behandlungsstrategien war überlegen (90).

In der Literatur wird des Weiteren die osteochondrale Allo(graft)transplantation beschrieben, welche vornehmlich im nordamerikanischen Raum durchgeführt wird. Hierbei wird wie bei der OATS verfahren, wobei ein frisches oder gefrierkonserviertes Transplantat von einer Leiche verwendet wird. Es ermöglicht große Defekte mit einem Zylinder aufzufüllen und das Risiko der Entnahmemorbidity entfällt. Demgegenüber stehen der Aufwand der Transplantatvorbereitung, hohe Kosten, eine begrenzte Verfügbarkeit sowie die Möglichkeit einer Krankheitsübertragung (23). Da die lebensfähige Chondrozyten-Zelldichte nach 14 Tagen zunehmend abnimmt, ist eine zeitnahe Operation nach der Entnahme notwendig (91). Es gibt nur wenige Studien, welche zwar eine gute Punktsteigerung des AOFAS-Scores, jedoch auch eine hohe Rate an Transplantatabsenkungen und individuellem Transplantatversagen beschreiben (92, 93). Pereira et al. (2021) schließen in ihrer Review zu OATS 12 Studien mit 191 Patienten mit einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 57 Monaten ein. Sie berichten über eine signifikante Verbesserung bezüglich Patientenzufriedenheit, Schmerz und Funktion (AOFAS, VAS). 21,6% der Patienten benötigen kleinere Revisionen in Form von Débridement oder Metallentfernungen. Das Transplantat ist bei 86,6% intakt (94).

1.7.3 Autologe Chondrozytenimplantation (ACI) bzw. -transplantation (ACT)

Ein von Brittberg et al. 1987 erstmals am Patienten angewandtes Operationsverfahren für OCL ist die autologe Chondrozytenimplantation bzw. -transplantation. Dieses Vorgehen wurde zunächst am Kniegelenk angewendet und stellt eine Alternative zur OATS dar (95). Die ACI / MACI ist wie auch die OATS für OLT größer 1,5 cm² oder nach erfolgloser BMS indiziert und wird in zwei Schritten am Patienten durchgeführt. Zunächst werden arthroskopisch gesunde Chondrozyten aus einem nicht gewichtstragenden Bereich des OSG entnommen, anschließend über 3 bis 4 Wochen in vitro angezüchtet und vermehrt. Danach erfolgt ein zweiter Eingriff mit offenem Zugang. Für mediale OLT wird eine mediale Malleolusosteotomie und für laterale OLT ein Release der lateralen Kollateralbänder oder eine Fibulaosteotomie durchgeführt. Zur formschlüssigen Füllung der präparierten Läsion können autogen vom Beckenkamm entnommene corticospongiöse Zylinder für eine Spongiosaplastik eingebracht werden. Anschließend wird die Läsion mit einem Periostlappen der distalen Tibia verschlossen und mit einer Injektion der angezüchteten Chondrozyten aufgefüllt. Nachteile dieser

Periost-Abdeckungstechnik oder 1 Generation der ACI sind eine mögliche Ungleichverteilung der Zellen innerhalb des Defekts, eine Zell-Entdifferenzierung und periostale Hypertrophie. Weitere Nachteile sind, dass sich der Patient 2 operativen Eingriffen unterziehen muss, damit höhere Kosten entstehen und gesunder Knorpel an der Entnahmestelle geschädigt wird. Zudem werden die Ergebnisse der hyalinen Knorpelreparatur regelhaft nur anhand der Klinik und Bildgebung erfasst, da eine weitere Kontroll-Biopsie ethisch nicht zu vertreten ist. In der 2 Generation der ACI wird die Entnahme des körpereigenen Periostlappens durch eine porcine Kollagenabdeckung ersetzt. In der 3 Generation (MACI) werden kultivierte Knorpelzellen auf eine Trägermatrix aufgebracht, wobei sich die Beschaffenheit der Matrix, die Auswahl und das Anzuchtungsverfahren der Knorpelzellen, stets weiterentwickelt (Folge-Generationen) (23, 96).

Harris et al. (2011) werten in ihrer Review über ACI aller Generationen am Kniegelenk 82 Studien mit 5276 Teilnehmern und 6080 Defekten aus. Die Misserfolgsrate liegt zwischen 1,5% und 7,7%, wobei sie in der 1 Generation am höchsten und in der 2 Generation mit einer Kollagenmembran geringer ist (97). Niemeyer et al. (2011) werten in ihrer Übersichtsarbeit zur ACI am Talus 16 Studien mit 213 Patienten aus. Der Coleman Methodology Score lag durchschnittlich bei 65 Punkten und die klinische Erfolgsrate wurde mit 89,9% angegeben. Weitere Schlussfolgerungen sind aufgrund eines Studienmangels nicht erfolgt (98).

1.7.4 Matrixassoziierte autologe Chondrozytenimplantation (MACI) bzw. -transplantation (MACT)

Die matrixassoziierte autologe Chondrozytenimplantation stellt eine Weiterentwicklung der ACI als Antwort auf deren Nachteile und damit die 4./5. Generation der Chondrozytenimplantationsverfahren dar. Ziel hierbei ist die Vermeidung der Komplikationen der ersten Generation durch den verwendeten Periostlappen, welcher durch eine biologisch abbaubare Matrix ersetzt wurde. Es gibt Membranen, Gele und Vliese aus tierischem Kollagen I und II, Polymere auf Milchsäurebasis oder aus Hyaluronsäure. Eine periostale Hypertrophie entfällt. Die Gerüststruktur sorgt für eine gleichmäßige Verteilung und Halt der Chondrozyten bis zur Ausdifferenzierung zum

Gelenkknorpel. Das an den Studienpatienten durchgeführte Operationsverfahren und verwendete Material der MACI wird Kapitel 2.2 (Material und operatives Vorgehen) weiter erläutert.

Der Unterausschuss Methodenbewertung des Gemeinsamen Bundesausschusses kommt in seinem Abschlussbericht des Beratungsverfahrens nach §137c SGB V (Krankenhausbehandlung) vom 18.02.2010 zur autologen Chondrozytenimplantation am Sprunggelenk zu folgender Zusammenfassung der bis dahin verfügbare Evidenz: Es können lediglich 7 relevante Fallserien der Evidenzstufe IV mit insgesamt 93 Patienten herangezogen werden. Diese zeigen auf, dass das transplantierte Gewebe überwiegend dem ursprünglichen Gelenkknorpel entspricht, einen positiven Effekt auf die Gelenkfunktion hat und Vorteile bei der Therapie größerer Defekte bietet. Es gibt eine relevante Schmerzreduktion und keine erhöhte Komplikationsrate im Vergleich zu Behandlungsalternativen. Eine abschließende Beurteilung steht jedoch aus Mangel an notwendigen und aussagekräftigen Langzeitstudien noch aus (4).

Giannini et al. (2014) berichten in ihrer Fallserie mit 46 Patienten und einem mittleren Follow-up von 87,2 Monaten über einen durchschnittlichen Anstieg des AOFAS-Scores von präoperativ 57,2 auf postoperativ 92 Punkte und einer durchschnittlichen Läsionsgröße von 1,6cm² (99). Giza et al. (2010) berichten in ihrer Fallserie mit 10 Patienten von einer Verbesserung des AOFAS-Scores von durchschnittlich präoperativ 62,2 auf postoperativ 73,7 Punkte nach 2 Jahren. Der SF36-Score bestätigt eine signifikante körperliche Funktionsverbesserung (100). Aurich et al. (2011) beschreiben in ihrer Fallserie mit 18 Patienten und einem mittleren Follow-up von 24,5 Monaten einen Anstieg des AOFAS-Scores von durchschnittlich präoperativ 58,6 auf postoperativ 80,4 Punkte. Die durchschnittliche Läsionsgröße beträgt 1,5 cm². Der MOCART-Score liegt bei 62,4 Punkten, welcher jedoch keine Korrelation zu den klinischen Ergebnissen zeigt (101). Magnan et al. (2012) berichten in ihrer Fallserie mit 30 Patienten und einem mittleren Follow-up von 45 Monaten über einen Anstieg des AOFAS-Scores von durchschnittlich präoperativ 36,9 auf postoperativ 83,9 Punkte. Die durchschnittliche Läsionsgröße beträgt 2,36cm². Die return to sports Rate beträgt 50%. Der MOCART-Score variiert von 3,8 bis 6,3 Punkte und zeigt keine Korrelation mit den klinischen Ergebnissen (102). Anders et al. (2012) berichten in ihrer Fallserie mit 22 Patienten,

davon 13 mit einer OD und einem zeitlich gestaffelten Follow-up von bis zu 63,5 Monaten über eine Verbesserung des AOFAS-Scores von durchschnittlich präoperativ 70,1 auf postoperativ bis zu 95,3 Punkte. Die durchschnittliche Defektgröße beträgt 1,94 cm². Der MOCART-Score steigt im Mittel von 62,6 auf 83,8 Punkte. Es werden keine signifikanten Unterschiede zwischen Läsionen gefunden, die entweder traumatisch oder durch eine OD verursacht sind (103). Die bisherigen Studien und Reviews bestätigen gleichermaßen die vom Gemeinsamen Bundesausschusses getroffenen Einschätzungen zur MACI, wodurch sich weiterhin eine starke Indikation zur Evaluation des Operationsverfahrens durch insbesondere Langzeitstudien mit größeren Fallzahlen ergibt (89, 104, 105). Desando et al. (2017) vergleichen die MACI mit der mBMAC bei jungen Patienten mit einer OLT. Die besseren klinischen (AOFAS-Score) und histologischen Ergebnisse erzielt die MACI, da sich bei der mBMAC nach 24 Monaten vermehrt fibrotische und hypertrophe Eigenschaften zeigen (106).

1.8 Behandlungspfade

Aufgrund des Mangels großangelegter systematischer Langzeitstudien und High-Level Studien zu den unterschiedlichen Knorpeltherapieverfahren, insbesondere hinsichtlich der Therapie der OLT, existiert keine allgemeingültige Therapieempfehlung. Zudem unterliegen die operativen Verfahren einer stetigen Weiterentwicklung, wodurch sich die Therapieempfehlungen anpassen. Im Folgenden werden einige bisher veröffentlichte Behandlungsstrategien in einem chronologischen Verlauf dargestellt. Es wird deutlich, dass die Autoren z.T. unterschiedliche Ansätze bei der Therapiefindung verfolgen. Dies führt dazu, dass einzelne entscheidungsrelevante Kriterien hervorgehoben und andere wenig oder nicht berücksichtigt werden.

Die Behandlungsrichtlinie von Zengerink et al. (2006) ergibt sich anhand der Läsionsgröße und den Ergebnissen aus arthroskopischem Débridement und Anbohrung, OATS und ACI. Die Behandlungen basieren auf drei beschriebenen Prinzipien. Zum einen ein Débridement mit BMS (Mikrofrakturierung, Abrasionsarthroplastik oder Anbohrung) und ggf. einer Dissekatentfernung. Zum anderen eine Konsolidierung der OLT durch eine retrograde Anbohrung, Knochentransplantat oder interne Fixation und

drittens eine Stimulation zur Bildung von hyalinem Knorpel mithilfe von OATS, Allotransplantationen oder ACI (Tabelle 9 im Anhang) (62).

Braun et al. (2007) stellen 3 tabellarische Übersichten dar, wobei sie darauf hinweisen, dass die Entscheidung in Grenzfällen jeweils individuell getroffen werden sollte. Die Therapie der ersten Tabelle (Tabelle 10 im Anhang) orientiert sich an der ICRS-Einteilung von Knorpelschäden. Die zweite Tabelle (Tabelle 12 im Anhang) differenziert genauer unter Berücksichtigung der Läsionsgröße, Begleitschäden, Alter des Patienten und den Kosten. Die dritte Tabelle (Tabelle 13 im Anhang) schlägt ein Therapieschema vor, bezogen auf die Stadieneinteilung von Imhoff und König (2003) und der ICRS-OCD-Klassifikation (59).

Van Bergen et al. (2008) orientieren ihren Behandlungspfad anhand der Symptomatik, der Läsionsgröße, dem Vorhandensein einer etwaigen Zyste und sekundären Läsion (Tabelle 11 im Anhang) (60).

Becher et al. zeigen in dem Buch von Galla und Walther (2016) einen Algorithmus zum therapeutischen Vorgehen bei einer OLT auf. Dieser ist unterteilt in einen akuten und chronischen Verlauf und orientiert sich an Läsionsstadien ohne Stadium 5 nach Berndt und Harty, Ferkel et al. und Hepple et al. (s.u. 1.5). Bei einem akuten Verlauf wird eine Refixation eines ggf. vorhandenen Dissekats vorgenommen. Stadium 1 und 2 mit intaktem Knorpel werden durch eine retrograde Anbohrung oder Spongiosaauffüllung versorgt. Bei einem bestehenden Malalignment oder einer Instabilität sowie Stadium 2 und 3 mit nicht intaktem Knorpel wird eine Mikrofrakturierung bis zu einer Defektgröße von kleiner 1,5cm² und einer Defekttiefe kleiner 0,5cm empfohlen. Eine erfolglos durchgeführte Mikrofrakturierung oder größere und tiefere Defekte werden mittels AMIC oder OATS versorgt. Als Ultima Ratio wird ein Ersatzverfahren (HemiCAP) genannt (61).

Tabelle 2 stellt eine persönliche Zusammenstellung der oben genannten Behandlungsempfehlungen anhand der ICRS-Klassifikation zur besseren Übersicht dar.

Tabelle 2: Übersicht zu Behandlungsempfehlungen einer OLT. Eigene Darstellung.

ICRS-Grade	Knorpeldefekt	Therapie
1	Oberflächlich	Konservativ, (Debridement)
2	< 50% Knorpeldicke Größe < 10-15mm ² Tiefe < 5mm	(Asymptomatisch-konservativ), Debridement, Anbohrung, Mikrofrakturierung. (ACI / MACI, AMIC, OATS)
	Größe > 10-15mm ² Tiefe > 5mm	Mikrofrakturierung (bis 15mm ²), AMIC, OATS, ACI / MACI
3.	> 50% Knorpeldicke	(Mikrofrakturierung, AMIC), OATS, ACI / MACI
4.	Osteochondral	Mega OATS, ACI / MACI, HemiCAP, Arthrorese
	Dissekat	Fixation oder Entfernung
	Zystische Läsion	Anbohrung, Spongiosaplastik

1.9 Fragestellung

Ziel dieser retrospektiven Fallstudie ist die Erfassung, Analyse und Prognose der subjektiven und objektiven postoperativen Behandlungsergebnisse von Probanden, die eine matrixassoziierte autologe Chondrozytenimplantation nach einer osteochondralen Läsion des Talus erhalten haben. Die Studie soll die geringe Studienanzahl zu diesem Operationsverfahren erweitern und damit zukünftige Einschätzungen und Vergleiche zu anderen Operationsverfahren ermöglichen.

2 Patienten und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Eine Genehmigung für die Studie durch den Ethikrat liegt vor (Antragsnummer: 750/2015BO2, 07.01.2015, Votum: Keine Bedenken; Empfehlung).

Das Patientenkollektiv umfasst alle Patienten, die im Zeitraum von 2009 bis 2015 aufgrund einer OLT eine indizierte MACI (siehe Kapitel 1.7.3-4, 1.8) an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen erhalten haben. Die Identifizierung der Patienten erfolgte anhand der elektronischen Dokumentation der BGU. Es wurde eine schriftliche Einladung mit Erklärung des Studiendesigns und eine Einwilligungserklärung versendet. Zusätzlich fand eine telefonische Kontaktaufnahme statt, um bei Teilnahmeinteresse das weitere Prozedere und dazugehörige Fragen zu klären. Zu den Inklusionskriterien der Studie zählen die freiwillige Teilnahme und die Einwilligung- und Aufklärungsfähigkeit bezüglich der anonymisierten Datenerhebung- und Verarbeitung. Zudem das gesundheitliche Vermögen zur adäquaten Beantwortung der gestellten Fragen und Fragebögen sowie bei Teilnahme an der klinischen Nachuntersuchung, die Präsenz in der Klinik und Durchführbarkeit der Testungen. Als Exklusionskriterien gelten neben Nichterfüllung der Inklusionskriterien, eine Ablehnung zur Studienteilnahme oder Nichterreichbarkeit. Die Patienten erhielten einen Nachuntersuchungstermin in der BGU Tübingen, bei dem die Patientenuntersuchung und -befragung stattfand sowie die Fragebögen begutachtet und besprochen wurden.

Zur Erfassung der subjektiven und objektiven Behandlungsergebnisse zählen 3 Funktionsscores, 1 Lebensqualität-Score (Kapitel 2.5-6, bzw. 3.3) und verschiedene Kriterien (Kapitel 2.7, bzw. 3.1-2), welche entweder durch eine Befragung (z.B. Kapitel 3.1.19) und klinische Untersuchung (z.B. Kapitel 3.2.1) beim Nachuntersuchungstermin erhoben wurden oder aus der elektronischen Patientendatenbank der Klinik stammen (z.B. Kapitel 3.1.8). Dadurch, und dass nicht alle Patienten allen Nachuntersuchungen / Erhebungen zugeführt werden konnten, ergibt sich bezüglich der erhobenen Patientendaten eine divergierende Fallzahl zwischen n=46-71, wobei die jeweils genaue Fallzahl zu den einzelnen Daten im Ergebnisteil angegeben wird.

Da es sich um eine rein retrospektive Studie handelt, wurden die prä- und postoperativen Daten der Fragebögen und Befragung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erhoben. Hierbei wird der präoperative Zustand unmittelbar vor Durchführung der MACI und der postoperative Zustand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung abgefragt und erfasst.

Die Gesamtpatientenanzahl beträgt 71 Patienten, davon 32 Frauen und 39 Männer. Das Patientenalter zum Operationszeitpunkt liegt zwischen 16 und 56 Jahren. Bei 9 Patienten (13%) kam kein Kontakt zustande. 1 Patient (1,4%) erhielt zum Studienzeitpunkt eine Arthrodesse am betroffenen OSG, welcher zuvor eine MACI erhielt. 14 Patienten (20%) wollten nicht vollumfänglich an der Studie teilnehmen und reduzierten ihre Teilnahme auf eine telefonische oder schriftliche Kurzbefragung zur Erfassung des subjektiven Operationserfolgs (zufrieden, neutral oder unzufrieden mit dem Operationsergebnis). An der körperlichen Nachuntersuchung, den Fragebögen und der Befragung nahmen 47 Patienten (66%) teil, wie in Abbildung 10 dargestellt wird.

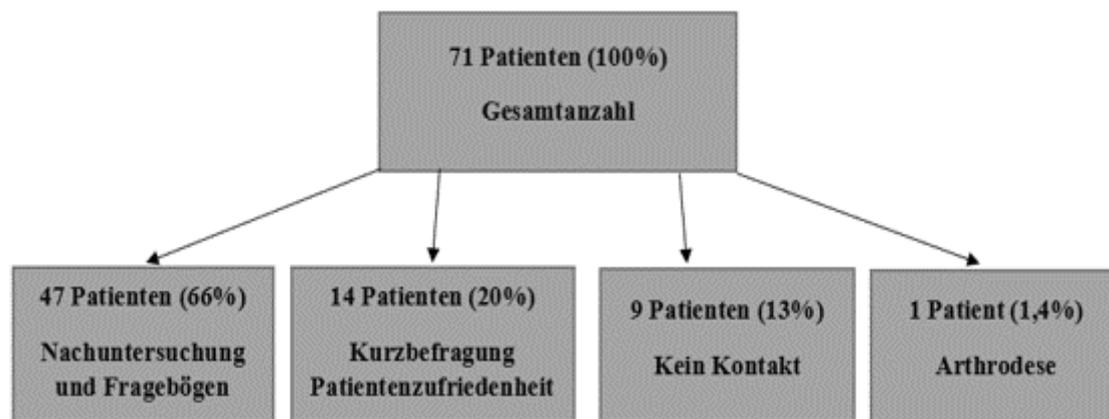


Abbildung 10: Flussdiagramm. Studienpatientenverteilung und Teilnahme.

2.2 Material und operatives Vorgehen

In einem ersten Schritt werden arthroskopisch gesunde Chondrozyten aus einem nicht gewichtstragenden Bereich des OSG entnommen und anschließend über 3 bis 4 Wochen in vitro angezchtet und vermehrt. Die Chondrozyten werden dann wenige Tage vor der operativen Einbringung in die Läsion in die NOVCART-3D eingebracht. Hierbei handelt

es sich um eine biphasische, dreidimensionale Kollagen-Typ-I/III-Membran. Diese besteht aus einer abdeckenden Membran mit einem darunter liegenden Schwamm (kollagenbasierte Matrix) zur dreidimensionalen Aufnahme der Chondrozyten. Danach erfolgt in einem zweiten Eingriff die MACI mit offenem Zugang. Für mediale OLT wird eine mediale Malleolusosteotomie und für laterale OLT ein Release der lateralen Kollateralbänder oder eine Fibulaosteotomie durchgeführt. Intraoperativ wird die Matrix ausgestanzt, der Läsionsgröße angepasst und anschließend mit Nähten und Pins fixiert (107, 108). Die folgenden Abbildungen zeigen einzelne Schritte der MACI. Nach Eröffnung des OSG und Darstellung der OLT (Abbildung 11) erfolgt die Präparation der Läsion. Danach wird die OLT mit einer Spongiosaplastik aus dem Beckenkamm aufgefüllt und die Läsion mit einem corticospongiösen Zylinder abgedeckt (Abbildung 12). Abschließend erfolgt die Deckung der Läsion mithilfe der NOVOCART-3D und der darin enthaltenen Chondrozyten (Abbildung 13). Postoperativ muss zunächst eine Teilbelastung mit 20 kg eingehalten und ein Vacoped-Schuh für 6 Wochen getragen werden, danach erfolgt 12 Wochen ein schrittweiser Übergang hin zur Vollbelastung. Physiotherapeutisch wird die Beweglichkeit des OSG durch passiv-assistive Bewegungsübungen erhalten und verbessert, das Gehen mit Teilbelastung an Unterarmgestützen beübt, sowie etwaige Ödeme und Gelenkschwellungen durch Lymphdrainage reduziert. Auf Lauf-, Sprung- und Kampfsportarten sollte mindestens für ein Jahr verzichtet werden. Eine begleitende Schmerzmitteltherapie erfolgt nach WHO-Stufenschema (nicht-opioidhaltige Medikamente wie z.B. Ibuprofen, danach folgen schwach- und dann stark-wirksame Opioide), zur Schmerzreduktion und Vermeidung einer möglichen Chronifizierung des Schmerzes. Die Schmerzmitteleinnahme wird individuell dem Patientenbedarf angepasst und im Verlauf ausgeschlichen bzw. abgesetzt.

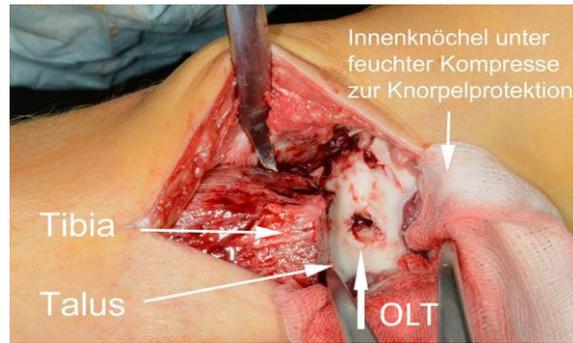


Abbildung 11: MACI 1. Intraoperative Darstellung und Präparation einer OLT.

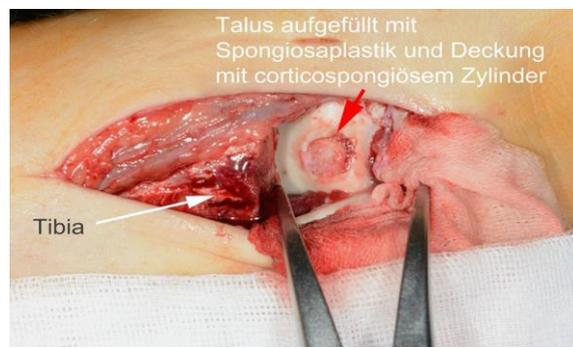


Abbildung 12: MACI 2. OLT nach Auffüllung mit einer Spongiosaplastik und Deckung mit einem corticospungiosem Zylinder.



Abbildung 13: MACI 3. OLT nach Deckung mit der NOVOCART-3D.

Abbildung 11-13 mit freundlicher Genehmigung des Studienpatienten.

2.3 Erhobene Patientendaten

Zu den erhobenen Patientendaten (Kapitel 3.1) zählen: Nachuntersuchungszeitraum, Geschlecht, Alter, Diagnose (OD, KL), OSG-Trauma, BegleitleSIONen, Läsionsgröße, Läsionsgrad, Läsionsort, vorausgegangene Operationen, intra- und postoperative Komplikationen, Revisionsrate, Dauer der Arbeitsunfähigkeit, Therapie und Schmerzmitteleinnahme, BMI, Instabilität, Return to sports Rate, Schmerzen, subjektiver Operationserfolg sowie mehrere Fragebögen (Kapitel 2.5, 2.6, bzw. 3.3).

2.4 Klinische postoperative Nachuntersuchung

Nach der Aktenrecherche, Anamneseerhebung und Begutachtung der Fragebögen zur Erfassung der o. g. Patientendaten wurde eine klinische Nachuntersuchung durchgeführt (Kapitel 3.2). Sie beinhaltet die Evaluation von: Beinachse, Fußstellung, Gangbild, Fußödem, periphere Durchblutung, Sensibilität und Reflexe, Muskelfunktionsprüfung, funktioneller Zehenstand, Beinumfang der Unterschenkel sowie eine Messung der Beweglichkeit des OSG und USG.

2.5 Funktionsscores

2.5.1 Visual-Analogue-Scale Foot and Ankle Score (VASFA)

Der von Richter et al. (2006) stammende Visual-Analogue-Scale Foot and Ankle Score ist für den Fuß und das OSG beim Gesunden und Patienten validiert (Abbildung 55 im Anhang). Der Score beinhaltet 4 Fragen zu Schmerzen, 13 Fragen zu Funktionsstörungen und 3 Fragen zu sonstigen Beschwerden. Der Score wird über eine VAS ausgewertet und kann auch bei fehlenden Antworten berechnet werden. Die zu erreichende Gesamtpunktzahl liegt zwischen 0 und 100 Punkten. Je mehr Punkte erreicht werden, desto besser ist das Ergebnis (Symptom- bzw. Beschwerdefreiheit) (109-111).

2.5.2 Foot and Ankle Outcome Score (FAOS)

Der Foot and Ankle Outcome Score wurde erstmals von Roos et al. (2001) für Pathologien des Fußes und OSG entwickelt und validiert, um Operationsergebnisse erfassen zu können. Die deutsche Fassung ist von van Bergen et al. (2014) angepasst und validiert (Abbildung 56 im Anhang). Der Score beinhaltet insgesamt 5 Untergruppen mit jeweils 7 symptombezogenen Fragen, davon 9 zu Schmerzen, 17 zu ADL, 5 zu Sport- und Freizeitverhalten und 4 zur Lebensqualität. Die zu erreichende Gesamtpunktzahl je Untergruppe liegt zwischen 0 und 100 Punkten. Je mehr Punkte erreicht werden, desto besser ist das Ergebnis (Symptom- bzw. Beschwerdefreiheit). Es wird empfohlen die Ergebnisse der Untergruppen einzeln auszugeben und nicht zusammenzufassen (112-114).

2.5.3 American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS)

Der von Kitaoka et al. (1994) entwickelte American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score dient der Evaluierung von Funktion, Schmerz und Operationsergebnissen des OSG. Der Score ist von Kostuj et al. (2014) für den deutschsprachigen Raum validiert (Tabelle 14 im Anhang). Er umfasst die Kriterien Schmerzen, Funktion, Gehen, Gehstrecke, Gehfehler, Beweglichkeit, Stellung und Alignment des OSG. Die zu erreichende Gesamtpunktzahl liegt zwischen 0 und 100 Punkten. Je mehr Punkte erreicht werden, desto besser ist das Ergebnis (115-117).

2.6 Lebensqualität-Score EQ-5d-3L

Der Score EQ-5d-3L zur Messung der Lebensqualität wird von der EuroQol Group ausgegeben (1987) und existiert seit 1989 in einer deutschen Version (Tabelle 15 im Anhang). Der Score besteht aus 5 Fragekategorien (Beweglichkeit / Mobilität, für sich selbst sorgen, ADL, Schmerzen / körperliche Beschwerden, Angst / Niedergeschlagenheit) mit jeweils 3 Antwortmöglichkeiten (keine - 1, einige - 2 oder extreme Probleme - 3). Aus den Zahlenwerten lässt sich ein Index der 5 Dimensionen erstellen, woraus insgesamt 243 verschiedene Möglichkeiten entstehen. Hierbei steht der niedrigere Zahlenwert für das bessere Ergebnis. Zudem enthält er eine VAS zwischen 0

und 100 Punkten zur allgemeinen Einschätzung des Gesundheitszustandes, wobei eine höhere Punktezahl mit einem besseren Ergebnis korreliert (Gesundheitszustand, Abbildung 60 im Anhang) (118-120).

2.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software IBM SPSS® Statistics Version 27. Wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit für das Ablehnen der statistischen Nullhypothese kleiner als das festgelegte Signifikanzniveau ist, wird von signifikanten Zusammenhängen gesprochen. Ist die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) $< 0,001$ ist der Zusammenhang hoch signifikant, $< 0,01$ sehr signifikant, $< 0,05$ signifikant und $\geq 0,05$ nicht signifikant. Es werden Unterschiede zwischen Häufigkeiten mit dem Binomial-Test zwischen Mittelwerten mit dem t-Test und Zusammenhänge zwischen kategorialen Daten mit dem Chi-Quadrat-Test getestet. In folgenden SPSS-Boxplots werden milde Ausreißer, Werte mit einem Abstand zum 1. oder 3. Quartil von $1,5 * \text{Interquartilabstand}$ bis $3,0 * \text{Interquartilabstand}$ mit einzelnen Punkten (Kreisen) gekennzeichnet; extreme Ausreißer, mit einem Abstand von mehr als $3,0 * \text{Interquartilabstand}$, werden durch einen Stern gekennzeichnet. Binomial- und Chi-Quadrat-Tests sind parameterfreie Testverfahren (121). Mit dem gepaarten T-Test werden Unterschiede zwischen Mittelwerten aus abhängigen Messungen einer mindestens intervallskalierten abhängigen Variablen und einer dichotomen unabhängigen Variablen geprüft. In diesem Untersuchungsdesign verlangt der Test außer der Kontrolle von Ausreißern keine weiteren Parameter. Der gepaarte T-Test verlangt lediglich, dass die Mittelwertdifferenzen in den beiden Gruppen normalverteilt sind. Diese Voraussetzung kann bei Stichproben $n > 30$ vernachlässigt werden (122). Da die Stichprobengröße aufgrund einer vorgegebenen Patientenzahl nicht beeinflussbar ist, wird keine a priori Poweranalyse durchgeführt, wie sie sonst der Stichprobenplanung dient. Eine pos hoc Poweranalyse zur Bestimmung der Trennschärfe des Tests wird für die signifikanten Unterschiede durchgeführt. Die Poweranalyse wurde mit dem Programm G*Power Version 3.1.9.6 durchgeführt. Für jeden Test wird ein entsprechender effect size index verwendet. Diese Indizes unterliegen verschiedenen Konventionen, wie ihre Werte zu interpretieren sind. Für die Ermittlung der Power der durchgeführten T-Tests werden die

Effektstärken aus den Stichprobenergebnissen berechnet. Die Effektgröße „dz“ als standardisierte Distanz zwischen zwei Stichprobenmittelwerten mit unterschiedlichen Varianzen wird bei Werten zwischen 0,2 und 0,5 als kleiner Effekt, zwischen 0,5 und 0,8 als mittlerer und größer als 0,8 als großer/starker Effekt gedeutet. Für die Tests auf Häufigkeitsunterschiede (Binomial-Tests) wird eine mittlere Effektstärke $g=0.15$ ($0,05 < 0,15$ klein, $0,15 - 0,25$ mittel, $> 0,25$ groß) angenommen. Für den Chi-Quadrat-Test wird die Effektstärke w (φ) angegeben ($0,1 - < 0,3$ klein, $0,3 - 0,5$ mittel, $> 0,5$ groß). Für Zusammenhangsrechnungen werden in Abhängigkeit der Skalenniveaus unterschiedliche statistische Verfahren oder Parameter verwendet. Bivariate Korrelationen zwischen metrischen Variablen werden anhand der nicht parametrischen Spearman-Korrelation untersucht, da die erhobenen Daten die Normalverteilungsannahme nicht erfüllen. Der Zusammenhang zwischen ordinal- und metrisch skalierten Variablen wird ebenfalls mithilfe der Spearman-Korrelation überprüft. Der Zusammenhang zwischen nominalen und ordinalen Variablen wird mithilfe des Chi-Quadrat-Tests betrachtet. Der Zusammenhang zwischen nominalen und metrischen Variablen wird anhand des Eta-Koeffizienten (Werte zwischen 0-1) ermittelt. Für die Signifikanzüberprüfung des Eta-Koeffizienten wird zusätzlich jeweils eine univariate Varianzanalyse berechnet (123).

3 Ergebnisse

Die Patientendaten wurden anhand von n=46-71 erhoben. Die je nach untersuchtem Parameter divergierende Fallzahl lässt sich darauf zurückführen, dass nicht alle Patienten allen Nachuntersuchungen / Erhebungen zugeführt werden konnten bzw. bestimmte Kriterien während des Nachuntersuchungstermins erhoben wurden und andere aus der elektronischen Patientendatenbank der Klinik stammen. Die Fallzahl für die Daten der klinischen Nachuntersuchung liegt bei n=47, respektive n=51, wobei hier die Beweglichkeit des Sprunggelenks aus der Datenbank ergänzt werden konnte. Die Fallzahl der Funktionsscores und der Lebensqualitätsscore liegt bei n=47.

3.1 Erhobene Patientendaten

3.1.1 Nachuntersuchungszeitraum

Der Zeitraum in Monaten von der operativen Versorgung bis zur Nachuntersuchung wird anhand von n=47 Patienten ermittelt und beträgt durchschnittlich $44 \pm 18,7$ (13-83) Monate (Median 42) (Abbildung 14).

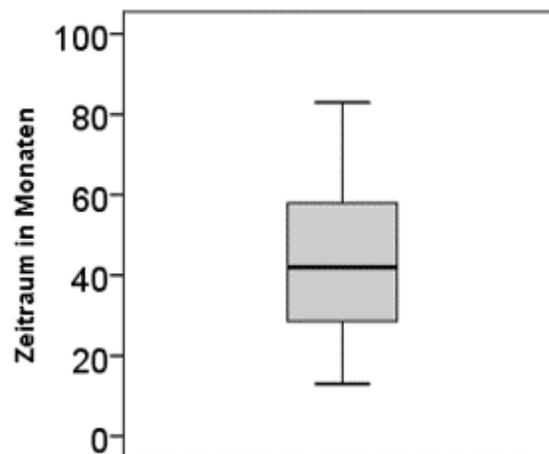


Abbildung 14: Nachuntersuchungszeitraum. Die Verteilung des Nachuntersuchungszeitraums in Monaten.

3.1.2 Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung schließt n=71 Patienten ein, mit einem Anteil von 39 Männern (54,9%) und 32 Frauen (45,1%) (Abbildung 15). Die Geschlechterverteilung zeigt, dass sich der Anteil der Männer mit 54,9% nicht signifikant ($p=0,061$) vom Anteil der Frauen 45,1% unterscheidet.

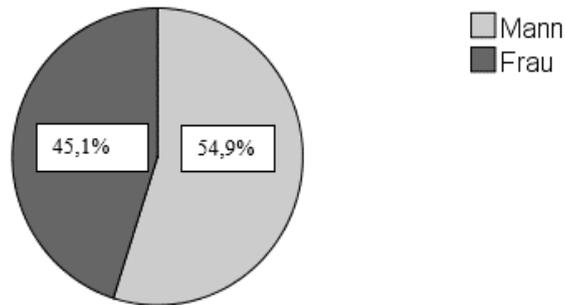


Abbildung 15: Geschlechterverteilung. Die Häufigkeit von Männern und Frauen im Studienkollektiv.

3.1.3 Altersverteilung

Das Patientenalter (n=71) zum Operationszeitpunkt liegt durchschnittlich bei $33 \pm 11,8$ (16-56) Jahren (Median=32) (Abbildung 16). Es liegt keine Normalverteilung ($p>0,05$) vor (Kolmogorov-Smirnov $p=0,008$, Shapiro-Wilk $p=0,005$).

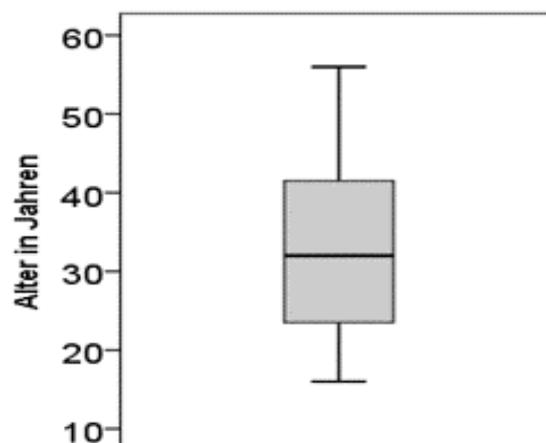


Abbildung 16: Altersverteilung. Darstellung der Altersverteilung der Patienten in Jahren.

3.1.4 Anteil Osteochondrosis dissecans und Knorpelläsion

Der Anteil von n=71 Patienten mit einer diagnostizierten OD liegt bei 53 Patienten (74,6%), wohingegen bei 18 Patienten (25,4%) die OLT als Knorpelläsion (KL) beschrieben wird (Abbildung 17). Der Patientenanteil mit einer OD-Diagnose ist hoch signifikant ($p < 0,001$) größer als der Anteil ohne OD-Diagnose.

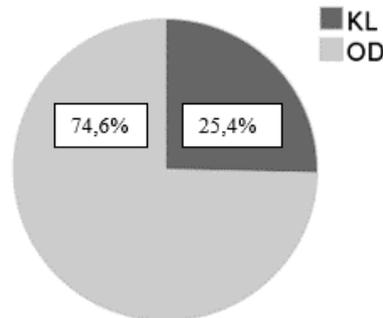


Abbildung 17: Anteil OD und KL. Die Häufigkeit von OD und KL innerhalb der Patientendiagnosen.

3.1.5 Trauma oberes Sprunggelenk

Bei n=71 Patienten wird erfasst, ob sie in der Vorgeschichte an ihrem betroffenen OSG ein Trauma erlitten. 24 Patienten (33,8%) haben in der Vorgeschichte kein Trauma, 27 Patienten (38%) ein Supinationstrauma und 20 Patienten ein sonstiges Trauma (28,2%) erlitten (Abbildung 18). Der Patientenanteil mit einem OSG-Trauma (66,2%) in der Vorgeschichte ist hoch signifikant ($p < 0,001$) größer als ohne OSG-Trauma (33,8%). Das Supinationstrauma (57,5%) ist unter den Traumata die häufigste Ursache.

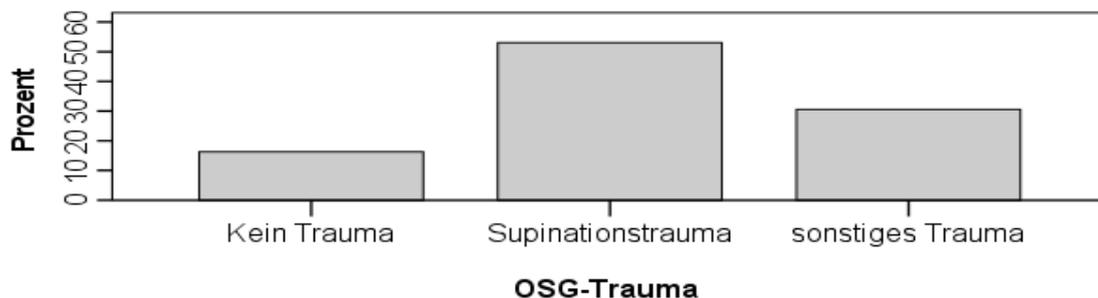


Abbildung 18: OSG-Trauma. Die Grafik zeigt die Häufigkeit ohne Trauma, mit Supinationstrauma und sonstigem Trauma in der Vorgeschichte der Patienten.

3.1.6 Begleitläsionen

Neben der eigentlichen OLT werden an n=71 Patienten einhergehende Begleitläsionen des betroffenen OSG erfasst. Keine Begleitläsion haben 28 Patienten (34,1%), sonstige Läsionen (Syndesmoseruptur, Flake, Außenbandruptur, Osteonekrose, Fraktur) 22 (26,8%), eine Knochenzyste 13 (15,9%), Osteophyt(en) 11 (13,4%), Arthrose 5 (6,1%) und ein subchondrales Ödem 3 (3,7%) (Abbildung 19).

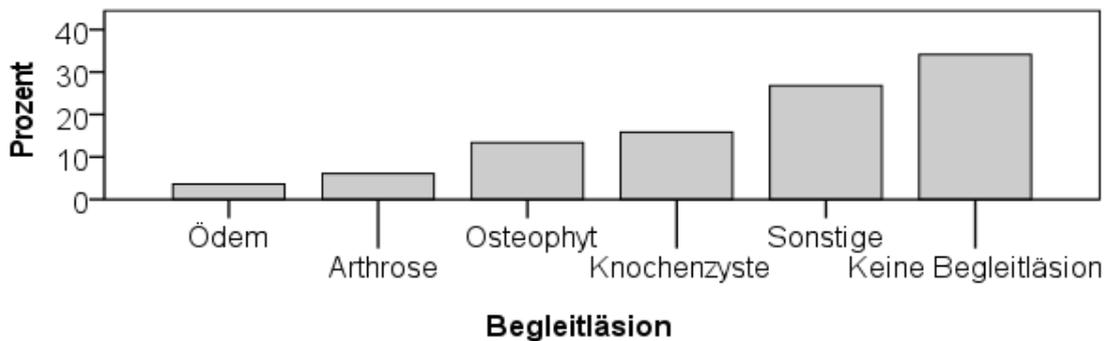


Abbildung 19: Begleitläsionen. Die Häufigkeit einer Begleitläsion der Patienten.

3.1.7 Läsionsgrad

Der Läsionsgrad der OLT bei n=71 Patienten ist nach der ICRS-Klassifikation in Grad 1 bis 4 unterteilt. Es wurden keine Patienten mit einer Grad 1 Läsion operiert. Insgesamt weisen 17 Patienten (23,9%) eine Grad 2, 20 Patienten (28,2%) eine Grad 3 und 34 Patienten (47,9%) eine Grad 4 Läsion auf (Abbildung 20).

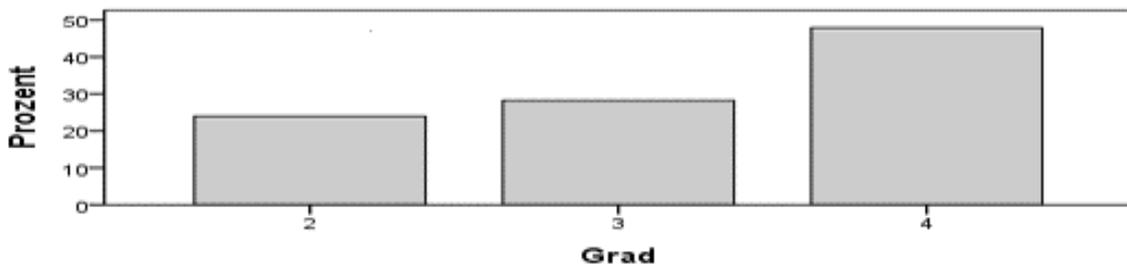


Abbildung 20: Läsionsgrad. Die Häufigkeit der ICRS-Grade 2-4 der OLT der Patienten.

3.1.8 Läsionsgröße

Die durchschnittliche Läsionsgröße der OLT von n=71 Patienten liegt bei $2,3 \pm 1,1$ (0,5-6) cm^2 (Median=2) (Abbildung 21). Es liegt keine Normalverteilung ($p > 0,05$) vor (Kolmogorov-Smirnov $p < 0,001$, Shapiro-Wilk $p < 0,001$).

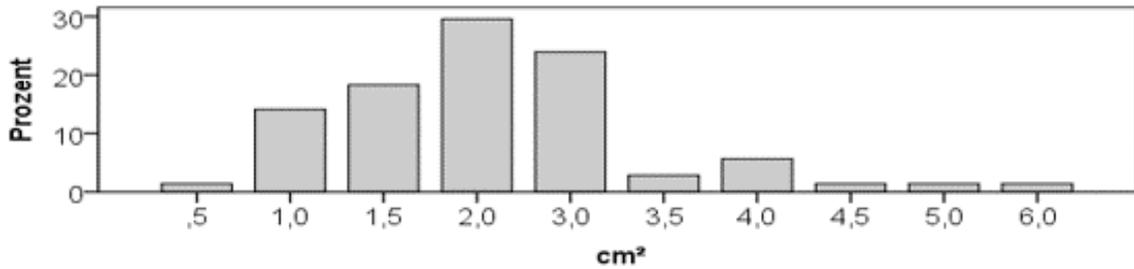


Abbildung 21: Läsionsgröße. Die Häufigkeit der Läsionsgrößen der OLT der Patienten.

3.1.9 Läsionsort

Die OLT ist entweder im Bereich der medialen- oder lateralen Talusschulter lokalisiert. Von n=71 Patienten ist bei 53 Patienten (74,6%) die mediale und bei 18 Patienten (25,4%) die laterale Talusschulter betroffen (Abbildung 22).

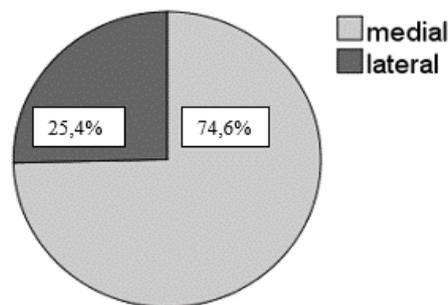


Abbildung 22: Läsionsort. Die Häufigkeit der medialen und lateralen OLT der Patienten.

3.1.10 Vorausgegangene Operationen

Der MACI vorausgegangene Operationen sind anhand von n=71 Patienten erfasst. Keine Operation in der Vorgeschichte haben 40 (71,4%) Patienten, eine Anbohrung und/oder Mikrofrakturierung 13 (23,2%) und eine MACI 3 (5,4%) (Abbildung 23).

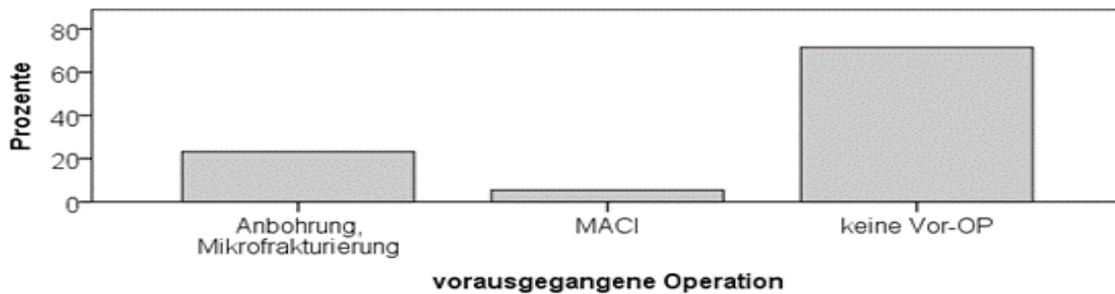


Abbildung 23: Vorausgegangene Operationen. Die Häufigkeit keiner oder vorausgegangenen Operationen der Patienten.

3.1.11 Intraoperative Komplikationen

Es traten keine verfahrensassozierten intraoperativen Komplikationen auf.

3.1.12 Postoperative Komplikationen

Da zu 9 Patienten kein Kontakt zustande kam und nicht ausgeschlossen werden kann, dass eine etwaige postoperative Komplikation in einem anderen Krankenhaus versorgt wurde, reduziert sich für die statistische Auswertung die Gesamtzahl auf n=62. Bei insgesamt n=62 Patienten werden 3 postoperative Infektionen (4,8%) an der äußeren Hautnaht im Sinne einer Wundheilungsstörung erfasst, wobei keine Infektion des operierten Gelenks vorliegt. Bei einer Wundheilungsstörung wurde die Hautnaht erneuert.

3.1.13 Revisionsrate

Wie in Kapitel 3.1.12 beschrieben reduziert sich bei der Revisionsrate ebenfalls die Gesamtzahl auf n=62 Patienten. Es werden bei 12 Patienten (19,4%) jeweils eine Folgeoperation durchschnittlich innerhalb von 12 Monaten post Primärversorgung,

erfasst. Die Folgeoperationen unterteilen sich in 4 Osteophytenabtragungen, 3 Débridement, 1 Arthrodese, 1 Mikrofrakturierung, 2 Wechsel der Schrauben der Innenknöchelosteotomie wegen Lockerung und 1 Korrektur der Hautnaht bei Vorliegen einer Wundheilungsstörung (Abbildung 24).

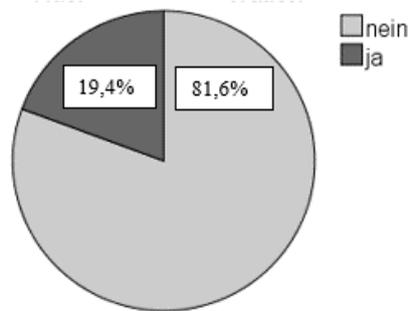


Abbildung 24: Revisionsrate. Die Häufigkeit einer Folgeoperation nach der MACI.

3.1.14 Dauer von Arbeitsunfähigkeit, Therapie und Schmerzmitteleinnahme

Die Daten wurden anhand von n=47 Patienten erhoben. Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit beträgt durchschnittlich $20 \pm 17,9$ (2-68) Wochen (Median=12), die Therapiedauer (Physiotherapie) $26 \pm 18,1$ (3-68) Wochen (Median=16) und die Schmerzmitteleinnahme $7 \pm 12,7$ (1-52) Wochen (Median=2) (Abbildung 25).

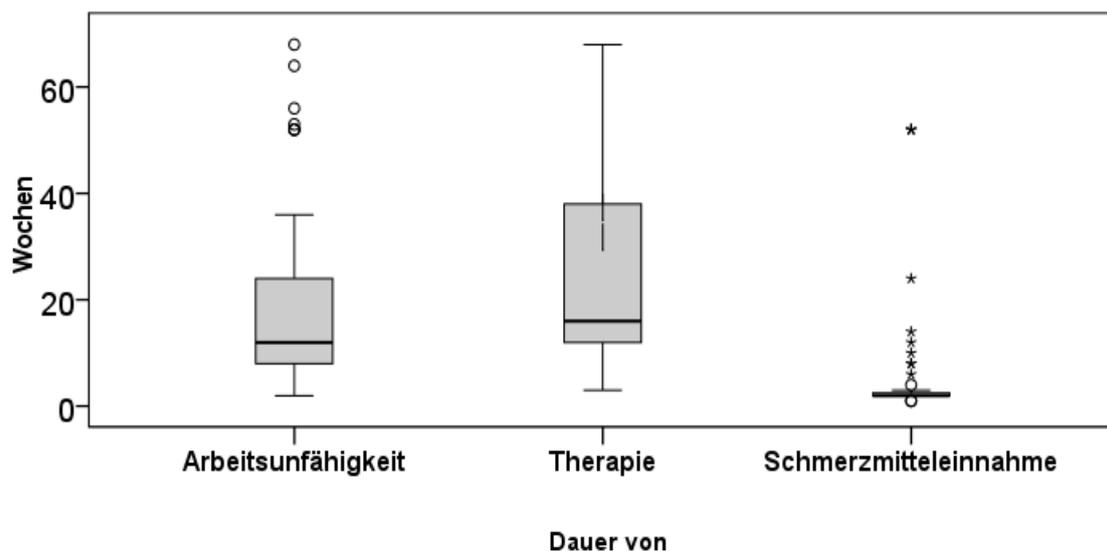


Abbildung 25: Dauer von Arbeitsunfähigkeit, Therapie und Schmerzmitteleinnahme. Die Verteilung der Dauer von Arbeitsunfähigkeit, Therapie und Schmerzmitteleinnahme in Wochen der Patienten.

3.1.15 Body-Mass-Index

Die BMI-Daten von n=46 Patienten sind nicht normalverteilt ($p > 0,05$) (Kolmogorov-Smirnov $p = 0,044$, Shapiro-Wilk $p = 0,053$). Es wird die Häufigkeit der Kategorien des BMI (kg/m^2) angegeben. Der Kategorie Untergewicht ist 1 Patient (2,2%), Normalgewicht 18 (39,1%), Übergewicht 12 (26,1%) und Adipositas 15 (32,6%) zuzuweisen (Abbildung 26). Der durchschnittliche BMI beträgt $26,32 \pm 4,76$ (18-34) kg/m^2 (Median 26,29).

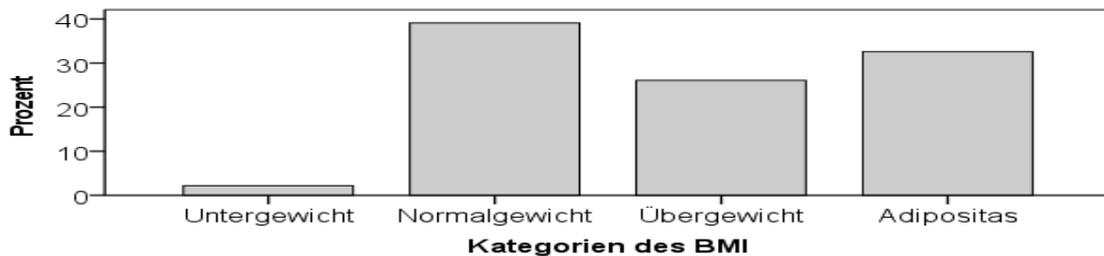


Abbildung 26: Body-Mass-Index. Die Häufigkeit der Kategorien des BMI der Patienten.

3.1.16 Instabilität oberes Sprunggelenk

Die Patienten ($n=47$) wurden am Nachuntersuchungstermin hinsichtlich eines subjektiv bestehenden prä- und postoperativen Instabilitätsgefühls des betroffenen OSG befragt. 31 (66%) Patienten weisen keine prä- und postoperative Instabilität auf. Der Patientenanteil mit einer subjektiven OSG-Instabilität reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ 12 (25,5%) auf postoperativ 4 (8,5%) Patienten (Abbildung 27).

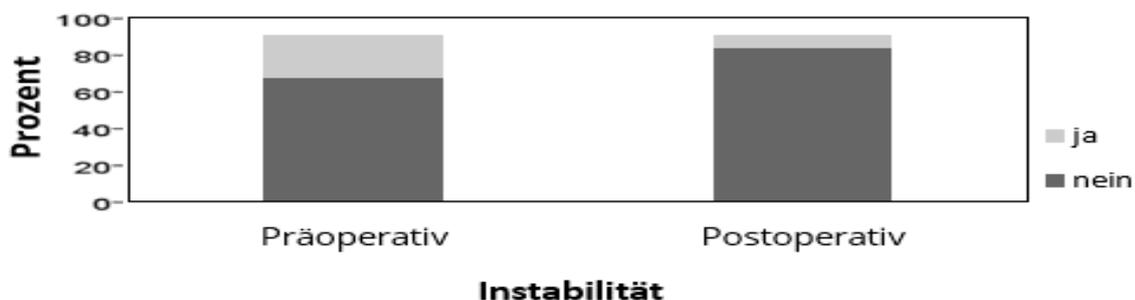


Abbildung 27: OSG-Instabilität. Die Häufigkeit der prä- und postoperativen OSG-Instabilität der Patienten.

3.1.17 Return to sports Rate

Die Return to sports Rate wird anhand von n=47 Patienten ermittelt. Zur positiven Wertung der Return to sports Rate zählen diejenigen Patienten, welche postoperativ zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wieder ihre gewohnten sportlichen Aktivitäten ohne Einschränkung ausüben können. Die return to sports Rate liegt bei 53,2% (25 Patienten). Leichte Einschränkungen beim Sport haben 14 Patienten (29,8%) und starke Einschränkungen 8 Patienten (17%) (Abbildung 28).

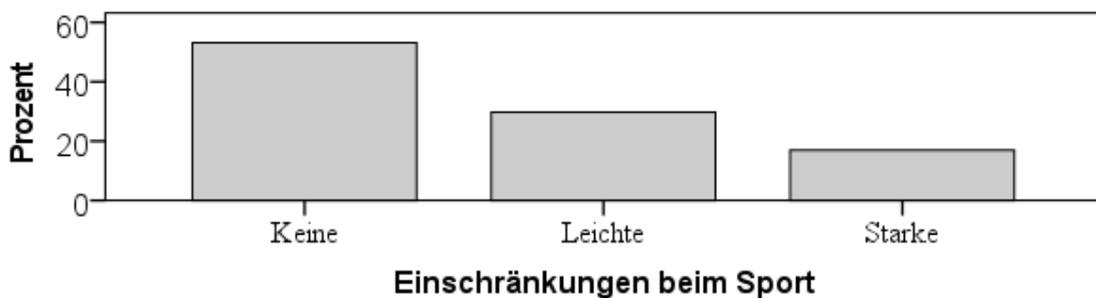


Abbildung 28: Return to sports Rate / Einschränkungen beim Sport. Die Return to sports Rate entspricht der Häufigkeit der Patienten ohne postoperative Einschränkungen beim Sport.

3.1.18 Schmerzen oberes Sprunggelenk

Bei n=47 Patienten wird anhand einer VAS der prä- und postoperativem Ruhe- und Belastungsschmerz (0-keine bis 10-max. Schmerzpunkte) im betroffenen OSG erfasst. Gemäß der VAS reduziert sich der Ruheschmerz hoch signifikant ($p < 0,001$) durchschnittlich von präoperativ $2,6 \pm 2,6$ (0-10) Punkten (Median=3) auf postoperativ $0,6 \pm 1,3$ (0-5) Punkte (Median=0) (Abbildung 29). Der Belastungsschmerz reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $6,1 \pm 2,6$ (0-10) Punkten (Median=6) auf postoperativ $2,4 \pm 2,1$ (0-8) Punkte (Median=2) (Abbildung 30). Beim Ruheschmerz liegt eine mittlere Effektstärke ($d_z = 0,69$, Power=0,88), beim Belastungsschmerz eine große Effektstärke vor ($d_z = 1,14$, Power=0,99). Der durchschnittliche präoperative Schmerz (Quotient aus Ruhe- und Belastungsschmerz) reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich $4,4 \pm 2,3$ (0-10) Punkten

auf postoperativ durchschnittlich $1,5 \pm 1,5$ (0-6) Punkte. Der postoperative Schmerz ist nicht normalverteilt ($p > 0,05$, Kolmogorov-Smirnov $p = 0,002$, Shapiro-Wilk $p = 0,004$).

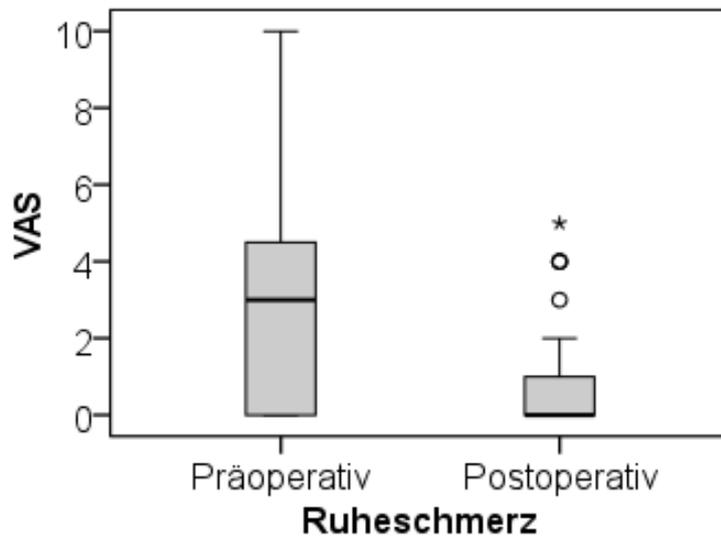


Abbildung 29: Ruheschmerz. Die Verteilung des prä- und postoperativen Ruheschmerz des betroffenen ODS der Patienten anhand einer VAS.

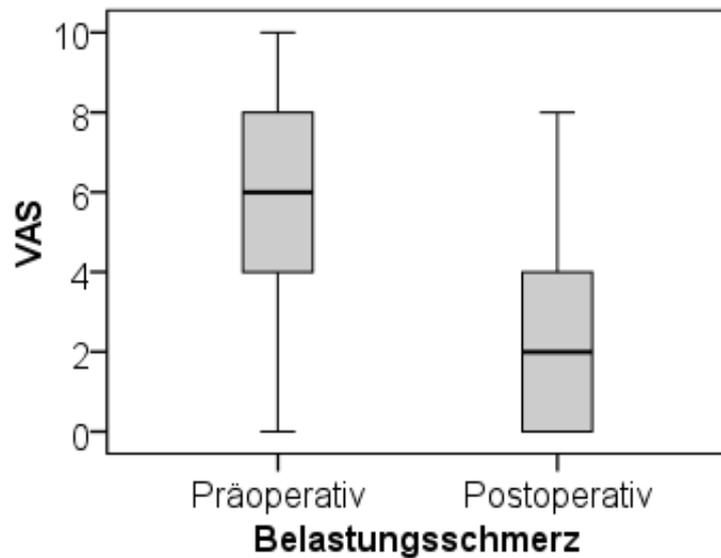


Abbildung 30: OSG-Belastungsschmerz. Die Verteilung des prä- und postoperativen Belastungsschmerz der Patienten anhand einer VAS.

3.1.19 Subjektiver Operationserfolg

Zur Erfassung des subjektiven Operationserfolges konnten n=61 Patienten nach ihrer allgemeinen Zufriedenheit mit dem operativen Ergebnis der MACI befragt werden. 43 Patienten (70,5%) sind zufrieden, 6 Patienten (9,8%) sehen das Operationsergebnis neutral und 12 Patienten (19,7%) waren damit unzufrieden (Abbildung 31).

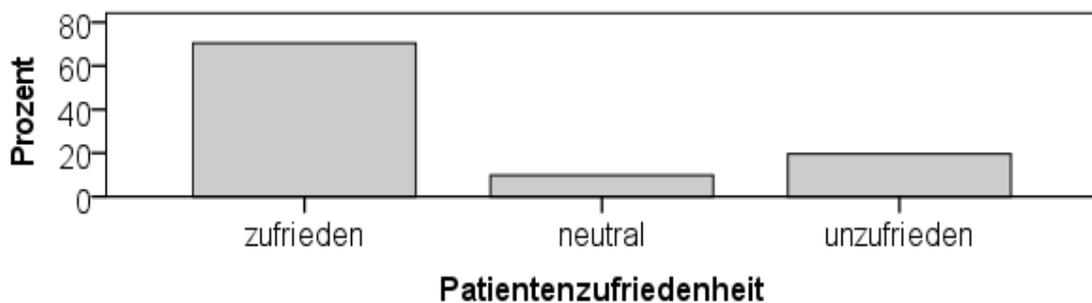


Abbildung 31: Subjektiver Operationserfolg / Patientenzufriedenheit. Die Häufigkeit der 3 Kategorien der subjektiven Patientenzufriedenheit mit dem Operationsergebnis.

3.2 Klinische postoperative Nachuntersuchung

3.2.1 Beinachse, Fußstellung und Gangbild

An n=47 Patienten wurde die klinische Beinachse, die (Rück)-Fußstellung und das Gangbild erfasst. Eine neutrale Beinachse und Kniestellung liegen bei 32 Patienten (68,1%) vor, ein Genu varum bei 10 Patienten (21,3%) und ein Genu valgum bei 5 Patienten (10,6%) (Abbildung 32). Eine neutrale Fußstellung liegt bei 22 Patienten (46,8%) vor, ein Senkfuß bei 13 Patienten (27,7%), ein Knick-Senkfuß bei 11 Patienten (23,4%) und ein vollständiger Plattfuß bei 1 Patienten (2,1%) (Abbildung 33). Das Gangbild ist bei 41 Patienten (87,2%) unauffällig und bei 6 Patienten (12,8%) auffällig (Abbildung 34).

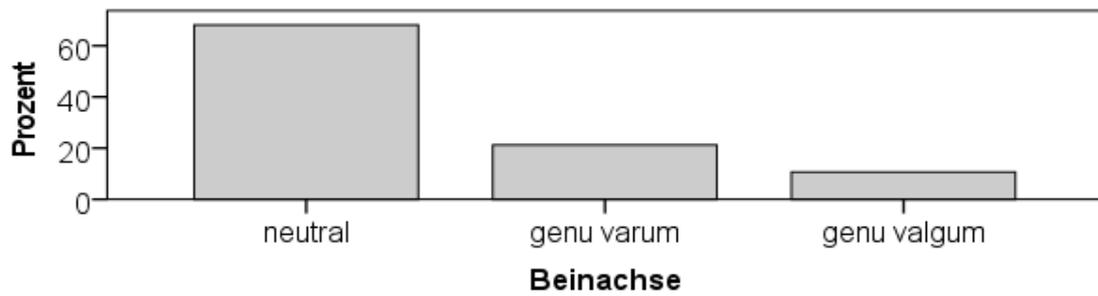


Abbildung 32: Beinachse. Die Häufigkeit der 3 Kategorien der Beinachse der Patienten.

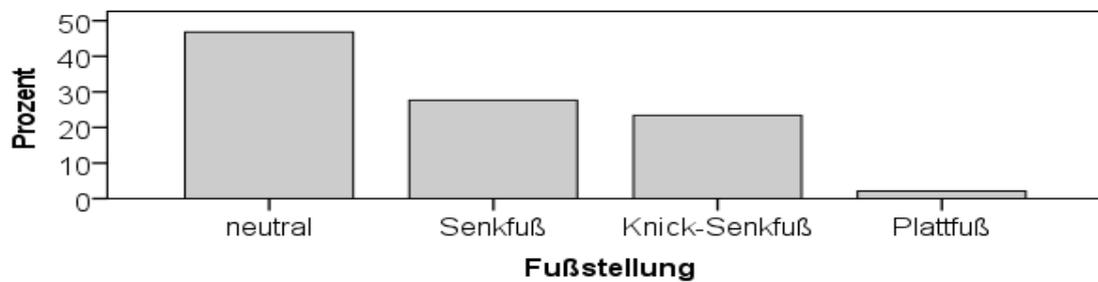


Abbildung 33: Fußstellung. Die Häufigkeit der 4 Kategorien der Fußstellung der Patienten.

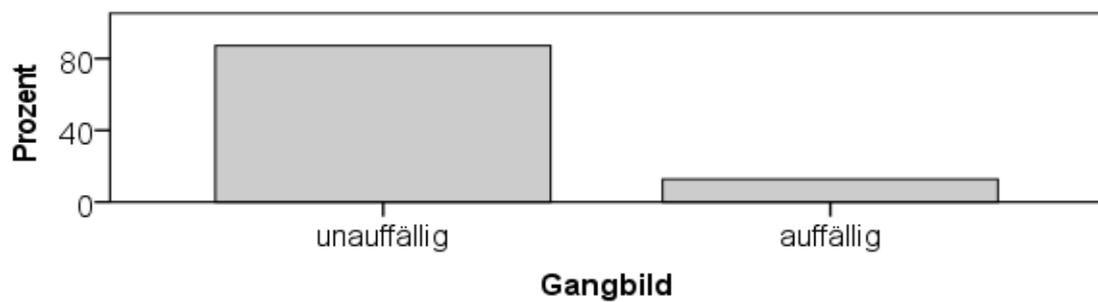


Abbildung 34: Gangbild. Die Häufigkeit der 2 Kategorien des Gangbilds der Patienten.

3.2.2 Fußödem

Das betroffene OSG wurde an n=47 Patienten postoperativ auf ein Fußödem untersucht, der präoperative Status wurde anamnestisch erfragt. Der Anteil mit einem Fußödem ist hoch signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ 17 (36,2%) auf postoperativ 6 (12,8%) Patienten reduziert (Abbildung 35).

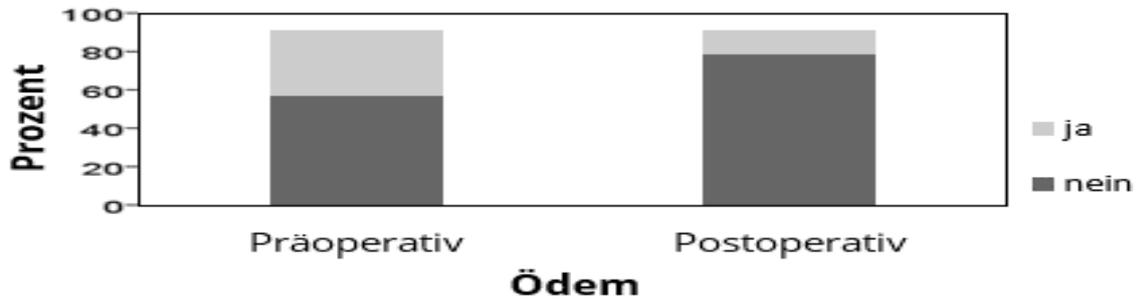


Abbildung 35: Fußödem. Die Häufigkeit eines prä- und postoperativem Fußödems der Patienten.

3.2.3 Periphere Durchblutung, Sensibilität und Reflexe

An n=47 Patienten wurde untersucht, ob eine Reduktion der peripheren Durchblutung (Palpation der A. dorsalis pedis), der Sensibilität im Zugangsgebiet sowie des Patellarsehnen- und Achillessehnenreflex vorliegt. Bei allen Patienten kann der Puls palpiert werden und es liegen keine sichtbaren Zeichen einer Minderdurchblutung vor. Ebenfalls liegt bei keinem der untersuchten Patienten eine Minderung der genannten Reflexe im Seitenvergleich vor. Die Sensibilität ist bei 36 Patienten (76,6%) unauffällig, bei 6 Patienten (12,8%) kleinflächig und bei 5 Patienten (10,6%) großflächig im Zugangsgebiet reduziert (Abbildung 36). Der Patientenanteil ohne eine postoperative Reduktion der Sensibilität des Fußes ist hoch signifikant ($p < 0,001$) größer als der Anteil mit einer Reduktion.

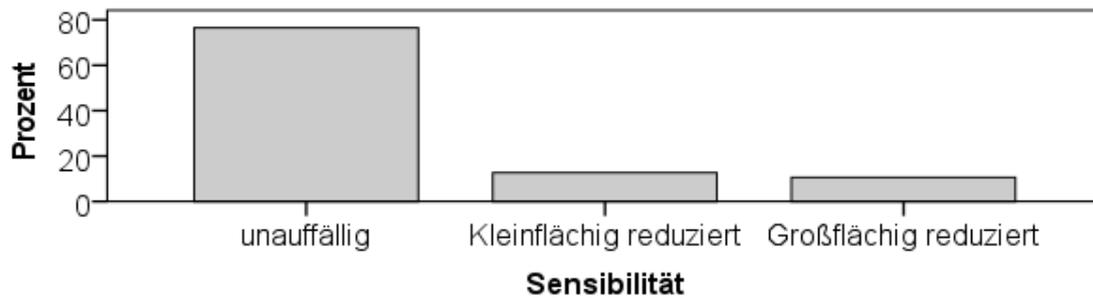


Abbildung 36: Sensibilität. Die Häufigkeit der Kategorien der Sensibilität der Patienten.

3.2.4 Muskelfunktionsprüfung, funktioneller Zehenstand und Beinumfang Unterschenkel

An n=47 Patienten wurde eine Muskelfunktionsprüfung (Kraftgrade nach Janda) der Fußheber- und Fußsenkermuskelgruppe am betroffenen OSG durchgeführt. Alle Patienten weisen einen Kraftgrad von 5 (nach Janda) in beiden Muskelgruppen auf. Zur Testung der funktionellen Kraft der Fußsenkermuskulatur wurden einbeinige Zehenspitzenstände bis max. 25 Wiederholungen gezählt. Als Referenz gilt das nicht operierte Bein, mit dem alle Patienten die vorgegebene Anzahl von 25 Wiederholungen erreichen. 39 Patienten (83%) erreichen gleichfalls dieselbe max. Wiederholungszahl mit ihrem operierten Bein, 8 Patienten (17%) erreichen weniger (Abbildung 37). Der Beinumfang beider Unterschenkel zur Erfassung der Muskelmasse wird bei 90° gebeugtem Kniegelenk 10cm unterhalb der Kniekehle gemessen und die Differenz zwischen operiertem und nicht-operiertem Bein erfasst. Bei 26 Patienten (55,3%) liegt keine Umfangsdifferenz vor, 21 Patienten (44,7%) weisen an ihrem operierten Bein einen reduzierten Beinumfang von durchschnittlich $0,6 \pm 0,9$ (0-3,5) cm auf (Median 0) (Abbildung 38).

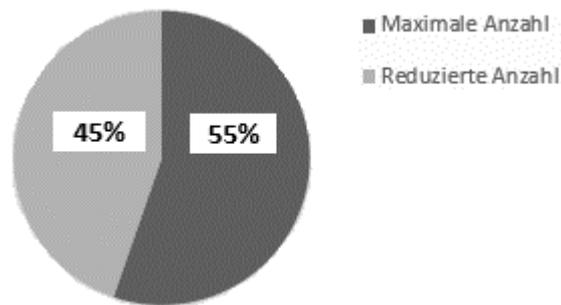


Abbildung 37: Funktioneller Zehenspitzenstand. Die Häufigkeit der erreichten und nicht erreichten max. Zehenspitzenstände mit dem operierten Bein der Patienten.

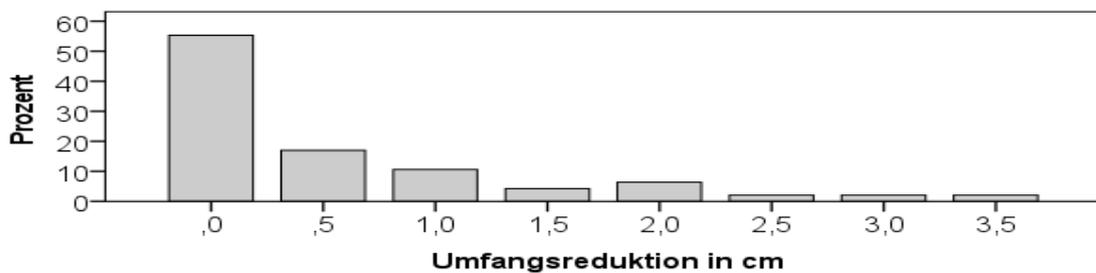


Abbildung 38: Reduktion des Unterschenkelumfangs. Die Häufigkeit und Größe der Reduktion des Beinumfangs des operierten Unterschenkels der Patienten.

3.2.5 Beweglichkeit oberes und unteres Sprunggelenk

Es wird bei n=51 Patienten die postoperative Beweglichkeit des OSG nach der Neutral-Null-Methode erfasst. Weiterhin wird die Beweglichkeit des USG (erhöht oder erniedrigt) angegeben. Es erfolgt jeweils der Vergleich der operierten gegenüber der nicht operierten Seite. Bei keinem der Patienten ist die Beweglichkeit des operierten gegenüber dem nicht operierten OSG erhöht. 5 Patienten (9,8%) haben keine Bewegungseinschränkung, bei 46 Patienten (90,2%) liegt eine durchschnittliche Bewegungseinschränkung von $11 \pm 8,1$ (0-45) Bogengrad (Median=10) vor (Abbildung 39). Die Beweglichkeit des USG zeigt bei 41 Patienten (80,4%) keinen Unterschied zwischen operierter und nicht operierter Seite, bei 4 Patienten (7,8%) ist die Beweglichkeit erhöht und bei 6 Patienten (11,8%) erniedrigt (Abbildung 40). Der

Patientenanteil mit einer Bewegungseinschränkung des operierten OSG ist hoch signifikant ($p < 0,001$) größer als der Anteil ohne eine Bewegungseinschränkung. Der Patientenanteil ohne eine veränderte Beweglichkeit des operierten OSG ist hoch signifikant ($p < 0,001$) größer als die Anzahl mit veränderter Beweglichkeit.

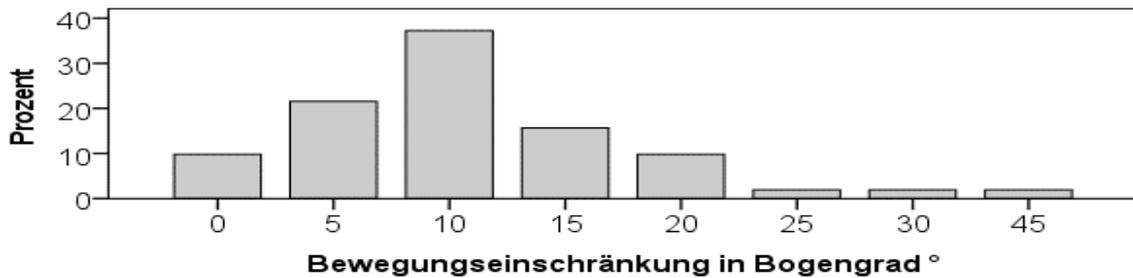


Abbildung 39: OSG-Bewegungseinschränkung. Die Häufigkeit der verschiedenen Größen der OSG-Gesamtbewegungseinschränkung (Flexion und Extension) des operierten gegenüber dem nicht-operierten OSG der Patienten.

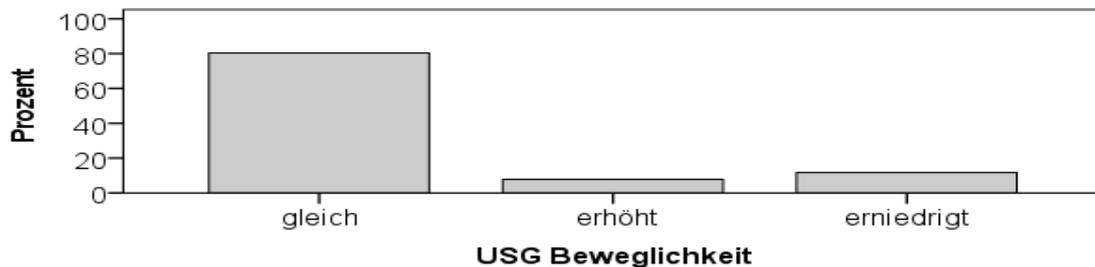


Abbildung 40: USG-Beweglichkeit. Die Häufigkeit der USG-Beweglichkeitskategorien des operierten gegenüber dem nicht-operierten Fuß der Patienten.

3.3 Funktionsscores und Lebensqualität-Score

3.3.1 Visual-Analogue-Scale Foot and Ankle Score (VASFA)

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten des VASFA-Scores ($n=47$) erhöht sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $58 \pm 24,6$ (8-98) Punkten (Median=63) auf postoperativ $81 \pm 15,8$ (35-100) Punkte (Median=87)

(Abbildung 41). Beim VASFA-Score liegt eine große Effektstärke vor ($d_z=0,83$, $\text{Power}=0,98$).

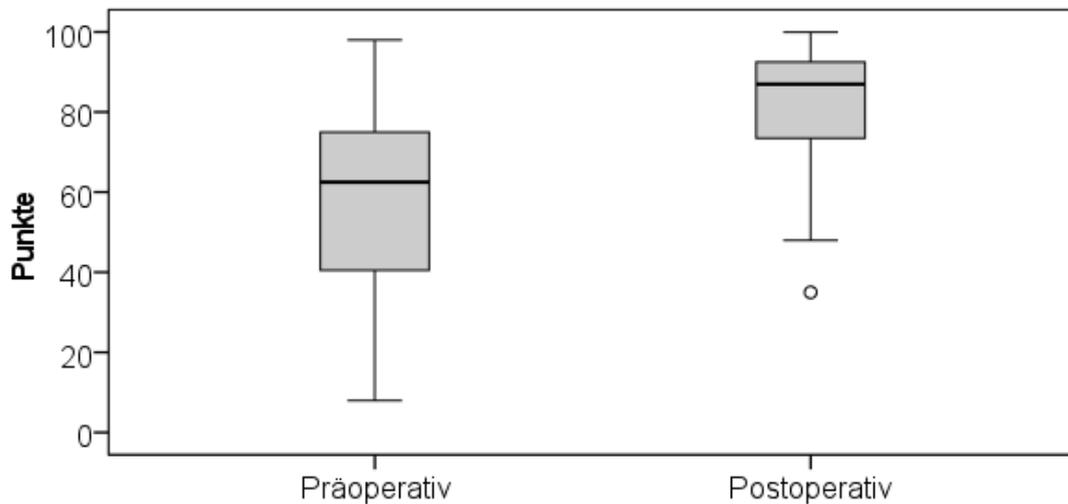


Abbildung 41: VASFA-Score. Die Verteilung der prä- und postoperativen Punktzahl des VASFA-Scores der Patienten.

3.3.2 Foot and Ankle Outcome Score (FAOS)

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten in der Untergruppe „Symptome“ des FAOS-Scores ($n=47$) erhöht sich sehr signifikant ($p=0,003$) von durchschnittlich präoperativ $57 \pm 27,6$ (11-100) Punkte (Median=54) auf postoperativ $70 \pm 22,2$ (11-100) Punkte (Median=77) (Abbildung 42). Es liegt eine mittlere Effektstärke vor ($d_z=0,46$, $\text{Power}=0,68$).

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten in der Untergruppe „Schmerzen“ des FAOS-Scores ($n=47$) erhöht sich hoch signifikant ($p<0,001$) von durchschnittlich präoperativ $54 \pm 27,6$ (0-100) Punkten (Median=53) auf postoperativ $79 \pm 19,7$ (31-100) Punkte (Median=86) (Abbildung 42). Es liegt eine mittlere Effektstärke vor ($d_z=0,75$; $\text{Power} 0,94$).

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten in der Untergruppe „ADL“ des FAOS-Scores ($n=47$) erhöht sich hoch signifikant ($p<0,001$) von

durchschnittlich präoperativ $67 \pm 27,3$ (0-100) Punkten (Median=73) auf postoperativ $86 \pm 17,2$ (40-100) Punkte (Median=93) (Abbildung 42). Es liegt eine mittlere Effektstärke vor ($d_z=0,61$; Power 0,74).

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten in der Untergruppe „**Sport und Freizeit (S&F)**“ des FAOS-Scores ($n=47$) erhöht sich hoch signifikant ($p<0,001$) von durchschnittlich präoperativ $41 \pm 30,4$ (0-100) Punkten (Median=40) auf postoperativ $64 \pm 27,4$ (0-100) Punkte (Median=73) (Abbildung 42). Es liegt eine mittlere Effektstärke vor ($d_z=0,65$; Power 0,83).

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten in der Untergruppe „**Lebensqualität (LQ)**“ des FAOS-Scores ($n=47$) erhöht sich sehr signifikant ($p=0,006$) von durchschnittlich präoperativ $39 \pm 31,3$ (0-100) Punkten (Median=31) auf postoperativ $54 \pm 26,6$ (6-100) Punkte (Median=56) (Abbildung 42). Es liegt eine mittlere Effektstärke vor ($d_z=0,66$; Power 0,83).

In den jeweiligen Untergruppen steht die Zahl 1 für den präoperativen und die Zahl 2 für den postoperativen Zeitpunkt (Abbildung 42).

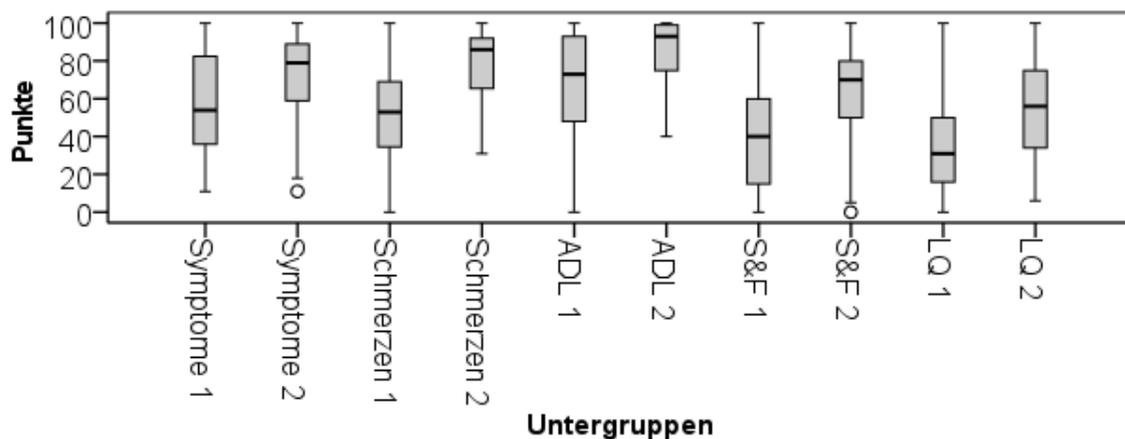


Abbildung 42: FAOS-Score. Die Verteilung der prä- und postoperativen Punktezah der jeweiligen Untergruppen des FAOS-Scores der Patienten.

3.3.3 American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS)

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten des AOFAS-Scores (n=47) erhöht sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $67 \pm 20,3$ (25-100) Punkten (Median=67) auf postoperativ $89 \pm 12,3$ (53-100) Punkte (Median=94) (Abbildung 43). Postoperativ erreichen 29 ein exzellentes (100-90 Punkte), 9 ein gutes (89-80 Punkte), 7 ein befriedigendes (79-90 Punkte) und 2 Patienten ein schlechtes Ergebnis (< 60 Punkte). Es liegt eine große Effektstärke vor ($d_z = 1,1$; Power 0,99). Es liegt eine Normalverteilung ($p > 0,05$) vor (Kolmogorov-Smirnov $p = 0,200$, Shapiro-Wilk $p = 0,445$).

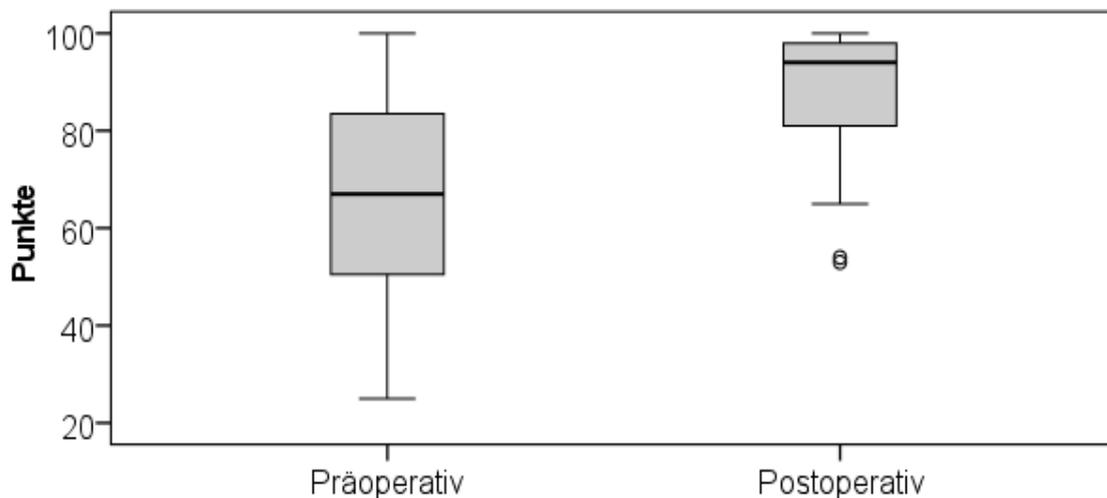


Abbildung 43: AOFAS-Score. Die Verteilung der prä- und postoperativen Punktezahle des AOFAS-Scores der Patienten.

3.3.4 Lebensqualität-Score EQ-5d-3L

In der Untergruppe „**Beweglichkeit / Mobilität**“ erreichen von n=47 Patienten präoperativ 16 (34,0%) Level 1, 30 (63,8%) Level 2 und 1 (2,1%) Level 3 (Abbildung 44). Postoperativ erreichen 35 Patienten (70,0%) Level 1, 15 (30,0%) Level 2 und keiner Level 3 (Abbildung 45). Die Häufigkeit von Level 1 steigt damit hoch signifikant ($p < 0,001$) an.

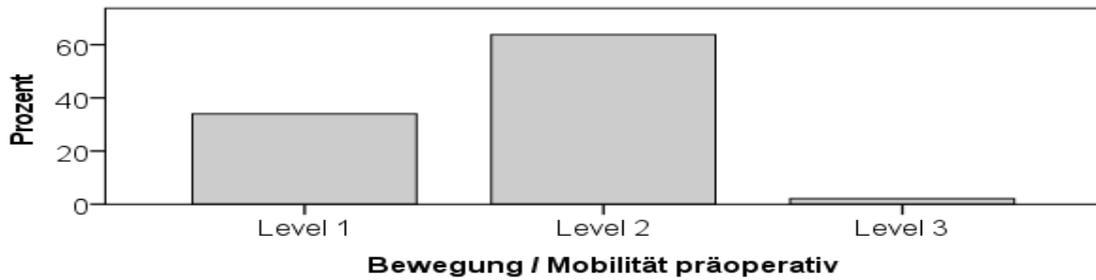


Abbildung 44: EQ-5D-3L Beweglichkeit / Mobilität. Die präoperative Häufigkeit der Level 1-3 der Untergruppe Beweglichkeit / Mobilität des EQ-5D-3L der Patienten.

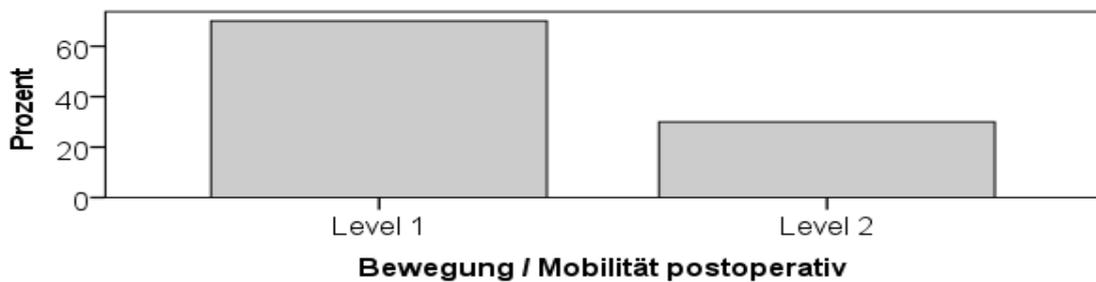


Abbildung 45: EQ-5D-3L Beweglichkeit / Mobilität. Die postoperative Häufigkeit der Level 1 und 2 der Untergruppe Beweglichkeit / Mobilität des EQ-5D-3L der Patienten.

In der Untergruppe „für sich selbst sorgen“ erreichen von n=47 Patienten präoperativ 39 (83,0%) Level 1, 8 (17,0%) Level 2 und keiner Level 3 (Abbildung 46). Postoperativ erreichen 49 Patienten (98,0%) Level 1, 2 (2,0%) Level 2 und keiner Level 3 (Abbildung 47). Die Häufigkeit von Level 1 steigt damit sehr signifikant ($p=0,001$) an.



Abbildung 46: EQ-5D-3L Selbstversorgung. Die präoperative Häufigkeit der Level 1 und 2 der Untergruppe „für sich selbst sorgen“ des EQ-5D-3L der Patienten.



Abbildung 47: EQ-5D-3L Selbstversorgung. Die postoperative Häufigkeit der Level 1 und 2 der Untergruppe „für sich selbst sorgen“ des EQ-5D-3L der Patienten.

In der Untergruppe „**alltägliche Tätigkeiten**“ erreichen von n=47 Patienten präoperativ 23 (48,9%) Level 1, 21 (44,7%) Level 2 und 3 (6%) Level 3 (Abbildung 48). Postoperativ erreichen 40 Patienten (80,0%) Level 1, 10 (20,0%) Level 2 und keiner Level 3 (Abbildung 49). Die Häufigkeit von Level 1 steigt damit hoch signifikant ($p < 0,001$) an.

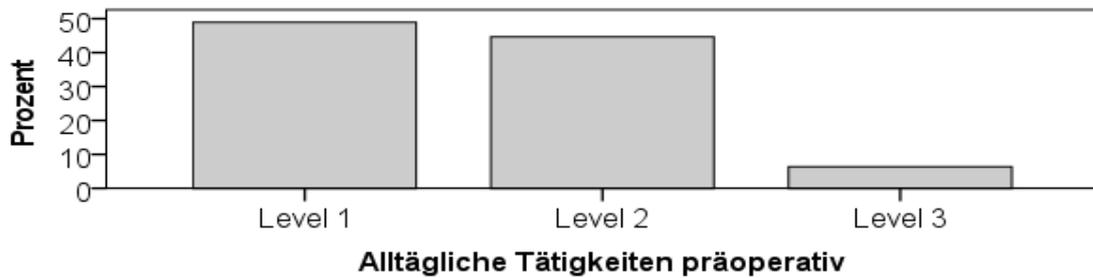


Abbildung 48: EQ-5D-3L allgemeine Tätigkeiten. Die präoperative Häufigkeit der Level 1-3 der Untergruppe „allgemeine Tätigkeiten“ des EQ-5D-3L der Patienten.



Abbildung 49: EQ-5D allgemeine Tätigkeiten. Die postoperative Häufigkeit der Level 1 und 2 der Untergruppe „allgemeine Tätigkeiten“ des EQ-5D-3L der Patienten.

In der Untergruppe „**Schmerzen / körperliche Beschwerden**“ erreichen von n=47 Patienten präoperativ 9 (19,1%) Level 1, 17 (36,2%) Level 2 und 21 (44,7%) Level 3 (Abbildung 50). Postoperativ erreichen 20 Patienten (40,0%) Level 1, 30 (60,0%) Level 2 und keiner Level 3 (Abbildung 51). Die Häufigkeit von Level 1 steigt sehr signifikant ($p=0,001$) und von Level 2 hoch signifikant ($p<0,001$) an.

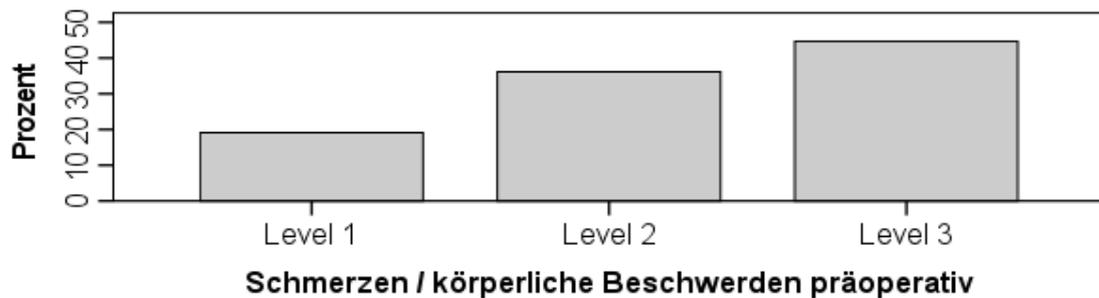


Abbildung 50: EQ-5D EQ-5D-3L Schmerzen / körperliche Beschwerden. Die präoperative Häufigkeit der Level 1-3 der Untergruppe „Schmerzen / körperliche Beschwerden“ des EQ-5D-3L der Patienten.

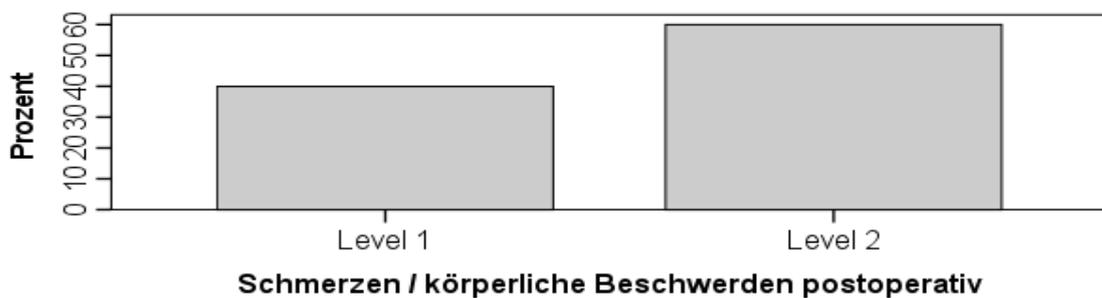


Abbildung 51: EQ-5D Schmerzen / körperliche Beschwerden. Die postoperative Häufigkeit der Level 1 und 2 der Untergruppe „Schmerzen / körperliche Beschwerden“ des EQ-5D-3L der Patienten.

In der Untergruppe „**Angst / Niedergeschlagenheit**“ erreichen von n=47 Patienten präoperativ 26 (55,3%) Level 1, 15 (31,9%) Level 2 und 6 (12,8%) Level 3 (Abbildung 52). Postoperativ erreichen 38 Patienten (76,0%) Level 1, 12 (24,0%) Level 2 und keiner Level 3 (Abbildung 53). Die Häufigkeit von Level 1 steigt damit sehr signifikant ($p=0,002$) an.

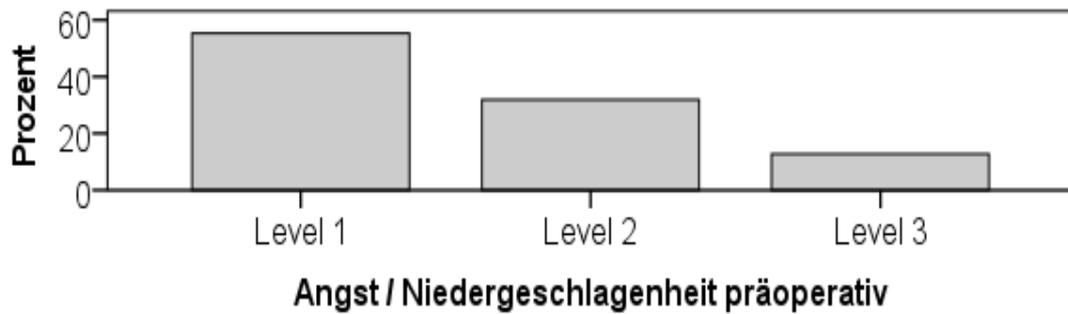


Abbildung 52: EQ-5D EQ-5D-3L Angst / Niedergeschlagenheit. Die präoperative Häufigkeit der Level 1-3 der Untergruppe „Angst / Niedergeschlagenheit“ des EQ-5D-3L der Patienten.

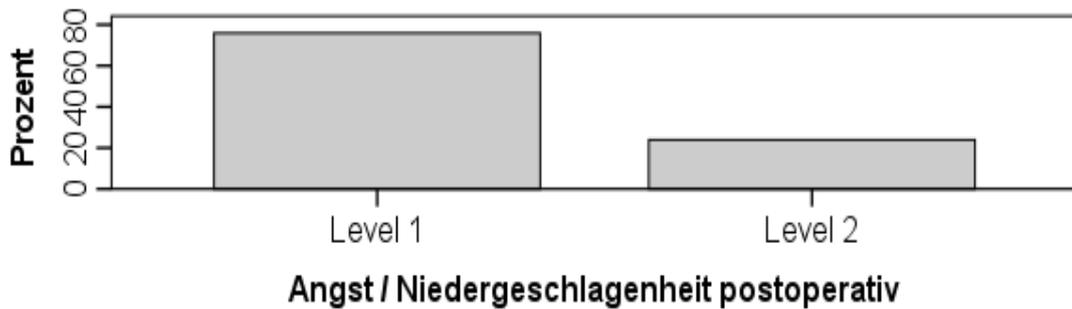


Abbildung 53: EQ-5D Angst / Niedergeschlagenheit. Die postoperative Häufigkeit der Level 1 und 2 der Untergruppe „Angst / Niedergeschlagenheit“ des EQ-5D-3L der Patienten.

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten zur Erfassung des „**allgemeinen Gesundheitszustandes**“ anhand einer VAS mit n=47 Patienten erhöht sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $59 \pm 24,5$ (5-100) Punkten (Median=60) auf postoperativ $78 \pm 18,5$ (20-100) Punkte (Median=85) (Abbildung 54). Beim EQ-5d-VAS-Score liegt eine mittlere Effektstärke vor ($d_z = 0,6$; Power 0,75).

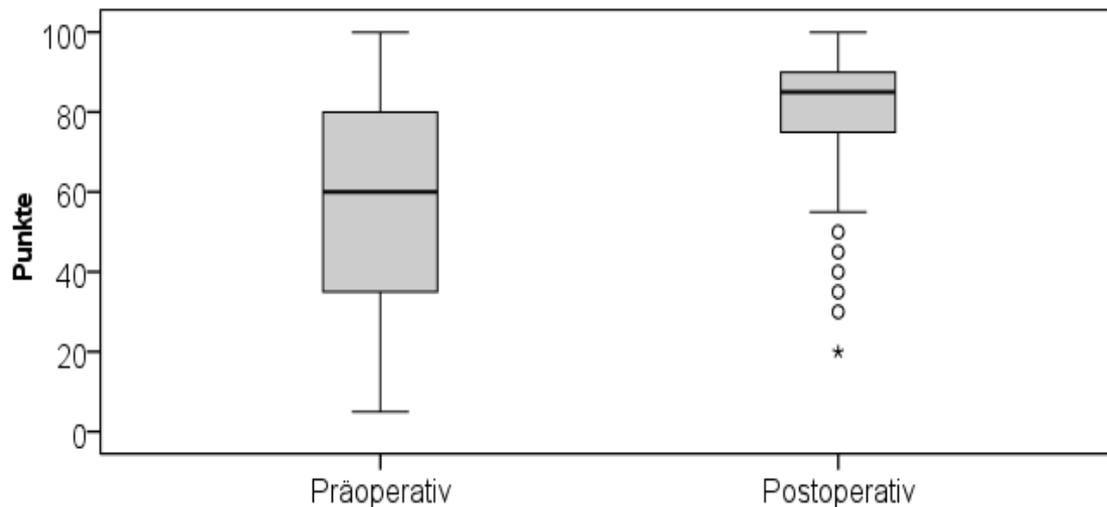


Abbildung 54: EQ-5D-3L allgemeiner Gesundheitszustand. Die Verteilung der prä- und postoperativen Punktzahl der VAS allgemeiner Gesundheitszustand der Patienten.

3.4 Statistische Zusammenhänge

Innerhalb der statistischen Prüfung der Zusammenhänge einzelner Variablen, wird zur Erfassung des Outcomes, die Differenz aus prä- und postoperativem Ergebnis des AOFAS-Scores herangezogen, welcher in diesem Kapitel als AOFAS-Score bezeichnet wird. Die beschriebene Variable Schmerzempfinden entspricht dem postoperativen Schmerz (Quotient aus postoperativem Ruhe- und Belastungsschmerz). Die unterschiedliche Stichprobengröße erklärt sich dadurch, dass die Variablendaten entweder aus der elektronischen Patientendatenbank (n=71) stammen oder aus der postoperativen Nachuntersuchung (n=47).

Die statistische Prüfung des Zusammenhangs zwischen Geschlecht und Läsionsgrad wird mit dem Chi-Quadrat-Test durchgeführt, da eine nominal- und eine ordinalskalierte Variable vorliegen. Es sind keine erwartete Zellhäufigkeit kleiner als 5. Es besteht kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Läsionsgrad, $\chi^2(2) = 3.12, p > .05, n = 71$. Der Zusammenhang zwischen Läsionsort und Läsionsgrad wird ebenfalls mittels Chi-Quadrat-Tests untersucht. Dabei wird der exakte Test nach

Fisher verwendet, da eine erwartete Zellhäufigkeit kleiner 5 vorliegt. Die statistische Analyse zeigt keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Läsionsort und Läsionsgrad, $\chi^2(2) = .629$, $p > .05$, $n = 71$. Zudem wird überprüft, ob die Variablen des Geschlechts und des Läsionsorts einen Einfluss auf die Läsionsgröße, das postoperative Schmerzempfinden und den AOFAS-Score haben. Als Zusammenhangsmaß wird der Eta-Koeffizient herangezogen, da Zusammenhänge zwischen metrischen und nominalskalierten Daten vorliegen. Die Analysen ergeben keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Läsionsort und Läsionsgröße ($\eta = .014$, $p > .05$, $n = 71$), Läsionsort und Schmerzempfinden ($\eta = .210$, $p > .05$, $n = 47$) sowie zwischen Läsionsort und dem AOFAS-Score ($\eta = .199$, $p > .05$, $n = 47$). Im Rahmen der Zusammenhangsanalyse zwischen Geschlecht und Läsionsgröße, AOFAS-Score und dem Schmerzempfinden können ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse gefunden werden. Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Läsionsgröße ($\eta = .100$, $p = .408$, $n = 71$), Geschlecht und dem AOFAS-Score ($\eta = .088$, $p = .558$, $n = 47$) sowie zwischen dem Geschlecht und Schmerzempfinden ($\eta = .105$, $p = .481$, $n = 47$). Außerdem wird der Zusammenhang zwischen den Patienten mit Voroperationen und dem AOFAS-Score untersucht. Auch hier zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang, $\eta = .077$, $p > .05$, $n = 47$.

Zur Überprüfung möglicher statistischer Zusammenhänge zwischen dem BMI, Läsionsgrad, Läsionsgröße, AOFAS-Score, Schmerzempfinden und Alter der Patienten wird die nicht-parametrische Spearman-Korrelation durchgeführt. Die Rangkorrelation nach Spearman wird verwendet, da die metrischen Daten, mit Ausnahme der Variable AOFAS-Score, nicht normalverteilt sind. Zudem wird der statistische Zusammenhang zwischen der ordinalen Variable Läsionsgrad und verschiedenen metrischen Variablen untersucht. Alle deskriptiven Statistiken und bivariaten Korrelationen der berücksichtigten Variablen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die bivariaten Korrelationen ergeben, dass das Alter der Patienten lediglich positiv mit dem BMI assoziiert ist ($r = .396$, $p < .05$, $n = 47$). Je älter die Patienten sind, desto höher ist demnach der BMI. Nach Cohen (1992) handelt es sich hierbei um einen mittelstarken Effekt. Das Alter der Patienten korreliert nicht signifikant mit dem Läsionsgrad ($r = .123$, $p > .05$, $n = 71$), der Läsionsgröße ($r = -.014$, $p > .05$, $n = 71$), dem AOFAS-Score ($r = .136$, $p > .05$, $n = 47$) und dem Schmerzempfinden ($r = .077$, $p > .05$, $n = 47$). Auch der BMI zeigt keine

signifikante Assoziation mit dem Läsionsgrad ($r = .100, p > .05, n = 47$), der Läsionsgröße ($r = .104, p > .05, n = 47$), dem AOFAS-Score ($r = .094, p > .05, n = 47$) und dem Schmerzempfinden ($r = .054, p > .05, n = 47$). Auch in Bezug auf den Läsionsgrad zeigt sich keine signifikante Korrelation mit den untersuchten Variablen. Der Läsionsgrad ist weder mit der Läsionsgröße ($r = .139, p > .05, n = 71$), noch mit dem AOFAS-Score ($r = .223, p > .05, n = 47$) und dem Schmerzempfinden ($r = -.126, p > .05, n = 47$) signifikant assoziiert. Die Läsionsgröße ist jedoch signifikant positiv mit dem AOFAS-Score korreliert ($r = .339, p < .05, n = 47$). Je größer die Läsion, desto größer ist demnach auch der AOFAS-Score. Dies entspricht nach Cohen (1992) einem mittelstarken Effekt. Darüber hinaus ist die Läsionsgröße negativ mit dem subjektiven Schmerzempfinden korreliert ($r = -.319, p < .05, n = 47$). Je größer die Läsion, desto geringer das Schmerzempfinden. Auch dieser Befund entspricht einem mittelstarken Effekt (Cohen, 1992).

Schließlich resultiert auch eine signifikant negative Korrelation für den AOFAS-Score und dem Schmerzempfinden. ($r = -.533, p < .001, n = 47$). Je größer der AOFAS-Score, desto niedriger ist das Schmerzempfinden. Es handelt sich dabei um einen starken Effekt (Cohen, 1992).

Tabelle 3: Statistische Zusammenhänge. Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Wertebereiche und Korrelationen zwischen verschiedenen erhobenen Variablen.

Variable	n	M (SD)	Median	Wertebereich	Rangkorrelation nach Spearman					
					1	2	3	4	5	6
1. Alter (Jahre)	71	33.37 (11.788)	32.00	16-56	-					
2. BMI	47	-	26.29	18-34	.396**	-				
3. Läsionsgrad	71	-	3.00	2-4	.123	.100	-			
4. Läsionsgröße	71	2.27 (1.061)	2.00	0.5-6	-.014	.104	.139	-		
5. AOFAS-Score	47	21.85 (19.847)	21.00	-15-64	.136	.094	.223	.339*	-	
6. Schmerzempfinden	47	1.48 (1.534)	1.00	0-6	.077	.054	-.126	-.319*	-.533**	-

Anmerkung. BMI = Body-Mass-Index, Wertebereich = Minimum-Maximum der erhobenen Werte, ** $p < .01$, * $p < .05$.

4 Diskussion

4.1 Erhobene Patientendaten

Der **Nachuntersuchungszeitraum** beträgt durchschnittlich $44 \pm 18,7$ (13-83) Monate, womit die Studie zu den mittelfristigen Erhebungen zählt. Der Nachuntersuchungszeitraum liegt im Mittelfeld der in der Literatur aufgeführten Studien zur MACI, welche sich zwischen 24 und 87,2 Monaten befinden (99-103). Damit trägt die Studie zur Erweiterung von benötigten Studien zur Evaluation von Operationsergebnissen der MACI bei (4).

Das **Durchschnittsalter** der Patienten zum Operationszeitpunkt beträgt $33 \pm 11,8$ (16-56) Jahre und unterscheidet sich damit nicht signifikant ($p=0,095$) von den in der Literatur angegebenen 31 Jahren (15).

Der Anteil der Patienten mit einer **OD-Diagnose** (74,6%) ist hoch signifikant ($p<0,001$) größer als der Anteil ohne OD-Diagnose (25,4%). Bei Magnan et al. liegt der Anteil der Patienten ($n=30$) mit einer OD bei 16,7%, bei Anders et al. ($n=20$) bei 59,1%. Hier zeigt sich ein z.T. deutlich größerer Anteil als in den Vergleichsstudien, wobei die Fallzahlen der Vergleichsstudien deutlich geringer ausfallen und damit eingeschränkt repräsentativ sind (102, 103).

Der Anteil der Patienten mit einem **OSG-Trauma** (66,2%) in der Vorgeschichte ist hoch signifikant ($p<0,001$) größer als der Anteil ohne OSG-Trauma (33,8%). Bei Magnan et al. liegt ein größerer Patientenanteil mit einem OSG-Trauma in der Vorgeschichte mit 83,3% vor, der Anteil bei Körner et al. beträgt 67% und entspricht dieser Studie (102, 124). Das **Supinationstrauma** ist mit 57,5% unter den erfassten Traumata die häufigste Ursache. Es bestätigte sich die in der Literatur getroffene Aussage, dass das Supinationstrauma die häufigste zu einer OLT führenden OSG-Verletzung ist (20). Aurich et al. geben einen Patientenanteil von 72% und Anders et al. von 41% mit einer Knöchelverstauchung in der Vorgeschichte an, womit unser Ergebnis im Mittelfeld liegt (101, 103).

Von den Patienten weisen 34,1% keine **Begleitleäsion** auf, sonstige Läsionen (Syndesmose-ruptur, Flake, Außenbandruptur, Osteonekrose, Fraktur) treten bei 26,8%, Knochenzyste(n) bei 15,9%, Osteophyt(en) bei 13,4%, Arthrose bei 6,1% und ein subchondrales Ödem bei 3,7% der Patienten auf. In den Vergleichsstudien wurden dazu keine vergleichbaren Aussagen getroffen.

Keiner der Patienten hat einen **OLT-Läsionsgrad 1** (ICRS-Klassifikation). 23,9% der Patienten haben einen Läsionsgrad 2, 28,2% Grad 3 und 47,9% Grad 4. Die Zahlen finden eine Übereinstimmung mit den unter Kapitel 1.8 in der Literatur genannten Behandlungsempfehlungen. Bei einem Läsionsgrad 1 wird keine MACI empfohlen und es wurde auch keine durchgeführt. Bei einem Läsionsgrad 2 wird die MACI bei Versagen einer vorausgegangenen Operation, wie z.B. einer Mikrofrakturierung oder Anbohrung, empfohlen, was bei 23,2% der Patienten vorliegt. Die Indikation zur MACI steigt mit einem höheren Läsionsgrad von 3 und 4 an, was sich ebenfalls in dieser Studie abbildet (40, 59-62).

Die durchschnittliche **Läsionsgröße** der OLT in unserem Patientenkollektiv beträgt $2,3 \pm 1,1$ (0,5-6) cm^2 , was mehrheitlich innerhalb der Empfehlungen der Behandlungspfade für eine MACI liegt, welche ab einer symptomatischen Läsionsgröße $> 10\text{-}15\text{mm}^2$ beginnen und mit steigender Läsionsgröße zunehmen (59, 60, 62). Die durchschnittliche Läsionsgröße bei Aurich et al. liegt bei $1,5 \pm 0,8\text{cm}^2$, von Giannini et al. bei $1,6\text{cm}^2$ (1,0-4,0), von Anders et al. bei $1,94 \pm 1\text{cm}^2$ (1-6) und von Magnan et al. bei $2,36 \pm 0,49\text{cm}^2$ (99, 101-103).

Der **Läsionsort** liegt mit einem Anteil von 74,6% im Bereich der medialen- und 25,4% im Bereich der lateralen Talusschulter. Die Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p=0,096$) von den in der Literatur angegebenen Verteilungen mit ungefähr einem Drittel lateraler- zu zwei Drittel medialer- Talusschulter (25).

In der Vorgeschichte haben 71,4% der Patienten keine **vorausgegangene Operation**, eine Anbohrung und/oder Mikrofrakturierung 23,2% und eine MACI 5,4%. Der Patientenanteil mit einer Voroperationen beträgt bei Anders et al. 31,8%, Giannini et al. 34,8% und Aurich et al. 58% (99, 101, 103). Damit haben die in der vorliegenden Arbeit

untersuchten Patienten den geringsten Anteil an Voroperationen in der überblickten Literatur.

Es treten keine **verfahrensassozierten intraoperativen Komplikationen** auf. In 4,8% der Fälle liegen **postoperative Infektionen** an der äußeren Hautnaht im Sinne einer Wundheilungsstörung auf, wobei keine tiefe Infektion des operierten Gelenks vorliegt. Bei 1 Wundheilungsstörung wurde die Hautnaht erneuert. Es kann die Aussage des gemeinsamen Bundesausschusses bestätigt werden, dass keine erhöhte Komplikationsrate im Vergleich zu Behandlungsalternativen auftritt (4). Giannini et al. und Aurich et al. berichten von keinen intra- oder postoperativen Komplikationen (99, 101). Magnan et al. und Anders et al. berichten von keinen größeren Komplikationen (102, 103).

Die **Revisionsrate** beträgt 19,4%, wobei eine Folgeoperation durchschnittlich innerhalb von 12 Monaten post Primärversorgung erfolgt ist. Diese unterteilten sich in 4 Osteophytenabtragungen, 3 Débridement, 1 Arthrodesse, 1 Mikrofrakturierung, 2 Wechsel der Schrauben der Innenknöchelosteotomie wegen Lockerung und 1 Korrektur der Hautnaht bei Vorliegen einer Wundheilungsstörung. In 3 Fällen bestand bereits ein Z.n. erfolgter MACI, welche durch die in der Studie erfasste MACI revidiert wurde. Durch Aufnahme der 3 voroperierten MACI in die Revisionsrate erhöht sich diese auf 24,2%. Die Revisionsrate kann hierbei genauer differenziert werden. Die Revisionsrate kann unterteilt werden in einen Anteil mit 8,1%, bei dem ein strukturelles Versagen des Transplantats zugrunde liegt (3 vorausgegangenen MACI, 1 nachfolgende Mikrofrakturierung und 1 Arthrodesse) und einen Anteil von 16,1% ohne ein strukturelles Versagen des Transplantats. Dieser Anteil beinhaltet kleinere Korrekturmaßnahmen wie eine Osteophytenabtragung, Débridement, Korrektur der Hautnaht und Schraubenwechsel. Giannini et al. berichten von 3 Fällen (6,7%) mit einem strukturellen Versagen der ACI (99). Magnan et al. berichten von 4 Fällen (13,3%) in denen eine zweite Arthroskopie durchgeführt wurde und ein Faserknorpel vorliegt. In 2 Fällen versagt das Transplantat und in 2 Fällen liegt ein anteriores Impingement vor (102). Wenn man nur den Anteil der Revisionsrate von 8,1% mit einem strukturellen Versagen des Transplantats betrachtet, liegt dieser im Mittelfeld der Vergleichsstudien. Ein Vergleich zum Operationsverfahren OATS lässt sich anhand der Review aus 12 Studien von Pereira

et al. (2021) herstellen. 21,6% der Patienten benötigten kleinere Revisionen in Form von Débridement oder Metallentfernungen. Das Transplantat ist bei 86,6% intakt, respektive bei 13,4% nicht intakt. Demgegenüber erzielt die MACI mit 16,1% ohne und 8,1% mit Transplantatversagen ein besseres Ergebnis (94).

Die durchschnittliche Dauer der **Arbeitsunfähigkeit** beträgt 12 Wochen, die **Therapiedauer** (Physiotherapie) 16 Wochen und die **Schmerzmittleinnahme** 2 Wochen. Aufgrund von Ausreißern liegt das arithmetische Mittel deutlich höher als der Median, der in diesen Fällen der aussagekräftigere Wert ist. In den Vergleichsstudien werden dazu keine Angaben gemacht.

Der durchschnittliche **BMI** der evaluierten Patienten beträgt $26,32 \pm 4,76$ (18-34) kg/m^2 . 2,2% der Patienten haben Untergewicht, 39,1% Normalgewicht, 26,1% Übergewicht und 32,6% sind adipös. Ein erhöhtes Körpergewicht weisen somit 58,7% der Patienten auf, was dem in der Literatur genannten Übergewicht als begünstigenden Faktor zur Entstehung einer OLT entspricht (1-4). Bei Anders et al. liegt der durchschnittliche BMI bei $24,0 \pm 5,6$ kg/m^2 (103).

Der Patientenanteil mit einer subjektiven **OSG-Instabilität** reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ 25,5% auf postoperativ 8,5%. In den Vergleichsstudien werden dazu keine Angaben gemacht.

Die postoperative **return to sports Rate** beträgt 53,2% (Sport ist ohne Einschränkungen möglich). Sport mit leichten Einschränkungen ist bei 29,8%, mit starken Einschränkungen oder nicht mehr möglich bei 17% der Patienten. Giannini et al. berichten von 69% ohne Einschränkungen, 10% mit leichten Einschränkungen und 21% der Patienten mit einem Sportwechsel oder -aufgabe (99). Bei Aurich et al. können 67% der Patienten ohne Einschränkungen, 12,5% mit Einschränkungen und 19% nicht mehr ihren Sport ausüben (101). Bei Magnan et al. nehmen 50% der Patienten ihren Sport wieder auf, 26,7% waren aufgrund von OSG-Schmerzen dazu nicht mehr in der Lage und bei 23,3% kann die Nicht-Wiederaufnahme des Sports nicht auf das klinische Ergebnis zurückgeführt werden (102). Bei Anders et al. können 18,18% der Patienten ihren vorherigen Sport nicht mehr ausüben (103). Die return to sports Rate nach einer MACI

liegt im Studienvergleich bei 50 - 81,8%. Sport mit Einschränkungen ist bei 10 – 29,8% möglich und eine Nicht-Wiederaufnahme des bisherigen Sports liegt bei 17 – 26,7% vor.

Der **Ruheschmerz** (VAS) reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $2,6 \pm 2,6$ (0-10) Punkten auf postoperativ $0,6 \pm 1,3$ (0-5) Punkte. Der Belastungsschmerz reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $6,1 \pm 2,6$ (0-10) Punkten auf postoperativ $2,4 \pm 2,1$ (0-8) Punkte. Der durchschnittliche präoperative Schmerz (Quotient aus Ruhe- und Belastungsschmerz) reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich $4,4 \pm 2,3$ (0-10) Punkten auf postoperativ durchschnittlich $1,5 \pm 1,5$ (0-6) Punkte. Bei Anders et al. reduziert sich die Schmerzintensität (VAS) von durchschnittlich $5,7 \pm 2,6$ auf $0,9 \pm 0,8$ Punkte, bei Aurich et al. von $5,5 \pm 2$ auf $2,8 \pm 2,2$ (101, 103). Es kann im vorliegenden Studienvergleich eine durchschnittlich hoch signifikante Schmerzreduktion abgebildet werden.

Der **subjektive Operationserfolg** wird durch eine Patientenabfrage zur allgemeinen Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis erfasst. 70,5% der Patienten sind zufrieden, 9,8% werten das Ergebnis als neutral und 19,7% sind unzufrieden mit dem Operationsergebnis. Die subjektive Patientenzufriedenheit bei Magnan et al. ist bei 11 Patienten (36,7%) exzellent, 13 (43,3%) gut, 5 (16,7%) befriedigend und 1 (3,3%) schlecht (102). Bei Anders et al. sind 17 (77,27%) Patienten sehr zufrieden, 4 (18,18%) zufrieden und 1 (4,55%) unzufrieden (103). Der subjektive Operationserfolg nach einer MACI liegt im Studienvergleich mit (sehr)zufrieden / (sehr)gut bei 70,5 - 95,45%, mit befriedigend / neutral bei 0 – 17,7% und mit schlecht / unzufrieden bei 4,55 – 19,7%. Diese Studie hat im Vergleich mit der überblickten Literatur den geringsten Anteil mit (sehr)zufriedenen Patienten, liegt im Mittelfeld für befriedigende/neutrale Ergebnisse und hat den größten Anteil mit unzufriedenen Patienten. In der Gruppe der unzufriedenen Patienten kann aufgrund der einfachen Fragestellung nicht weiter differenziert werden, ob sie sich der Operation nochmals unterziehen würden, da die Unzufriedenheit möglicherweise aufgrund einer Diskrepanz zwischen dem erwarteten und tatsächlichen Operationsergebnis beruht, der postoperative Zustand jedoch dem präoperativen vorzuziehen wäre. In Anbetracht der sehr bis hoch signifikante Verbesserungen anhand der Funktions- und Lebensqualitätscores wäre dies denkbar.

4.2 Klinische postoperative Nachuntersuchung

Eine neutrale **Beinachse** liegt bei 68,1%, ein Genu varum bei 21,3% und ein Genu valgum bei 10,6% der Patienten vor.

Eine neutrale **Fußstellung** liegt bei 46,8%, ein Senkfuß bei 27,7%, ein Knick-Senkfuß bei 23,4% und ein vollständiger Plattfuß bei 2,1% der Patienten vor.

Das **Gangbild** der Patienten ist bei 87,2% unauffällig und bei 12,8% auffällig (durch Einschränkungen der Gehphasen wie z.B. eine verkürzte Abrollphase bei eingeschränkter Dorsalextension des Fußes).

Der Patientenanteil mit einem **Fußödem** reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ 36,2% auf postoperativ 12,8%. In der überblickbaren Literatur werden zur Beinachse, Fußstellung, Gangbild und Fußödem keine vergleichbaren Angaben gemacht.

Bei keinem Patienten liegt eine **periphere Minderdurchblutung** oder eine Reduktion des **Patellar- und Achillessehnenreflex** im Seitenvergleich vor. In den Vergleichsstudien werden dazu keine Angaben gemacht. Der Patientenanteil mit 76,6% ohne eine postoperative Reduktion der **Sensibilität** im Zugangsgebiet ist hoch signifikant größer ($p < 0,001$) als der Anteil mit einer Reduktion (12,8% kleinflächig, 10,6% großflächig). Anders et al. beschreiben eine vorübergehende Hyposensibilität bei 4 Patienten (18,2%) (103).

Die **Muskelfunktionsprüfung** der Fußheber- und Fußsenkermuskelgruppe ergibt bei allen Patienten den Höchstwert von 5 (Kraftgrade nach Janda). Die funktionelle Messung der **Kraftausdauer** wird in Form von repetitiven einbeinigen Zehenständen gemessen, wovon 83,0% der Patienten die max. Wiederholungsanzahl von 25 mit dem operierten Bein erreichen. Die Messung des **Unterschenkelumfangs** bds. zur Erfassung der Muskelmasse ergibt bei 55,3% der Patienten keine Differenz im Seitenvergleich. Bei 44,7% der Patienten liegt eine Reduktion auf der OP-Seite von durchschnittlich $0,6 \pm 0,9$ (0-3,5) cm vor. Die Testungen geben nur den postoperativen Zustand im Seitenvergleich wieder, da eine präoperative Messung nicht vorhanden ist. Trotz einem Patientenanteil von 44,7% mit einem reduzierten Unterschenkelumfang / Muskelmasse der operierten

Seite liegt keine Einschränkung der Maximalkraft vor und die Kraftausdauer ist nur bei einem deutlich geringeren Anteil reduziert. In den Vergleichsstudien werden dazu keine Angaben gemacht.

Die postoperative **Beweglichkeit** (max. Plantarflexion und Dorsalextension) des operierten gegenüber dem nicht-operierten **OSG** wird nach der Neutral-Null-Methode in Bogengrad erfasst. Der Patientenanteil (90,2%) mit einer durchschnittlichen Bewegungseinschränkung des operierten OSG von $11 \pm 8,1$ (0-45) Bogengrad ist hoch signifikant ($p < 0,001$) größer als der Anteil ohne Bewegungseinschränkung (9,8%). Anders et al. beschreiben dahingegen bei nur 3 Patienten (13,6%) eine Einschränkung der Dorsalextension $< 10^\circ$ (103). Der Patientenanteil mit 80,4% ohne eine veränderte Beweglichkeit (Fußaußenrand heben und senken) des operierten **USG** ist hoch signifikant ($p < 0,001$) größer, als der Anteil mit veränderter Beweglichkeit (7,8% erhöht, 11,8% erniedrigt). Es zeigt sich durch die Operation kein Einfluss auf das USG.

4.3 Funktionsscores und Lebensqualität-Score

Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten des **VASFA-Scores** erhöht sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $58 \pm 24,6$ (8-98) Punkten auf postoperativ $81 \pm 15,8$ (35-100) Punkte. Dies zeigt eine durchschnittliche Verbesserung von einem schlechten (< 60 Punkte) zu einem guten Ergebnis (80-89 Punkte). Der Schwerpunkt des Scores entspricht der Fragenanzahl zum jeweiligen Bereich (11 Funktion, 4 Schmerz, 5 sonstige Beschwerden). In den herangezogenen Vergleichsstudien wird dieser Score nicht verwendet.

Die Ergebnisse des **FAOS-Scores** werden für fünf Untergruppen ausgegeben. Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten in der Untergruppe „**Symptome**“ erhöht sich sehr signifikant ($p = 0,003$) von durchschnittlich präoperativ $57 \pm 27,6$ (11-100) Punkten auf postoperativ $70 \pm 22,2$ (11-100) Punkte. In der Untergruppe „**Schmerzen**“ erhöht sich die Punktzahl hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $54 \pm 27,6$ (0-100) Punkten auf postoperativ $79 \pm 19,7$ (31-100) Punkte. In der Untergruppe „**ADL**“ erhöht sich die Punktzahl hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $67 \pm 27,3$ (0-100) Punkten auf postoperativ $86 \pm 17,2$ (40-

100) Punkte. In der Untergruppe „**Sport und Freizeit**“ erhöht sich die Punktzahl hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $41 \pm 30,4$ (0-100) Punkten auf postoperativ $64 \pm 27,4$ (0-100) Punkte. In der Untergruppe „**Lebensqualität**“ erhöht sich die Punktzahl sehr signifikant ($p = 0,006$) von durchschnittlich präoperativ $39 \pm 31,3$ (0-100) Punkten auf postoperativ $54 \pm 26,6$ (6-100) Punkte. Insgesamt zeigt sich eine sehr bis hoch signifikante Verbesserung der Ergebnisse in allen Untergruppen. In den Vergleichsstudien wird dieser Score nicht verwendet.

Die erreichte Gesamtpunktzahl von maximal möglichen 100 Punkten des **AOFAS-Scores** erhöht sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $67 \pm 20,3$ (25-100) Punkten auf postoperativ $89 \pm 12,3$ (53-100) Punkte. Postoperativ erreichen 29 (62%) Patienten ein exzellentes (100-90 Punkte), 9 (19%) ein gutes (89-80 Punkte), 7 (15%) ein befriedigendes (79-90 Punkte) und 2 (4%) ein schlechtes Ergebnis (< 60 Punkte). Der AOFAS-Score erhöht sich bei Giannini et al. von präoperativ $57,2 \pm 14,3$ (19-75) Punkten auf postoperativ $92 \pm 11,2$ (56-100) Punkte, darunter 29 (69,1%) Patienten mit einem exzellenten, 9 (21,4%) mit einem guten, 3 (7,1%) mit einem befriedigendem und einem (2,4%) schlechten Ergebnis (99). Bei Aurich et al. erhöht sich der AOFAS-Score von präoperativ $58,6 \pm 16,1$ Punkten auf postoperativ $80,4 \pm 14,1$ Punkte, darunter 9 (64%) Patienten mit einem exzellenten oder guten und 5 (36%) mit einem befriedigenden oder schlechten Ergebnis (101). Der AOFAS-Score erhöht sich bei Magnan et al. von präoperativ $36,9 \pm 6,6$ (30-52) Punkten auf postoperativ $83,9 \pm 13,6$ (50-100) Punkte, darunter 17 (56,7%) Patienten mit einem exzellenten, 11 (36,7%) mit einem guten und 2 (6,6%) mit einem schlechten Ergebnis (102). Bei Anders et al. erhöht sich der AOFAS-Score von präoperativ $70,1 \pm 8,3$ Punkten auf postoperativ $95,3 \pm 5,6$ Punkte, wovon 17 (81%) Patienten ein exzellentes und 4 (19%) ein gutes Ergebnis hatten (103). Die Verbesserungen des AOFAS-Scores liegen im Studienvergleich zwischen präoperativ $36,9 - 70,1$ Punkten zu postoperativ $80,4 - 95,3$ Punkten und stellen bei allen Studien eine im Schnitt hoch signifikante Verbesserung dar. Ein Vergleich des Zeitpunktes der Nachuntersuchung hat hierbei nicht stattgefunden.

Die jeweiligen Level der 5 Dimensionen des **EQ-5D-3L** sind ausgewertet. Es kann kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ausprägungen der EQ-Dimensionen 1, sowie 3-5 von prä- zu postoperativ nachgewiesen werden (Chi-

Quadrat Test). Lediglich bei der Dimension 4 „für sich selbst sorgen“ zeigt der Chi-Quadrat-Test einen signifikanten Zusammenhang mit $p=0,026$. Dieser sollte unberücksichtigt bleiben, weil Level 2 postoperativ nur noch mit einem Fall besetzt und dadurch der Chi-Quadrat-Test nicht mehr zuverlässig ist. Das heißt, bei allen 5 Dimensionen bestimmt der präoperative Zustand nicht den postoperativen Zustand. In der Dimension 1 „**Beweglichkeit / Mobilität**“ steigt die Häufigkeit von Level 1 hoch signifikant ($p<0,001$) von präoperativ 34,0% auf postoperativ 70,0% an. In der Dimension 2 „**für sich selbst sorgen**“ steigt die Häufigkeit von Level 1 sehr signifikant ($p=0,001$) von präoperativ 83,0% auf postoperativ 98,0% an. In der Dimension 3 „**alltägliche Tätigkeiten**“ steigt die Häufigkeit von Level 1 hoch signifikant ($p<0,001$) von präoperativ 48,9% auf postoperativ 80,0% an. In der Dimension 4 „**Schmerzen / körperliche Beschwerden**“ steigt die Häufigkeit von Level 1 sehr signifikant ($p=0,001$) von präoperativ 19,1% auf postoperativ 40,0% an. Die Häufigkeit von Level 2 steigt hoch signifikant ($p<0,001$) von präoperativ 36,2% auf postoperativ 60,0% an. In der Dimension 5 „**Angst / Niedergeschlagenheit**“ steigt die Häufigkeit von Level 1 sehr signifikant ($p=0,002$) von präoperativ 55,3% auf postoperativ 76,0% an. Alle getesteten Level der 5 Dimensionen steigen sehr signifikant bis hoch signifikant an. Die 5 Dimensionen mit ihrem jeweils größten Level können in einem Gesamtindex in der vorgegebenen Reihenfolge angegeben werden (präoperativer Gesamtindex 2-1-1-3-1, postoperativer Gesamtindex 1-1-1-2-1). Die erreichte Gesamtpunktzahl von max. möglichen 100 Punkten zur Erfassung des „**allgemeinen Gesundheitszustandes**“ anhand einer VAS erhöht sich hoch signifikant ($p<0,001$) von durchschnittlich präoperativ $59 \pm 24,5$ (5-100) Punkten auf postoperativ $78 \pm 18,5$ (20-100) Punkte. Insgesamt zeigt sich eine sehr bis hoch signifikante Verbesserung der Ergebnisse in allen Dimensionen. In den Vergleichsstudien wird dieser Score nicht verwendet.

4.4 Statistische Zusammenhänge

Es treten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge und Korrelationen zwischen folgenden Variablenpaarungen auf: Geschlecht-Läsionsgrad, Geschlecht-Läsionsgröße, Geschlecht-postoperativer Schmerz, Geschlecht-AOFAS-Score (Differenz aus prä- und postoperativem Punktwert), Läsionsort-Läsionsgrad, Läsionsort-Läsionsgröße,

Läsionsort-postoperativer Schmerz, Läsionsort-AOFAS-Score, Voroperationen-AOFAS-Score, Alter-Läsionsgrad, Alter-Läsionsgröße, Alter-AOFAS-Score, Alter-postoperativer Schmerz, Läsionsgrad-Läsionsgröße, Läsionsgrad-AOFAS-Score und Läsionsgrad-postoperativer Schmerz.

Die Läsionsgröße korreliert signifikant positiv mit dem AOFAS-Score ($r = .339$, $p < .05$, $n = 47$). Je größer die Läsion, desto größer ist demnach auch der AOFAS-Score bzw. die Verbesserung der durchschnittlichen prä- auf postoperativen Gesamtpunktzahl des Scores. Dies entspricht nach Cohen (1992) einem mittelstarken Effekt. Die Läsionsgröße korreliert negativ mit dem postoperativen Schmerz ($r = -.319$, $p < .05$, $n = 47$). Je größer die präoperative Läsion, desto geringer ist der postoperative Schmerz. Dies entspricht einem mittelstarken Effekt (Cohen, 1992). Damit erzielt die MACI bei größeren Läsionen eine signifikante Korrelation bezüglich einer Verbesserung des AOFAS-Funktionsscores und der postoperativen Schmerzen.

Es liegt eine signifikant negative Korrelation für den AOFAS-Score und dem postoperativen Schmerz vor ($r = -.533$, $p < .001$, $n = 47$). Je größer der Punktwert des AOFAS-Scores, desto niedriger ist der postoperative Schmerz. Dies ist ein zu erwartendes Ergebnis.

Giannini et al. (2014) berichten, dass ihre voroperierten gegenüber den nicht-voroperierten Patienten, die lateralen gegenüber den medialen OLT und Patienten über 40 Jahren ein schlechteres Ergebnis anhand des AOFAS-Scores erzielen (48). Aurich et al. (2011) beschreiben ein besseres Outcome bei jüngeren Patienten anhand des AOFAS-Scores (101). In dieser Studie zeigt sich dazu kein signifikanter Zusammenhang.

Anders et al. (2012) finden keinen Zusammenhang bezüglich des Alters, Geschlechts, BMI, Defektlokalisierung, Defektgröße und Symptomen anhand des AOFAS-Scores (103). Die Ergebnisse bezüglich Alter, Geschlecht, BMI und Defektlokalisierung bestätigen sich in dieser Studie. Läsionsgröße und postoperativer Schmerz unterscheiden sich hierbei.

4.5 Schlussfolgerung

Das Ziel der Studie, die Erfassung und Analyse der subjektiven und objektiven postoperativen Behandlungsergebnisse von Probanden, die eine MACI nach einer OLT erhalten haben, so dass eine Prognose erstellt werden kann, ist erreicht. Zudem trägt die Studie zur Erweiterung der geringen Studienanzahl zur MACI bei und ermöglicht dadurch zukünftige Vergleiche unter den verschiedenen Operationsverfahren.

Zunächst ist positiv hervorzuheben, dass die MACI wie in der Literatur beschrieben, als ein sicheres Operationsverfahren zur Therapie von osteochondralen Läsionen des Talus, bestätigt werden kann.

Ein wesentlicher Punkt ist die Indikationsstellung zur MACI und Abgrenzung zu anderen Operationsverfahren. Eine abschließende und endgültige Empfehlung kann, wie auch in den aktuellen Reviews zu Behandlungsempfehlungen zu OLT, aufgrund sich überschneidender Indikationen und Studienmangels nicht gemacht werden. Der aktuelle Konsens findet sich allerdings bei den operierten Patienten der Studie wieder. Die MACI ist nicht für OLT mit einem ICRS-Grad 1 indiziert, hierbei erfolgt ein konservatives Prozedere. Bei einem ICRS-Grad 2 bis 15mm² ist der aktuelle Goldstandard für kleinere chondrale Läsionen eine Mikrofrakturierung bzw. für größere Läsionen eine membranaugmentierte Knochenmarkstimulation. Es kann die Indikation für eine MACI entweder nach Versagen der Ersttherapie oder primär bei signifikanter ossärer Beteiligung erfolgen. Bei einem ICRS-Grad 3 und 4 mit einer osteochondralen Läsion besteht die primäre Indikation für eine MACI oder OATS. Die ACI-Vorläufergenerationen erscheinen durch die Vorteile und Weiterentwicklung der MACI abgelöst. Die zwei konkurrierenden Verfahren MACI und OATS erhalten in der Literatur vergleichbar gute Ergebnisse anhand der Funktionscores. Allerdings kommt die MACI, ohne den Nachteil einer Knorpelentnahme im gesunden Knie aus oder auf einen Fremdspender angewiesen zu sein. Diese Studie zeigt eine bessere Revisionsrate auf als eine aktuelle Metaanalyse zur OATS (94). Die Limitationen einer MACI setzen ein, wo eine Indikation für Gelenkersatzverfahren oder eine Arthrodesse beginnt. Hierzu zählen ein (wiederholtes) Therapieversagen der MACI, eine nicht erfolgversprechende

rekonstruktive Strategie aufgrund hohen Alters, einer ausgeprägten globalen Arthrose, großen bipolaren Läsionen oder generalisierten vaskulären Nekrosen (125, 126).

Bei den erhobenen Patientendaten liegen die meisten Ergebnisse innerhalb des Bereichs der Vergleichsstudien. Der prozentuelle Anteil mit einer OD in der Vordiagnose fällt in dieser Studie etwas höher aus. Die Revisionsrate wird für eventuell noch stattfindende Veränderungen am Sprunggelenk und Transplantat, welche dann durch Langzeitstudien erfasst werden können, ein wesentlicher Faktor sein. Bisher ist daraus abzulesen, dass nach der MACI, wie bei anderen Operationsverfahren auch, in einigen Fällen kleinere Korrekturmaßnahmen erfolgen müssen und es in wenigen Fällen zu einem Transplantatversagen kommt. Es werden in dieser Studie keine signifikanten Zusammenhänge und Korrelationen gefunden, welche als kausal für die benötigten Revisionen betrachtet werden können.

Die Befragung zur subjektiven Patientenzufriedenheit ergibt den höchsten Anteil unzufriedener Patienten im Studienvergleich. Es wird angenommen, dass die Unzufriedenheit möglicherweise aufgrund einer Diskrepanz zwischen dem erwarteten und tatsächlichen Operationsergebnis beruht, der postoperative Zustand jedoch dem präoperativen vorzuziehen wäre. Diese Annahme beruht zudem auf den guten und sehr guten Ergebnissen der verwendeten Scores. Hierbei wäre eine weitere Differenzierung aussagekräftiger.

Im Rahmen der postoperativen Nachuntersuchung zeigt sich bei 90,2% der Patienten eine Bewegungseinschränkung des operierten OSG. Bei 87,2% liegt jedoch kein auffälliges, bzw. eingeschränktes Gangbild vor. Allein durch die klinische Untersuchung kann die genaue Ursache nicht eruiert werden. Lediglich 1 Vergleichsstudie beziffert eine OSG-Bewegungseinschränkung genauer mit einem Anteil von 13,6% der Patienten.

Für eine Prognose zur MACI anhand von Scores verwendet diese Studie neben dem international am häufigsten verwendeten AOFAS-Score zusätzlich die Scores FAOS, VASFA und EQ-5D-3L. Die guten und sehr guten Verbesserungen in den Bereichen Funktion, Schmerz, ADL, Sport, Freizeit und Lebensqualität werden in allen Scores gleichermaßen signifikant abgebildet. Durch Verwendung mehrerer Scores sollen zudem zukünftige Vergleiche mit anderen Studien erleichtert werden.

Neben den Scores werden in dieser Studie Zusammenhänge und Korrelationen einzelner Daten berechnet, um die Prognose anhand dieser Daten zu erweitern. Anders als im Vorfeld vermutet, konnten für die Variablen Geschlecht, Alter, Läsionsort, Läsionsgrad und Voroperationen keine signifikanten Zusammenhänge und Korrelationen dargestellt werden. Eine signifikante Korrelation ergibt sich schließlich anhand der Läsionsgröße mit dem AOFAS-Score und den postoperativen Schmerzen. Je größer die Läsionsgröße, desto besser ist das Ergebnis des AOFAS-Scores und bei den postoperativen Schmerzen, woraus man die Indikation einer MACI für größere Läsionen bestätigt sehen könnte.

Es erfolgt besonders anhand der verwendeten Scores eine mittelfristig gute bis sehr gute Prognose der MACI bezüglich Verbesserungen in den Bereichen Symptome, Schmerzen, ADL, Sport, Freizeit und Lebensqualität der Patienten. Insbesondere Langzeitstudien sind für zukünftige Beurteilungen des Operationsverfahrens notwendig.

Fehlerquellen und Limitationen

Als Kritik an der Studie kann angeführt werden, dass von den max. möglichen 71 Patienten nur 47 Patienten vollumfänglich an der Studie teilnehmen. 14 Patienten (20%) machen nur eine Angabe zur Patientenzufriedenheit, was bei der Gesamtpatientenanzahl eine relevante Größe darstellt. Da bei der Datenerhebung oft der präoperative Zustand, welcher durchschnittlich mehrere Jahre zurückliegt, abgefragt wird, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die aus dem Gedächtnis gemachten subjektiven Patientenangaben verändert im Vergleich zum damaligen Zeitpunkt wiedergegeben werden. Da ein mittelfristiger Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 44 Monaten vorliegt, können weitere Veränderungen der Operationsergebnisse im Langzeitverlauf nicht erfasst werden. Eine weitere Einschränkung der Studie zur Erfassung der Operationsergebnisse ist eine fehlende Auswertung und Beurteilung des Transplantats und des Umgebungsgewebes durch eine MRT-Bildgebung oder histologische Beurteilung.

5 Zusammenfassung

Hintergrund: Bei einer osteochondralen Läsion des Talus bietet die matrixassoziierte autologe Chondrozytenimplantation bzw. -transplantation die Möglichkeit, einen körpereigenen hyalinen Gelenkknorpel für die Defektreparatur zu verwenden. Ziel dieser Studie ist die Erfassung, Analyse und Prognose der subjektiven und objektiven postoperativen Behandlungsergebnisse von Probanden, die eine matrixassoziierte autologe Chondrozytenimplantation nach einer osteochondralen Läsion des Talus erhalten haben. Die Studie soll die geringe Studienanzahl zu diesem Operationsverfahren erweitern und damit weitere Einschätzungen und Vergleiche zu anderen Operationsverfahren ermöglichen.

Methode: Die Studie schließt 71 Patienten ein, die im Zeitraum von 2009 – 2015 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen eine MACI erhielten. Die divergierende Fallzahl (n=47-71) der erhobenen Daten ergibt sich dadurch, dass nicht alle Patienten allen Erhebungen zugeführt werden konnten. An der postoperativen Nachuntersuchung nahmen 47 Patienten teil. Die Funktionsscores (AOFAS, FAOS, VASFA) und die Lebensqualität-Score (EQ-5D-3L) sind mit n=47 ausgewertet. Der Nachuntersuchungszeitraum beträgt durchschnittlich $44 \pm 18,7$ (13-83) Monate.

Ergebnisse: Die Studienpopulation besteht aus 39 Männer (54,9%) und 32 Frauen (45,1%). Das Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt beträgt $33 \pm 11,8$ (16-56) Jahre. Bei 53 Patienten (74,6%) liegt präoperativ eine Osteochondrosis dissecans vor. 24 Patienten (33,8%) erlitten in der Vorgeschichte kein traumatisches Ereignis, 27 Patienten (38%) ein Supinationstrauma und 20 Patienten (28,2%) ein sonstiges Trauma. Keine präoperativen Begleitläsionen weisen 28 Patienten (34,1%) auf, sonstige Läsionen (Syndesmose-ruptur, Flake, Außenbandruptur, Osteonekrose, Fraktur) 22 (26,8%), eine Knochenzyste 13 (15,9%), Osteophyt(en) 11 (13,4%), Arthrose 5 (6,1%) und ein subchondrales Ödem 3 (3,7%). Es wurden keine Patienten mit einer Grad 1 Läsion (ICRS-Klassifikation) operiert. Insgesamt weisen präoperativ 17 Patienten (23,9%) eine Grad 2, 20 (28,2%) eine Grad 3 und 34 (47,9%) eine Grad 4 Läsion auf. Die durchschnittliche Läsionsgröße beträgt $2,3 \pm 1,1$ (0,5-6) cm². Der Läsionsort der Talusschulter liegt mit einem Anteil von 53 Patienten (74,6%) medial und 18 (25,4%) lateral. Es treten keine

verfahrensassozierten intraoperativen Komplikationen auf. Bei 3 Patienten (4,8%) liegt eine postoperative Infektion an der äußeren Hautnaht im Sinne einer Wundheilungsstörung auf, jedoch keine tiefe Infektion des operierten Gelenks. Die Revisionsrate von 15 Patienten (24,2%) wird differenziert in einen Anteil mit 5 Patienten (8,1%), bei denen ein strukturelles Versagen des Transplantats zugrunde liegt (3 vorausgegangene MACI, 1 nachfolgende Mikrofrakturierung und 1 Arthrodesen) und einen Anteil von 10 Patienten (16,1%) ohne Transplantatversagen (4 Osteophytenabtragungen, 3 Débridement, 2 Wechsel der Schrauben der Innenknöchelosteotomie wegen Lockerung und 1 Korrektur der Hautnaht bei Vorliegen einer Wundheilungsstörung). Die durchschnittliche Dauer der Arbeitsunfähigkeit beträgt 12 Wochen, der Therapie (Physiotherapie) 16 Wochen und der Schmerzmitteleinnahme 2 Wochen. Der durchschnittliche BMI beträgt $26,32 \pm 4,76$ (18-34) kg/m^2 . Die return to sports Rate liegt bei 53,2% (25 Patienten), leichte Einschränkungen beim Sport haben 29,8% (14 Patienten) und starke Einschränkungen 17% (8 Patienten). Der präoperative Schmerz reduziert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich $4,4 \pm 2,3$ (0-10) Punkten auf postoperativ $1,5 \pm 1,5$ (0-6) Punkte. 43 Patienten (70,5%) sind mit dem Operationsergebnis zufrieden, 6 Patienten (9,8%) sehen es neutral und 12 Patienten (19,7%) sind damit unzufrieden (wobei nicht weiter differenziert wird, ob die Patienten den postoperativen dem präoperativen Zustand vorziehen würden). Innerhalb der postoperativen Nachuntersuchung werden verschiedene Daten erfasst. Dazu zählen: Beinachse, Fußstellung, Gangbild, Fußödem, periphere Durchblutung, Patellar- und Achillessehnenreflex, Sensibilität im Zugangsgebiet, Beweglichkeit und Instabilität des Sprunggelenks. Der VASFA-Score verbessert sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $58 \pm 24,6$ (8-98) Punkten auf postoperativ $81 \pm 15,8$ (35-100) Punkte. Der FAOS-Score zeigt in allen Untergruppen eine sehr bis hoch signifikante Verbesserung. Der AOFAS-Score erhöht sich hoch signifikant ($p < 0,001$) von durchschnittlich präoperativ $67 \pm 20,3$ (25-100) Punkten auf postoperativ $89 \pm 12,3$ (53-100) Punkte. Der Lebensqualitäts-Score EQ-5D-3L-Score verbessert sich sehr bis hoch signifikant in den jeweiligen Dimensionen (präoperativer Gesamtindex 2-1-1-3-1, postoperativer Gesamtindex 1-1-1-2-1). Statistische Zusammenhänge und Korrelationen sind geprüft für Geschlecht, Alter, BMI, Läsionsort, Läsionsgrad, Läsionsgröße, AOFAS-Score und postoperative Schmerzen. Eine signifikante Korrelation liegt für größere

Läsionen bezüglich einer Verbesserung des AOFAS-Scores und der postoperativen Schmerzen vor.

Schlussfolgerung: Die MACI stellt ein sicheres Operationsverfahren zur Therapie von osteochondralen Läsionen des Talus dar. Es treten keine verfahrensassoziierten intraoperativen Komplikationen oder tiefe Infektionen des operierten Gelenks auf. Die eingesetzten Funktionsscores und der Lebensqualität-Score belegen einen von prä- auf postoperativ durchschnittlich sehr bis hoch signifikanten Punkteanstieg. Dies bescheinigt der MACI mittelfristig eine gute bis sehr gute Prognose bezüglich Verbesserungen in den Bereichen Symptome, Schmerzen, ADL, Sport, Freizeit und Lebensqualität der Patienten. Insbesondere Langzeitstudien sind für zukünftige Beurteilungen des Operationsverfahrens notwendig.

Evidenzgrad: IV, retrospektive Fallserie.

6 Literaturverzeichnis

1. Steinhagen J, Niggemeyer O, Bruns J. Etiology and pathogenesis of osteochondrosis dissecans tali. *Der Orthopade*. 2001;30(1):20-7.
2. Assenmacher JA, Kelikian AS, Gottlob C, Kodros S. Arthroscopically assisted autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talar dome: an MRI and clinical follow-up study. *Foot & ankle international*. 2001;22(7):544-51.
3. Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard GM, Huff T, Hayes A, Buckwalter JA, et al. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *The Iowa orthopaedic journal*. 2005;25:44-6.
4. Bundesausschusses UMG. Abschlussbericht Beratungsverfahren nach §137c SGB V (Krankenhausbehandlung) vom 18.02.2010 zur Autologen Chondrozytenimplantation am Sprunggelenk: 20.05.2010 [Available from: [https://www.g-ba.de/insformationen/beschluesse/1090/.](https://www.g-ba.de/insformationen/beschluesse/1090/)] [Zugriff: 04.05.2020]
5. Hunter W. Of the structure and diseases of articulating cartilages. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 1743;42(470):514-21.
6. Linden B. Osteochondritis dissecans of the femoral condyles: a long-term follow-up study. *JBJS*. 1977;59(6):769-76.
7. Messner K, Maletius W. The long-term prognosis for severe damage to weight-bearing cartilage in the knee: A 14-year clinical and radiographic follow-up in 28 young athletes. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1996;67(2):165-8.
8. Buckwalter JA, Mankin HJ. Articular cartilage: degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration, and transplantation. *Instr Course Lect*. 1998;47:487-504.
9. Alford JW, Cole BJ. Cartilage Restoration, Part 1: Basic Science, Historical Perspective, Patient Evaluation, and Treatment Options. *The American journal of sports medicine*. 2005;33(2):295-306.
10. Monro A. Part of the cartilage of the joint, separated and ossified. *Medical Essays and Observations*. 1738;4:19.
11. König F. Ueber freie Körper in den Gelenken. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*. 1887-88;27:90.
12. Kappis M. Weitere Beiträge zur traumatisch-mechanischen Entstehung der "spontanen" Knorpelablösungen (sogen. Osteochondritis dissecans). *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*. 1922;171:13-29.
13. Santrock RD, Buchanan MM, Lee TH, Berlet GC. Osteochondral lesions of the talus. *Foot and ankle clinics*. 2003;8(1):73-90, viii.
14. Bridgman SA, Clement D, Downing A, Walley G, Phair I, Maffulli N. Population based epidemiology of ankle sprains attending accident and emergency units in the West Midlands of England, and a survey of UK practice for severe ankle sprains. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2003;20(6):508-10.

15. Zengerink M, Struijs PA, Tol JL, van Dijk CN. Treatment of osteochondral lesions of the talus: a systematic review. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2010;18(2):238-46.
16. Bauer RS, Ochsner PE. Nosology of osteochondrosis dissecans of the trochlea of the talus. *Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete*. 1987;125(2):194-200.
17. Flick AB, Gould N. Osteochondritis dissecans of the talus (transchondral fractures of the talus): review of the literature and new surgical approach for medial dome lesions. *Foot & ankle*. 1985;5(4):165-85.
18. Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Jarvinen M. Increasing number and incidence of low-trauma ankle fractures in elderly people: Finnish statistics during 1970-2000 and projections for the future. *Bone*. 2002;31(3):430-3.
19. Leontaritis N, Hinojosa L, Panchbhavi VK. Arthroscopically detected intra-articular lesions associated with acute ankle fractures. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2009;91(2):333-9.
20. Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ, Jr. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2010;92(13):2279-84.
21. Mollenhoff G, Richter J, Muhr G. Supination trauma. A classic case. *Der Orthopade*. 1999;28(6):469-75.
22. Saxena A, Eakin C. Articular talar injuries in athletes: results of microfracture and autogenous bone graft. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(10):1680-7.
23. Murawski CD, Kennedy JG. Operative treatment of osteochondral lesions of the talus. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2013;95(11):1045-54.
24. Berndt AL, Harty M. Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1959;41-a:988-1020.
25. Elias I, Zoga AC, Morrison WB, Besser MP, Schweitzer ME, Raikin SM. Osteochondral lesions of the talus: localization and morphologic data from 424 patients using a novel anatomical grid scheme. *Foot & ankle international*. 2007;28(2):154-61.
26. Hermanson E, Ferkel RD. Bilateral osteochondral lesions of the talus. *Foot & ankle international*. 2009;30(8):723-7.
27. Korner D, Kohler P, Schroter S, Naumann A, Walther M, Niemeyer P, et al. Pain in Osteochondral Lesions of the Ankle - an Investigation Based on Data from the German Cartilage Registry (KnorpelRegister DGOU). *Zeitschrift fur Orthopadie und Unfallchirurgie*. 2018;156(2):160-7.
28. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus - LernAtlas der Anatomie: allgemeine Anatomie und Bewegungssystem , Thieme, Stuttgart; 2005. 406-11.

29. Gelberman RH, Mortensen WW. The arterial anatomy of the talus. *Foot & ankle.* 1983;4(2):64-72.
30. Millington SA, Grabner M, Wozelka R, Anderson DD, Hurwitz SR, Crandall JR. Quantification of ankle articular cartilage topography and thickness using a high resolution stereophotography system. *Osteoarthritis and cartilage.* 2007;15(2):205-11.
31. Millington SA, Grabner M, Wozelka R, Hurwitz S, Crandall J. A stereophotographic study of ankle joint contact area. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society.* 2007;25(11):1465-73.
32. Horisberger M, Leumann A, Walcher M, Valderrabano V. Osteochondrale Läsionen am Sprunggelenk—ein Review für Sportärzte. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* 2011;62(6):143-9.
33. Martinek V. Anatomie und Pathophysiologie des hyalinen Knorpels. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* 2003;54(6):166-70.
34. Kleemann RU, Krockner D, Cedraro A, Tuischer J, Duda GN. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis: relation to clinical assessment (ICRS Grade). *Osteoarthritis and cartilage.* 2005;13(11):958-63.
35. Shapiro F, Koide S, Glimcher MJ. Cell origin and differentiation in the repair of full-thickness defects of articular cartilage. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 1993;75(4):532-53.
36. Stricker PR, Spindler KP, Gautier KB. Prospective evaluation of history and physical examination: variables to determine radiography in acute ankle injuries. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine.* 1998;8(3):209-14.
37. Leumann A, Valderrabano V, Plaass C, Rasch H, Studler U, Hintermann B, et al. A novel imaging method for osteochondral lesions of the talus--comparison of SPECT-CT with MRI. *The American journal of sports medicine.* 2011;39(5):1095-101.
38. Schimmer RC, Dick W, Hintermann B. The role of ankle arthroscopy in the treatment strategies of osteochondritis dissecans lesions of the talus. *Foot & ankle international.* 2001;22(11):895-900.
39. Verhagen RA, Maas M, Dijkgraaf MG, Tol JL, Krips R, van Dijk CN. Prospective study on diagnostic strategies in osteochondral lesions of the talus. Is MRI superior to helical CT? *The Journal of bone and joint surgery British volume.* 2005;87(1):41-6.
40. Becher C. Diagnostik und Therapie von Knorpelschäden am Talus. In: Stukenborg-Colsman C, Fuhrmann RA, editors. *Kurzgefasste Fußchirurgie.* 1. Auflage ed: Georg Thieme Verlag; 2017. DOI 10.1055/b-004-132244
41. Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2003;85-A Suppl 2:58-69.
42. van den Borne MP, Raijmakers NJ, Vanlauwe J, Victor J, de Jong SN, Bellemans J, et al. International Cartilage Repair Society (ICRS) and Oswestry macroscopic

- cartilage evaluation scores validated for use in Autologous Chondrocyte Implantation (ACI) and microfracture. *Osteoarthritis and cartilage*. 2007;15(12):1397-402.
43. Brittberg M. The ICRS Clinical Cartilage Injury Evaluation system 2000 [Available from: <https://cartilage.org/society/publications/icrs-score/>.] [Zugriff: 28.06.2021]
 44. Loomer R, Fisher C, Lloyd-Smith R, Sisler J, Cooney T. Osteochondral lesions of the talus. *The American journal of sports medicine*. 1993;21(1):13-9.
 45. Ferkel RD, Sgaglione NA, Del Pizzo W. Arthroscopic treatment of osteochondral lesions of the talus: technique and results. *Orthop Trans*. 1990;14:172-3.
 46. Hepple S, Winson IG, Glew D. Osteochondral lesions of the talus: a revised classification. *Foot & ankle international*. 1999;20(12):789-93.
 47. Imhoff AB, König, U. Arthroskopie – qualifizierte Stadieneinteilung der osteochondralen Läsion (OCL) am Knie. *Arthroskopie*. 2003;16:23-8.
 48. Giannini S, Buda R, Faldini C, Vannini F, Bevoni R, Grandi G, et al. Surgical treatment of osteochondral lesions of the talus in young active patients. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2005;87 Suppl 2:28-41.
 49. Canale ST, Belding RH. Osteochondral lesions of the talus. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1980;62(1):97-102.
 50. O'Loughlin PF, Heyworth BE, Kennedy JG. Current concepts in the diagnosis and treatment of osteochondral lesions of the ankle. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(2):392-404.
 51. Schachter AK, Chen AL, Reddy PD, Tejwani NC. Osteochondral lesions of the talus. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2005;13(3):152-8.
 52. Verhagen RA, Struijs PA, Bossuyt PM, van Dijk CN. Systematic review of treatment strategies for osteochondral defects of the talar dome. *Foot and ankle clinics*. 2003;8 (2):233-42, viii-ix.
 53. Tol JL, Struijs PA, Bossuyt PM, Verhagen RA, van Dijk CN. Treatment strategies in osteochondral defects of the talar dome: a systematic review. *Foot & ankle international*. 2000;21(2):119-26.
 54. Struijs PA, Tol JL, Bossuyt PM, Schuman L, Van Dijk CN. Behandlungsstrategien bei osteochondralen Läsionen des Talus. *Der Orthopäde* Jan 1, 2001;30(1):28-36.
 55. Verhagen E, van der Beek A, Twisk J, Bouter L, Bahr R, van Mechelen W. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *The American journal of sports medicine*. 2004;32(6):1385-93.
 56. Kawasaki K, Ochi M, Uchio Y, Adachi N, Matsusaki M. Hyaluronic acid enhances proliferation and chondroitin sulfate synthesis in cultured chondrocytes embedded in collagen gels. *Journal of cellular physiology*. 1999;179(2):142-8.

57. Migliore A, Bizzi E, Massafra U, Vacca F, Alimonti A, Iannessi F, et al. Viscosupplementation: a suitable option for hip osteoarthritis in young adults. *European review for medical and pharmacological sciences*. 2009;13(6):465-72.
58. Doral MN, Bilge O, Batmaz G, Donmez G, Turhan E, Demirel M, et al. Treatment of osteochondral lesions of the talus with microfracture technique and postoperative hyaluronan injection. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2012;20(7):1398-403.
59. Braun S, Vogt S, Imhoff AB. Stage oriented surgical cartilage therapy. Current situation. *Der Orthopade*. 2007;36(6):589-99; quiz 600.
60. van Bergen CJ, de Leeuw PA, van Dijk CN. Treatment of osteochondral defects of the talus. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*. 2008;94(8 Suppl):398-408.
61. Galla M, Walther M, Becher C, Plaaß C, Thermann H. *Arthroskopie an Sprunggelenk und Fuß. Das Praxisbuch der Techniken und Indikationen.:* Schattauer Verlag Stuttgart; 2016. 249-51.
62. Zengerink M, Szerb I, Hangody L, Dopirak RM, Ferkel RD, van Dijk CN. Current concepts: treatment of osteochondral ankle defects. *Foot and ankle clinics*. 2006;11(2):331-59, vi.
63. Merian M, Easley, M. Diagnostik und Therapie osteochondraler Läsionen des Talus. *Der Orthopade*. 2008;37:204-11.
64. Haddad SL, Coetsee JC, Estok R, Fahrbach K, Banel D, Nalysnyk L. Intermediate and long-term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. A systematic review of the literature. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2007;89(9):1899-905.
65. Imhoff AB, Linke R, Baumgartner R. *Checkliste Orthopädie:* Georg Thime Verlag, Stuttgart; 2014. 604-7.
66. Fritz J, Albrecht D, Niemeyer P. *Knorpeltherapie: Praxisleitfaden der AG Klinische Geweberegeneration der DGOU:* Walter de Gruyter, Berlin / Boston; 2016. p. 71-81, 101-14, 271-86.
67. Steinhagen J, Bruns J. Osteochondrale Läsionen des Talus. *Fuß & Sprunggelenk*. 2003;1(1):0012-24.
68. Pridie KH. A method of resurfacing osteoarthritic knee joints *J Bone Joint Surg Br* 41. 1959:618-9.
69. Johnson LL. Arthroscopic abrasion arthroplasty historical and pathologic perspective: present status. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 1986;2(1):54-69.
70. Fraser EJ, Harris MC, Prado MP, Kennedy JG. Autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talus in an athletic population. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2016;24(4):1272-9.

71. Steadman JR, Rodkey WG, Rodrigo JJ. Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects. *Clinical orthopaedics and related research*. 2001(391 Suppl):S362-9.
72. Bernholt J, Höher J. Knorpelersatzgewebe durch Mikrofrakturierung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2003;54(6):218-21.
73. Choi WJ, Park KK, Kim BS, Lee JW. Osteochondral lesion of the talus: is there a critical defect size for poor outcome? *The American journal of sports medicine*. 2009;37(10):1974-80.
74. Chuckpaiwong B, Berkson EM, Theodore GH. Microfracture for osteochondral lesions of the ankle: outcome analysis and outcome predictors of 105 cases. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 2008;24(1):106-12.
75. Donnenwerth MP, Roukis TS. Outcome of arthroscopic debridement and microfracture as the primary treatment for osteochondral lesions of the talar dome. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 2012;28(12):1902-7.
76. Choi S-W, Lee G-W, Lee K-B. Arthroscopic Microfracture for Osteochondral Lesions of the Talus: Functional Outcomes at a Mean of 6.7 Years in 165 Consecutive Ankles. *The American journal of sports medicine*. 2020;48(1):153-8.
77. Benthien JP, Behrens P. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC): Combining Microfracturing and a Collagen I/III Matrix for Articular Cartilage Resurfacing. *Cartilage*. 2010;1(1):65-8.
78. Gille J, Behrens P, Volpi P, de Girolamo L, Reiss E, Zoch W, et al. Outcome of Autologous Matrix Induced Chondrogenesis (AMIC) in cartilage knee surgery: data of the AMIC Registry. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2013;133(1):87-93.
79. Valderrabano V, Miska M, Leumann A, Wiewiorski M. Reconstruction of osteochondral lesions of the talus with autologous spongiosa grafts and autologous matrix-induced chondrogenesis. *The American journal of sports medicine*. 2013;41(3):519-27.
80. Walther M, Altenberger S, Kriegelstein S, Volkering C, Roser A. Reconstruction of focal cartilage defects in the talus with miniarthrotomy and collagen matrix. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 2014;26(6):603-10.
81. Kennedy JG, Murawski CD. The Treatment of Osteochondral Lesions of the Talus with Autologous Osteochondral Transplantation and Bone Marrow Aspirate Concentrate: Surgical Technique. *Cartilage*. 2011;2(4):327-36.
82. Basad E. Aktuelle Therapiekonzepte bei Knorpelschäden am Talus. *OUP*. 2014;3:124-9. DOI 10.3238/oup.2014.0124-9.
83. Valderrabano V, Leumann A, Rasch H, Egelhof T, Hintermann B, Pagenstert G. Knee-to-ankle mosaicplasty for the treatment of osteochondral lesions of the ankle joint. *The American journal of sports medicine*. 2009;37 Suppl 1:105s-11s.

84. Reddy S, Pedowitz DI, Parekh SG, Sennett BJ, Okereke E. The morbidity associated with osteochondral harvest from asymptomatic knees for the treatment of osteochondral lesions of the talus. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(1):80-5.
85. Fansa AM, Murawski CD, Imhauser CW, Nguyen JT, Kennedy JG. Autologous osteochondral transplantation of the talus partially restores contact mechanics of the ankle joint. *The American journal of sports medicine*. 2011;39(11):2457-65.
86. Flynn S, Ross KA, Hannon CP, Yasui Y, Newman H, Murawski CD, et al. Autologous Osteochondral Transplantation for Osteochondral Lesions of the Talus. *Foot & ankle international*. 2016;37(4):363-72.
87. Haleem AM, Ross KA, Smyth NA, Duke GL, Deyer TW, Do HT, et al. Double-Plug Autologous Osteochondral Transplantation Shows Equal Functional Outcomes Compared With Single-Plug Procedures in Lesions of the Talar Dome: A Minimum 5-Year Clinical Follow-up. *The American journal of sports medicine*. 2014;42(8):1888-95.
88. Hangody L, Feczko P, Bartha L, Bodo G, Kish G. Mosaicplasty for the treatment of articular defects of the knee and ankle. *Clinical orthopaedics and related research*. 2001(391 Suppl):S328-36.
89. Gianakos AL, Yasui Y, Hannon CP, Kennedy JG. Current management of talar osteochondral lesions. *World journal of orthopedics*. 2017;8(1):12-20.
90. Dahmen J, Lambers KTA, Reilingh ML, van Bergen CJA, Stufkens SAS, Kerkhoffs G. No superior treatment for primary osteochondral defects of the talus. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* [DOI: 10.1007/s00167-017-4616-5. 2017 Jun 27. [Zugriff: 05.06.2021]
91. Williams SK, Amiel D, Ball ST, Allen RT, Wong VW, Chen AC, et al. Prolonged storage effects on the articular cartilage of fresh human osteochondral allografts. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2003;85-a(11):2111-20.
92. El-Rashidy H, Villacis D, Omar I, Kelikian AS. Fresh osteochondral allograft for the treatment of cartilage defects of the talus: a retrospective review. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2011;93(17):1634-40.
93. Raikin SM. Fresh osteochondral allografts for large-volume cystic osteochondral defects of the talus. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2009;91(12):2818-26.
94. Pereira GF, Steele JR, Fletcher AN, Clement RD, Arasa MA, Adams SB. Fresh Osteochondral Allograft Transplantation for Osteochondral Lesions of the Talus: A Systematic Review. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2021;60(3):585-91.
95. Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A, Ohlsson C, Isaksson O, Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *The New England journal of medicine*. 1994;331(14):889-95.
96. Baums MH, Schultz W, Kostuj T, Klinger HM. Cartilage repair techniques of the talus: An update. *World journal of orthopedics*. 2014;5(3):171-9.

97. Harris JD, Siston RA, Brophy RH, Lattermann C, Carey JL, Flanigan DC. Failures, re-operations, and complications after autologous chondrocyte implantation-a systematic review. *Osteoarthritis and cartilage*.2011;19(7):779-91.
98. Niemeyer P, Salzmann G, Schmal H, Mayr H, Sudkamp NP. Autologous chondrocyte implantation for the treatment of chondral and osteochondral defects of the talus: a meta-analysis of available evidence. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2012;20(9):1696-703.
99. Giannini S, Buda R, Ruffilli A, Cavallo M, Pagliuzzi G, Bulzamini MC, et al. Arthroscopic autologous chondrocyte implantation in the ankle joint. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2014;22(6):1311-9.
100. Giza E, Sullivan M, Ocel D, Lundeen G, Mitchell ME, Veris L, et al. Matrix-induced autologous chondrocyte implantation of talus articular defects. *Foot & ankle international*. 2010;31(9):747-53.
101. Aurich M, Bedi HS, Smith PJ, Rolauffs B, Muckley T, Clayton J, et al. Arthroscopic treatment of osteochondral lesions of the ankle with matrix-associated chondrocyte implantation: early clinical and magnetic resonance imaging results. *The American journal of sports medicine*. 2011;39(2):311-9.
102. Magnan B, Samaila E, Bondi M, Vecchini E, Micheloni GM, Bartolozzi P. Three-dimensional matrix-induced autologous chondrocytes implantation for osteochondral lesions of the talus: midterm results. *Advances in orthopedics*. 2012;2012:942174.
103. Anders S, Goetz J, Schubert T, Grifka J, Schaumburger J. Treatment of deep articular talus lesions by matrix associated autologous chondrocyte implantation-results at five years. *International orthopaedics*. 2012;36(11):2279-85.
104. Shimozono Y, Yasui Y, Ross AW, Kennedy JG. Osteochondral lesions of the talus in the athlete: up to date review. *Current reviews in musculoskeletal medicine*. 2017;10(1):131-40.
105. Dekker TJ, Dekker PK, Tainter DM, Easley ME, Adams SB. Treatment of Osteochondral Lesions of the Talus: A Critical Analysis Review. *JBJS reviews*. 2017;5(3).
106. Desando G, Bartolotti I, Vannini F, Cavallo C, Castagnini F, Buda R, et al. Repair Potential of Matrix-Induced Bone Marrow Aspirate Concentrate and Matrix-Induced Autologous Chondrocyte Implantation for Talar Osteochondral Repair: Patterns of Some Catabolic, Inflammatory, and Pain Mediators. *Cartilage*. 2017;8(1):50-60.
107. Haleem AM, Chu CR. Advances in Tissue Engineering Techniques for Articular Cartilage Repair. *Operative techniques in orthopaedics*. 2010;20(2):76-89.
108. Madry H, Pape D. [Autologous chondrocyte transplantation]. *Der Orthopade*. 2008;37(8):756-63.
109. Richter M, Zech S, Geerling J, Frink M, Knobloch K, Krettek C. A new foot and ankle outcome score: questionnaire based, subjective, Visual-Analogue-Scale, validated and computerized. *Foot Ankle Surgery* 2006;12(4):191-9.

110. Stuber J, Zech S, Bay R, Qazzaz A, Richter M. Normative data of the Visual Analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) for pathological conditions. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*. 2011;17(3):166-72.
111. Richter M, Zech S, Geerling J, Frink M, Knobloch K, C. K. VASFA Deutsch [Available from: [https://www.krankenhaus-rummelsberg.de/fuss-und-sprunggelenkchirurgie/schnellzugriff-informationsblaetter-standards/.](https://www.krankenhaus-rummelsberg.de/fuss-und-sprunggelenkchirurgie/schnellzugriff-informationsblaetter-standards/)] [Zugriff: 02.01.2019]
112. van Bergen CJ, Sierevelt IN, Hoogervorst P, Waizy H, van Dijk CN, Becher C. Translation and validation of the German version of the foot and ankle outcome score. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2014;134(7):897-901.
113. Roos EM, Brandsson S, Karlsson J. Validation of the Foot and Ankle Outcome Score for Ankle Ligament Reconstruction. *Foot & ankle international*. 2001;22(10):788-94.
114. van Bergen CJA, Sierevelt IN, Hoogervorst P, Waizy H, van Dijk CN, Becher C. Foot and Ankle Outcome Score (FAOS), German version LK1.0. 2015(05.12.2018).
115. Ibrahim T, Beiri A, Azzabi M, Best AJ, Taylor GJ, Menon DK. Reliability and validity of the subjective component of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society clinical rating scales. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2007;46(2):65-74.
116. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot & ankle international*. 1994;15(7):349-53.
117. Kostuj T, Schaper K, H. Baums M, Lieske S. Eine Validierung des AOFAS-Ankle-Hindfoot-Scale für den deutschen Sprachraum. *Fuß & Sprunggelenk*. 2014;12(2):100-6.
118. Brooks R. EuroQol: the current state of play. *Health policy (Amsterdam, Netherlands)*. 1996;37(1):53-72.
119. Graf J-M, Claes C, Greiner W, Uber A. Die deutsche Version des EuroQol-Fragebogens. *Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften = Journal of public health*. 1998;6(1):3-20.
120. Group E. EuroQol--a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health policy (Amsterdam, Netherlands)*. 1990;16(3):199-208.
121. Weiß C, *Basiswissen medizinische statistik*, Springer; 2005. Volume 5. 29-196.
122. Stone E. T test, independent samples. *Encyclopedia of research design*. 2010;3:1560-5.
123. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavior, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*. 2007;39:175-91.
124. Körner D, Gonser CE, Döbele S, Konrads C, Springer F, Keller G. Matrix-associated autologous chondrocyte implantation with autologous bone grafting of

osteocondral lesions of the talus in adolescents: patient-reported outcomes with a median follow-up of 6 years. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):243.

125. Tan H, Li A, Qiu X, Cui Y, Tang W, Wang G, et al. Operative treatments for osteochondral lesions of the talus in adults: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(25):e26330.
126. Weber CD, Kerkhoffs G, Dahmen J, Arbab DU, Kobbe P, Hildebrand F, et al. [Osteochondral lesions of the talus : Individualized approach based on established and innovative reconstruction techniques]. *Unfallchirurg.* 2021;124(4):319-32.

7 Erklärungen zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die Arbeit wurde in der BG Unfallklinik Tübingen unter der Betreuung von Herrn Professor Dr. A. Ateschrang durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Herrn Professor Dr. A. Ateschrang (Doktorvater, ehemals Sektionsleiter der Sporttraumatologie und arthroskopische Chirurgie in der Unfallklinik Tübingen).

Die Zustimmung zur Studie durch die Ethikkommission wurde eingeholt.

Die klinischen Untersuchungen wurden nach Absprache mit Herrn Professor Dr. A. Ateschrang von mir eigenständig durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig und wurde mit Herrn Professor Dr. A. Ateschrang besprochen.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den

8 Anhang

8.1 Aus Kapitel 1.5 Klassifikation

Tabelle 4: Brittberg und Winalski (2003), ICRS-OCD-Klassifikation (41). Eine Klassifikation der Osteochondrosis dissecans.

ICRS – OCD - Grad	Beschreibung
Grad 1	Stabile Läsion mit intaktem, erweichtem Knorpel
Grad 2	Stabile Läsion mit partieller Ablösung
Grad 3	Komplettes Dissekat, nicht disloziert
Grad 4a	Disloziertes Dissekat
Grad 4b	Zusätzlicher Knochendefekt > 10mm Tiefe

Tabelle 5: Berndt & Harty (1959), Loomer et al. (1993) OCL-Klassifikation (24, 44). Eine Röntgenklassifikation osteochondraler Läsionen.

Grad	Beschreibung
1	Subchondrale Kompressionsläsion
2	Partiell losgelöstes Fragment
3	Losgelöstes Fragment ohne Dislokation
4	Losgelöstes Fragment mit Dislokation
5	Subchondrale Zyste (nach Loomer et. al.)

Tabelle 6: Ferkel et al. (1990, CT-OCL-Klassifikation (45). Eine CT-Klassifikation osteochondraler Läsionen.

Grad	Beschreibung
1	Zystische Läsion der Talusrolle mit intakter Kortikalis
2a	Zystische Läsion mit Kommunikation zur Oberfläche der Talusrolle
2b	Offene artikuläre Läsion mit nicht disloziertem Fragment
3	Nicht-dislozierte Läsion mit erhöhter Röntgendichte
4	Disloziertes Fragment
5	Subchondrale Zyste (nach Loomer et al.)

Tabelle 7: Hepple et al (1999), MRT-OCL-Klassifikation (46). Eine MRT-Klassifikation osteochondraler Läsionen.

Grad	Beschreibung
1	Knorpelläsion
2a	Knorpelläsion mit subchondraler Fraktur und Knochenmarksödem
2b	Knorpelläsion mit subchondraler Fraktur ohne Knochenmarksödem
3	Losgelöstes Fragment ohne Dislokation
4	Losgelöstes Fragment mit Dislokation
5	Subchondrale Zyste

Tabelle 8: Imhoff und König (2003), OCL-Klassifikation (47). Eine Einteilung osteochondraler Läsionen am Knie und Sprunggelenk unter Berücksichtigung von Röntgen, Magnetresonanztomographie und Arthroskopie.

Stadium	Röntgen	MRT	Arthroskopie	Befund
1A	Eventuell verminderte Knochendichte	Bone bruise, geringere Signalintensität T1, Ödem T2, kein Grenzsaum	Intakter Knorpel	Knochenkontusion
1B	Unauffällig	Eventuell Verdickung des Gelenkknorpels	Knorpel weich/uneben	Knorpelerweichung
2A	Verminderte Knochendichte	Niedrige Signalintensität T1/T2, Signalanstieg nach i.v.-Gd., niedrige Signalintensität T1, Grenzsaum, Knorpelalteration	Knorpel demarkiert, aber intakt	Demarkation ohne Sklerose, Knorpel intakt
2B	Verminderte Knochendichte, Abgrenzung durch Sklerose	Idem, kein Signalanstieg nach i.v.-Gd.	Knorpel demarkiert, aber intakt	Demarkation mit Sklerose, großer Herd, Knorpel intakt
3A	Partiell gelöstes Fragment	Niedrige Signalintensität T1/T2, Signalanstieg nach i.v.-Gd. im Herd, hohe Signalintensität T2, Grenzsaum, Knorpeldefekt	Herd partiell gelöst, Knorpel intakt	Partielle Ablösung, vitales Fragment, Knorpel intakt, ohne Sklerose
3B	Partiell gelöstes Fragment, Sklerosezone	Idem, aber kein Signalanstieg nach i.v.-Gd.	Herd partiell gelöst, Knorpel nicht intakt	Partielle Ablösung, avitales Fragment oder malazischer Knorpel, deutliche Sklerose
4A	Komplett gelöstes Fragment mit/ohne Dislokation	Hohe subchondrale Signalintensität, Grenzsaum, Knorpeldefekt, Signalanstieg im Herd nach i.v.-Gd.	Freies Dissekat	Vitales freies Fragment, keine Sklerose
4B	Komplett gelöstes Fragment mit/ohne Dislokation	Idem, kein Signalanstieg im Herd nach i.v.-Gd.	Freies Dissekat	Avitales freies Fragment, keine Sklerose
5A	Zystische verminderte Knochendichte, keine Sklerose	Hohe Signalintensität T2 (Anfangsphase)	Knorpel intakt oder Knorpelmalazie	Zyste ohne Sklerose
5B	Idem, Sklerosezone	Idem, Grenzsaum, niedrige Signalintensität T1/T2	Idem	Zyste mit Sklerose

8.2 Aus Kapitel 1.8 Behandlungspfade

Tabelle 9: Zengerink et al. (2006), Richtlinie zur Behandlung einer OLT (62). Behandlungspfad einer OLT anhand von Débridement, Anbohrung, Mikrofrakturierung, OATS und ACI dargestellt.

Läsionstyp	Behandlungsoption
1) Asymptomatische Läsion oder geringfügig symptomatisch	Konservativ
2) Symptomatisch, ≤ 10mm	Débridement und Anbohrung / Mikrofrakturierung
3) Symptomatisch, 11-14mm	Débridement und Anbohrung, Fixation, OATS, ACI
4) Symptomatisch, ≥ 15mm	Fixation, OATS, ACI
5) Größere zystische Läsionen	Retrograde Anbohrung +/- Knochentransplantat oder ACI mit Sandwich-Technik
6) Sekundär	Osteochondrales Transplantat
	Für Typ 4 – 6 sind Débridement und BMS immer eine Behandlungsoption

Tabelle 10: Braun et al. (2007), Behandlungspfad einer OLT nach ICRS-Klassifikation von Knorpelschäden (59). Eine OLT-Therapieempfehlung nach der ICRS-Klassifikation anhand von Débridement, Mikrofrakturierung, OATS und (M)ACI dargestellt.

Schaden ICRS	Konservativ	Débridement	Mikrofrakturierung	OATS	Mega-OATS	MACT/ACI
1	+	-	-	-	-	-
2	+	(+)	-	-	-	-
3	-	(+)	+++	++	++	+++
4	-	(+)	-	+++	+++	++(+Spongiosa)

Tabelle 11: Van Bergen et al. (2008), Richtlinie zur Behandlung einer OLT (60). Eine OLT-Therapieempfehlung nach Symptomatik, Zyste, Sekundärläsion anhand von Débridement, Anbohrung, Mikrofrakturierung, OATS und ACI dargestellt.

Läsionstyp	Behandlungsoption
Asymptomatisch oder geringfügig symptomatisch	Konservativ
Symptomatisch, < 15 mm	Konservativ (6 Monate), Débridement und Anbohrung / Mikrofrakturierung
Symptomatisch, ≥ 15 mm	Fixation, OATS, ACI, Débridement und Anbohrung / Mikrofrakturierung
Zystisch, ≥ 15 mm	Débridement +/- (retrograde) Anbohrung / Mikrofrakturierung mit Spongiosa
Sekundär	OATS, ACI, HemiCAPb, TruFit
Massive Läsion	Allotransplantation, Arthrodesse, Prothese

Tabelle 12: Braun et al. (2007), Behandlungspfad einer OLT nach Läsionsgröße, Begleitschäden, Alter und Kosten (59). Eine OLT-Therapieempfehlung nach Läsionsgröße, Begleitschäden, Alter und Kosten anhand von Mikrofrakturierung, OATS und (M)ACI dargestellt.

	Mikrofrakturierung	OATS	Mega-OATS	MACT/ACT
Läsionsgröße				
< 1 cm ²	+++	+++	-	-
1 – 3 cm ²	++	+++	-	++
> 3 cm ²	+	+	+++	+++
Begleitschäden				
Randständiger Knorpel beschädigt	++	+	+	-
Korrespondierender Knorpelschaden	+	+	+	(+)
Arthrose	-	-	-	-
Alter				
< 50	+++	+++	+++	+++
> 50	+	+	-	-
Kosten	+++	++	++	-

Tabelle 13: Braun et al. (2007) (59), Imhoff und König (2003) (47), ICRS-Klassifikation - Stadiengerechte Therapieempfehlungen bei osteochondralen Schäden. Eine OLT-Therapieempfehlung nach der Klassifikation der ICRS und Imhoff und König.

ICRS OCD	Imhoff	Therapie
1	1A	Entlastung, MRT-Verlaufskontrolle
	1B	Entlastung, bei Persistenz arthroskopische Knorpelglättung
2	2A	Retrograde Anbohrung
	2B	Retrograde Anbohrung, bei großem Defekt retrograde Spongiosaplastik
3	3A	Anterograde Anbohrung / Spongiosaplastik und Dissekatrefixierung
	3B	Knorpelglättung; Knochen-Knorpel-Transplantation
4	4A	1. Dissekatrefixierung nach Anbohrung oder Spongiosaplastik 2. Knochen-Knorpel-Transplantation
	4B	Dissekatentfernung; Knochen-Knorpel-Transplantation
	5A	Entlastung, bei Persistenz retrograde Anbohrung
	5B	Retrograde Anbohrung, bei großer Zyste retrograde Spongiosaplastik

8.3 Aus Kapitel 2.6 Funktionsscores und Lebensqualitäts-Score

8.3.1 Visual-Analogue-Scale Foot and Ankle Score (VASFA)

Starkes Hinken, invalidisierend	Wie stark veränderten Fußprobleme Ihr Gangbild?	Keine Veränderung, normales Gangbild
Ständig, immer	Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Fußschmerzen?	Nie, sehr selten
Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe die Fußschmerzen?	Keine Schmerzen
Ständig, immer	Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Fußschmerzen?	Nie, sehr selten
Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann bei körperlicher Belastung die Fußschmerzen?	Keine Schmerzen
die Schwäche behindert mich erheblich	Haben Sie den Eindruck, dass ein Bein schwächer ist als das andere?	gleiche Kraft wie im gesunden Bein
Ausgedehnte, schmerzhafte Schwielen	Haben Sie Fußschwielen?	keinerlei Schwielenbildung
Mein Fuß/Sprunggelenk ist ständig völlig steif	Haben Sie ein Steifigkeitsgefühl im Bereich Sprunggelenk oder der Fuß?	keinerlei Steifigkeit zu keinem Zeitpunkt
Treppensteigen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Treppensteigen ein?	Treppensteigen ohne Einschränkung möglich
Alter Beruf kann nicht mehr ausgeübt werden	Wie stark schränken Fußprobleme Ihren Beruf ein?	Keine Einschränkung im Beruf
Autofahren unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Autofahren ein (Kupplung, Gas, Bremse)?	Autofahren ohne Einschränkung möglich
Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Fußprobleme stehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
auf einem Bein stehen ist unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Stehen auf einem Bein ein?	keine Einschränkung
Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Fußprobleme gehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
Auch kurzes Laufen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Laufen ein (z. B. Jogging, Waldlauf etc.)?	Längeres Laufen ohne Einschränkung möglich
Allein unmöglich, immer hilfsbedürftig	Wie stark schränken Fußprobleme Aktivitäten des tägl. Lebens ein (z. B. Anziehen, Essen, Waschen etc.)?	Keine Einschränkung
Reisen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Reisen ein (z. B. zugfahren, busfahren, fliegen etc.)?	keine Einschränkung
Ich kann nur orthopädische Schuhe tragen	Haben Sie Probleme passende Schuhe zu finden?	Ich kann jeden Schuh tragen
Auf unebenem Gelände Gehen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Gehen auf unebenem Gelände ein?	keinerlei Einschränkung in unebenem Gelände
komplett gefühllos	Wie stark sind Gefühlsstörungen an Ihrem Fuß/ Ihren Füßen?	Normales Gefühl

Abbildung 55: VASFA, Richter et al. (2006) (109-111). Ein Funktions-Score für Füße und das OSG.

8.3.2 Foot and Ankle Outcome Score (FAOS)

Foot and Ankle Outcome Score (FAOS), German version LK1.0, Dec. 2015

„FAOS“ Fragebogen Fuß & Sprunggelenk

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

Name: _____

ANLEITUNG: Dieser Fragebogen stellt Ihnen Fragen zum Zustand Ihres Fuß und Sprunggelenks. Die dadurch gewonnenen Informationen erlauben uns Ihre Beurteilung von Ihrem Fuß und Sprunggelenk zu verfolgen und dokumentiert 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 Ihre Fuß/Sprunggelenksbeschwerden während der vergangenen Woche.

S1. Hatten Sie Schwellungen an Ihrem Fuß/Sprunggelenk?

niemals selten manchmal oft immer

S2. Fühlten Sie ein Mahlen, hörten Sie ein Klicken oder irgendein Geräusch, wenn Sie Ihren Fuß/Ihr Sprunggelenk bewegten?

niemals selten manchmal oft immer

S3. Blieb Ihr Fuß/Sprunggelenk hängen, oder blockierte er/es bei Bewegung?

niemals selten manchmal oft immer

S4. Konnten Sie Ihren Fuß/Ihr Sprunggelenk ganz ausstrecken?

immer oft manchmal selten niemals

S5. Konnten Sie Ihren Fuß/Ihr Sprunggelenk ganz beugen?

immer oft manchmal selten niemals

Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit in Ihrem Fuß/Sprunggelenk während der letzten Woche. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihre Gelenke zu bewegen.

S6. Wie stark war Ihre Fuß/Sprunggelenksteifigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

S7. Wie stark war Ihre Fuß/Sprunggelenksteifigkeit nach dem Sie saßen, lagen, oder sich im Verlauf des Tages ausruhten?

keine schwach mäßig stark sehr stark

Abbildung 56: FAOS (Teil 1) (112-114). Ein Funktion-Score für Füße und das OSG.

Schmerzen

P1. Wie oft haben Sie Schmerzen im Fuß/Sprunggelenk?

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| nie | monatlich | wöchentlich | täglich | immer |
| <input type="checkbox"/> |

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

P2. Sich im Fuß/Sprunggelenk drehen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

P3. Ihren Fuß/Ihr Sprunggelenk ganz ausstrecken

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

P4. Ihren Fuß/Ihr Sprunggelenk ganz beugen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

P5. Auf ebenem Boden gehen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

P6. Treppen herauf oder herunterstiegen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

P7. Nachts im Bett liegen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

P8. Saßen oder lagen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

P9. Aufrecht standen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | schwach | mäßig | stark | sehr stark |
| <input type="checkbox"/> |

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 geben Sie bitte das Ausmaß der Schwierigkeiten an, welche Sie aufgrund Ihres Fuß/Sprunggelenks innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie in der letzten Woche als Sie z.B.:

A1. Treppen herunterstiegen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | wenig | einige | große | sehr große |
| <input type="checkbox"/> |

A2. Treppen heraufstiegen

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | wenig | einige | große | sehr große |
| <input type="checkbox"/> |

A3. Vom Sitzen aufstanden

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| keine | wenig | einige | große | sehr große |
| <input type="checkbox"/> |

Abbildung 57: FAOS (Teil 2) (112-114). Ein Funktion-Score für Füße und das OSG.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie in der **letzten Woche** als Sie z.B.:

A4. Aufrecht standen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A5. Sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A6. Auf ebenem Boden gingen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A7. Ins Auto ein- oder ausstiegen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A8. Einkaufen gingen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A9. Socken/Strümpfe anzogen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A10. Vom Bett aufstanden	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A11. Socken/Strümpfe auszogen?	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A12. Im Bett lagen und sich drehen, ohne den Fuß/Sprunggelenk dabei zu beugen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A13. In oder aus der Badewanne stiegen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A14. Saßen	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A15. Sich auf die Toilette setzten oder aufstanden	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A16. Schwere Hausarbeit verrichteten (schwere Kisten umstellen, Boden schrubben, etc)	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
A17. Leichte Hausarbeit verrichteten (kochen, Staub wischen, etc.)	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

Abbildung 58: FAOS (Teil 3) (112-114). Ein Funktion-Score für Füße und das OSG.

Aktivitäten bei Sport und Freizeit

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit im Rahmen von Sport- und Freizeitaktivitäten. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten geben Sie bitte das Ausmaß der Schwierigkeiten an, welche Sie aufgrund Ihres Fuß/Sprunggelenks innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

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 Fuß umdrehen

keine wenig einige große sehr große

SP5. Sich hinknieten

keine wenig einige große sehr große

Lebensqualität

Q1. Wie oft sind Sie sich Ihres Fuß/Sprunggelenksproblems bewusst?

nie monatlich wöchentlich täglich immer

Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert, um eventuell Ihrem Fuß/Sprunggelenk schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

gar nicht wenig etwas stark vollständig

Q3. Wie sehr leiden Sie unter einem Mangel an Vertrauen und Zuversicht hinsichtlich Ihres Fuß/Sprunggelenks?

gar nicht wenig etwas stark sehr stark

Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten die Sie durch Ihren Fuß/Ihr Sprunggelenk haben?

keine wenig einige große sehr große

Vielen Dank für die Beantwortung aller Fragen.

Fragebogen und Anleitung sind auf der folgenden Internetadresse zu finden: www.koos.nu

8.3.3 American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS)

Tabelle 14: AOFAS-Score (115-117). Der Score dient der Evaluierung von Funktion, Schmerz und Operationsergebnissen des OSG.

	AOFAS - Score	Punkte
Schmerzen	Keine	40
	Geringe, gelegentlich	30
	Mäßige, täglich	20
	Starke, fast immer	0
Funktion	Keine Einschränkungen, keine Gehhilfe	10
	Keine Einschränkungen im Alltag, keine Gehhilfe, Einschränkungen beim Sport	7
	Einschränkungen im Alltag und beim Sport, Gehstock	4
	Starke Einschränkungen im Alltag und beim Sport, Unterarmgehstützen, Rollstuhl, Orthese	0
Gehstrecke	Mehr als 1800 Meter	5
(für 1 Block = 300m)	1200 bis 1800 Meter	4
	300 bis 900 Meter	2
	300 Meter	0
Gehen auf Oberflächen	Keine Probleme auf sämtlichen Oberflächen	5
	Geringe Probleme auf unebenem Grund, mit Treppen, Leiter	3
	Große Probleme auf unebenem Grund, mit Treppen, Leiter	0
Gehfehler	Keine, leicht	8
	Offensichtlich	4
	Sehr deutlich	0
Extension / Flexion OSG	Normal, leichte Einschränkung, > 30°	8
	Mäßige Einschränkung, 15 bis 29°	4
	Starke Einschränkung, < 15°	0
Inversion / Eversion Fuß	Normal, leichte Einschränkung, > 75%	6
	Mäßige Einschränkung, 25 bis 74%	3
	Starke Einschränkung, < 25%	0
Stabilität ap, Varus/Valgus	Stabil	8
	Instabil	0
Alignement, Achse	Gut, normwertig	10
	Ausreichend, leichte Abweichung	5
	Schlecht, starke Abweichung	0

8.3.4 Lebensqualität-Score EQ-5d-3L

Tabelle 15: EuroQol Group, EQ-5d-3L, Fragebogen (118-120). Der Score dient der Erfassung der Lebensqualität.

EQ-5D-3L (Gesundheitsfragebogen): Bitte geben Sie an, welche Aussagen Ihren heutigen Gesundheitszustand am besten beschreiben, indem Sie ein Kreuz in ein Kästchen jeder Gruppe machen.

Beweglichkeit / Mobilität

- Ich habe keine Probleme herumzugehen
- Ich habe einige Probleme herumzugehen
- Ich bin ans Bett gebunden

Für sich selbst sorgen

- Ich habe keine Probleme, für mich selbst zu sorgen
- Ich habe einige Probleme, mich selbst zu waschen oder mich anzuziehen
- Ich bin nicht in der Lage, mich selbst zu waschen oder anzuziehen

Alltägliche Tätigkeiten (z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten)

- Ich habe keine Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen
- Ich habe einige Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen
- Ich bin nicht in der Lage, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen

Schmerzen / Körperliche Beschwerden

- Ich habe keine Schmerzen oder Beschwerden
- Ich habe mäßige Schmerzen oder Beschwerden
- Ich habe extreme Schmerzen oder Beschwerden

Angst / Niedergeschlagenheit

- Ich bin nicht ängstlich oder deprimiert
- Ich bin mäßig ängstlich oder deprimiert
- Ich bin extrem ängstlich oder deprimiert

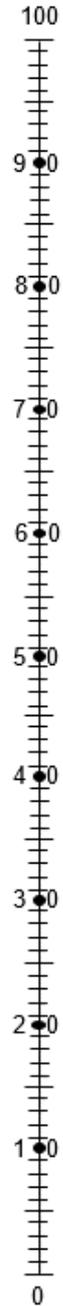
Um Sie bei der Einschätzung, wie gut oder wie schlecht Ihr Gesundheitszustand ist, zu unterstützen, haben wir eine Skala gezeichnet, ähnlich einem Thermometer. Der best denkbare Gesundheitszustand ist mit einer "100" gekennzeichnet, der schlechteste mit "0".

Wir möchten Sie nun bitten, auf dieser Skala zu kennzeichnen, wie gut oder schlecht Ihrer Ansicht nach Ihr persönlicher Gesundheitszustand heute ist. Bitte verbinden Sie dazu den untenstehenden Kasten mit dem Punkt auf der Skala, der Ihren heutigen Gesundheitszustand am besten wiedergibt.

Germany (German) © 1995 EuroQol Group EQ-5D™ is a trade mark of the EuroQol Group

**Ihr heutiger
Gesundheitszustand**

Best denkbarer
Gesundheitszustand



Schlechtest
denkbarer
Gesundheitszustand

Abbildung 60: EuroQol Group, EQ-5d, VAS (118-120). Die VAS dient der Erfassung des allgemeinen Gesundheitszustandes.