

**Aus dem MUM – Muskuloskelettales Universitätszentrum  
München**

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Direktoren:

Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker, Lehrstuhl Unfallchirurgie

Prof. Dr. med. Boris Holzapfel, Lehrstuhl Orthopädie

**Knorpelrekonstruktive Therapie am Sprunggelenk**

Kumulative Habilitationsschrift zur Erlangung der *venia legendi*  
im Fach Orthopädie und Unfallchirurgie  
der medizinischen Fakultät der LMU München



vorgelegt von

Dr. med. Oliver Gottschalk

München 2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Aktueller Stand der Forschung.....</b>	<b>6</b>
2.1 Anatomie des oberen Sprunggelenk .....	6
2.2 Ätiologie der osteochondralen Läsion.....	8
2.3 Klassifikationen von Knorpelopathologien.....	9
2.4 Diagnostik .....	13
2.5 Therapieansätze.....	17
2.5.1 <i>Konservative Therapie</i> .....	17
2.5.2 <i>Operative Therapie</i> .....	19
2.6 Nachbehandlung .....	23
2.7 Scores.....	24
<b>3. Projekte der Habilitationsschrift.....</b>	<b>26</b>
3.1 Funktionelle Ergebnisse nach autologer matrix-induzierter Chondrogenese (AMIC) am Talus – 5 Jahresergebnisse einer prospektiven Kohortenstudie.....	26
3.2 Einfluss der Innenknöchelosteotomie auf das klinische Outcome von M-BMS + I/III Kollagenmembran bei osteochondralen Läsionen am medialen Talus (Knorpelregister DGOU®).....	28
3.3 Deskriptive Analyse und kurzfristiger Verlauf klinischer Ergebnisse von osteochondralen Läsionen der distalen Tibia basierend auf Daten des Deutschen Knorpelregister (Knorpelregister DGOU®).....	31
3.4 Evaluation des neu definierten EFAS Score (European Foot and Ankle Society Score) in Relation zu bereits etablierten Funktionsscores (FFI, AOFAS) nach knorpelrekonstruktiver Therapie am Talus bei osteochondraler Läsion (AMIC).....	33

---

3.5	MRT-morphologische Integration einer Knorpelmembran (AMIC) bei osteochondraler Läsion am Talus in Relation zur klinischen Zufriedenheit nach standardisierten Fragebögen (EFAS, FFI, MOXFQ).....	34
<b>4.</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>44</b>
<b>6.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>Publikationsliste.....</b>	<b>49</b>
7.1	Originalarbeiten als Erst- oder Letztautor.....	49
7.2	Originalarbeiten als Koautor.....	52
7.3	Kasuistiken / Case Reports .....	58
7.4	Übersichten / Reviews.....	58
7.5	Buchkapitel.....	60
<b>8.</b>	<b>Vortragsveranstaltungen .....</b>	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>Verzeichnis der Lehrveranstaltungen.....</b>	<b>68</b>
<b>10.</b>	<b>Appendix .....</b>	<b>73</b>
10.1	Mitgliedschaften.....	73
10.2	Danksagung.....	74

## 1. Einleitung

Die Orthopädie und Unfallchirurgie befassen sich mit den Verletzungen des muskuloskelettalen Gerüsts. In diesem Zusammenhang haben die Verletzungen an Fuß und Sprunggelenk in den letzten Jahren immer mehr an Gewicht und Aufmerksamkeit erhalten. Die Pathologien sind mannigfaltig und wie auch an anderen Gelenken betreffen sie häufig den lokalen Knorpel.

Durch die besondere Beschaffenheit, Anordnung und auch Belastung dieser Knorpelregion ist die Therapie unterschiedlich gegliedert und bedarf der Berücksichtigung diverser Aspekte in Diagnostik, Planung, Therapie und Nachbehandlung.

Unspezifische Schmerzen im oberen Sprunggelenk bei axialer Belastung und ein Blockadegefühl können ein Hinweis auf eine Knochen-Knorpel-Verletzung am oberen Sprunggelenk sein. Die Entwicklung einer osteochondralen Läsion (OCL) kann viele Ursachen haben. Diesbezüglich werden Gefäßpathologien <sup>43</sup>, akute Traumen <sup>7</sup>, chronische Mikrotraumen <sup>17</sup>, genetische Prädispositionen <sup>54</sup>, endokrine oder metabolische Ursachen <sup>61</sup>, Gelenkerkrankungen <sup>76</sup> oder Instabilitäten <sup>30</sup> diskutiert.

Die Läsionen können am Talus, aber auch an der distalen Tibia auftreten. Die meisten Verletzungen betreffen den Talus und weniger die distale Tibia. Bei den talaren Läsionen sind diese primär medial lokalisiert <sup>15</sup>.

Durch meist unspezifische Symptome ist eine Diagnosefindung oft mit einem zeitlichen Verzug vergesellschaftet. Neben der klinischen Untersuchung stehen dem Mediziner\*in unterschiedliche Diagnostika zur Verfügung, wobei die MRT die

Standardmethode zur Darstellung einer osteochondralen Läsion am oberen Sprunggelenk darstellt. Additiv wird vermehrt eine CT/ DVT Diagnostik durchgeführt, um den knöchernen Schaden besser visualisieren zu können <sup>5,48</sup>.

Die gesammelten Informationen bieten die Basis, eine adäquate Therapie für den Patienten\*in zusammen zu stellen.

Im Rahmen der operativen Versorgung stehen heutzutage mehr und mehr unterschiedliche Produkte zur Verfügung, um einen „Ersatzknorpel“ konstruieren zu können. Bis dato ist es weiterhin unser unerreichtes Ziel, hyalinen Knorpel generieren zu können.

Durch die Tatsache, dass es sich bei der Therapie um einen Reparaturmechanismus handelt, ist es ein Risiko, dass die Patienten\*innen mit Restbeschwerden und Rezidivrisiko rechnen müssen <sup>28</sup>. Durch Patient-related outcome measures (PROMs) können wir sehen, dass die Patienten\*innen eine (signifikante) Verbesserung ihrer Schmerzsymptomatik und Mobilität aufweisen <sup>26</sup>, die Ergebnisse nach wie vor aber nicht perfekt sind.

Die Therapieansätze der Knorpelbehandlung entwickeln sich stetig weiter, um die Zufriedenheit der Patienten\*innen weiter zu verbessern.

Die vorliegende Habilitationsschrift gibt eine Zusammenfassung der zu diesem Thema durchgeführten Arbeiten.

## 2. Aktueller Stand der Forschung

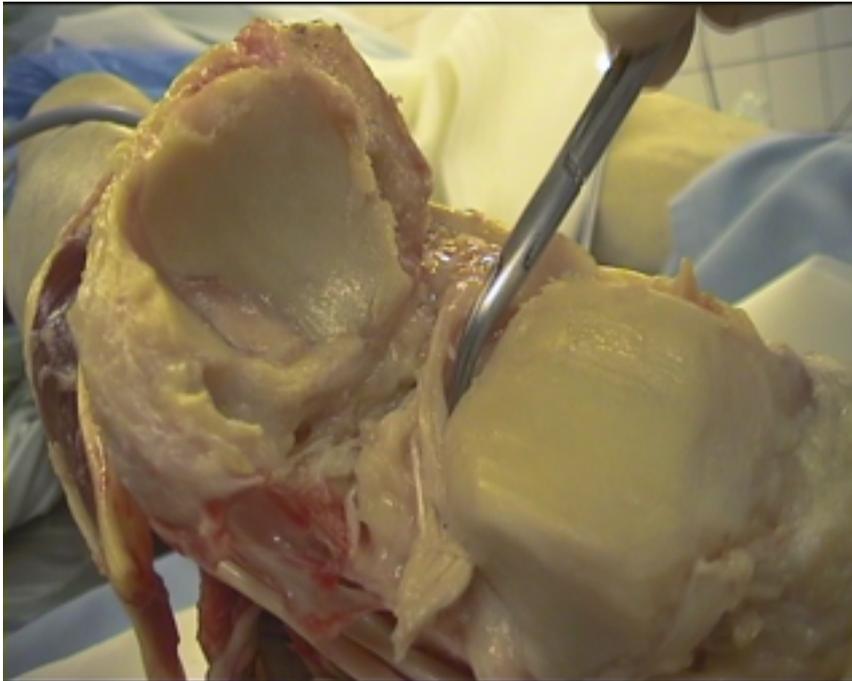
### 2.1 Anatomie des oberen Sprunggelenk

Die Anatomie des oberen Sprunggelenkes (OSG) ist komplex und soll im Folgenden kurz dargestellt werden <sup>25,32,35,55,62,64,78</sup>. Das OSG (Articulatio talocruralis) verbindet den Unterschenkel mit dem Fuß. Tibia und Fibula, verbunden durch den Syndesmosenkomplex, bilden den proximalen Anteil des OSG. Malleolus medialis und lateralis bilden dabei zusammen die Malleolengabel. Als dritter Malleolus wird der posteriore Anteil der Tibia, das Volkmann Dreieck, beschrieben. Hauptsächlich der gelenkbildende Anteil der Tibia korrespondiert mit dem Talus über die Trochlea tali. Neben dem Syndesmosenkomplex wird das obere Sprunggelenk durch den lateralen und medialen Bandkomplex passiv stabilisiert. Lateral wird das Gelenk durch 3 Bänder, dem Ligamentum fibulotalare anterior (LFTA), dem Ligamentum fibulacalcaneare (LFC), sowie dem Ligamentum fibulotalare posterior (LFTP) gehalten. Medial steht diesen Bändern ein Komplex aus mehreren Bänderanteilen, zusammengefasst als oberflächliches und tiefes Blatt des Deltabandes, gegenüber. Das Deltaband beinhaltet die Pars tibiotalaris anterior, die Pars tibiotalaris posterior, der Pars tibionavicularis und der Pars tibioalcaneae. In Zusammenspiel mit den das Sprunggelenk umgreifenden Sehnen ergibt sich eine funktionelle Einheit. Für die Dorsalextension sind die Fußheber, der Musculus tibialis anterior, der Musculus extensor hallucis longus und digitorum longus, für die Plantarflexion die Fußsenker, der Musculus triceps surae über die Achillessehne, die Musculi peronei brevis und longus, der Musculus tibialis posterior, der Musculus hallucis longus, sowie Musculus flexor digitorum longus verantwortlich. Außer der Achillessehne werden die anderen Sehnen durch Retinakula oder Knochenbeschaffenheiten gehalten und umgelenkt,

so dass das OSG im 90° Winkel zum Unterschenkel steht und somit der aufrechte Gang ermöglicht wird. Das OSG stellt ein Scharniergelenk dar und ermöglicht eine Bewegungsfreiheit von DE/ PF 25 – 0 – 50°. Die Bewegung der Pro-/ Supination wird bei stabilem Gelenk aus dem unteren Sprunggelenk gesteuert. Die arterielle Blutversorgung erfolgt für das OSG aus der Arteria tibialis anterior und posterior und der Arteria dorsalis pedis im Speziellen über sogenannte Rami malleolares mediales und lateralis. Nerval wird das Gelenk durch den Nervus peroneus profundus, den Nervus saphenus, den Nervus tibialis und den Nervus suralis versorgt.

Der Knorpel des OSG ist ein dünner Knorpel im Vergleich zu anderen Gelenken und erstreckt sich über eine Fläche von ca. 13 cm<sup>2</sup>, wobei die belastete Kontaktfläche ca. 3-5 cm<sup>2</sup> beträgt. Bei relativ engen Raumverhältnissen kommt es zu einer hohen Druckbelastung. Der Knorpel beinhaltet keine Gefäße oder Nerven und ist aus Chondrozyten und Interzellulärschubstanz zusammengesetzt. Durch die Vernetzung der Chondrozyten und Wassereinlagerungen dazwischen erhält der Knorpel seine Elastizität. Durch die fehlende Gefäßversorgung heilt der Knorpel schlecht. Der originale Knorpel am OSG ist hyaliner Knorpel, welcher eine gute Elastizität und Stoßfestigkeit aufweist. Im Zuge einer Verletzung wird zumeist ein wenig gut stabiler, wenig elastischer Faserknorpel gebildet.

Bild 1: Anatomisches Präparat des oberen Sprunggelenkes mit Blick auf den tibialen und talaren Knorpel, Ansicht des Gelenkes von dorsal (zur Verfügung gestellt von Dr. med. Christoph Lampert)



## 2.2 Ätiologie der osteochondralen Läsion

Die Entstehung von osteochondralen Läsionen ist mannigfaltig. Hierbei wird die Diagnose der Osteochondrosis dissecans (OD) zumeist bei der idiopathischen atraumatischen Form bei Jugendlichen und Erwachsenen verwendet. Diskutiert wird in diesem Fall eine Entstehung vom Knochen ausgehend im Rahmen einer Durchblutungsstörung mit Bildung einer Nekrosezone. Diese Form taucht selten bilateral auf<sup>39</sup>. Diese OD präsentiert sich nicht selten beschwerdefrei und wird oft im Rahmen einer posttraumatischen Diagnostik als Zufallsbefund festgestellt.

Im klinischen Alltag findet man in der Regel die osteochondrale Läsion, welche sich aus einem Knorpelschaden entwickelt mit rein knorpeliger (chondrale Läsion) oder kombiniert knöcherner und knorpeliger Beteiligung (osteochondral). Diese können traumatischen Ursprungs<sup>29</sup> sein, nach chronischen Mikrotraumen<sup>17</sup>, im Rahmen einer avaskulären Nekrose<sup>73</sup>, bei Vorliegen von systemischen Gefäßerkrankungen<sup>43</sup>, bei endokrinen oder metabolischen Pathologien<sup>61</sup>, bei Vitamin D Mangel<sup>18</sup>, degenerativen Gelenkerkrankungen<sup>76</sup> oder Malalignment<sup>42</sup> auftreten. Es werden ebenfalls genetische Prädispositionen diskutiert, da es, wie auch am Kniegelenk zum Auftreten von bilateralen Läsionen kommen kann<sup>34,39,54</sup>.

Die Theorie hinter der Entstehung einer traumatischen osteochondralen Läsion ist ein Riss in der Knorpeldecke. Durch den Kompressionsdruck bei Belastung kann Gelenkflüssigkeit durch den Riss über die Knorpeldecke hinaus in den Knochen gepresst werden. Dort kann es daraufhin zum Ausspülen des spongiösen Knochens und somit zur Entstehung einer subchondralen Zyste kommen<sup>20,89</sup>.

In einer umfassenden Studie zur Beschreibung von osteochondralen Läsionen konnte gezeigt werden, dass die meisten der Läsionen in der posteromedialen (28%) und zentromedialen (31%) Region lokalisiert sind<sup>88</sup>.

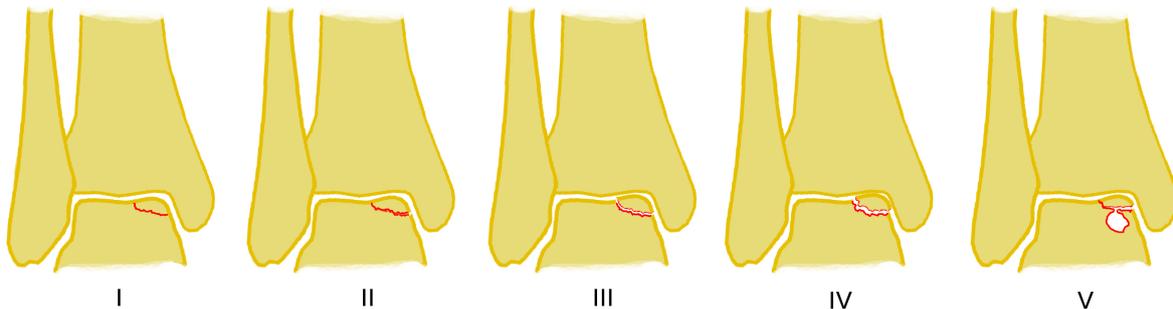
### **2.3 Klassifikationen von Knorpelpathologien**

Es stehen unterschiedliche Klassifikationen für die Beschreibung und Einteilung von Knorpelschäden zur Verfügung:

Basierend auf konventionellen Röntgenbildern des Sprunggelenkes ist die Einteilung nach Berndt und Harty die, die heute meistens genutzt wird zur Beschreibung von

OCL. Sie wurde 1959 publiziert <sup>7</sup> und 1993 von Loomer zur Einteilung von subchondralen Zysten erweitert <sup>49</sup>.

Abbildung 1: Einteilung nach Berndt und Harty, Loomer (zur Verfügung gestellt von Prof. M. Walther).



Stadium I beschreibt dabei eine subchondrale Kompression, Stadium II eine inkomplette Avulsion oder Fragment, Stadium III eine komplette Avulsion oder Fragment ohne Dislokation, Stadium IV mit Dislokation und Stadium V die beschriebene subchondrale Zystenbildung.

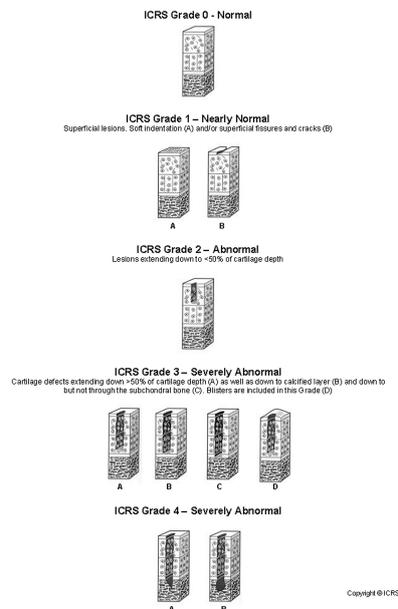
Basierend auf der Einteilung nach Berndt/ Harty und Loomer entstand die Einteilung nach Hepple <sup>33</sup>, welche auf MRT Aufnahmen basiert und zusätzlich Informationen wie traumatisch, zystisch oder idiopathisch beinhaltet.

Eine weitere Klassifikation basierend auf MRT Aufnahmen ist die nach Mintz <sup>53</sup>, die MRT Ergebnisse mit arthroskopisch gewonnenen Ergebnissen korreliert.

Allgemein ist der Schweregrad, die Degeneration des Knorpelschadens die Basis für die Einteilung. Neben der älteren Version nach Outerbridge <sup>59</sup> entstand mit Modifikationen die Klassifikation nach ICRS (International Cartilage Regeneration and Joint Preservation Society), wobei zwischen dem Grad der Schädigung, dem Ausmaß, der Größe und der Lokalisation des Defektes unterschieden wird <sup>10</sup>.

Die Einteilung nach ICRS ist Gelenk-unabhängig.

Abbildung 2: ICRS Klassifikation.



Speziell etabliert für das Sprunggelenk findet sich die Einteilung nach Giannini<sup>23</sup>. Es wird primär zwischen einer akuten gegenüber einer chronischen Verletzung unterschieden. Weiteren Einfluss auf die Einteilung hat die Größe der Läsion, welche dann auch ausschlaggebend für die empfohlene Therapie ist.

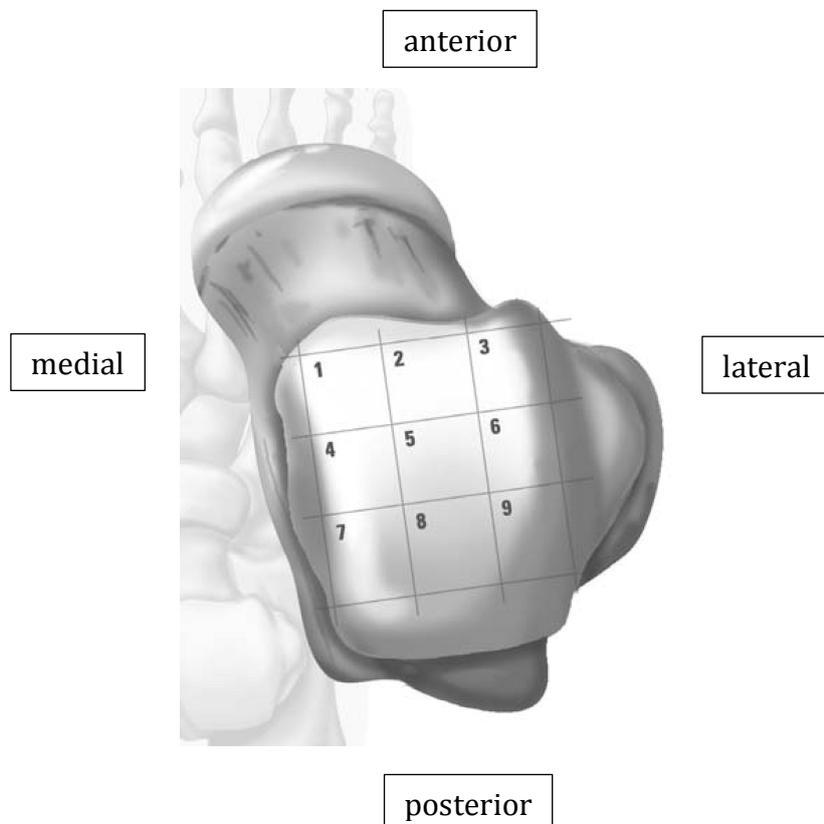
Abbildung 3: Giannini Klassifikation (zur Verfügung gestellt von Prof. M. Walther).

Grad der Läsion	Oberfläche	Ausdehnung	Behandlung
<b>Akut</b>			
<b>I</b>	Beschädigt	<1 cm <sup>2</sup>	Debridement
<b>II</b>	Beschädigt	≥1 cm <sup>2</sup>	Fixierung
<b>Chronisch</b>			
<b>0</b>	Intakt	Jegliche	Anbohren
<b>I</b>	Beschädigt	<1.5 cm <sup>2</sup>	Mikrofrakturierung
<b>II</b>	Beschädigt	≥1.5 cm <sup>2</sup>	Knorpelersatz
<b>IIA</b>	Beschädigt	≥1.5, >5 mm tief cm <sup>2</sup>	Knorpelersatz und Spongiosaplastik
<b>III</b>	Beschädigt	≥1 cm <sup>2</sup>	Grosses osteochondrales Transplantat

Die Verteilung der osteochondralen Läsion am Talus zeigt eine gehäufte Frequenz für medial über lateral über zentral <sup>17</sup>. Auf Basis einer anatomischen Verteilung ist die Einteilung nach Elias <sup>15</sup> entstanden, die die Talusoberfläche in 9 unterschiedliche Zonen einteilt.

Die anatomische Beschreibung der Läsion mit Angabe der Lokalisation, der Größe, also dem Ausmaß der Schädigung inklusive der Tiefe in den knöchernen Anteil ist die Basis für die Auswahl des möglichen operativen Verfahrens, um den Defekt adäquat adressieren zu können.

Abbildung 4: 9 Zonen Einteilung am Talus (nach Elias mit Ergänzung für anatomische Orientierung).



## 2.4 Diagnostik

Die klinische Untersuchung stellt den ersten Schritt der Diagnostik dar. Die Patienten\*innen präsentieren oft einen unspezifischen Schmerz im Bereich des oberen Sprunggelenkes, wobei die subjektive Schmerzangabe nicht mit der anatomischen Lokalisation der Läsion übereinstimmen muss. Viele Patienten\*innen sind in Ruhe wenig schmergeplagt, berichten aber eine Zunahme unter körperlicher Belastung, nicht selten im Rahmen sportlicher Aktivität<sup>22,50,87</sup>.

Im Rahmen der körperlichen Untersuchung wird die Beweglichkeit im oberen, wie auch unteren Sprunggelenk überprüft, die mediale und laterale Stabilität getestet, die Rückfuß- und Beinachse untersucht<sup>1,44</sup>.

Unterschiedliche radiologische Diagnostika stehen zur weiteren Abklärung der Pathologie zur Verfügung.

Die konventionelle Röntgenaufnahme des Sprunggelenkes in 2 Ebenen belastet stellt die am besten verfügbare und zumeist initiale Diagnostik dar. Die OCL ist oft erst dann erkennbar, wenn es bereits zu größeren Defekten mit Zystenbildung oder Verlust der medialen oder lateralen Taluskante gekommen ist<sup>83</sup>. Die tibialen Defekte bleiben noch häufiger unentdeckt.

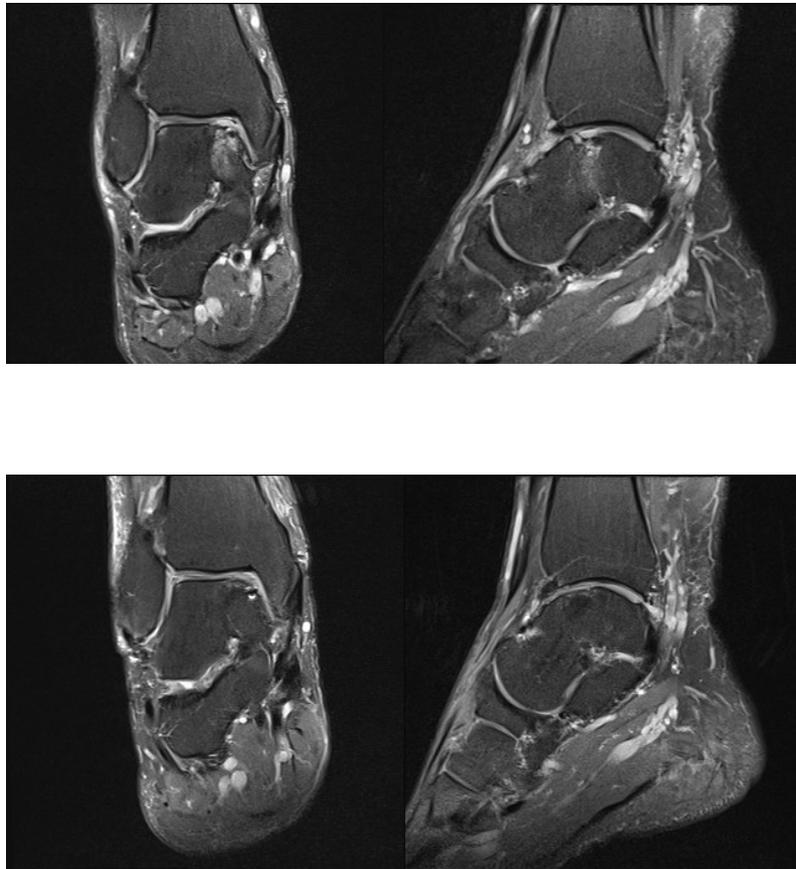
Bild 2: Röntgen OSG ap mit osteochondraler Läsion mediale Talusschulter nach Therapie mit Spongiosaplastik und AMIC.



Mittels der MRT Diagnostik kann eine osteochondrale Läsion am besten dargestellt werden. Durch die in den letzten 30 Jahren immer weiter entwickelten Geräte und damit schärfere und bessere Auflösung können Weichteilschäden, die Knorpeldecke oder Knochenmarködeme sehr gut visualisiert werden. 3-Tesla MRT Geräte weisen eine Sensitivität von 75% auf, um eine Läsion detektieren zu können <sup>6</sup>. Für unterschiedliche Scores konnten unterschiedliche Sensitivitäts- und Spezifitätswerte errechnet werden. So zeigt die Outerbridge Klassifikation zum Beispiel eine Sensitivität von 91% und eine Spezifität von 55% <sup>72</sup>, wobei die Berndt und Harty Klassifikation eine Sensitivität von 91% und eine Spezifität von nur 28% aufwies.

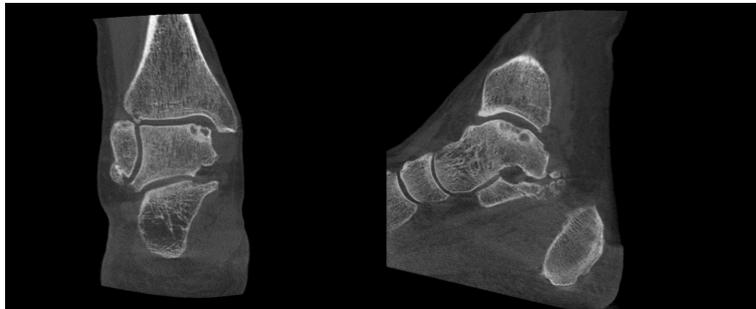
Im klinischen Alltag können allerdings auch Diskrepanzen zwischen dem schriftlichen MRT Befund und dem intraoperativen Befund festgestellt werden, zeigen sich doch kleine Risse im Knorpel bei vermeintlich intakter Knorpeldecke.

Bild 3-6: Obere Reihe: MRT coronar und sagittal präoperativ, untere Reihe: MRT coronar und sagittal postoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter.



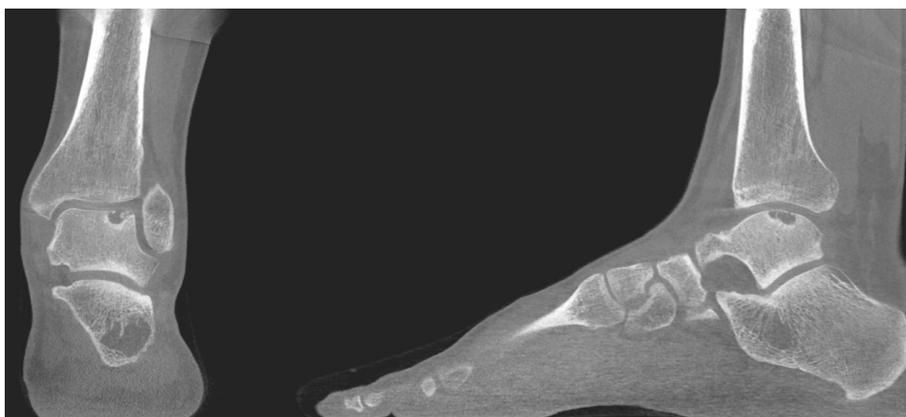
In der CT Diagnostik können sehr gut die knöchernen Pathologien beschrieben werden <sup>5</sup>. Gerade die genaue Größe von subchondralen Zysten oder allgemeiner knöcherner Beteiligung kann genau ausgemessen und in die operative Planung einbezogen werden. Des Weiteren kann die CT Untersuchung in Plantarflexion durchgeführt werden, um bereits präoperativ den geeignetsten Zugangsweg zur Versorgung der Läsion wählen zu können <sup>86</sup>.

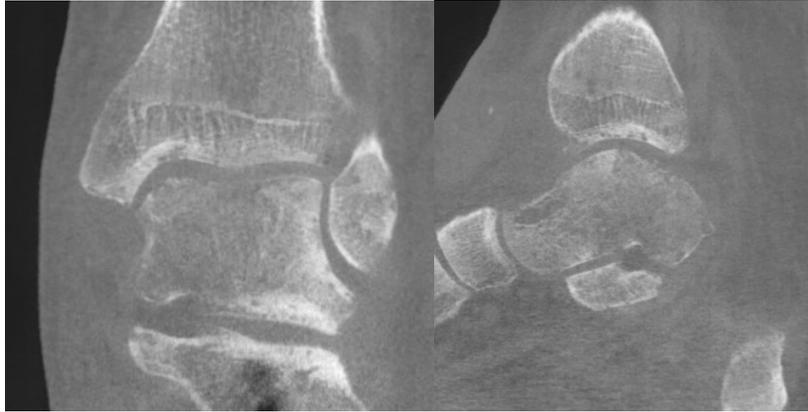
Bild 7+8: CT coronar und sagittal mit osteochondraler Läsion und subchondraler Zystenbildung präoperativ.



In den letzten Jahren hat eine weitere Diagnostik einen Einzug in die Diagnostik der OCL gefunden: die Digitale Volumentomography (DVT) <sup>13,48</sup>. Der Vorteil dieser Darstellung ist die Möglichkeit, die Aufnahme belastet durchzuführen und somit zusätzliche Informationen über die Stellung im Sprunggelenk oder der Rückfußachse zu erhalten. Hinzu kommt, dass die DVT eine geringere Strahlendosis benötigt wie eine klassische CT <sup>71</sup>.

Bild 9-12: Obere Reihe: DVT coronar und sagittal präoperativ, untere Reihe: DVT coronar und sagittal postoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter.





## 2.5 Therapieansätze

### 2.5.1 Konservative Therapie

Die Indikation zur konservativen Therapie ist bei Auftreten von Symptomen gegeben. Der reine radiologische Nachweis einer Läsion ist noch keine klare Indikation zur Einleitung einer Therapie, da ein Teil der Läsionen ein Zufallsbefund sein kann bzw. asymptomatisch ist <sup>8</sup>. Im Falle eines asymptomatischen Verlaufes empfiehlt es sich, eine jährliche klinische und MRT-morphologische Kontrolle zu machen, alternativ bei Auftreten von Symptomen. Prognostisch ungünstige Faktoren sind hierbei eine Zunahme der Tiefe der Läsion, die Bildung von subchondralen Zysten und eine Zunahme des umgebenen Knochenmarködems <sup>41</sup>.

Ein möglicher Ansatz für die konservative Therapie kann die Immobilisation sein. Diesbezüglich kann eine Ruhigstellung in einem Unterschenkelwalker oder Gips erfolgen. Es gibt keine klare Angabe, wie lange eine solche Ruhigstellung erfolgen sollte oder wie reduziert die Belastung dabei sein sollte.

Da ein hoher Anteil an OCL im Rahmen von körperlicher/ sportlicher Aktivität symptomatisch werden, besteht des Weiteren die Möglichkeit, diese zu reduzieren,

zu pausieren oder gar zu beenden<sup>77</sup>, was im Sportlichen Bereich ein Wechsel der ausgeübten Sportart bedeuten kann (z.B. Joggen vs. Fahrradfahren).

Eine Injektionstherapie mit Hyaluronsäure stellt einen weiteren Ansatz dar. Hierbei wird repetitiv eine Injektion in das obere Sprunggelenk vorgenommen, um wie ein Schmiermittel im Gelenk zu fungieren. Sie ist Bestandteil der Synovia und weist eine gute Eigenschaft am Knorpel zu haften auf.

Alternativ oder auch synergetisch kann Thrombozytenreiches Plasma (PRP) infiltriert werden. Diese Anwendung wird zumeist mehrfach angewendet und kann bei positivem Effekt im Verlauf wiederholt werden. Bis dato ist die Studienlage zur Infiltrationstherapie eher gering, wenngleich auch positive Effekte auf Schmerz und Funktionsscores festgestellt werden konnten<sup>9,52</sup>. Eine Überlegenheit der einen gegenüber der anderen Therapie wurde dabei allerdings nicht gefunden.

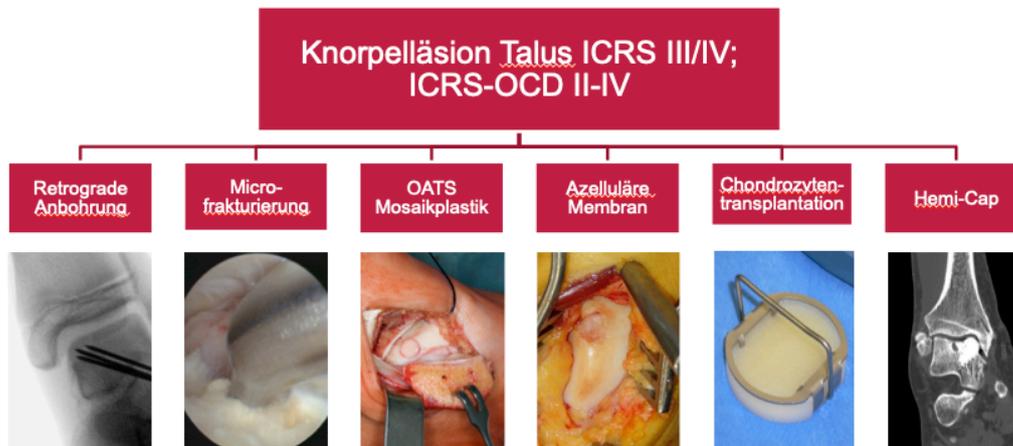
Ansätze einer Prolotherapie haben sich weder in der klinischen Forschung noch im klinischen Alltag etabliert.

Die Stoßwellentherapie ist nur in Zusammenhang mit einer operativen Maßnahme, aber nicht als alleinige Therapie untersucht wurden. Sie wurde dabei im Bereich des Malleolus medialis angesetzt und konnte dabei einen zusätzlichen positiven Effekt auf das postoperative Outcome zeigen<sup>19,97</sup>.

Nach einem Zeitraum von 3 Monaten bei konservativer Therapie bei symptomatischen osteochondralen Läsionen sollte eine operative Versorgung in Erwägung gezogen werden<sup>69</sup>.

## 2.5.2 Operative Therapie

Abbildung 5: Operative Therapieoptionen bei Knorpelläsionen am Talus.



Eine retrograde Anbohrung ist dann sinnvoll, wenn sich über der Läsion noch eine intakte Knorpeldecke befindet <sup>3</sup>. Somit kann diese Methode bei Grad I und II Läsionen angewandt werden. Mittels Arthroskopie kann eine intakte Knorpeldecke sichergestellt werden. Die Anbohrung wird radiologisch assistiert durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Knorpeldecke nicht verletzt wird. Die Studienlage ist gering, es scheint sich aber zu zeigen, dass die retrograde Anbohrung besser in pädiatrischen und adoleszenten Patienten zu wirken <sup>38</sup>, wobei auch hier eine 50%ige Revisionsrate festgestellt werden konnte <sup>45</sup>.

Die Mikrofrakturierung (MFX) erfolgt in Kombination mit einem Debridement des defekten Knorpels und kann als alleinige Therapie gut arthroskopisch durchgeführt werden <sup>74</sup>. Die MFX wird für Läsionen, welche kleiner als 1,5 cm<sup>2</sup> und nicht tiefer als 5mm sind empfohlen <sup>3</sup>. Die Erfolgsrate wird dabei zwischen 46 – 100% angegeben (im Durchschnitt 85%) <sup>68,74,75</sup>. Bohrungen tiefer als 9 mm zeigten, dass es zu einem deutlichen Anstieg von freigesetzten Stammzellen kommt <sup>12</sup>.

Sind die Läsionen größer als  $1,5 \text{ cm}^2$ , zuletzt angepasst auf Größen  $> 1,0 \text{ cm}^2$ , sind andere Therapien erforderlich, da ab einer gewissen Größe die Adhäsionskräfte der freigesetzten Stammzellen nicht mehr ausreichen, um den Defekt mit einem SuperClot abzudecken. Die Zellen verlieren sich im Gelenk. Dazukommt, dass Läsionen mit einem knöchernen Defekt hierdurch keine Auffüllung erfahren.

Bei der Transplantation eines Knochen-Knorpel-Stempels oder auch OATS, Mosaikplastik oder Osteochondrale Transplantation (OCT) genannt, wird ein kompletter Stempel aus einer „gesunden“ Region gewonnen. Dies kann z.B. aus dem Knie oder aus einer nicht belasteten Region des Talus sein<sup>31,98</sup>. In bis zu 50 % werden Probleme an der Spenderlokalisation beschrieben<sup>82</sup>. Um die Läsion adäquat adressieren zu können, ist eine Osteotomie des Malleolus medialis erforderlich. Es konnten gute bis exzellente Ergebnisse in 87% der Patienten für diese Methode untersucht werden<sup>70</sup>.

Unterschiedliche Membranen stehen zur Verfügung, um einen Defekt zum Gelenk hin abdecken zu können. Die Membran zu der die meisten Daten bis dato zur Verfügung stehen, ist eine I/III doppelagige Kollagenmembran der Firma Geistlich Pharma AG (Wolhusen, Schweiz), Chondro-Gide<sup>®</sup>. Das Akronym AMIC (Autologe Matrix-induzierte Chondrogenese) ist Markenname an dem die Firma Geistlich die Rechte besitzt. Es werden signifikante Verbesserungen in den PROMs dargestellt. Diese können am stärksten zwischen dem 1. und 2. Jahr postoperativ gezeigt werden<sup>26,29,91</sup>. Es sind Studien mit einem Verlauf bis zu 8 Jahre postoperativ vorhanden<sup>92</sup>. Eine Alternative stellt die Hyaluronsäure-basierende Membran Hyalofast<sup>®</sup> dar. Durch die Freisetzung an Hyaluronsäure werden Stammzellen angezogen, woraufhin die Differenzierung zu Knochen-/ Knorpelzellen erfolgt. Es existiert eine geringere Datenlage für diese Membran mit aber ebenfalls signifikanter Verbesserung der klinischen Scores<sup>4,21,95</sup>.

Für größere Läsionen besteht die Möglichkeit der Versorgung mittels Autologer Chondrozyten Transplantation (ACT) <sup>51</sup>. Dabei handelt es sich um eine zweizeitige Versorgung, wobei in einem ersten Schritt Chondrozyten aus einer „gesunden“ Region gewonnen werden, daraufhin auf einer Kultur angezchtet werden und in einer weiteren Operation an die Defektstelle transplantiert werden. Da sich keine Überlegenheit gegenüber anderen existierenden Therapien gezeigt hat, wird eine Kostenübernahme der Krankenkassen abgelehnt (Gemeinsamer Bundesausschuss der Krankenkassen – BGA). Dementsprechend wenig Information liegt für dieses Verfahren vor. Gute Ergebnisse, jedoch ohne Vergleichsgruppe, konnten gezeigt werden <sup>36,46</sup>.

Metallimplantate wurden erstmals in 2007 für die Defektfüllung einer Knorpel-Knochenläsion am Talus beschrieben (HemiCap<sup>®</sup>). Während erste Ergebnisse erfolgsversprechend waren <sup>84</sup>, zeigten sich im weiteren Verlauf jedoch sehr hohe Revisionsraten bis zur 70%, wobei bis zu 60% der Patienten die Operation hätten erneut durchführen lassen im Vergleich zu einer Versteifung oder Prothesenversorgung des oberen Sprunggelenkes <sup>16</sup>.

Sollte es im Rahmen eines akuten Traumas zu einer Absprengung an der Talusschulter mit intaktem Knorpel-/ Knochenfragment kommen, kann dieses, soweit vital und groß genug für eine Refixierung mittels Schrauben und Stiften in situ refixiert werden <sup>58</sup>. Hierfür werden bevorzugt Magnesiumpräparate verwendet, um eine potentielle Metallentfernung vermeiden zu können.

In den letzten Jahren ist ein weiterer Ansatz zur Therapie von OCL hinzugekommen. Es handelt sich dabei um das Verfahren Minced Cartilage, also zerhexelter Knorpel. Dabei wird der resezierte Knorpel zerkleinert und mit sofern erforderlich Spongiosaplastik unterfüttert und mit Fibrinkleber und oder PRP im Defekt fixiert. Dies kann mit einer Kollagenmembran kombiniert werden. Für dieses Verfahren

liegen bis dato keine klinischen Ergebnisse vor, nur Publikationen zur technischen Durchführung sind publiziert<sup>65,67</sup>.

Die Versorgung am oberen Sprunggelenk kann auf unterschiedliche Weise angegangen werden. Aufgrund der Implantate war oft eine Osteotomie des Innenknöchels notwendig. Dies hat neben einem Materialkonflikt durch einliegende Schrauben jedoch nicht selten zu Problemen bei den Patient\*innen geführt. Bis zu 6% Komplikationen sind berichtet<sup>47</sup>. Auch konnte gezeigt werden, dass im Rahmen einer second stage Arthroskopie schlechtere klinische Ergebnisse postoperativ nicht mit dem ursprünglichen Knorpelschaden, sondern mit der Innenknöchelosteotomie zusammenhängen<sup>40</sup>. Im Vergleich der Versorgung mit und ohne Innenknöchelosteotomie konnte zwar kein signifikant aber insgesamt besseres Ergebnis bei Versorgung ohne Innenknöchelosteotomie nachgewiesen werden<sup>27</sup>. Wenngleich Größe und Lage einer Läsion eine Versorgung mittels Osteotomie des Malleolus medialis erforderlich machen können, konnte in der Vergangenheit gezeigt werden, dass eine Versorgung via Arthrotomie des oberen Sprunggelenkes oder rein arthroskopisch gleichwertige, bzw. bessere Ergebnisse erbringen kann<sup>79-81,90,96</sup>.

Grundsätzlich ist bei allen Verfahren zur Therapie von osteochondralen Läsionen am OSG zu beachten, dass begleitende Pathologien ebenfalls adressiert werden. Dies kann Instabilitäten der medialen oder lateralen Bänder, wie aber auch Fehlstellungen der Rückfußachse oder des Fußes beinhalten. Studien konnten zeigen, dass vor allen Dingen eine Instabilität der Bänder die Symptomatik für Patienten\*innen verschlechtert<sup>44</sup>.

## 2.6 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung nach einer knorpelrekonstruktiven Therapie am Sprunggelenk richtet sich nach den einzelnen OP Schritten, die durchgeführt wurden. Eine rein knorpelige Versorgung mit möglicher Spongiosaplastik macht eine Ruhigstellung mit Teilbelastung für 6 Wochen erforderlich. Dies wird zuletzt kontrovers diskutiert, ob möglicherweise eine kürzere Teilbelastung ausreichend ist. Eine klare Haltung diesbezüglich liegt aktuell nicht vor. Grundsätzlich ist eine Ruhigstellung in einer semirigiden Sprunggelenksorthese zur Stabilisierung postoperativ sinnvoll, initial kann auch eine Gipsschiene angepasst werden, da eine Orthese direkt postoperativ durch die Schwellung nicht toleriert wird. Kommt es zu zusätzlichen Osteotomien im Rahmen der operativen Versorgung, wie z.B. Innenknöchelosteotomie oder Osteotomie des Calcaneus, ist eine restriktivere Nachbehandlung mit Ruhigstellung in einem Unterschenkelwalker sinnvoll. Nach der Teilbelastung kann eine sukzessive Aufbelastung über ca. 2-4 Wochen erfolgen.

Während der Teilbelastung sollte eine Thromboseprophylaxe durchgeführt werden.

In der postoperativen Phase kann unterstützend PRP infiltriert werden. Diesbezüglich gibt es in der Literatur positive Effekte für die Kombination aus operativer Versorgung und PRP in Kombination<sup>37,94</sup>.

Eine sportliche Aktivität ohne axiale Stoßbelastung kann nach der Aufbelastung wieder aufgegriffen werden. Für High impact Sportarten wird ein längerer Zeitraum benötigt, um wieder ein ähnliches Level wie präoperativ zu erreichen. Es konnte gezeigt werden, dass gerade die sportliche Aktivität erst zum 5 Jahres Verlauf nach einer Versorgung mit AMIC Membran eine signifikante Verbesserung erfährt<sup>26</sup>. Insgesamt ist ein Zurückkehren zum Sport möglich, allerdings werden Wechsel zu weniger belastenden Sportarten wahrgenommen<sup>60,66,93</sup>.

## 2.7 Scores

Eine Vielzahl von unterschiedlichen Patient-related Outcome Scores (PROMs) stehen zur Verfügung, um die Zufriedenheit im Rahmen einer Therapie zu überwachen. Folgend sollen die PROMs dargestellt werden, welche im Rahmen der Habilitationsschrift verwendet wurden:

Der European Foot and Ankle Society Score (EFAS) beinhaltet 6 Fragen zu Schmerz und Funktion, der in 2011 für mehrere Sprachen validiert worden ist. Es können bis zu 24 Punkte in einer 5-Punkte Skala (0-4) erreicht werden. Dabei stellt eine hohe Zahl ein gutes Ergebnis dar. Sollte eine Frage nicht beantwortet werden können, kann mit „nicht zutreffend“ geantwortet werden. Eine Ergänzung stellt der „Sport“-Teil des EFAS dar mit 4 sportspezifischen Fragen. Der EFAS Total Score ergibt sich aus den beiden beschriebenen Anteilen <sup>63</sup>.

Der Foot-Function-Index in der deutschen Version (FFI-D) beinhaltet 18 Fragen, von denen 8 in Bezug auf den Schmerz sind und 10 die Funktion widerspiegeln. Der Gesamtwert wird für jede einzelne Untergruppe bestimmt, geteilt durch den maximal möglichen Wert und dann mit 100 multipliziert. Ein Ergebnis erhält man durch die Mittelung der Einzelergebnisse der Untergruppen <sup>11,56</sup>.

Beim Manchester-Oxford Foot Questionnaire (MOXFQ) werden 16 Fragen zu sozialer Interaktion (4 Fragen), Schmerz (7 Fragen) und Gehen / Stehen (5 Fragen) gestellt. Die Fragen werden auf einer 5-Punkte Skala (0-4) beantwortet. Dabei stellt ein hoher Score ein schlechtes Ergebnis dar. Der erreichte Score wird in eine metrische Skala von 0-100 konvertiert <sup>2,14</sup>.

Der Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) wurde von Nauck et al. ins deutsche übersetzt <sup>57</sup>. Er beinhaltet 21 Fragen zur Möglichkeit der Patient\*innen bestimmte Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) mit zusätzlichen Fragen zur Funktion

durchführen zu können. Null bedeutet dabei eine komplette Unfähigkeit diese zu absolvieren, während ein Ergebnis mit 100 Punkten volle Fähigkeit bedeutet. Der 2. Teil des Fragebogens beinhaltet 8 Fragen mit sportlichem Bezug. Für beide Untergruppen indiziert ein höherer Score bessere funktionelle Fähigkeit.

FAOS – der Foot and Ankle Outcome Score ist ein Fragebogen mit 42 Fragen, welcher ins Deutsche übersetzt und validiert wurde <sup>85</sup>. Er setzt sich aus 5 Untergruppen zu Steifheit, Schmerz, ADL, sportliche Aktivitäten und Quality of Life zusammen. Die Gesamtwerte werden in eine Skala von 0 bis 100 umgerechnet. Ein hoher Wert bedeutet weniger Probleme wie auch weniger funktionelle Einschränkungen.

Die visuelle analoge Schmerzskala (VAS) reicht von 0 bis 10, wobei 0 gleich zu setzen ist mit Schmerzfreiheit und 10 beschreibt einen größtmöglichen Schmerz.

Ein weiterer Score beschreibt den Reparaturzustand am Knorpel anhand des Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue (MOCART). Hierbei wird anhand einer MRT Untersuchung die Einheilung und Regeneration der Knorpeldecke beschrieben. Des Weiteren werden Signalintensitäten, die subchondrale Lamina, der subchondrale Knochen, Adhäsionen, sowie eine Ergußbildung beschrieben <sup>24</sup>.

### 3. Projekte der Habilitationsschrift

#### 3.1 Funktionelle Ergebnisse nach autologer matrix-induzierter Chondrogenese (AMIC) am Talus – 5 Jahresergebnisse einer prospektiven Kohortenstudie

Functional Medium-Term Results After Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis for Osteochondral Lesions of the Talus: A 5-Year Prospective Cohort Study.

**Gottschalk O**, Altenberger S, Baumbach S, Kriegelstein S, Dreyer F, Mehlhorn A, Hörterer H, Töpfer A, Röser A, Walther M.

J Foot Ankle Surg. 2017 Sep-Oct;56(5):930-936.

Die Autologe Matrix-induzierte Chondrogenese hat in den letzten Jahren zunehmend an Popularität in der Behandlung von osteochondralen Läsionen am Talus gewonnen. In vorangegangenen Studien konnten gute Kurzzeitergebnisse für die einzeitige AMIC Versorgung mit einer I/III doppelagigen Matrix gezeigt werden. Ziel der aktuellen Studie war es, mittelfristige 5-Jahresergebnisse anhand einer prospektiven Kohortenstudie zu untersuchen. Alle Patienten unterzogen sich einer offenen AMIC Therapie für osteochondrale Läsionen am Talus.

Die Datenanalyse beinhaltet allgemeine demographische Ergebnisse, präoperative MRT Ergebnisse, intraoperative Details und den FFI-D präoperativ, sowie nach 1 und 5 Jahren. Das primäre Outcome war der Verlauf der Therapie und der Einfluss unterschiedlicher Variablen auf das Ergebnis.

Von 47 Patienten konnten 21 (45%) in die Studie eingeschlossen werden, von denen 8 (38%) weiblich und 13 (62%) männlich waren. Das mittlere Alter betrug  $37 \pm 15$  (range 15 bis 62) Jahre und der Bodymass Index  $26 \pm 5$  (range 20 bis 38)  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Die Defektgröße betrug  $1.4 \pm 0.9$  (range 0.2 bis 4.0)  $\text{cm}^2$ . Der FFI-D war signifikant rückläufig in Bezug auf die präoperativen Werte zu den 1 Jahr postoperativen Werte

( $56 \pm 18$  vs.  $33 \pm 25$ ;  $p = .003$ ) mit einem weiteren nicht signifikanten Rückgang zwischen dem 1 und 5-Jahresverlauf ( $33 \pm 25$  vs.  $24 \pm 21$ ;  $p = .457$ ). Ähnliche Ergebnisse konnten für die Untergruppen des FFI-D Funktion und Schmerz gesehen werden. Der BMI und die Größe der Läsion zeigten eine positive Korrelation mit dem präoperativen FFI-D Score und den Untergruppen.

Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Verbesserung in der Schmerzintensität und gesteigerten Funktion nach AMIC Therapie mit einer signifikant verbesserten Rückkehr zu sportlicher Aktivität nach 5 Jahren. Die stärkste Verbesserung konnte ein Jahr postoperativ gesehen werden. Nichts destotrotz konnte eine weitere klinische Verbesserung bei den Patienten nach 5 Jahren gesehen werden.

Abbildung 6: FFI-D Total-Score. Vergleich prä- zu 1- und 5- Jahre postoperativ.

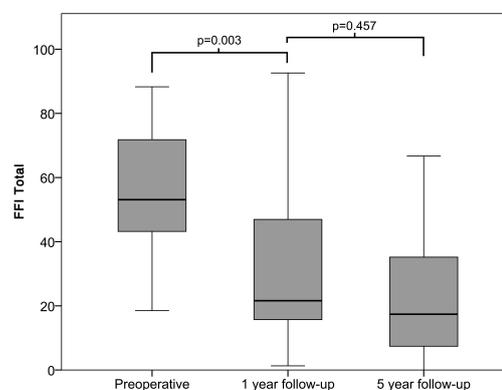


Abbildung 7: FFI-D Untergruppen Funktion und Schmerz. Vergleich prä- zu 1- und 5-Jahre postoperativ.

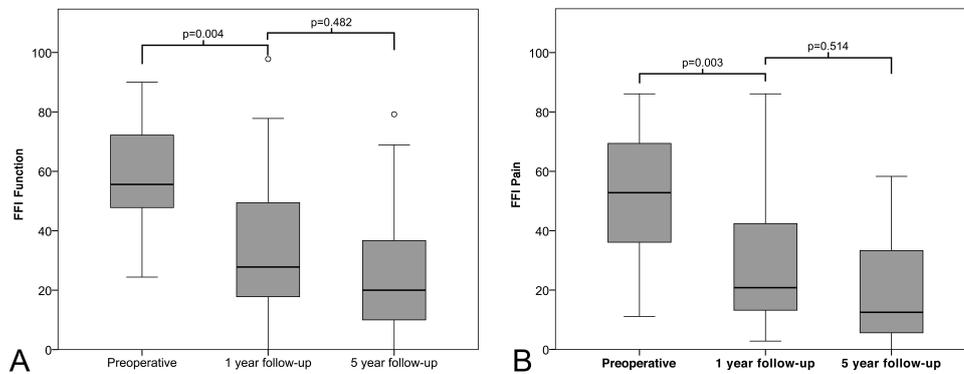
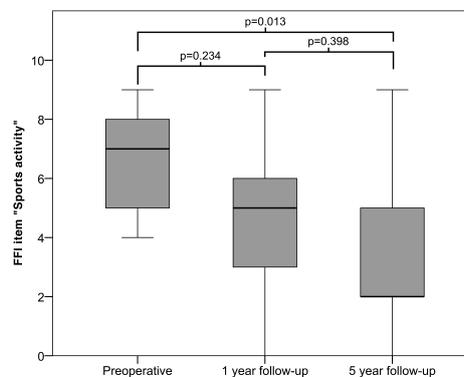


Abbildung 8: FFI-D Element Sportliche Aktivität. Vergleich prä- zu 1- und 5- Jahre postoperativ.



### 3.2 Einfluss der Innenknöchelosteotomie auf das klinische Outcome von M-BMS + I/III Kollagenmembran bei osteochondralen Läsionen am medialen Talus (Knorpelregister DGOU®)

Influence of the Medial Malleolus Osteotomy on the Clinical Outcome of M-BMS + I/III Collagen Scaffold in Medial Talar Osteochondral Lesion (German Cartilage Register/Knorpelregister DGOU).

**Gottschalk O**, Baumbach SF, Altenberger S, Körner D, Aurich M, Plaass C, Ettinger S, Guenther D, Becher C, Hörterer H, Walther M.

Cartilage. 2020 Oct 8:1947603520961169.

Osteochondrale Läsionen des Talus stellen häufige Verletzungen dar. Eine der Therapieoptionen ist die Verwendung einer M-BMS + I/III Kollagenmembran. Es ist nicht ungewöhnlich, eine Innenknöchelosteotomie durchzuführen, um die Läsion besser adressieren zu können. Da dies das Risiko einer unzureichenden Konsolidierung oder Irritation durch das Fremdmaterial bedeuten kann, war es Ziel dieser Studie, diesen Einfluss auf das klinische Outcome anhand der Daten des Knorpelregisters zu untersuchen.

Das Deutsche Knorpelregister beinhaltet zum Zeitpunkt der Untersuchung 718 Patienten. 45 Patienten erfüllten das Einschlusskriterium, dass eine osteochondrale Läsion der distalen Tibia vorlag. Alle Patienten wurden mit einer M-BMS + I/III Kollagenmembran am medialen Talus behandelt, 30 ohne und 15 mit einer Innenknöchelosteotomie. Das Follow up beinhaltet unterschiedliche PROMs wie den FAAM, FAOS und den VAS.

45 Patienten (22 Männer und 23 Frauen), zwischen 14-69 Jahren (mean  $\pm$ 34), erhielten eine operative Versorgung zwischen Oktober 2014 und Juni 2018. Zwischen den prä- und den 12 Monate postoperativen Kontrollen zeigten alle Patienten einen signifikanten Anstieg um 13 Punkte des FAAM ADL (32;  $p < 0.001$ ) auf 80 (63) Punkte, der FAAM Sport stieg signifikant um 16 (44;  $p = 0.004$ ) Punkte auf 31 (63), der FAOS Steifigkeit um 9 (28;  $p = 0.047$ ) Punkte auf 70 (42), der FAOS Schmerz signifikant um 14 (28;  $p = 0.001$ ) Punkte auf 78 (42), der FAOS ADL um 9 (29;  $p = 0.002$ ) Punkte auf 87 (31), der FAOS Sport um 20 (48;  $p = 0.001$ ) Punkte auf 50 (68), der FAOS Quality of Life um 9 (36;  $p = 0.009$ ) Punkte auf 38 (55) und der VAS verringerte sich um 1 (4) auf 3 (4;  $p = 0.113$ ) Punkte.

Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Verbesserung für die Patienten nach einer Therapie mit M-BMS + I/III Kollagenmembran. Die Verbesserungen konnten im FAAM und FAOS, aber nicht im VAS gesehen werden. Es zeigte sich kein



Abbildung 10: Korrelationen der Kovarianzen auf das klinische Ergebnis.

	FAAM ADL	FAAM Sport	FAOS Stiffness	FAOS Pain	FAOS ADL	FAOS Sport	FAOS QoL	VAS
Alter	r=-0.177 p=0.246	r=-0.373 p=0.014	r=-0.121 p=0.430	r=-0.228 p=0.147	r=-0.294 p=0.059	r=-0.140 p=0.369	r=-0.187 p=0.219	r=0.078 p=0.612
Geschlecht	p=0.152	p=0.114	P=0.108	P=0.137	p=0.292	p=0.056	p=0.233	p=0.350
BMI	r=-0.065 p=0.673	r=-0.254 p=0.101	r=-0.169 p=0.267	r=-0.138 p=0.385	r=-0.127 p=0.422	r=-0.053 p=0.734	r=-0.164 p=0.280	r=0.118 p=0.441
Dauer der Symptome	r=0.045 p=0.770	r=0.044 p=0.782	r=-0.094 p=0.543	r=0.069 p=0.666	r=-0.022 p=0.893	r=0.002 p=0.990	r=0.016 p=0.916	r=-0.041 p=0.791
Größe der Läsion	r=-0.026 p=0.864	r=0.035 p=0.825	r=-0.074 p=0.628	r=0.037 p=0.817	r=-0.004 p=0.982	r=-0.018 p=0.911	r=-0.122 p=0.425	r=0.024 p=0.877
ICRS (<IV vs. IV)	p=0.706	p=0.631	p=0.745	p=0.873	p=0.651	p=0.587	p=0.457	p=0.441

### 3.3 Deskriptive Analyse und kurzfristiger Verlauf klinischer Ergebnisse von osteochondralen Läsionen der distalen Tibia basierend auf Daten des Deutschen Knorpelregister (Knorpelregister DGOU®)

Descriptive analysis and short-term follow-up clinical results of osteochondral lesions of the distal tibia based on data of the German Cartilage Register (Knorpelregister® DGOU).

**Gottschalk O**, Körner D, Aurich M, Plaass C, Günther D, Hörterer H, Bruder J, Walther M.

Arch Orthop Trauma Surg. 2021 Sep 28. doi: 10.1007/s00402-021-04167-6.

Eine steigende Anzahl an Sprunggelenksverletzungen mit osteochondralen Läsionen (OCL) beinhalten auch Läsionen der distalen Tibia. Daher wurde die Datenbank des Deutschen Knorpelregisters genutzt, um diese zu beschreiben und die Charakteristika dieser Läsionen und erste Ergebnisse unterschiedlicher operativer Therapien auf die Ergebnisse zu untersuchen.

47 von 844 Patienten, der im Knorpelregister registrierten Patienten erfüllten das Einschlusskriterium einer osteochondralen Läsion an distaler Tibia (OLDT). 16 von denen hatten zusätzlich einen 1 Jahresverlauf mit Vorliegen des Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). Weitere Auswertungen beinhalteten den Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) und die visuelle analoge Schmerzskala (VAS).

Das mittlere Alter der Patienten\*innen betrug  $35 \pm 11$  Jahre mit einem mittleren BMI von  $26/27 \pm 5 \text{ kg/m}^2$ , was einen Hang zum Übergewicht darstellt. Die Läsionen waren gleich verteilt auf der Gelenkoberfläche der distalen Tibia. Die meisten Patienten\*innen wurden mittels anteriorer OSG Arthroskopie operiert ( $n_T$  34 (72%);  $n_S$  13 (81%)), wobei einige zu offenem Vorgehen konvertierten ( $n_T$  9;  $n_S$  4). Fast 90% der Läsionen zeigten eine Grad III und IV Läsion nach der ICRS Einteilung. Debridement, Knochenmarkstimulation, feste Membranen und liquides Füllmaterial waren die Behandlungsoptionen in der Untergruppe. Alle Therapien zeigten eine klinische Verbesserung zwischen prä- und 1-Jahr postoperativen Verläufen, allerdings nicht signifikant.

Diese Studie präsentiert Basisdaten für OLDT basierend auf Daten einer großen Datenbank. BMS und Membranen waren die primäre Therapiewahl, diese konnten aber keine signifikante Verbesserung nach 1 Jahr aufweisen.

Abbildung 11: FAAM ADL prä- und 1 Jahr postoperativ.

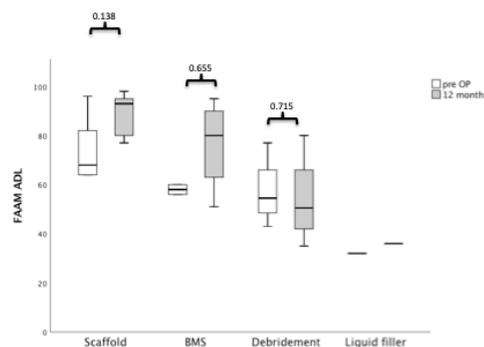
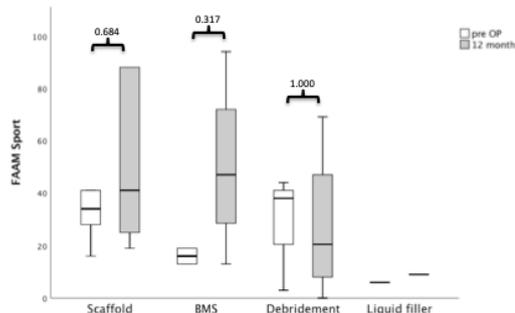


Abbildung 12: FAAM Sport prä- und 1 Jahr postoperativ.



### 3.4 Evaluation des neu definierten EFAS Score (European Foot and Ankle Society Score) in Relation zu bereits etablierten Funktionsscores (FFI, AOFAS) nach knorpelrekonstruktiver Therapie am Talus bei osteochondraler Läsion (AMIC)

Evaluation of the new defined EFAS score (European foot and ankle society score) in relation to already established functional scores (FFI, MOXFQ) after cartilage reconstructive therapy (AMIC®) for osteochondral lesion of the talus.

**Gottschalk O**, Kerschl FW, Mazet J, Suero E, Hörterer H, Altenberger S, Böcker W, Walther M.

Foot Ankle Surg. 2022 Feb 3:S1268-7731(22)00029-7. doi: 10.1016/j.fas.2022.01.011.

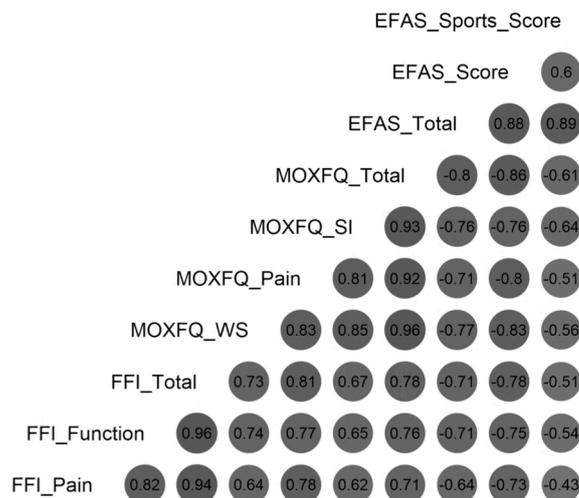
In 2011 hat die Europäische Fuß und Sprunggelenksgesellschaft einen Score entwickelt (EFAS Score), um einen standardisierten Fragebogen für mehrere europäische Sprachen zu erstellen. Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, wie der neu definierte Score mit bereits etablierten Scores korreliert.

Die Studie ist eine monozentrische prospektive Studie. Die Fragebögen wurden mindestens 12 Monate nach operativer Versorgung zum gleichen Zeitpunkt ausgefüllt. Alle Patienten\*innen unterzogen sich einer Therapie mit autologer Matrix-induzierter Chondrogenese bei osteochondraler Läsion am Talus.

69 Patienten\*innen (33 Frauen und 36 Männer) nahmen an der Studie teil. Der EFAS Score korreliert sehr stark mit dem Manchester-Oxford Foot Questionnaire (MOXFQ) und stark mit dem Foot Function Index (deutsche Version) (FFI-D).

Diese Studie konnte zeigen, dass der EFAS Fragebogen signifikant mit dem FFI-D und dem MOXFQ korreliert. Er scheint eine mehr Patienten\*innen-freundliche Alternative aufgrund weniger Fragen und Antwortmöglichkeiten zu sein.

Abbildung 13: Korrelation zwischen den Fragebögen und deren Untergruppen.



### 3.5 MRT-morphologische Integration einer Knorpelmembran (AMIC) bei osteochondraler Läsion am Talus in Relation zur klinischen Zufriedenheit nach standardisierten Fragebögen (EFAS, FFI, MOXFQ)

Correlation between EFAS- and MOCART score and clinical outcome after AMIC®-procedure for osteochondral lesion of the talus.

**Gottschalk O**, Mazet J, Kerschl F, Schenk H, Suero EM, Hörterer H, Böcker W, Walther M.

Arch Orthop Trauma Surg. 2022 May 21.

Wenngleich auch ein gesteigertes Interesse besteht, den EFAS Score (European Foot and Ankle Society) zu nutzen, existiert bis dato kein Vergleich zu radiologischen

Ergebnissen in der Literatur. Daher war es Ziel dieser Studie zu untersuchen, wie die postoperative Integration der AMIC Membran (autologe Matrix-induzierte Chondrogenese) für osteochondrale Läsionen des Talus anhand des MOCART Score (Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue) mit der klinischen Zufriedenheit der Patienten\*innen korreliert.

24 Patienten\*innen zwischen 17 und 63 Jahre (mittleres Alter 35.7 Jahre) wurden mit einem Verlauf von mindestens einem Jahre postoperativ in die Studie inkludiert. Sie alle unterzogen sich einer Therapie mit AMIC Prozedur am Talus. Der MOCART Score wurde anhand der MRT Daten zu, EFAS Score zum gleichen Zeitpunkt verglichen.

Unsere Ergebnisse zeigten keine Korrelation zwischen dem MOCART-Score und dem EFAS- Score ( $R=-0.08$ ). Es zeigte sich ebenfalls keine Korrelation zwischen dem MOCART-Score, dem FFI-Score (Foot and Function Index) ( $R=0.2$ ) und dem MOXFQ-Score (Manchester-Oxford Foot Questionnaire) ( $R=0.12$ ). Es zeigte sich keine Korrelation zwischen den einzelnen Punkten des MOCART-Score mit dem EFAS-Score ( $R -0.32$  und  $0.23$ ).

Unsere Ergebnisse stellen in Frage, ob die MRT (Standard-Verlaufsdagnostik postoperativ nach AMIC Prozedur des Sprunggelenkes) weiterhin die sinnvollste Wahl zur postoperativen Kontrolle darstellt. Damit stellt sich ebenfalls die Frage, ob die Anfertigung einer MRT postoperativ angemessen ist oder die Nutzung anderer Diagnostika in Zusammenhang mit klinischer Zufriedenheit sinnvoller wäre.



## 4. Literatur

1. Ackermann J, Casari FA, Germann C, Weigelt L, Wirth SH, Viehöfer AF. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis With Lateral Ligament Stabilization for Osteochondral Lesions of the Talus in Patients With Ankle Instability. *Orthopaedic journal of sports medicine*. May 2021;9(5):23259671211007439.
2. Arbab D, Kuhlmann K, Ringendahl H, Bouillon B, Eysel P, König D. Reliability, validity and responsiveness of the German Manchester-Oxford Foot Questionnaire (MOXFQ) in patients with foot or ankle surgery. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*. Dec 2018;24(6):481-485.
3. Aurich M, Albrecht D, Angele P, et al. [Treatment of Osteochondral Lesions in the Ankle: A Guideline from the Group "Clinical Tissue Regeneration" of the German Society of Orthopaedics and Traumatology (DGOU)]. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. Feb 2017;155(1):92-99.
4. Bajuri MY, Sabri S, Mazli N, Sarifulnizam FA, Mohd Apani H. Osteochondral Injury of the Talus Treated With Cell-Free Hyaluronic Acid-Based Scaffold (Hyalofast®) - A Reliable Solution. *Cureus*. Sep 2021;13(9):e17928.
5. Barr AJ, Campbell TM, Hopkinson D, Kingsbury SR, Bowes MA, Conaghan PG. A systematic review of the relationship between subchondral bone features, pain and structural pathology in peripheral joint osteoarthritis. *Arthritis research & therapy*. Aug 25 2015;17(1):228.
6. Bauer JS, Barr C, Henning TD, et al. Magnetic resonance imaging of the ankle at 3.0 Tesla and 1.5 Tesla in human cadaver specimens with artificially created lesions of cartilage and ligaments. *Investigative radiology*. Sep 2008;43(9):604-611.
7. Berndt AL, Harty M. Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. Sep 1959 1959;41-A:988-1020.
8. Bezuglov E, Khaitin V, Lazarev A, et al. Asymptomatic Foot and Ankle Abnormalities in Elite Professional Soccer Players. *Orthopaedic journal of sports medicine*. Jan 2021;9(1):2325967120979994.
9. Boffa A, Previtali D, Di Laura Frattura G, Vannini F, Candrian C, Filardo G. Evidence on ankle injections for osteochondral lesions and osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *International orthopaedics*. Feb 2021;45(2):509-523.
10. 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.
11. Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE. The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability. *Journal of clinical epidemiology*. 1991;44(6):561-570.
12. Chen H, Hoemann CD, Sun J, et al. Depth of subchondral perforation influences the outcome of bone marrow stimulation cartilage repair. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*. Aug 2011;29(8):1178-1184.

13. Conti MS, Ellis SJ. Weight-bearing CT Scans in Foot and Ankle Surgery. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. Jul 15 2020;28(14):e595-e603.
14. Dawson J, Coffey J, Doll H, et al. A patient-based questionnaire to assess outcomes of foot surgery: validation in the context of surgery for hallux valgus. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. Sep 2006;15(7):1211-1222.
15. 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*. Feb 2007 2007;28(2):154-161.
16. Ettinger S, Stukenborg-Colsman C, Waizy H, et al. Results of HemiCAP(®) Implantation as a Salvage Procedure for Osteochondral Lesions of the Talus. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. Jul-Aug 2017;56(4):788-792.
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 Jan-Feb 1985;5(4):165-185.
18. Fraissler L, Boelch SP, Schäfer T, et al. Vitamin D Deficiency in Patients With Idiopathic and Traumatic Osteochondritis Dissecans of the Talus. *Foot & ankle international*. Nov 2019;40(11):1309-1318.
19. Gao F, Chen N, Sun W, et al. Combined Therapy with Shock Wave and Retrograde Bone Marrow-Derived Cell Transplantation for Osteochondral Lesions of the Talus. *Scientific reports*. May 18 2017;7(1):2106.
20. Gao L, Cucchiari M, Madry H. Cyst formation in the subchondral bone following cartilage repair. *Clinical and translational medicine*. Dec 2020;10(8):e248.
21. Geyer S, Mattes J, Petersen W, Imhoff AB, Achtnich AE. Arthroscopic one-step matrix-assisted bone marrow stimulation for the treatment of osteochondral defects of the talus. *Operative Orthopadie und Traumatologie*. Aug 2022;34(4):295-302.
22. Gianakos AL, Yasui Y, Hannon CP, Kennedy JG. Current management of talar osteochondral lesions. *World journal of orthopedics*. Jan 18 2017;8(1):12-20.
23. Giannini S, Buda R, Faldini C, 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.
24. Goebel L, Orth P, Müller A, et al. Experimental scoring systems for macroscopic articular cartilage repair correlate with the MOCART score assessed by a high-field MRI at 9.4 T--comparative evaluation of five macroscopic scoring systems in a large animal cartilage defect model. *Osteoarthritis and cartilage*. Sep 2012;20(9):1046-1055.
25. Golanó P, Vega J, de Leeuw PA, et al. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. May 2010;18(5):557-569.
26. Gottschalk O, Altenberger S, Baumbach S, et al. Functional Medium-Term Results After Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis for Osteochondral Lesions of the Talus: A 5-Year Prospective Cohort Study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery: Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. Jun 21, 2017 2017.

27. Gottschalk O, Baumbach SF, Altenberger S, et al. Influence of the Medial Malleolus Osteotomy on the Clinical Outcome of M-BMS + I/III Collagen Scaffold in Medial Talar Osteochondral Lesion (German Cartilage Register/Knorpelregister DGOU). *Cartilage*. Oct 8 2020;1947603520961169.
28. Gottschalk O, Kerschl FW, Mazet J, et al. Evaluation of the new defined EFAS score (European foot and ankle society score) in relation to already established functional scores (FFI, MOXFQ) after cartilage reconstructive therapy (AMIC®) for osteochondral lesion of the talus. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*. Feb 3 2022.
29. Götze C, Nieder C, Felder H, Peterlein CD, Migliorini F. AMIC for traumatic focal osteochondral defect of the talar shoulder: a 5 years follow-up prospective cohort study. *BMC musculoskeletal disorders*. Jul 24 2021;22(1):638.
30. Guettler JH, Demetropoulos CK, Yang KH, Jurist KA. Osteochondral defects in the human knee: influence of defect size on cartilage rim stress and load redistribution to surrounding cartilage. *The American journal of sports medicine*. Sep 2004 2004;32(6):1451-1458.
31. Hangody L, Kish G, Módis L, et al. Mosaicplasty for the treatment of osteochondritis dissecans of the talus: two to seven year results in 36 patients. *Foot & ankle international*. Jul 2001;22(7):552-558.
32. Hayes DW, Jr., Brower RL, John KJ. Articular cartilage. Anatomy, injury, and repair. *Clinics in podiatric medicine and surgery*. Jan 2001;18(1):35-53.
33. Hepple S, Winson IG, Glew D. Osteochondral lesions of the talus: a revised classification. *Foot & ankle international*. Dec 1999;20(12):789-793.
34. Hermanson E, Ferkel RD. Bilateral osteochondral lesions of the talus. *Foot & ankle international*. Aug 2009;30(8):723-727.
35. Hintermann B, Ruiz R. Biomechanics of Medial Ankle and Peritalar Instability. *Foot and ankle clinics*. Jun 2021;26(2):249-267.
36. Hu M, Li X, Xu X. Efficacy and safety of autologous chondrocyte implantation for osteochondral defects of the talus: a systematic review and meta-analysis. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. Jun 14 2021.
37. Johnson LG, Buck EH, Anastasio AT, Abar B, Fletcher AN, Adams SB. The efficacy of platelet-rich plasma in osseous foot and ankle pathology: a review. *Regenerative medicine*. Nov 16 2022.
38. Jungesblut OD, Berger-Groch J, Hoffmann M, et al. Electromagnetic navigation reduces radiation exposure for retrograde drilling in osteochondrosis dissecans of the talus. *BMC musculoskeletal disorders*. Feb 3 2021;22(1):135.
39. Kessler JI, Weiss JM, Nikizad H, et al. Osteochondritis dissecans of the ankle in children and adolescents: demographics and epidemiology. *The American journal of sports medicine*. Sep 2014;42(9):2165-2171.
40. Kim YS, Park EH, Kim YC, Koh YG, Lee JW. Factors associated with the clinical outcomes of the osteochondral autograft transfer system in osteochondral lesions of the talus: second-look arthroscopic evaluation. *The American journal of sports medicine*. Dec 2012;40(12):2709-2719.
41. Klammer G, Maquieira GJ, Spahn S, Vigfusson V, Zanetti M, Espinosa N. Natural history of nonoperatively treated osteochondral lesions of the talus. *Foot & ankle international*. Jan 2015;36(1):24-31.

42. Knupp M, Stufkens SA, van Bergen CJ, et al. Effect of supramalleolar varus and valgus deformities on the tibiotalar joint: a cadaveric study. *Foot & ankle international*. Jun 2011;32(6):609-615.
43. König F. The classic: On loose bodies in the joint. 1887. *Clinical orthopaedics and related research*. Apr 2013;471(4):1107-1115.
44. Körner D, Ateschrang A, Schröter S, et al. Concomitant ankle instability has a negative impact on the quality of life in patients with osteochondral lesions of the talus: data from the German Cartilage Registry (KnorpelRegister DGOU). *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. Oct 2020;28(10):3339-3346.
45. Körner D, Gonser CE, Döbele S, Konrads C, Springer F, Keller G. Re-operation rate after surgical treatment of osteochondral lesions of the talus in paediatric and adolescent patients. *Journal of orthopaedic surgery and research*. Mar 15 2021;16(1):187.
46. Lenz CG, Tan S, Carey AL, Ang K, Schneider T. Matrix-Induced Autologous Chondrocyte Implantation (MACI) Grafting for Osteochondral Lesions of the Talus. *Foot & ankle international*. Sep 2020;41(9):1099-1105.
47. Leumann A, Horisberger M, Buettner O, Mueller-Gerbl M, Valderrabano V. Medial malleolar osteotomy for the treatment of talar osteochondral lesions: anatomical and morbidity considerations. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. Jul 2016;24(7):2133-2139.
48. Lintz F, Beudet P, Richardi G, Brillhault J. Weight-bearing CT in foot and ankle pathology. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. Feb 2021;107(1s):102772.
49. Loomer R, Fisher C, Lloyd-Smith R, Sisler J, Cooney T. Osteochondral lesions of the talus. *The American journal of sports medicine*. Jan-Feb 1993;21(1):13-19.
50. Looze CA, Capo J, Ryan MK, et al. Evaluation and Management of Osteochondral Lesions of the Talus. *Cartilage*. Jan 2017 2017;8(1):19-30.
51. Mandelbaum BR, Gerhardt MB, Peterson L. Autologous chondrocyte implantation of the talus. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. Dec 2003;19 Suppl 1:129-137.
52. Mei-Dan O, Carmont MR, Laver L, Mann G, Maffulli N, Nyska M. Platelet-rich plasma or hyaluronate in the management of osteochondral lesions of the talus. *The American journal of sports medicine*. Mar 2012;40(3):534-541.
53. Mintz DN, Tashjian GS, Connell DA, Deland JT, O'Malley M, Potter HG. Osteochondral lesions of the talus: a new magnetic resonance grading system with arthroscopic correlation. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. Apr 2003;19(4):353-359.
54. Mubarak SJ, Carroll NC. Familial osteochondritis dissecans of the knee. *Clinical orthopaedics and related research*. May 1979 1979(140):131-136.
55. Müller-Gerbl M. [Anatomy and biomechanics of the upper ankle joint]. *Der Orthopäde*. Jan 2001;30(1):3-11.
56. Naal FD, Impellizzeri FM, Huber M, Rippstein PF. Cross-cultural adaptation and validation of the Foot Function Index for use in German-speaking patients with foot complaints. *Foot & ankle international*. Dec 2008;29(12):1222-1228.
57. Nauck T, Lohrer H. Translation, cross-cultural adaptation and validation of the German version of the Foot and Ankle Ability Measure for patients with

- chronic ankle instability. *British journal of sports medicine*. Aug 2011;45(10):785-790.
58. O'Driscoll SW. The healing and regeneration of articular cartilage. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. Dec 1998;80(12):1795-1812.
  59. Outerbridge RE. The etiology of chondromalacia patellae. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. Nov 1961;43-b:752-757.
  60. Paul J, Sagstetter M, Lämmle L, et al. Sports activity after osteochondral transplantation of the talus. *The American journal of sports medicine*. Apr 2012 2012;40(4):870-874.
  61. Pick MP. Familial osteochondritis dissecans. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. Feb 1955 1955;37-B(1):142-145.
  62. Pretterklieber ML. [Anatomy and kinematics of the human ankle joint]. *Der Radiologe*. Jan 1999;39(1):1-7.
  63. Richter M, Agren P-H, Besse J-L, et al. EFAS Score - Multilingual development and validation of a patient-reported outcome measure (PROM) by the score committee of the European Foot and Ankle Society (EFAS). *Foot and Ankle Surgery: Official Journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*. Jun 2018 2018;24(3):185-204.
  64. Riegger CL. Anatomy of the ankle and foot. *Physical therapy*. Dec 1988;68(12):1802-1814.
  65. Roth KE, Ossendorff R, Klos K, Simons P, Drees P, Salzmänn GM. Arthroscopic Minced Cartilage Implantation for Chondral Lesions at the Talus: A Technical Note. *Arthroscopy techniques*. Apr 2021;10(4):e1149-e1154.
  66. Saxena A, Eakin C. Articular talar injuries in athletes: results of microfracture and autogenous bone graft. *The American journal of sports medicine*. Oct 2007 2007;35(10):1680-1687.
  67. Schneider S, Ossendorff R, Holz J, Salzmänn GM. Arthroscopic Minced Cartilage Implantation (MCI): A Technical Note. *Arthroscopy techniques*. Jan 2021;10(1):e97-e101.
  68. Schuman L, Struijs PA, van Dijk CN. Arthroscopic treatment for osteochondral defects of the talus. Results at follow-up at 2 to 11 years. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. Apr 2002;84(3):364-368.
  69. Shearer C, Loomer R, Clement D. Nonoperatively managed stage 5 osteochondral talar lesions. *Foot & ankle international*. Jul 2002;23(7):651-654.
  70. Shimoazono Y, Hurley ET, Myerson CL, Kennedy JG. Good clinical and functional outcomes at mid-term following autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talus. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. Oct 2018;26(10):3055-3062.
  71. Siewerdsen JH, Uneri A, Hernandez AM, Burkett GW, Boone JM. Cone-beam CT dose and imaging performance evaluation with a modular, multipurpose phantom. *Medical physics*. Feb 2020;47(2):467-479.
  72. Staats K, Sabeti-Aschraf M, Apprich S, et al. Preoperative MRI is helpful but not sufficient to detect associated lesions in patients with chronic ankle instability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. Jul 2018;26(7):2103-2109.
  73. Szaro P, Geijer M, Solidakis N. Traumatic and non-traumatic bone marrow edema in ankle MRI: a pictorial essay. *Insights into imaging*. Aug 17 2020;11(1):97.

74. Takao M, Uchio Y, Kakimaru H, Kumahashi N, Ochi M. Arthroscopic drilling with debridement of remaining cartilage for osteochondral lesions of the talar dome in unstable ankles. *The American journal of sports medicine*. Mar 2004;32(2):332-336.
75. Thermann H, Becher C. [Microfracture technique for treatment of osteochondral and degenerative chondral lesions of the talus. 2-year results of a prospective study]. *Der Unfallchirurg*. Jan 2004;107(1):27-32.
76. Thordarson DB. Talar body fractures. *The Orthopedic Clinics of North America*. Jan 2001 2001;32(1):65-77, viii.
77. 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*. Feb 2000;21(2):119-126.
78. Uğurlu M, Bozkurt M, Demirkale I, Cömert A, Acar HI, Tekdemir I. Anatomy of the lateral complex of the ankle joint in relation to peroneal tendons, distal fibula and talus: a cadaveric study. *Eklemler hastalıkları ve cerrahisi = Joint diseases & related surgery*. Dec 2010;21(3):153-158.
79. Usulli FG, D'Ambrosi R, Maccario C, Boga M, de Girolamo L. All-arthroscopic AMIC(®) (AT-AMIC(®)) technique with autologous bone graft for talar osteochondral defects: clinical and radiological results. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. Sep 12, 2016 2016.
80. Usulli FG, D'Ambrosi R, Maccario C, Boga M, de Girolamo L. All-arthroscopic AMIC((R)) (AT-AMIC((R))) technique with autologous bone graft for talar osteochondral defects: clinical and radiological results. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. Mar 2018;26(3):875-881.
81. Usulli FG, de Girolamo L, Grassi M, D'Ambrosi R, Montrasio UA, Boga M. All-Arthroscopic Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis for the Treatment of Osteochondral Lesions of the Talus. *Arthroscopy techniques*. Jun 2015 2015;4(3):e255-259.
82. 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*. Nov 2009;37(1\_suppl):105s-111s.
83. van Bergen CJ, Gerards RM, Opdam KT, Terra MP, Kerkhoffs GM. Diagnosing, planning and evaluating osteochondral ankle defects with imaging modalities. *World journal of orthopedics*. Dec 18 2015;6(11):944-953.
84. van Bergen CJ, Reilingh ML, van Dijk CN. Tertiary osteochondral defect of the talus treated by a novel contoured metal implant. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. Jun 2011;19(6):999-1003.
85. 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*. Jul 2014;134(7):897-901.
86. van Bergen CJ, Tuijthof GJ, Blankevoort L, Maas M, Kerkhoffs GM, van Dijk CN. Computed tomography of the ankle in full plantar flexion: a reliable method for preoperative planning of arthroscopic access to osteochondral defects of the talus. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. Jul 2012;28(7):985-992.

87. van Bergen CJ, van Eekeren IC, Reilingh ML, Sierevelt IN, van Dijk CN. Treatment of osteochondral defects of the talus with a metal resurfacing inlay implant after failed previous surgery: a prospective study. *The bone & joint journal*. Dec 2013;95-b(12):1650-1655.
88. van Diepen PR, Dahmen J, Altink JN, Stufkens SAS, Kerkhoffs G. Location Distribution of 2,087 Osteochondral Lesions of the Talus. *Cartilage*. Dec 2021;13(1\_suppl):1344s-1353s.
89. van Dijk CN, Reilingh ML, Zengerink M, van Bergen CJ. The natural history of osteochondral lesions in the ankle. *Instructional course lectures*. 2010;59:375-386.
90. Walther M, Altenberger S, Kriegelstein S, Volkering C, Röser A. Reconstruction of focal cartilage defects in the talus with miniarthrotomy and collagen matrix. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. Dec 2014 2014;26(6):603-610.
91. Walther M, Valderrabano V, Wiewiorski M, et al. Is there clinical evidence to support autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) for chondral defects in the talus? A systematic review and meta-analysis. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*. Aug 15 2020.
92. Weigelt L, Hartmann R, Pfirrmann C, Espinosa N, Wirth SH. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis for Osteochondral Lesions of the Talus: A Clinical and Radiological 2- to 8-Year Follow-up Study. *The American journal of sports medicine*. Jun 2019;47(7):1679-1686.
93. Wiewiorski M, Werner L, Paul J, Anderson AE, Barg A, Valderrabano V. Sports Activity After Reconstruction of Osteochondral Lesions of the Talus With Autologous Spongiosa Grafts and Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis. *The American journal of sports medicine*. Oct 2016 2016;44(10):2651-2658.
94. Yasui Y, Ross AW, Kennedy JG. Platelet-Rich Plasma and Concentrated Bone Marrow Aspirate in Surgical Treatment for Osteochondral Lesions of the Talus. *Foot and ankle clinics*. Dec 2016 2016;21(4):869-884.
95. Yontar NS, Aslan L, Can A, Ogut T. One step treatment of talus osteochondral lesions with microfracture and cell free hyaluronic acid based scaffold combination. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. Sep 2019;53(5):372-375.
96. Young KW, Deland JT, Lee KT, Lee YK. Medial approaches to osteochondral lesion of the talus without medial malleolar osteotomy. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. May 2010 2010;18(5):634-637.
97. Zhang C, Huang H, Yang L, Duan X. Extracorporeal Shock Wave Therapy for Pain Relief After Arthroscopic Treatment of Osteochondral Lesions of Talus. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. Jan-Feb 2020;59(1):190-194.
98. Zhang Y, Liang JQ, Wen XD, Liu PL, Lu J, Zhao HM. Triplane osteotomy combined with talar non-weight-bearing area autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talus. *BMC musculoskeletal disorders*. Jan 22 2022;23(1):79.

## 5. Abkürzungsverzeichnis

ACT	Autologe Chondrozytentransplantation
ADL	Activity of Daily Life
AMIC	Autologe Matrix-induzierte Chondrogenese
Bzw.	Beziehungsweise
CT	Computertomographie
DE	Dorsalextension
DVT	Digitale Volumetomographie
FAAM	Foot and Ankle Ability Measure
FAOS	Foot and Ankle Outcome Score
FFI-D	Foot Function Index (German version)
EFAS	European Foot and Ankle Society
ICRS	International Cartilage Regeneration and Joint Preservation Society
LFC	Ligamentum fibulocalcaneare
LFTA	Ligamentum fibulotalare anterius
LFTP	Ligamentum fibulotalare posterius
M-BMS	Matrix-augmented Bone Marrow Stimulation
MFx	Microfracturing/ Mikrofrakturierung
MOCART	Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue
MOXFQ	Manchester-Oxford Foot Questionnaire
MRT	Magnetresonanztomographie
OATS	Osteochondrale Autologe Transplantation

---

OCL	Osteochondrale Läsion
OCT	Osteochondrale Transplantation
OD	Osteochondrosis dissecans
OLDT	Osteochondrale Läsion distale Tibia
OLT	Osteochondrale Läsion Talus
OSG	Oberes Sprunggelenk
PF	Plantarflexion
PROM	Patient-Related Outcome Measure
PRP	Platelet Rich Plasma/ Thrombozytenreiches Plasma
VAS	Visuelle Autologe Schmerzskala
z.B.	Zum Beispiel

## 6. **Abbildungsverzeichnis**

- Bild 1: Anatomisches Präparat des oberen Sprunggelenkes mit Blick auf den tibialen und talaren Knorpel, Ansicht des Gelenkes von dorsal (zur Verfügung gestellt von Dr. med. Christoph Lampert)
- Bild 2: Röntgen OSG ap mit osteochondraler Läsion mediale Talusschulter nach Therapie mit Spongiosaplastik und AMIC
- Bild 3: MRT coronar präoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter
- Bild 4: MRT sagittal präoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter
- Bild 5: MRT coronar postoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter
- Bild 6: MRT sagittal postoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter
- Bild 7: CT coronar mit osteochondraler Läsion und subchondraler Zystenbildung präoperativ
- Bild 8: CT sagittal mit osteochondraler Läsion und subchondraler Zystenbildung präoperativ
- Bild 9: DVT coronar präoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter
- Bild 10: DVT sagittal präoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter
- Bild 11: DVT coronar postoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter

Bild 12: DVT sagittal postoperativ nach AMIC Therapie einer osteochondralen Läsion an medialer Talusschulter

Abbildung 1: Einteilung nach Berndt und Harty, Loomer (zur Verfügung gestellt von Prof. M. Walther)

Abbildung 2: ICRS Klassifikation

Abbildung 3: Giannini Klassifikation (zur Verfügung gestellt von Prof. M. Walther)

Abbildung 4: 9 Zonen Einteilung am Talus (nach Elias mit Ergänzung für anatomische Orientierung)

Abbildung 5: Operative Therapieoptionen bei Knorpelläsionen am Talus

Abbildung 6: FFI-D Total-Score. Vergleich prä- zu 1- und 5- Jahre postoperativ

Abbildung 7: FFI-D Untergruppen Funktion und Schmerz. Vergleich prä- zu 1- und 5- Jahre postoperativ

Abbildung 8: FFI-D Element Sportliche Aktivität. Vergleich prä- zu 1- und 5- Jahre postoperativ

Abbildung 9: Boxplots prä- und 12 Monate postoperativ für alle PROMs. Patienten erhielten eine M-BMS, matrixaugmentierte Membrantherapie mit und ohne Osteotomie des Malleolus medialis

Abbildung 10: Korrelationen der Kovarianzen auf das klinische Ergebnis

Abbildung 11: FAAM ADL prä- und 1 Jahr postoperativ

Abbildung 12: FAAM Sport prä- und 1 Jahr postoperativ

Abbildung 13: Korrelation zwischen den Fragebögen und deren Untergruppen

Abbildung 14: Korrelation EFAS- und MOCART-, FFI-, MOXFQ-Score. (SI soziale Interaktion, WS walking/standing)

Abbildung 15: Korrelation MOCART Elemente und EFAS Score

## 7. Publikationsliste

### 7.1 Originalarbeiten als Erst- oder Letztautor

Melcher C **and Gottschalk O\***, Mazoochian F, Pieper K, Wegener V, Schulze-Pellengahr CV, Teske W, Wegener B. A new minimal-invasive approach for Total Hip Replacement in Sheep. Technology and Health Care. THC31(5) September 2023.

\* contributed equally

Impact factor: 1.205 (2022)

Walther M **and Gottschalk O\***, Madry H, Müller PE, Steinwachs M, Niemeyer P, Niethammer TR, Tischer T, Petersen J, Feil R, Fickert S, Schewe B, Hörterer H, Ruhnau K, Becher C, Klos K, Plaass C, Rolaufts B, Behrens P, Spahn G, Welsch G, Angele P, Ahrend MD, Kasten P, Erggelet C, Ettinger S, Günther D, Körner D, Aurich M. Etiology, Classification, Diagnostics, and Conservative Management of Osteochondral Lesions of the Talus. 2023 Recommendations of the Working Group “Clinical Tissue Regeneration” of the German Society of Orthopedics and Traumatology. Cartilage. 2023 Apr 21:19476035231161806. Doi: 10.1177/19476035231161806. Online ahead of print. PMID: 37082983

\* contributed equally

Impact factor: 3.117 (2022/2023)

**Gottschalk O**, Mazet J, Kerschl F, Schenk H, Suero EM, Hörterer H, Böcker W, Walther M. Correlation between EFAS- and MOCART score and clinical outcome after AMIC®-procedure for osteochondral lesion of the talus. Arch Orthop Trauma

Surg. 2022 May 21. doi: 10.1007/s00402-022-04474-6. Online ahead of print.  
PMID: 3559788

Impact factor: 3.062 (2021)

**Gottschalk O**, Kerschl FW, Mazet J, Suero E, Hörterer H, Altenberger S, Böcker W, Walther M. Evaluation of the new defined EFAS score (European foot and ankle society score) in relation to already established functional scores (FFI, MOXFQ) after cartilage reconstructive therapy (AMIC®) for osteochondral lesion of the talus. Foot Ankle Surg. 2022 Feb 3:S1268-7731(22)00029-7. doi: 10.1016/j.fas.2022.01.011. Online ahead of print. PMID: 35144852

Impact factor: 2.840 (2021)

**Gottschalk O**, Körner D, Aurich M, Plaass C, Günther D, Hörterer H, Bruder J, Walther M.

Descriptive analysis and short-term follow-up clinical results of osteochondral lesions of the distal tibia based on data of the German Cartilage Register (Knorpelregister® DGOU).

Arch Orthop Trauma Surg. 2021 Sep 28. doi: 10.1007/s00402-021-04167-6. Online ahead of print. PMID: 34585304.

Impact factor: 3,062

**Gottschalk O**, Baumbach SF, Altenberger S, Körner D, Aurich M, Plaass C, Ettinger S, Guenther D, Becher C, Hörterer H, Walther M. Influence of the Medial Malleolus Osteotomy on the Clinical Outcome of M-BMS + I/III Collagen Scaffold in Medial Talar Osteochondral Lesion (German Cartilage Register/Knorpelregister DGOU). Cartilage. 2020 Oct 8:1947603520961169. doi:10.1177/1947603520961169.

Epub ahead of print. PMID: 33030049.

Impact factor: 3,857

**Gottschalk O**, Altenberger S, Baumbach S, Kriegelstein S, Dreyer F, Mehlhorn A, Hörterer H, Töpfer A, Röser A, Walther M. Functional Medium-Term Results After Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis for Osteochondral Lesions of the Talus: A 5-Year Prospective Cohort Study. J Foot Ankle Surg. 2017 Sep-Oct;56(5):930-936. doi: 10.1053/j.jfas.2017.05.002. Epub 2017 Jun 21. PMID: 28647522.

Impact factor: 1,418

**Gottschalk O**, Metz P, Dao Trong ML, Altenberger S, Jansson V, Mutschler W, Schmitt-Sody M. Therapeutic effect of methotrexate encapsulated in cationic liposomes (EndoMTX) in comparison to free methotrexate in an antigen-induced arthritis study in vivo. Scand J Rheumatol. 2015;44(6):456-63. doi: 10.3109/03009742.2015.1030448. Epub 2015 Jun 26. PMID: 26114440.

Impact factor: 2,507

**Gottschalk O**, Dao Trong ML, Metz P, Wallmichrath J, Piltz S, Jauch KW, Jansson V, Schmitt-Sody M. Simvastatin reduces leucocyte- and platelet-endothelial cell interaction in murine antigen-induced arthritis in vivo. Scand J Rheumatol. 2014;43(5):356-63. doi: 10.3109/03009742.2013.879606. Epub 2014 May 14. PMID: 24825390.

Impact factor: 2,939

## 7.2 Originalarbeiten als Koautor

Pfahl K, Röser A, Eder J, Gottschalk O, Hörterer H, Mehlhorn A, Walther M. Outcomes of Salvage Procedures for Failed Total Ankle Arthroplasty. *Foot Ankle Int.* 2023 Apr;44(4):262-269. Doi: 10.10711007231156426. Epub 2023 Mar 6. PMID: 36879477

Impact factor: 3.569 (2022/2023)

Pfahl K, Röser A, Eder J, **Gottschalk O**, Hörterer H, Mehlhorn A, Walther M. Failure rates and patient-reported outcomes of revision of total ankle arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2022 Oct 21. Doi:10.1007/s00402-022-04657-1. PMID: 36271162

Impact factor: 2.928 (2021)

Mehlhorn AT, Illgner U, Lemperle S, Huber V, Hoerterer H, **Gottschalk O**, Legrand MA, Krenn V, Walther M. Does inflammatory activity of Charcot foot affect successful corrective arthrodesis? *Orthopadie (Heidelb).* 2022 Jun;51(6):499-506. doi: 10.1007/s00132-022-04251-8. Epub 2022 Apr 27. PMID: 35476118

Impact factor: 1.004 (2021)

Pfahl K, Röser A, **Gottschalk O**, Hörterer H, Mehlhorn A, Dolp PA, Walther M. Common bacteria and treatment options for the acute and chronic infection of the total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Surg.* 2022 Feb 18:S1268-7731(22)00039-X. doi: 10.1016/j.fas.2022.02.010. Online ahead of print. PMID: 35210186

Impact factor: 2.840 (2021)

Hörterer H, Oppelt S, Böcker W, **Gottschalk O**, Harrasser N, Walther M, Polzer H, Baumbach SF. Patient-Reported Outcomes of Surgically Treated Insertional Achilles Tendinopathy. Foot Ankle Int. 2021 Dec;42(12):1565-1569. doi: 10.1177/10711007211023060. Epub 2021 Jun 22. PMID: 34154453.

Impact factor: 2,827

Zanzinger C, Harrasser N, **Gottschalk O**, Dolp P, Hinterwimmer F, Hoerterer H, Walther M. One-year Follow-Up Results with Hydrogel Implant in Therapy of Hallux Rigidus: Case Series with 44 Patients. Z Orthop Unfall. 2021 Mar 1. doi: 10.1055/a-1365-9655. Online ahead of print. PMID: 33647994.

Impact factor: 0,923

Ettinger S, **Gottschalk O**, Kostretzis L, Plaas C, Körner D, Walther M, Becher C. One-year follow-up data from the German Cartilage Registry (KnorpelRegister DGOÜ) in the treatment of chondral and osteochondral defects of the talus. Arch Orthop Trauma Surg. 2020 Oct 13. doi: 10.1007/s00402-020-03631-z. Epub ahead of print. PMID: 33047231.

Impact factor: 2,021

Walther M, Valderrabano V, Wiewiorski M, Uselli FG, Richter M, Baumfeld TS, Kubosch J, **Gottschalk O**, Wittmann U. Is there clinical evidence to support autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) for chondral defects in the talus? A systematic review and meta-analysis. Foot Ankle Surg. 2020 Aug 15:S1268-7731(20)30164-8. doi: 10.1016/j.fas.2020.07.011. Epub ahead of print. PMID: 32811744.

PMID: 32811744.

Impact factor: 1,776

Ahrend MD, Aurich M, Becher C, Ateschrang A, Schröter S, Walther M, **Gottschalk O**, Plaass C, Ettinger S, Zinser W, Körner D. Preexisting and treated concomitant ankle instability does not compromise patient-reported outcomes of solitary osteochondral lesions of the talus treated with matrix-induced bone marrow stimulation in the first postoperative year: data from the German Cartilage Registry (KnorpelRegister DGOU). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Jul 31. doi: 10.1007/s00167-020-06172-5. Epub ahead of print. PMID: 32737525.

Impact factor: 3,166

Körner D, Ateschrang A, Schröter S, Aurich M, Becher C, Walther M, **Gottschalk O**, Bangert Y, Ettinger S, Plaass C, Ahrend MD. Concomitant ankle instability has a negative impact on the quality of life in patients with osteochondral lesions of the talus: data from the German Cartilage Registry (KnorpelRegister DGOU). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Oct;28(10):3339-3346. doi: 10.1007/s00167-020-05954-1. Epub 2020 Apr 2. PMID: 32240347.

Impact factor: 3,166

Mehlhorn AT, Ugland KI, Hörterer H, **Gottschalk O**, Südkamp N, Walther M. A high-profile thread with grit-blasted and acid-etched surface reduces loosening of medial column fusion bolt in instable Charcot foot. *Foot Ankle Surg.* 2020 Aug;26(6):637-643. doi: 10.1016/j.fas.2019.08.004. Epub 2019 Aug 22. PMID: 31521519.

Impact factor: 1,246

Hörterer H, Baumbach SF, Lemperle S, Altenberger S, **Gottschalk O**, Mehlhorn

AT, Röser A, Walther M. Clinical outcome and concomitant injuries in operatively treated fractures of the lateral process of the talus. BMC Musculoskelet Disord.

2019 May 15;20(1):219. doi: 10.1186/s12891-019-2603-3. PMID: 31092241; PMCID: PMC6521553.

Impact factor: 2,049

Hörterer H, Baumbach SF, Gregersen J, Kriegelstein S, **Gottschalk O**, Szeimies U, Walther M. Treatment of Bone Marrow Edema of the Foot and Ankle With the Prostacyclin Analog Iloprost. Foot Ankle Int. 2018 Oct;39(10):1183-1191. doi:

10.1177/1071100718778557. Epub 2018 Jun 4. PMID: 29862844.

Impact factor: 2,445

Pieske O, Landersdorfer C, Trumm C, Greiner A, Wallmichrath J, **Gottschalk O**, Rubenbauer B. CT-guided sacroiliac percutaneous screw placement in unstable posterior pelvic ring injuries: accuracy of screw position, injury reduction and complications in 71 patients with 136 screws. Injury. 2015 Feb;46(2):333-9. doi:

10.1016/j.injury.2014.11.009. Epub 2014 Nov 26. PMID: 25487831.

Impact factor: 2,356

Utzschneider S, Lorber V, Dedic M, Paulus AC, Schröder C, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Jansson V. Biological activity and migration of wear particles in the knee joint: an in vivo comparison of six different polyethylene materials. J Mater Sci Mater Med. 2014 Jun;25(6):1599-612. doi:

10.1007/s10856-014-5176-6. Epub 2014 Feb 22. PMID: 24562818.

Impact factor: 3,065

Wallmichrath J, Baumeister RG, **Gottschalk O**, Giunta RE, Frick A. The free groin flap in the rat: a model for improving microsurgical skills and for microvascular perfusion studies. J Plast Surg Hand Surg. 2014 Jun;48(3):191-6. doi: 10.3109/2000656X.2013.852100. Epub 2013 Oct 28. PMID: 24161020.  
Impact factor: 0,857

Utzschneider S, Becker F, Grupp TM, Sievers B, Paulus A, **Gottschalk O**, Jansson V. Inflammatory response against different carbon fiber-reinforced PEEK wear particles compared with UHMWPE in vivo. Acta Biomater. 2010 Nov;6(11):4296-304. doi: 10.1016/j.actbio.2010.06.002. Epub 2010 Jun 8. Erratum in: Acta Biomater. 2012 Mar;8(3):1396-8. PMID: 20570640.  
Impact factor: 5,368

Wirrwar A, Buchholz D, **Gottschalk O**, Viehöver S, Schramm NU, Müller HW. Dynamic observation of the three-dimensional distribution of labeled liposomes using the novel high-resolution single-photon emission computed tomography. Mol Imaging. 2008 Sep-Oct;7(5):234-8. PMID: 19123993.  
Impact factor: 3,324

Schmitt-Sody M, Metz P, **Gottschalk O**, Zysk S, Birkenmaier C, Goebel M, von Schulze Pellengahr C, Veihelmann A, Jansson V. Selective inhibition of platelets by the GPIIb/IIIa receptor antagonist Tirofiban reduces leukocyte-endothelial cell interaction in murine antigen-induced arthritis. Inflamm Res. 2007 Oct;56(10):414-20. doi: 10.1007/s00011-007-7024-3. PMID: 18026698.  
Impact factor: 1,485

Schmitt-Sody M, Metz P, Klose A, **Gottschalk O**, Zysk S, Hausdorf J, Veihelmann A, Jansson V. In vivo interactions of platelets and leucocytes with the endothelium in murine antigen-induced arthritis: the role of P-selectin. Scand J Rheumatol. 2007 Jul-Aug;36(4):311-9. doi: 10.1080/03009740701218741. PMID: 17763210. Impact factor: 2,701

Schmitt-Sody M, Metz P, **Gottschalk O**, Birkenmaier C, Zysk S, Veihelmann A, Jansson V. Platelet P-selectin is significantly involved in leukocyte-endothelial cell interaction in murine antigen-induced arthritis. Platelets. 2007 Aug;18(5):365-72. doi: 10.1080/09537100701191315. PMID: 17654306. Impact factor: 2,007

Schmitt-Sody M, **Gottschalk O**, Metz P, Zysk S, Hausdorf J, von Schulze Pellengahr C, Veihelmann A, Jansson V. Endothelial iNOS versus platelet iNOS: responsibility for the platelet/leukocyte endothelial cell interaction in murine antigen induced arthritis in vivo. Inflamm Res. 2007 Jun;56(6):262-8. doi: 10.1007/s00011-007-6171-x. PMID: 17607551. Impact factor: 1,485

Schmitt-Sody M, Klose A, **Gottschalk O**, Metz P, Gebhard H, Zysk S, Eichhorn ME, Hernandez-Richter TM, Jansson V, Veihelmann A. Platelet-endothelial cell interactions in murine antigen-induced arthritis. Rheumatology (Oxford). 2005 Jul;44(7):885-9. doi: 10.1093/rheumatology/keh638. Epub 2005 Apr 12. PMID: 15827038. Impact factor: 4,826

### 7.3 Kasuistiken / Case Reports

Altenberger S, Kriegelstein S, Volkering C, Röser A, **Gottschalk O**, Walther M.

Interpositionsarthrodese des Großzehengrundgelenkes versus

Verlängerungsarthrodese mit Scarf-Osteotomie: Eine prospektive Fallkontrolstudie.

Fuß & Sprunggelenk 12 (2014) 215-222.

Impact factor: -

### 7.4 Übersichten / Reviews

Walther M, **Gottschalk O**, Hörterer H. Syndesmosenverletzungen – operative und konservative Therapie. Sportphysio 2022; 10: 66-72. DOI 10.1055/a-1777-1576.

Impact factor: -

Walther M, Hörterer H, **Gottschalk O**. Syndesmosenverletzungen – Anatomie, Verletzungsmuster und Diagnostik. Sportphysio 2022; 10:59-65. DOI 10.1055/a-1777-1620

Impact factor: -

Walther M, Hörterer H, Harrasser N, Röser A, **Gottschalk O**. Minimal-invasive Komponenten der Therapie der Tibialis-posterior-Insuffizienz des Erwachsenen : Tendoskopie der Achillessehne, minimal-invasive Kalkaneusverschiebeosteotomie und Sinus-tarsi-Spacer [Minimally invasive components of the treatment of tibialis posterior insufficiency in adults : Tendoscopy of the Achilles tendon, minimally invasive calcaneus displacement osteotomy and the sinus tarsi spacer].

Orthopade. 2020 Sep 29. German. doi: 10.1007/s00132-020-03990-w. Epub ahead of print. PMID: 32990760.

Impact factor: 0,813

Hamel J, Hörterer H, **Gottschalk O**, Harrasser N, Walther M. Die „rückfußzentrierte Röntgentechnik“ zur Erfassung von Cavovarusdeformitäten : Vorschlag zur Optimierung der radiologischen Darstellung [Hindfoot-centred X-ray technique for the evaluation of cavovarus deformity : A proposal for the optimization of radiologic delineation]. Orthopade. 2020 Jun;49(6):531-537.

German. doi: 10.1007/s00132-019-03800-y. PMID: 31486913.

Impact factor: 0,736

Altenberger S, Kriegelstein S, **Gottschalk O**, Dreyer F, Mehlhorn A, Röser A, Walther M. Die minimalinvasive Chevron- und Akin-Osteotomie (MICA) [The minimally invasive Chevron and Akin osteotomy (MICA)]. Oper Orthop Traumatol. 2018 Jun;30(3):148-160. German. doi: 10.1007/s00064-018-0541-0. Epub 2018 Apr 18. PMID: 29671022.

Impact factor: 0,953

**Gottschalk O**, Altenberger S, Walther M. Ist der Talus-Knorpel noch zu retten? [Gianakos, #242]. MMW Fortschr Med. 2017 Sep;159(16):46-48. German. doi: 10.1007/s15006-017-0065-9. PMID: 29468514.

Impact factor: -

## 7.5 Buchkapitel

**Gottschalk O.** Hallux valgus: diaphysäre Korrekturosteotomien. Konservative und operative Therapie, My Medibook. 2017

## 8. Vortragsveranstaltungen

Thrombozyten-Endothelzell-Interaktion bei Antigen-induzierter Arthritis der Maus in vivo, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Klose A, Metz P, Zysk S, Veihelmann A, Jansson V, 1. Gemeinsamer Kongress Orthopädie – Unfallchirurgie 2005 in Berlin

Selective Inhibition of Platelets by the GPIIb/IIIa Receptor Antagonist Tirofiban reduces Leukocyte-Endothelial-Cell-Interaction in Murine Antigen-induced Arthritis, **Gottschalk O**, Metz P, Jansson V, Schmitt-Sody M, 7<sup>th</sup> world congress of trauma, shock, inflammation and sepsis München 03/2007

Selective Inhibition of Platelets by the GPIIb/IIIa Receptor Antagonist Tirofiban reduces Leukocyte-Endothelial-Cell-Interaction in Murine Antigen-induced Arthritis, **Gottschalk O**, Metz P, Jansson V, Schmitt-Sody M, 7<sup>th</sup> world congress of trauma, shock, inflammation and sepsis München 03/2007 (Poster)

Endotheliale iNOS vs. thrombozytäre iNOS – Ursache für die Thrombozyten-Endothelzell-Interaktion bei Antigen-induzierter Arthritis, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Jansson V, Süddeutscher Orthopäden Kongress Baden-Baden 04/2007

Targeting of cationic liposomes to the synovial endothelium of rheumatoid joints – a new promising drug delivery system, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Metz P, Schulze B, Bohnenkamp H, Michaelis U, Guenzi E, Funk M, EFORT (European Federation of National Associations of Orthopedics and Traumatology) Florenz 05/2007

Therapeutic efficacy of cationic liposomes carrying methotrexate (EndoMTX) is superior to free Methotrexate in rheumatoid arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Luedemann S, Eichhorn M, Schulze B, Bohnenkamp H, Guenzi E, Michaelis U, Funk M, EULAR (European League Against Rheumatism) Barcelona 06/2007 (Poster)

Endothelial iNOS versus platelet iNOS: Responsibility for the platelet/ leukocyte endothelial cell interaction in murine antigen induced arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Metz P, Jansson V, ORS (Orthopaedic Research Society) Honolulu 10/2007

Targeting of cationic liposomes to the synovial endothelium of Rheumatoid joints – a new promising drug delivery system, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Metz P, Eichhorn M, Schulze B, Bohnenkamp H, Michaelis U, Guenzi E, Funk M, Jansson V ORS (Orthopaedic Research Society) Honolulu 10/2007

Selektive Anreicherung kationischer Liposomen an das synoviale Endothel bei Rheumatoider Arthritis – eine neue Form des Vascular Targeting, **Gottschalk O**, Metz P, Schulze B, Bohnenkamp H, Michaelis U, Guenzi E, Funk M, Jansson V, Schmitt-Sody M, Süddeutscher Orthopädenkongress Baden-Baden 05/2008

EndoTAG-1®, Paclitaxel enkapsuliert in kationische Liposomen, zeigt anti-angiogenetische und anti-inflammatorische Wirkung bei Rheumatoider Arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Metz P, Jansson V, Schmitt-Sody M, Süddeutscher Orthopädenkongress Baden-Baden 05/2008 (Poster)

Endothelial iNOS versus platelet iNOS: Responsibility for the platelet/ leukocyte endothelial cell interaction in murine antigen induced arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Metz P, Jansson V, Schmitt-Sody M, EFORT (European Federation of National Associations of Orthopedics and Traumatology) Nizza 05/2008

Endo-TAG-1, a cationic Liposome-containing Paclitaxel, demonstrates anti-angiogenetic and anti-inflammatory activity in Rheumatoid Arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, Metz P, Schulze B, Bohnenkamp H, Michaelis U, Guenzi E, Martin F, Jansson V, EFORT (European Federation of National Associations of Orthopedics and Traumatology) Nizza 05/2008

Endothelial iNOS vs. platelet iNOS-Reason for the Platelet-Leukocyte-Endothelial-Cell-Interaction in Antigen-induced Arthritis, **Gottschalk O**, Metz P, Jansson V, Schmitt-Sody M, EFORT (European Federation of National Associations of Orthopedics and Traumatology) Nizza 05/2008 (Poster)

Selective targeting of cationic liposomes to the synovial endothelium in rheumatoid arthritis – a new form of vascular targeting, **Gottschalk O**, Metz P, Schulze B, Michaelis U, Guenzi E, Jansson V, Schmitt-sody M, SICOT (Société Internationale de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie) Hong-Kong 08/2008

Endo-TAG-1®, a cationic liposome-containing Paclitaxel, demonstrates anti-angiogenic and anti-inflammatory activity in rheumatoid arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Metz P, Schulze B, Michaelis U, Guenzi E, Jansson V, Schmitt-Sody M, SICOT (Société Internationale de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie) Hong-Kong 08/2008

EndoTAG-1®, Paclitaxel enkapsuliert in kationische Liposomen, zeigt anti-angiogenetische und anti-inflammatorische Wirkung bei Rheumatoider Arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Metz P, Schulze B, Michaelis U, Guenzi E, Jansson V, Schmitt-Sody M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2008

Endotheliale iNOS vs. thrombozytäre iNOS: Ursache für die Thrombozyten-/Leukozyten-Endothelzell-Interaktion bei Antigen induzierter Arthritis in vivo, **Gottschalk O**, Metz P, Jansson V, Schmitt-Sody M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2008

Methotrexat enkapsuliert in kationische Liposomen zeigt signifikante verbesserte anti-inflammatorische und anti-angiogenetische Effekte im Vergleich zu freiem Methotrexat bei Antigen-induzierter Arthritis (AiA) am Kniegelenk der Maus in vivo, **Gottschalk O**, Metz P, Piltz S, Guenzi E, Michaelis U, Schmitt-Sody M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2009

Anti-inflammatorische und anti-angiogenetische Wirkung von Simvastatin auf die Thrombozyten- und Leukozyten-Endothelzellinteraktion bei Antigen-induzierter Arthritis (AiA) am Kniegelenk der Maus in vivo, **Gottschalk O**, DaoTrong ML, Piltz S, Jansson V, Schmitt-Sody M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2010

Anti-inflammatory and anti-angiogenic effect of simvastatin on platelet- and leucocyte endothelium cell interaction in antigen induced arthritis in mice knee joint in

vivo, **Gottschalk O**, Schmitt-Sody M, SICOT (Société Internationale de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie) Dubai 11/2012

Rheumatoide Arthritis (RA) – Etablierung eines Modells der Antigen-induzierten Arthritis am Kniegelenk der Ratte in vivo, **Gottschalk O**, Kienast M, Klostermann A, Schmitt-Sody M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2015 (Poster)

Perkutane Korrekturmöglichkeit am 1. Strahl, **Gottschalk O**, 22. PAUWELS Symposium Aachen 10/2017

Knorpelrekonstruktive Therapie am Talus mit autologer membraninduzierter Chondrogenese, **Gottschalk O**, 22. PAUWELS Symposium Aachen 10/2017

Functional medium term results after autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) for osteochondral lesions of the talus – a 5 years prospective cohort study, **Gottschalk O**, Altenberger S, Baumbach S, Walther M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2017

Funktionelle Ergebnisse nach autologer matrix-induzierter Chondrogenese (AMIC) am Talus–5 Jahresergebnisse einer prospektiven Kohortenstudie, **Gottschalk O**, 25. Internationales Symposium für Fußchirurgie Unterschleißheim 12/2017

Knorpelmanagment mit zellfreien Implantaten am Talus, **Gottschalk O**, Qualitätszirkel Fuß und Sprunggelenk München 03/2018

Functional results of 5 years after autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) for talar osteochondral lesions, **Gottschalk O**, Altenberger S, Walther M, ICRS (International Cartilage Regeneration and Joint Preservation Society) Macao 04/2018

Durchführung, Nachbehandlung, Komplikationsmanagement OCL am Talus – AMIC **Gottschalk O**, AMIC®-Experten Meeting Fuß Mülheim a.d. Ruhr 03/2019

Die Evidenz der konservativen Knorpeltherapie am Sprunggelenk, **Gottschalk O**, 25. Jahrestagung der Deutschen Assoziation für Fuß und Sprunggelenk e.V. (D.A.F.) Augsburg 03/2019

Clinical evidence on AMIC in the ankle joint, **Gottschalk O**, Foot and Ankle Meeting, Regenerative Osteochondral Cartilage Bristol 09/2019

Konservative Knorpeltherapie – gibt es seine Evidenz?, **Gottschalk O**, 27. Internationales Symposium für Fußchirurgie Unterschleißheim 12/2019

Management of osteochondral lesions, **Gottschalk O**, 27. Internationales Symposium für Fußchirurgie Unterschleißheim 12/2019

Peronealsehnen – Verletzungen und Behandlungsmöglichkeiten, **Gottschalk O**, 28. Internationales Symposium für Fußchirurgie Unterschleißheim 12/2020

Influence of the medial malleolus osteotomy on the clinical outcome of M-BMS + I/III collagen scaffold in medial talar osteochondral lesion (German Cartilage Register/ Knorpelregister DGOU®), **Gottschalk O**, Baumbach S, Körner D, Plaaß C. Guenther

D, Becher C, Aurich M, Walther M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2021

Evaluation des neu definierten EFAS Score im Vergleich zu etablierten PROMs (FFI, MOXFQ) nach knorpelrekonstruktiver Therapie (AMIC) bei osteochondralen Läsionen am Talus, **Gottschalk O**, Kerschl F, Mazet J, Walther M, DKOU (Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie) Berlin 10/2022 (Poster)

10 year follow up after AMIC for osteochondral lesion of the talus, **Gottschalk O**, 30. Internationales Smyposium für Fußchirurgie, München 12/2022

## 9. Verzeichnis der Lehrveranstaltungen

Die Dokumentation der Lehrveranstaltungen erfolgte ab der Einführung des Modul 23.

Die Lehrveranstaltungen im Rahmen des Modul 3, sowie im Rahmen des Praktikum Chirurgie für Zahnmediziner wurden nicht tageweise festgehalten, wenngleich auch regelmäßig durchgeführt.

### Sommersemester 2011

15.08.2011 7M1334: Seminar Osteosyntheselehre

Seminar obere Extremität

16.08.2011 7M1334: Seminar untere Extremität

Seminar Wirbelsäule

18.08.2011 7M1334: Seminar Becken

7M1324: Tutorial Polytrauma

7M1336: Gips- und Verbandskurs

Naht und Knüpftechniken

19.08.2011 OSCE Prüfung

### Wintersemester 2011/2012

13.02.2012 7M1334: Seminar Osteosyntheselehre

Seminar obere Extremität

14.02.2012 7M1334: Seminar untere Extremität

Seminar Wirbelsäule

16.02.2012 7M1334: Seminar Becken

7M1324: Tutorial Polytrauma

7M1336: Gips- und Verbandskurs

Naht und Knüpftechniken

17.02.2012 OSCE Prüfung

#### Wintersemester 2013/2014

09.12.2013 7M1334: Seminar Osteosyntheselehre

Seminar obere Extremität

10.12.2013 7M1334: Seminar untere Extremität

Seminar Wirbelsäule

12.12.2013 7M1334: Seminar Becken

7M1324: Tutorial Polytrauma

7M1336: Gips- und Verbandskurs

Naht und Knüpftechniken

13.02.2013 OSCE Prüfung

#### Sommersemester 2014

02.06.2014 7M1334: Seminar Osteosyntheselehre

Seminar obere Extremität

03.06.2014 7M1334: Seminar untere Extremität

Seminar Wirbelsäule

05.06.2014 7M1334: Seminar Becken

7M1324: Tutorial Polytrauma

7M1336: Gips- und Verbandskurs

Naht und Knüpftechniken

06.06.2014 OSCE Prüfung

Sommersemester 2019

05.08.2019 7M1334: Seminar Osteosyntheselehre

Seminar untere Extremität

06.08.2019 7M1336: Nahtkurs

Gips- und Verbandskurs

7M1334: Seminar Becken

08.08.2019 7M1334: Seminar obere Extremität

Seminar Wirbelsäule

09.08.2019 OSCE Prüfung

Wintersemester 2019/2020

13.01.2020 7M1334: Bearbeitung IC und Seminar obere Extremität

Seminar Osteosyntheselehre

14.01.2020 7M1336: Nahtkurs

Gips- und Verbandskurs

7M1334: Bearbeitung IC und Seminar untere Extremität

16.01.2020 7M1334: IC Schädelhirntrauma und Seminar Polytrauma I

Seminar Polytrauma II

17.01.2020 OSCE Prüfung

Sommersemester 2020

03.08.2020 7M1334: Bearbeitung IC und Seminar obere Extremität

Seminar Osteosyntheselehre

04.08.2020 7M1336: Nahtkurs

Gips- und Verbandskurs

7M1334: Bearbeitung IC und Seminar untere Extremität

06.08.2020 7M1334: IC Schädelhirntrauma und Seminar Polytrauma I

Seminar Polytrauma II

07.08.2020 OSCE Prüfung

#### Wintersemester 2020/2021

14.01.2021 7M1334: IC Schädelhirntrauma und Seminar Polytrauma I

7M1321: Vorlesung Prüfungsvorbereitung

7M1334: Seminar Polytrauma II

15.01.2021 OSCE Prüfung

#### Sommersemester 2021

03.05.2021 7M1334: Bearbeitung IC und Seminar obere Extremität

Seminar Osteosyntheselehre

7M1321: Vorlesung Alterstraumatologie

04.05.2021 7M1334: Bearbeitung IC und Seminar untere Extremität

06.05.2021 7M1334: IC Schädelhirntrauma und Seminar Polytrauma I

7M1321: Vorlesung Prüfungsvorbereitung

7M1334: Seminar Polytrauma II

#### Wintersemester 2021/2022

17.01.2022 7M1334: Bearbeitung IC und Seminar obere Extremität

Seminar Osteosyntheselehre

7M1321: Vorlesung Alterstraumatologie

18.01.2022 7M1334: Bearbeitung IC und Seminar untere Extremität

Sommersemester 2022

16.05.2022 7M1334: Seminar obere Extremität

Seminar Osteosyntheselehre

7M1321: Vorlesung Alterstraumatologie

17.05.2022 7M1334: Seminar untere Extremität

19.05.2022 7M1334: Seminar Schädelhirntrauma und Polytrauma I

7M1321: Vorlesung Prüfungsvorbereitung

7M1334: Seminar Polytrauma II

Wintersemester 2022/2023

16.01.2023 7M1334: Seminar obere Extremität

Seminar Osteosyntheselehre

7M1321: Vorlesung Alterstraumatologie

20.01.2023 OSCE Prüfung

## **10. Appendix**

### **10.1 Mitgliedschaften**

DGOU – Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie

GFFC – Gesellschaft für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie

AG Geweberegeneration der DGOU

ICRS – International Cartilage Repair Society

D.A.F. - Deutsche Assoziation für Fuß und Sprunggelenk e.V.

AGA – Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie

## 10.2 Danksagung

An dieser Stelle gilt es viele Menschen aus meinem beruflichen und privaten Umfeld zu nennen, da dies nie nur die Leistung einer einzelnen Person darstellt, sondern immer wiederkehrende Hilfe, Unterstützung und Motivation von Menschen, mit denen man zusammenarbeitet oder -lebt.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. Markus Walther, der mich in den letzten Jahren fortweg in meiner wissenschaftlichen Arbeit unterstützt hat. Er hat mich mit Ideen begleitet, Diskussionen angeregt und konstruktiv meine Arbeit betreut, um diese Schrift zu ermöglichen.

In diesem Zusammenhang möchte ich meinem Team der Schön Klinik München Harlaching danken, das mir stets kollegial zur Seite stand und mein wissenschaftliches Vorankommen unterstützt hat.

Des Weiteren möchte ich der Abteilung der Unfallchirurgie, sowie der Orthopädie der LMU danken, dass sie mir schon früh in meiner klinischen Laufbahn geholfen haben, mich wissenschaftlich zu engagieren und mir die Möglichkeit gegeben haben, mich intensiv an der Lehre zu beteiligen und diese auch mit gestalten zu dürfen.

Zuletzt gilt mein Dank meiner Familie und Freunden, die mich kontinuierlich und mit viel Geduld während dieser Arbeit unterstützt und begleitet haben.