

**Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und
Wiederherstellungschirurgie der Universität Würzburg**

(Chirurgische Klinik II)

Direktor: Professor Dr. med. Rainer H. Meffert

**Klinische und pedobarographische Ergebnisse nach operativ
versorgten Talusfrakturen**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Nils Kröger

aus Haan

Würzburg, 13. Januar 2021



Referent: Prof. Dr. Rainer Meffert

Koreferent: Prof. Dr. Thorsten Bley

Berichterstatter: Prof. Dr. Nicolas Schlegel

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Januar 2021

Der Promovend ist Arzt

Vorwort

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden veröffentlicht:

- In Technology and Health Care – Official Journal of the European Society for Engineering and Medicine - „Fenwick, A., et al., *Pedobarography shows no differences in gait after talar fractures.* Technol Health Care, 2020. 28(1): p. 85-92.“, 20.05.2019
- Auf der 94. Jahrestagung der Vereinigung Bayerischer Chirurgen e.v., 19.07.2017

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 HISTORISCHES.....	1
1.2 ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE	3
1.2.1 <i>Aufbau des Talus</i>	3
1.2.2 <i>Der Talus im Verbund der Sprunggelenke</i>	6
1.2.3 <i>Die Blutversorgung des Talus</i>	7
1.3 EPIDEMIOLOGIE UND PATHOPHYSIOLOGIE	9
1.4 DIAGNOSTIK	10
1.5 KLASSIFIKATION DER TALUSFRAKTUR	11
1.5.1 <i>Klassifikation nach Hawkins</i>	11
1.5.2 <i>Klassifikation nach Marti und Weber</i>	15
1.5.3 <i>Andere Klassifikationen</i>	17
1.6 WEICHTEILSCHÄDEN	17
1.7 THERAPIE DER TALUSFRAKTUR.....	20
1.7.1 <i>Zeitpunkt der Versorgung</i>	20
1.7.2 <i>Operative Versorgung</i>	21
1.8 KOMPLIKATIONEN	23
1.8.1 <i>Avaskuläre Nekrose</i>	23
1.8.2 <i>Arthrose</i>	24
1.9 FRAGESTELLUNG	25
2 MATERIAL, METHODEN UND PATIENTEN.....	26
2.1 PATIENTENKOLLEKTIV.....	26
2.2 DATENERHEBUNG UND UNTERSUCHUNGEN	27
2.2.1 <i>Datenerhebung</i>	27
2.2.2 <i>Untersuchungen</i>	27
2.2.3 <i>Fragebögen</i>	28
2.3 PEDOBAROGRAPHIE.....	31
2.3.1 <i>Technische Daten</i>	31
2.3.2 <i>Durchführung</i>	32
2.3.3 <i>Erworbene Daten</i>	34
2.4 STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	35
2.5 RADIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG	36
3 ERGEBNISSE.....	38
3.1 PATIENTENKOLLEKTIV.....	38
3.2 FRAKTUREN.....	40
3.3 WEICHTEILSCHÄDEN	41
3.4 OPERATION UND NACHBEHANDLUNG	41
3.5 BEWEGUNGSUMFANG.....	43
3.6 SCORES.....	45
3.6.1 <i>AOFAS</i>	45
3.6.2 <i>VAS</i>	49
3.6.3 <i>MFS</i>	52
3.6.4 <i>Ergebnisse</i>	53
3.7 PEDOBAROGRAPHIE.....	54
3.7.1 <i>Kraft</i>	55
3.7.2 <i>Spitzendruck</i>	56
3.7.3 <i>Kontaktzeit</i>	59

3.7.4	<i>Kontaktfläche</i>	61
3.8	RADIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG	64
3.9	KOMPLIKATIONEN	66
4	DISKUSSION	71
4.1	EIGENE ERGEBNISSE IM VERGLEICH ZU ANDEREN STUDIEN	71
4.1.1	<i>Alternativmöglichkeiten der Versorgung</i>	75
4.2	SCHWÄCHEN DER ARBEIT	77
4.3	SCHLUSSFOLGERUNG	77
5	ZUSAMMENFASSUNG	79
5.1	AUSBlick	81
6	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	83
7	TABELLENVERZEICHNIS	85
8	LITERATURVERZEICHNIS	86
9	ABKÜRZUNGEN	90
10	ANHANG UND FRAGEBÖGEN	92
11	DANKSAGUNG	I
12	LEBENS LAUF	II

1. Einleitung

1.1 Historisches

Brüche des Sprungbeines sind schon seit der Antike bekannt. So schrieb bereits der griechische Gelehrte und Historiker Herodot (geb. um 490/480 v. Chr.), dass sich der persische König Dareios I. (geb. 549 v. Chr.), bei einer Löwenjagd zu Pferden eine offene Luxationsfraktur des Talus zugezogen haben soll. [27] Hierin beschreibt Herodot eindrücklich, wie der Talus schon aus dem Gelenk herausstand. [75]

Unter den Griechen wurde das Sprungbein ἀστράγαλος (astrágalos) genannt. Der Plural ἀστράγαλοι (astrágaloi) beschreibt im Griechischen auch Spielsteine. Diese wurden aus den Sprungbeinen von Schafen oder Rindern hergestellt. [54, 72]

Berichte über ähnliche Spiele gibt es auch für die alten Römer. Dabei wurden die Begriffe „Astragali“ oder „Astragalus“ und „Tali“ verwendet. [20]

Römische Soldaten sollen dabei die Sprungbeine von Pferden als Würfel genutzt haben. Aus dem Begriff des „Taxillus“ für den Spielwürfel soll sich der lateinische Begriff des Talus für das Sprungbein entwickelt haben. [75]

Als einer der ersten neuzeitlichen Beschreibungen der Fraktur des Talus gelten die Arbeiten von Wilhelm Fabry von Hilden (geb. 1560) [73], einem deutschen Wundarzt und Chirurgen, der auch unter dem Namen Fabricius von Hilden bekannt war. Dieser beschrieb in seinem Werk „Observationum et Curationum Chirurgicarum: centuriae“ von 1608, wie ein Mann namens Woolfbrand von Duisburg von einem drei Fuß hohen Tisch sprang, sich den Fuß verdrehte und brach, so dass sowohl die Bänder rissen als auch der komplette Knochen herausragte. [16] [4]

Fabricius von Hilden erwähnte in seiner Arbeit zudem, wie er diese offene Talusluxationsfraktur mittels Astragalektomie erfolgreich therapierte. [31]

Bedingt durch generell hohe Komplikationsraten sowie fehlende Diagnostik- oder Therapiemöglichkeiten, die in der heutigen Klinik verfügbar sind, waren die Ergebnisse nach Talusfrakturen lange Zeit unbefriedigend.

So beschrieb der schottische Chirurg Sir James Syme im Jahr 1848, dass von 13 seiner Patienten mit offener Talusfraktur insgesamt elf an den Folgen der Verletzung verstarben. Dies entspricht einer Mortalitätsrate von fast 85%. [5, 75] Diese hohe Mortalitätsrate hatte zur Folge, dass die Therapie der Wahl bei schweren Talusfrakturen bis in das frühe 20. Jahrhundert die Unterschenkelamputation unterhalb des Knies war. [5]

Der Chirurg Ernst von Bergmann aber führte bereits 1892 die offene Reposition bei einer Talusfraktur durch. [7, 75]

1909 empfahl Stealy in seiner Arbeit „Fracture of the astragalus“ die Astragalektomie bzw. Talektomie bei dislozierten Frakturen aufgrund der hohen Komplikationsrate. Dieses Vorgehen setzte sich nun lange Zeit als Therapiestandard durch. [33] [37]

Insgesamt waren die weiteren Therapieoptionen begrenzt. So wurde von einigen Chirurgen die tibiotalare und subtalare Versteifung durchgeführt. [54]

Auch die Fallzahlen waren niedrig, was sich jedoch mit Beginn des 1. Weltkrieges und dem Aufkommen erster Luftkämpfe änderte. So beschrieb 1919 der Chirurg der britischen Royal Air Force H.G. Anderson 18 Fälle von Talusfrakturen und Talusdislokationen aus dem Krieg. Diese resultierten allesamt aus Flugzeugabstürzen und Anderson hielt fest, dass insbesondere die hohe Geschwindigkeit, die „Dorsalextension“ des Fußes durch den Druck auf die Pedale des Seitenruders und der Aufprallwinkel als Pathomechanismus für die Talusfrakturen ursächlich waren und nannte diese Verletzungsart „Aviator's astragalus“. [16]

Im zweiten Weltkrieg sollte sich das Aufkommen dieser Verletzungen noch erhöhen. So beschrieb Coltart 1952, dass von den knapp 25.000 Frakturen, welche in den Jahren 1940 bis 1945 von den Chirurgen und Orthopäden der

Royal Air Force behandelt wurden, etwa 1%, nämlich 228 Fälle Frakturen des Talus beinhalteten. Davon waren wiederum circa 70% auf direkte Flugunfälle zurückzuführen. [16]

Obwohl Coltart einzelne Frakturtypen beschrieb, führte auch er noch keine genaueren Einteilungen oder Klassifikationen ein. Dies änderte sich erst mit der Arbeit von Hawkins 1970, der darin zum ersten Mal die Talushalsfrakturen genauer in drei verschiedene Typen klassifizierte und auf die Gefahr der avaskulären Nekrose hinwies. Diese erhöhte sich mit dem Grad der Dislokation der Bruchstücke. [28] Canale und Kelly ergänzten diese Einteilung 1978 noch um einen vierten Typ, welche die heutige Klassifikation von Frakturen des Talushalses bildet. [13]

Obwohl der belgische Chirurg Albin Lambotte bereits Anfang des 20. Jahrhunderts begann, erste Osteosyntheseverfahren von Knochenfragmenten mittels Schrauben durchzuführen, war man sich bis in die 1970er vielfach uneins bezüglich des genauen Therapievorgehens bei Talusfrakturen. [3, 32]

So wurden Optionen vom konservativen Vorgehen über schnellstmögliche offene Reposition und interne Fixation bis hin zur Versteifung oder Talektomie empfohlen. [3] [30, 59]

1.2 Anatomie und Physiologie

1.2.1 Aufbau des Talus

Das Sprungbein (lat. talus) gehört zu den Fußwurzelknochen (lat. ossa tarsi) und liegt umfasst von den distalen Anteilen des Schienbeins (lat. tibia, malleolus medialis) und des Wadenbeins (lat. fibula, malleolus lateralis), welche die Malleolengabel bilden, dem oberen Anteil des Fersenbeines (lat. calcaneus), sowie den proximalen Anteilen des Kahnbeines (lat. os naviculare). Zusammen mit dem Calcaneus bildet der Talus anatomisch die proximale Reihe der Fußwurzel (lat. tarsus) und klinisch-funktionell den Rückfuß. [60]

Unterteilen lässt sich der Talus zuerst in seine drei großen Anteile. Diese sind von proximal nach distal: Sprungbeinkörper (corpus tali), Sprungbeinhals (collum tali) und Sprungbeinkopf (caput tali). [46]

Zudem lässt sich der Sprungbeinkörper noch weiter unterteilen. So besitzt dieser kranial als Verbindung zur Malleolengabel die Gelenkrolle (trochlea tali). Diese Gelenkrolle besteht aus drei Gelenkflächen. Den oberen Anteil bildet die Facies superior, die mit der Facies articularis inferior der Tibia artikuliert, die Facies malleolaris medialis, welche das Gelenk mit dem Malleolus medialis der Tibia bildet, sowie die Facies malleolaris lateralis, welche das Gelenk mit dem Malleolus lateralis der Fibula bildet.

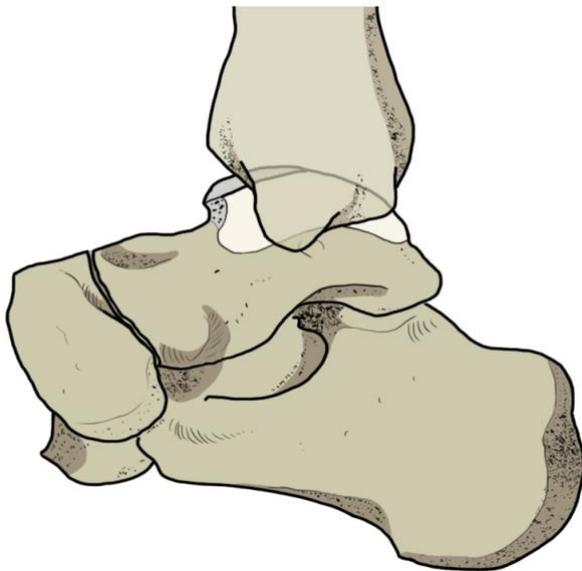


Abbildung 1: Darstellung der Lage des Talus im menschlichen Fuß; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Die Facies malleolaris medialis geht nach dorsal in den knöchernen Processus posterior tali über. Die Facies malleolaris lateralis geht nach lateral in den knöchernen Processus lateralis tali über. [66]

Die Facies superior ist in der Sagittalebene von lateral gesehen konvex geformt, in der Frontalebene zeigt sich von frontal eine konkave Form, deren Begrenzung die Ränder der Trochlea tali bilden. In diese konkave Form fügt sich die Facies articularis inferior der Tibia ein. In der Transversalebene zeigt sich in der Ansicht von dorsal, dass die Trochlea tali von proximal nach distal breiter wird.

An dem plantaren Anteil des Corpus tali befinden sich als Hinterfacette nach plantar-posterior zum Calcaneus die Facies articularis calcanea posterior und nach plantar-medial die Facies articularis calcanea media.

Zudem existiert plantar am Corpus tali, auf der Facies inferior des Talus noch eine Knochenrinne, der Sulcus tali. Mit dem Sulcus calcanei, der sich als gegenüberliegende Knochenrinne auf dem cranialen Anteil des Calcaneus zwischen dessen Facies articularis talaris media und Facies articularis talaris posterior befindet, bildet dieser auf der lateralen Seite den breiteren Sinus tarsi und auf der medialen Seite den Canalis tarsi, welche schräg zwischen der Facies articularis calcanea posterior und der Facies articularis calcanea media des Talus verlaufen. Durch diesen Kanal zieht nun das Ligamentum talocalcaneum interosseum. [6]

Der Canalis tarsi endet am Sustentaculum tali, einem knöchernen Vorsprung des medialen Calcaneus, welcher zudem den Talus stützt. [60]

Das dorsale Ende des Talus ist der Processus posterior tali. Dieser wird aus Tuberculum mediale, Sulcus tendinis muscui flexoris hallucis longi und Tuberculum laterale gebildet. [60]

Das Corpus tali geht auf Höhe des Sulcus tali in das Collum tali über. Der Sprunggelenkhals artikuliert mit der Facies articularis calcanea anterior mit dem vorderen Calcaneusanteil. [46]

Weiter distal geht das Collum tali in das Caput tali über. Dieses besitzt nun eine Gelenkfläche zum Os naviculare, die Facies articularis navicularis.

Da der Talus weder Ursprünge noch Ansätze von Muskeln oder Sehnen hat, wird er auch als „knöcherner Meniskus“ bezeichnet. [57]

Dafür ist der Talus in einem weitreichenden Netzwerk an Bändern im Sprunggelenk eingelegt. So nach medial vom Lig. deltoideum, nach lateral unter anderem von den Ligg. talofibulare anterius und posterius sowie dem Lig. talonaviculare dorsale. Nach ventral unter anderem vom Lig. talocalcaneum interosseum sowie dem Lig. tibiofibulare anterius.

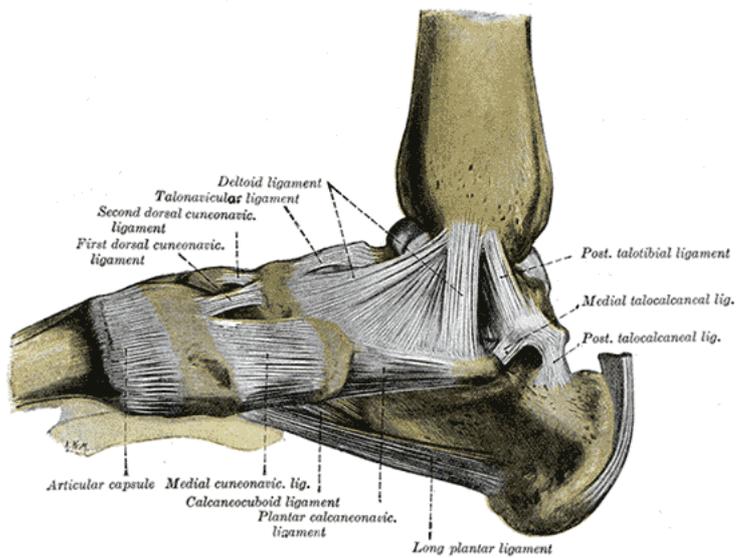


Abbildung 2: Die den Talus umhüllenden Bänder von medial. Henry Gray, *Anatomy of the Human Body* (1918, public domain)

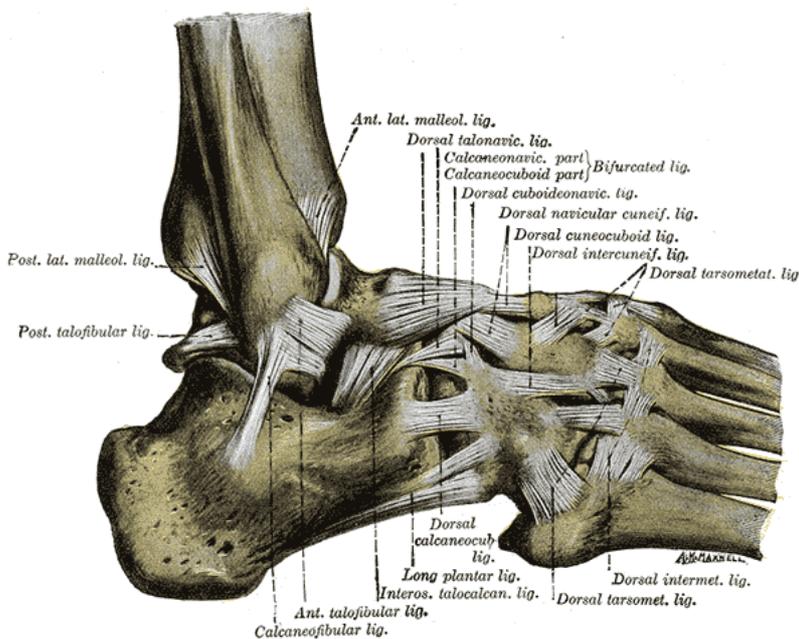


Abbildung 3: Die den Talus umhüllenden Bänder von lateral. Henry Gray, *Anatomy of the Human Body* (1918, public domain)

1.2.2 Der Talus im Verbund der Sprunggelenke

Die Gelenke, an denen das Sprungbein beteiligt ist, sind somit:

- Articulatio talocruralis zwischen Talus und Tibia
- Articulatio talotarsalis zwischen Talus, Calcaneus und Os naviculare

Zusammen bilden Malleolengabel und Talus das obere Sprunggelenk (OSG bzw. *Articulatio talocruralis*). Talus, Calcaneus sowie Os naviculare bilden das untere Sprunggelenk (USG bzw. *Art. talotarsalis*).

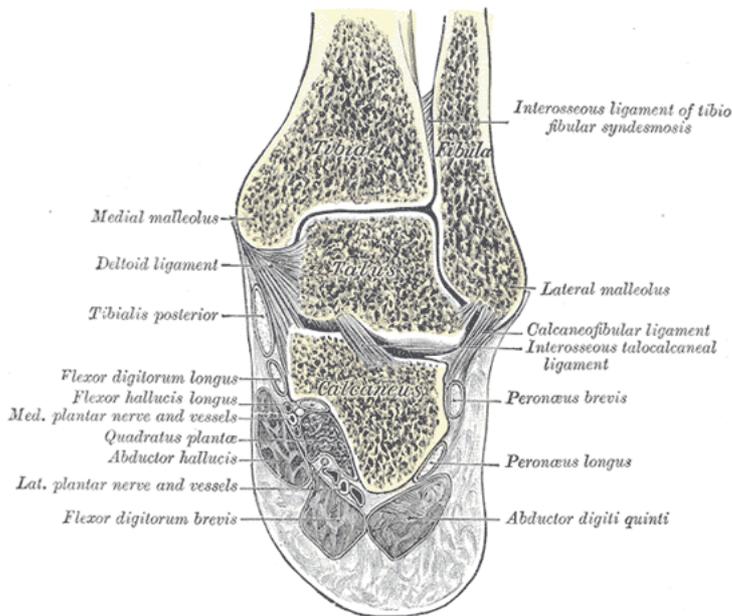


Abbildung 4: Der Talus im Querschnitt mittig im Verbund des Sprunggelenkes, Henry Gray, *Anatomy of the Human Body* (1918, public domain)

1.2.3 Die Blutversorgung des Talus

Die Blutversorgung des Talus erfolgt sowohl extraossär als auch intraossär.

Die extraossäre Blutversorgung des Talus wird durch die Äste der Arteria tibialis posterior, der Arteria tibialis anterior und der Arteria fibularis bzw. peronea sichergestellt. [47]

Die A. tibialis anterior entspringt als letzter Ast der Arteria poplitea am proximalen dorsalen Unterschenkel am Unterrand des Musculus popliteus. Danach zieht sie auf die Streckerseite zwischen Musculus tibialis anterior und Musculus extensor hallucis longus und geht auf dem Fußrücken etwa ab Höhe des oberen Sprunggelenks in die Arteria dorsalis pedis über. [60]

Die Arteria poplitea zieht nach der Abgabe der A. tibialis anterior als A. tibialis posterior in die Flexorenloge des Unterschenkels weiter. Die A. tibialis posterior zieht um den Malleolus medialis auf die Plantarseite des Fußes. Vorher gibt sie wiederum selbst unter anderem die A. fibularis (peronea) ab, welche um den Malleolus lateralis auf die Plantarseite des Fußes zieht. [60]

Die ersten den Talus versorgenden Arterien sind die einzelnen Rami calcanei der A. tibialis posterior. Diese bilden eine Anastomose mit einzelnen Ästen der A. fibularis am dorsalen Rand des Talus und versorgen das Tuberculum mediale und laterale. [47]

Zudem gibt die A. tibialis posterior noch die A. canalis tarsi ab, die in den Canalis tarsi von medial zieht und eine Anastomose, mit der von lateral in den Sinus tarsi einziehenden A. sinus tarsi aus dem Ramus perforans der A. fibularis bildet. [74] Damit versorgt die A. canalis tarsi den zentralen Anteil und 2/3 des lateralen Anteils des Taluskörpers. Einzelne Abgänge aus der A. canalis tarsi wie der Ramus deltoideus, der zwischen Anteilen des Ligamentum deltoideum zieht, versorgen das restliche Drittel. [51]

Abgänge der A. tibialis anterior, wie die A. tarsalis medialis und Aa. malleolares laterales, versorgen den mittleren Anteil des Taluskopfes und Talushalses auf der Fußrückenseite. [51] [47]

Der laterale Anteil wird entweder direkt aus der A. sinus tarsi, aus Abgängen der Anastomose zwischen A. sinus tarsi und der A. canalis tarsi oder von der A. tarsalis lateralis, einem Ast aus der A. dorsalis pedis, versorgt. [51]

Die intraossäre Blutversorgung des Taluskopfes erfolgt medial-superior über Abgänge der A. tibialis anterior und der A. dorsalis pedis, lateral-inferior über die A. sinus tarsi oder die A. tarsalis lateralis. [47]

Der Taluskörper wird intraossär über die ausgiebigen Anastomosen, welche die Arterien im Taluskanal bilden, sowie den einzelnen Anteilen des Ramus deltoideus versorgt. [47]

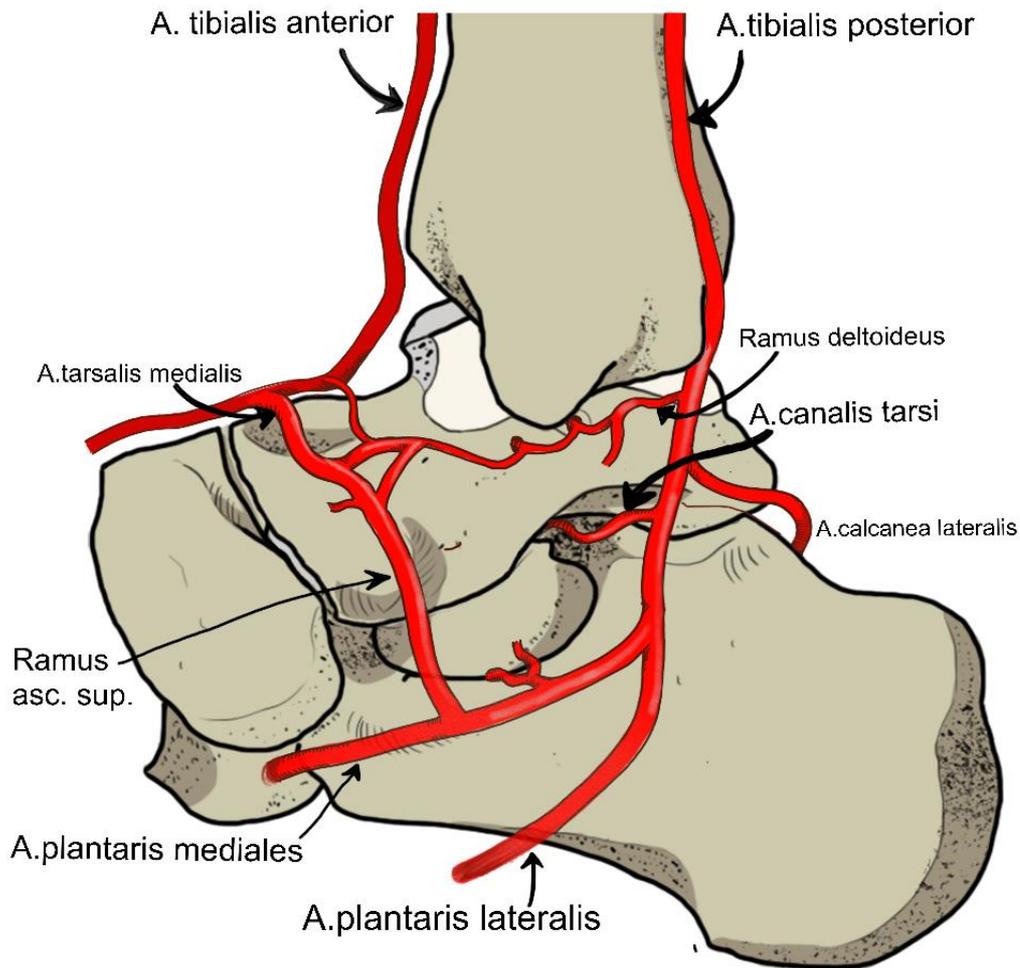


Abbildung 5: Darstellung der blutversorgenden Gefäße des Talus; Solmaz, M., 2020, Hamburg

1.3 Epidemiologie und Pathophysiologie

Die Frakturen des Talus gelten insgesamt als seltene Verletzung, so geben die meisten Arbeiten deren Häufigkeit mit gerade einmal 0,14-1,7% aller Skelettfrakturen [17, 22, 41, 53, 54, 56] und etwa 3-6% aller knöchernen Verletzungen des Fußskelettes an. [2, 22, 30, 56] 50% aller Talusfrakturen sind Frakturen des Talushalses. [2, 14] 5-10% sind Frakturen des Taluskopfes. [30] Zudem werden Talusfrakturen gerade aufgrund ihrer Seltenheit häufig auch übersehen oder die Therapieansätze fehlen. Fortin et al. beschreiben die Talusfraktur deshalb als „Neglected fracture“. [21]

Hauptsächlich entstehen Frakturen des Talus durch Unfälle, bei denen eine hohe axiale Kompressionskraft auf den Verunfallten und dessen Fuß wirkt. [2, 14] Wenn der Fuß sich nun in Dorsalextension befindet, wird der Druck von der distalen Tibia auf den Talushals weitergegeben, der Taluskörper wiederum wird

nach dorsal gegen den Calcaneus gedrückt. Dessen Sustentaculum tali agiert dabei als Hebelarm und führt zu einer Fraktur des Talushalses. [54]

Frakturen des Taluskörpers entstehen dagegen meist in Plantarflexion. [54]

Ursächlich sind insgesamt Stürze aus großer Höhe [16, 68] oder Hochrasanztraumata wie Motorrad- [24, 40, 67] und Autounfälle. [41, 68] Dementsprechend häufig sind Talusfrakturen vergesellschaftet mit anderen schweren Verletzungen im Rahmen von Polytraumata. [50] Dabei sind zu 86% weitere Frakturen vorhanden, insbesondere Frakturen der Malleoli mit 22%, des Femurs mit 12%, der thorakolumbalen Wirbelsäule mit 7% und des Calcaneus mit 4%. [41]

1.4 Diagnostik

Die Diagnostik der Talusfraktur besteht neben der ausführlichen (Unfall-) Anamnese insbesondere aus der körperlichen Untersuchung mit Kontrolle der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität.

Zudem wird in der modernen Diagnostik eine Röntgenaufnahme des OSG in zwei Ebenen von lateral und von anterior-posterior sowie eine Röntgenaufnahme des Fußes in dorsoplantar und dorsoplantar schräg empfohlen.

Eine sog. „Flake Fracture“, also eine Fraktur des Processus lateralis, kann durch eine Röntgenaufnahme des OSG in maximaler Plantarflexion diagnostiziert werden. [70]

Bei weiterhin unklaren oder schwereren Befunden sollte eine Computertomographie (CT) erfolgen. Dale et al. wiesen in ihrer Studie darauf hin, dass mittels CT eine suffiziente Diagnose in 93% der Fälle an Talusfrakturen gestellt werden konnte. Dagegen konnte im Vergleich bei nur 74% der gleichen Fälle mit Röntgenaufnahmen die Diagnose gesichert werden. Hier wurden insbesondere Kompressionsfrakturen des Taluskopfes übersehen.

Somit ist die CT als wichtige Diagnostikoption anzusehen und gilt insbesondere zur Therapieentscheidung mittlerweile als obligat. [10, 18]

Bei Sekundärschäden wie Arthrose oder Talusnekrose wird eine MRT empfohlen. [23]

1.5 Klassifikation der Talusfraktur

1.5.1 Klassifikation nach Hawkins

Wie weiter oben beschrieben wurde lange Zeit keine genaue Klassifikation von Talusfrakturen durchgeführt. Coltart beschrieb 1952 in seiner Arbeit unterschiedliche Frakturmorphologien und -typen, klassifizierte diese aber nicht genauer.

Hawkins führte eine der gebräuchlichsten und heute noch meist verwendeten Klassifikationen mit seiner Arbeit schließlich 1970 ein. Dabei beschrieb er 57 vertikale Talushalsfrakturen von insgesamt 55 Patienten. [28]

Ähnlich wie H.G. Anderson in seiner Arbeit „Aviator's astragalus“ feststellte, erlitten alle 55 Patienten diese Verletzungen durch eine plötzliche, forcierte „Dorsalflexion“, also eine Dorsalextension des Fußes.

Hawkins' Arbeit beinhaltete dabei nur Verletzungen des Talushalses und keine Verletzungen des Taluskörpers sowie kompliziertere Frakturen wie Trümmerfrakturen des Talus, da er diese für zu problematisch hielt und deshalb eine Erfassung dieser den Umfang seiner Arbeit gesprengt hätte. [3]

Hawkins erkannte aber bei den Verletzungen des Talushalses, dass je nach Frakturmuster in Kombination mit der Verletzung der den Talus versorgenden Gefäße, sich eine Minderdurchblutung der einzelnen Talusanteile einstellen konnte, die schlussendlich zur sogenannten avaskulären Nekrose (AVN) führen kann. Wie häufig eine AVN bei Talusfraktur auftreten kann, war bis vor der Arbeit Hawkins' nicht bekannt bzw. beschrieben worden.

Hawkins unterteilte seine Patienten anhand von radiologischen Untersuchungen und den dort sichtbaren unterschiedlichen Frakturtypen in drei separate Gruppen und ordnete diesen die jeweiligen Frakturentypen, I-III, zu:

Typ I

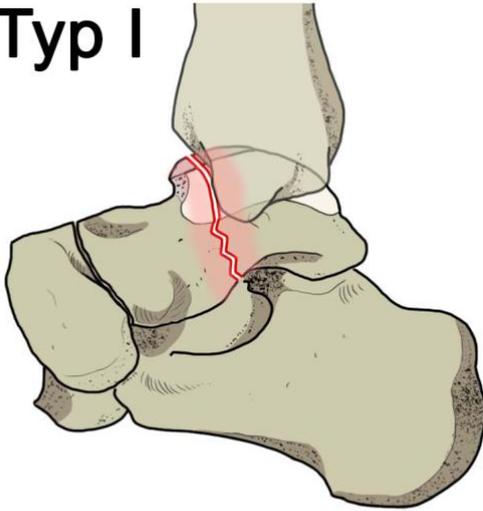


Abbildung 6: Hawkins Typ I mit zentraler Fraktur des Talushalses; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Typ I entspricht einer vertikalen, nicht bzw. kaum dislozierten Talushalsfraktur.

Hawkins beschrieb, dass maximal eines der drei den Talus versorgenden Gefäße verletzt ist. Posttraumatische AVN erkannte er in diesen Fällen nicht.

Typ II

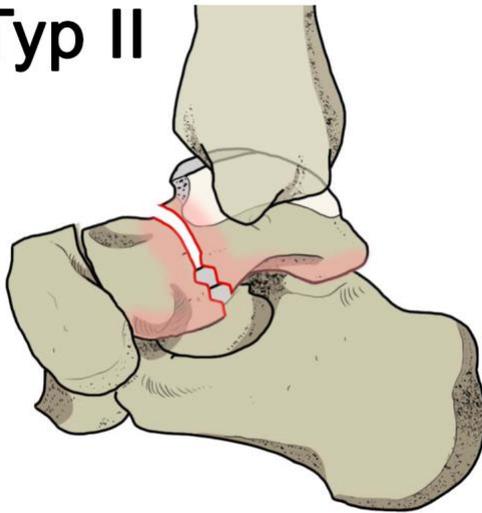


Abbildung 7: Hawkins Typ II mit zentraler Talushalsfraktur und beginnender Dislokation aus dem USG. Der Kontakt zum OSG besteht noch; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Typ II entspricht einer vertikalen, im USG dislozierten Talushalsfraktur.

Bei 10 der 24 Frakturen reichte die Fraktur jeweils sogar bis in den Taluskörper hinein und sorgte für eine Dislokation im posterioren

Anteil des USG. [3]

Trotz Reposition und Osteosynthese erlitten die Patienten der 24 Frakturen wiederum bei 10 Frakturen eine AVN (42%) und Hawkins hielt fest, dass mindestens zwei von drei Gefäßen des Talus verletzt sein mussten.

Typ III

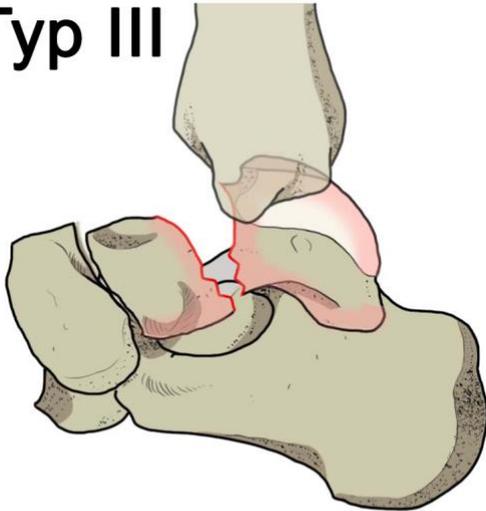


Abbildung 8: Hawkins Typ III mit zentraler Talushalsfraktur und Luxation des Talus aus dem Verbund von OSG und USG; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Typ III entspricht einer vertikalen, sowohl im USG als auch im OSG dislozierten Talushalsfraktur. Dabei wird der proximale Frakturanteil des Talus, also der Taluskörper, nach dorsal in Richtung bzw. über den

Calcaneus verschoben, zum Teil so weit, dass Hawkins beschrieb, wie der Taluskörper zwischen der Sehne des Musculus tibialis posterior und der Achilles-Sehne durchgedrückt wurde. Zudem bemerkte Hawkins bei diesem Frakturtyp eine Inzidenz an AVN von 91% und hielt fest, dass wahrscheinlich alle drei den Talus versorgenden Gefäße unterbrochen waren. [3]

Alle drei Frakturtypen haben gemeinsam, dass der Taluskopf noch im Verbund zum Os naviculare steht.

Canale und Kelly erweiterten 1978 mit ihrer Arbeit die Fraktуреinteilung noch um einen vierten Typ. [13]

Typ IV

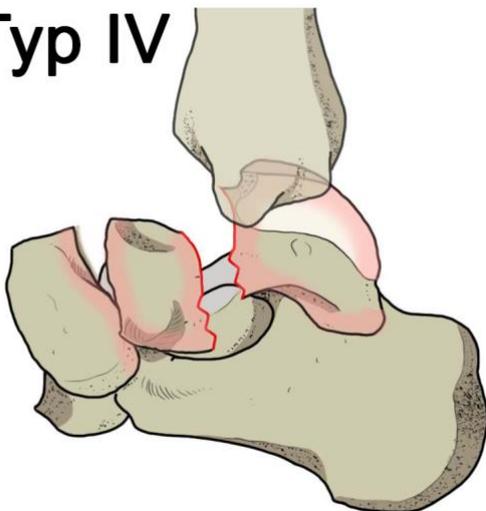


Abbildung 9: Hawkins IV mit zentraler Talushalsfraktur und Luxation aus OSG, USG und mit fehlendem Kontakt zum Os naviculare nach distal; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Typ IV entspricht dabei dem Typ III, jedoch mit einer zusätzlichen Dislokation im Talonavikulargelenk. Der Taluskopf steht hier also nicht mehr in Verbindung mit dem Os

naviculare.

Vallier et al. empfehlen in ihrer Studie von 2014 eine weitere Unterteilung des Hawkins Typ II in einen Typ IIa, welcher einer vertikalen, im USG subluxierten Talushalsfraktur entspricht, und einen Typ IIb, welcher einer vertikalen, im USG dislozierten Talushalsfraktur entspricht. Vallier et al. hielten damit fest, dass eine komplette Dislokation im USG ein Prädiktor für die Entwicklung einer Talusnekrose sein kann. So erlitt kein Einziger der Patienten (0%) mit einer Typ IIa-Fraktur eine Osteonekrose des Talus. Dagegen stellte sich bei 25% der Patienten mit einer Typ IIb-Fraktur eine Talusnekrose dar. [69]

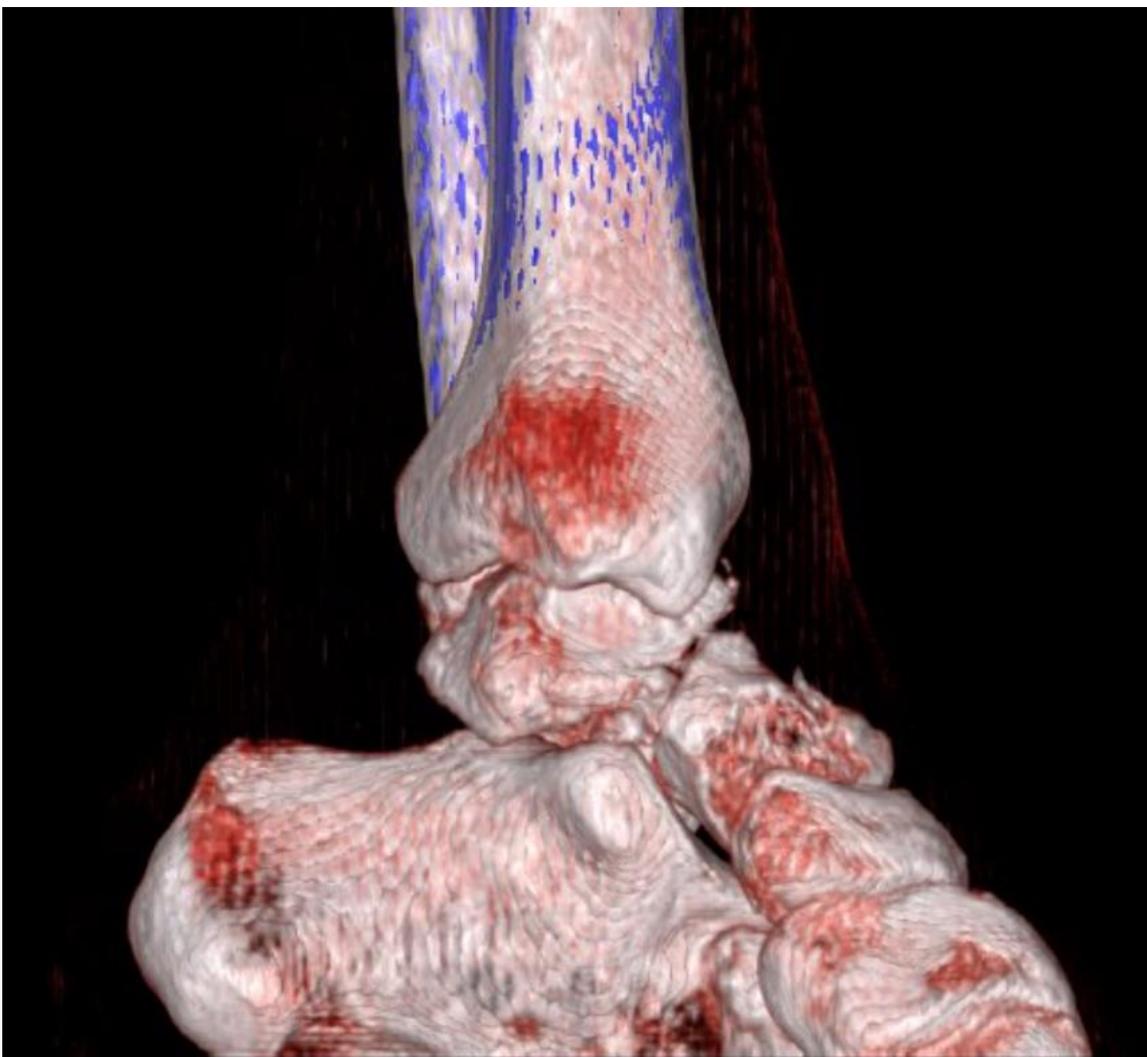


Abbildung 10: Geschlossene Talusfraktur vom Typ Hawkins II medial, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley)



Abbildung 11: Geschlossene Talusfraktur vom Typ Hawkins II schräg, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley)

1.5.2 Klassifikation nach Marti und Weber

Eine weitere gebräuchliche Einteilung von Talusfrakturen ist die Klassifikation nach Marti und Weber. [43]

Diese ist nicht nur speziell für Talushalsfrakturen, sondern für alle Talusfrakturen anwendbar. Bei dieser Klassifikation wird sowohl zwischen einer peripheren und zentralen Fraktur als auch dem Grad der Dislokation unterschieden.

Typ I



Abbildung 12: Marti und Weber I mit Frakturen der Talusperipherie. Der Kontakt zu OSG und USG besteht noch; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Als Typ I werden alle Frakturen im distalen Halsbereich sowie Taluskopf- und Fortsatzfrakturen klassifiziert.

Typ II

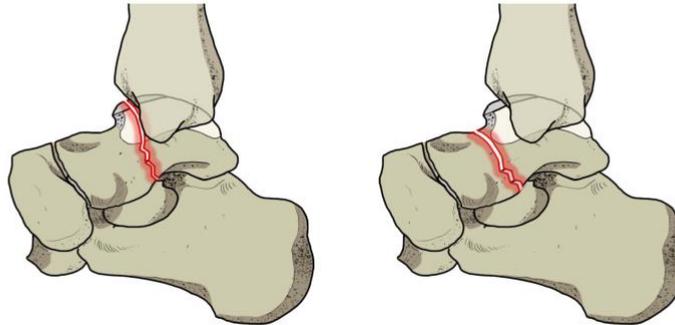


Abbildung 13: Marti und Weber II mit Frakturen im Taluskörper bzw. Talushals. Der Kontakt zu OSG und USG besteht noch; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Typ II entspricht einer undislozierten proximalen Talushals- oder Körperfraktur.

Typ III

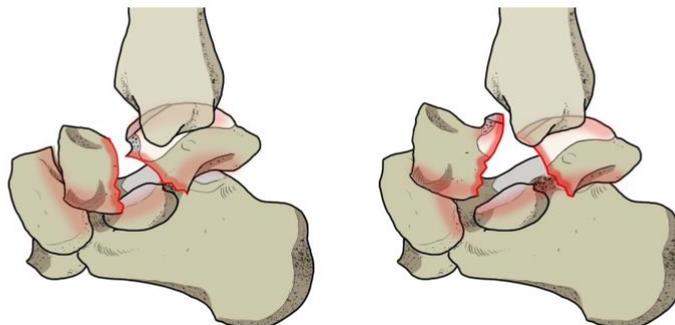


Abbildung 14: Marti und Weber III mit Frakturen im Talushals bzw. -körper und inkompletter bzw. kompletter Luxation dieser aus dem Verbund von OSG und USG; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Typ III entspricht einer dislozierten proximalen Talushals- oder Körperfraktur.

Typ IV

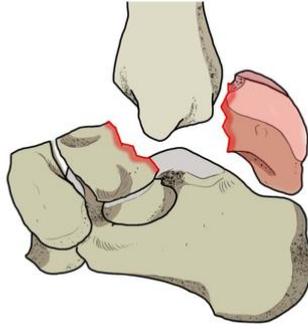


Abbildung 15: Marti und Weber IV mit Frakturen des Talushales und „Rausspringen“ des Corpus tali nach dorsal; Solmaz, M., 2018, Hamburg

Typ IV beschreibt eine proximale Talushalsfraktur mit zusätzlicher Luxation des Corpus tali aus der Malleolengabel. [53, 70]

1.5.3 Andere Klassifikationen

Spezielle Einteilungen bei Talusfrakturen betreffen die osteochondralen Talusschulterfrakturen nach Berndt und Harty sowie die Einteilung der Frakturen des Processus lateralis tali nach McCrory und Bladin. [8, 45]

1.6 Weichteilschäden

Offene Verletzungen sind in 20-30% aller Talusfrakturen vorhanden und gehen mit Weichteilverletzungen einher. [39, 41, 68, 69]

Aber selbst geschlossene Talusfrakturen bergen die Gefahr der Weichteilschäden, insbesondere dann, wenn es sich um Luxationsfrakturen handelt, die zu einem erhöhten Fragmentdruck von innen führen. [53]

Es wird auch darauf hingewiesen, dass geschlossene Repositionsversuche unterlassen werden sollten, da diese zu weiteren Knorpelverletzungen und Weichteilschädigungen führen und das Trauma noch verschlimmern können. [41]

Maher et. al beschrieben sogar, dass eine operative, definitive Versorgung einer Talusfraktur, die keine Luxationsfraktur ist, nicht unbedingt frühestmöglich

erfolgen muss, sondern erst nach Abwarten, um weitere Weichteilschäden durch zu früher Manipulation zu verhindern. [41]

Eine der gebräuchlichsten Einteilungen zur Einschätzung von Weichteilschäden bei geschlossenen Frakturen ist die Klassifikation nach Tscherne und Oestern. Hier werden die geschlossenen Frakturen in vier Grade unterteilt. [49]

Klassifikation geschlossener Frakturen nach Tscherne und Oestern	
Grad 0	Keine oder minimale Weichteilverletzungen. Einfache Frakturen durch indirekte Traumata.
Grad I	Oberflächliche Schürfung oder Kontusion durch Fragmentdruck von innen. Einfache bis mittelschwere Frakturen.
Grad II	Tief kontaminierte Schürfung und lokalisierte Haut- oder Muskelkontusion, drohendes Kompartement-Syndrom. Mittelschwere bis schwere Frakturen durch direkte Traumata.
Grad III	Ausgedehnte Hautkontusion, Hautquetschung, Zerstörung der Muskulatur oder subkutanes Décollement sowie dekompensiertes Kompartement-Syndrom und Verletzung eines Hauptgefäßes. Schwere Frakturen und Trümmerfrakturen.

Tabelle 1: Klassifikation geschlossener Frakturen nach Tscherne und Oestern



Abbildung 16: Geschlossene Fraktur im OSG, am ehesten Grad II nach Tscherne & Oestern entsprechend, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. med. R. Wagner)

Für die Einteilung der offenen Frakturen wird die Klassifikation nach Gustilo und Anderson genutzt. Bestandteile der Klassifikation sind die Größe der Wunde, der Grad der Kontamination und die Schäden am Knochen. [26, 63]

Klassifikation offener Frakturen nach Gustilo und Anderson	
Grad I	Frakturen mit Wunde <1cm, geringe oder fehlender Kontamination. Meist durch Perforationen der Haut von Knochenanteilen von innen nach außen.
Grad II	Frakturen mit Wunde >1cm und keinem bzw. geringem Weichteilschaden.

Grad IIIa	Offene Frakturen mit ausgedehntem Weichteilschaden & ggf. starker Kontamination. Die Fraktur wird aber noch von Weichteilgewebe bedeckt.
Grad IIIb	Wie IIIa, aber mit ausgedehntem Verlust des Weichteilgewebes, Periostablösung und frei liegendem Knochen. Zusätzlich sehr starke Kontamination
Grad IIIc	Jede offene Fraktur mit Verletzung einer Arterie, die eine Rekonstruktion benötigt, unabhängig vom Frakturtyp

Tabelle 2: Klassifikation offener Frakturen nach Gustilo und Anderson

1.7 Therapie der Talusfraktur

Nach der eingehenden Voruntersuchung mit Diagnostik und möglichst genauer Klassifikation des Frakturtypus erfolgt die Versorgung.

Dabei gilt es, insbesondere Spezialfälle wie Polytraumata, offene Frakturen und erhebliche Weichteiltraumata zu beachten, die einer gesonderten und gut geplanten Therapie bedürfen.

1.7.1 Zeitpunkt der Versorgung

Außer bei Talushalsfrakturen, die durch Röntgen bzw. CT bewiesenermaßen nicht disloziert sind, also höchstens einem Hawkins Typ I entsprechen, aber als Seltenheit gelten und konservativ mittels Gips für 6 Wochen versorgt werden können, wird bei den meisten dislozierten oder luxierten Talushalsfrakturen eine zeitnahe Reposition und Osteosynthese empfohlen, um das Risiko einer

potenziellen Talusnekrose durch Unterbrechung der Blutversorgung des Talus zu senken. [55, 56, 70]

Dabei ist das Nekroserisiko nicht abhängig vom Zeitpunkt der eigentlichen operativen Osteosynthese, sondern vom Grad der Dislokation und Zeitpunkt der Reposition. [67]

Es gilt somit, dass insbesondere dislozierte Frakturen des Talushalses und Taluskörpers so schnell wie möglich operiert und reponiert werden sollten.

Die weitere genaue operative Art der Versorgung ist hierbei abhängig von der Verfassung des Patienten, insbesondere bei Polytraumata, Infektionen oder ausgedehnten Weichteilschäden. [53]

1.7.2 Operative Versorgung

Als Art der Versorgung wird vielfach eine offene Reposition und interne Fixation (ORIF) empfohlen. [55, 67]

Der Zugangsweg (anteromedial, anterolateral, posterolateral oder posteromedial) wird nach genauer Lokalisation der Verletzung gewählt. So werden bei zentralen Frakturen am ehesten anteromediale oder anterolaterale Zugänge gewählt. Bei dorsalen Frakturen wird dementsprechend ein posteriorer, am ehesten posterolateralen Zugang, unter Schonung des tibialen Nerven-Gefäße-Anteiles sowie der M. flexor hallucis longus-Sehne gewählt. Bei komplett medialen Frakturen des dorsalen Taluskörpers wird ein posteriomedialer Zugang unter Schonung der Achillessehne gewählt. [53]

Hilfreich können des Weiteren kombinierte Zugänge sein. [12, 56, 70]

Sollten es die Weichteilverhältnisse erlauben, so erfolgt nach der Reposition eine definitive Osteosynthese mittels Kirschner-Drähten, resorbierbaren Stiften, Kleinfragmentschrauben oder Minifragmentplatten. [53]

Als Goldstandard gilt aktuell die Schraubenosteosynthese mit kanülierten Schrauben oder Spongiosazugschrauben, wodurch sich nachweislich eine deutliche Senkung der posttraumatischen Arthroserate erreichen ließ. [56]

Zudem erfolgt eine in der Regel mindestens sechswöchige Ruhigstellung mittels Gipses oder Walker, dazu noch eine Teilbelastung von 20kg an Unterarmgehstützen für zehn bis zwölf Wochen. Die Erlaubnis zum Sport und schwerer körperliche Arbeit gibt es nach vier bis sechs Monaten [53, 56]

In Fällen mit schweren Weichteilschäden erfolgt die temporäre Anlage eines tibiometatarsalen Fixateur externe, bis eine definitive Osteosynthese möglich ist. [53]

Spezielle Schwierigkeiten bei der operativen Versorgung von Talusfrakturen sind sowohl die korrekte Ausrichtung der Gelenkfläche als auch das Vermeiden von Irritationen der am Talus vorbeilaufenden Sehnen durch eingebrachtes Osteosynthesematerial. Zur temporären Reposition der Fragmentstücke können Kirschner-Drähte und anschließend kanülierte Schrauben oder 2,5mm Kleinfragmentschrauben genutzt werden. [53]

Weitere Probleme bei der operativen Versorgung können die mangelhafte Reposition, fehlender Knochenaufbau oder Verletzung umliegender Strukturen sein. [53]

Bei fehlerhafter Reposition oder fehlender Knochendurchbauung nach Osteosynthese muss gegebenenfalls eine Revisionsoperation angestrebt werden. [52]



Abbildung 17: Operativ versorgte Talusfraktur mittels Schrauben und Kirschner-Drähten, prä- und postoperativ (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley)

1.8 Komplikationen

Neben den generellen Risiken an möglichen Komplikationen wie Blutungen, Ischämien umliegender Gewebe im Sinne von Drucknekrosen z.B. bei subtalare Luxationen, sowie Nervenschäden, Infektionen und Fehlstellungen, sind insbesondere die avaskuläre Nekrose und auch die Arthrose als wichtigste Komplikationen im Rahmen einer Talusfraktur zu nennen.

1.8.1 Avaskuläre Nekrose

Die avaskuläre Nekrose (AVN) beschreibt ein Absterben des Knochens durch mangelnde Durchblutung. Dies kann sowohl atraumatische als auch traumatische Gründe haben.

Insbesondere der Talus ist durch seine Morphologie und Gefäßversorgung nach Trauma stark gefährdet, eine avaskuläre Nekrose zu erleiden.

Hawkins stellte schon in seiner Arbeit von 1970 fest, dass die Gefahr der avaskulären Talusnekrose vom Ausmaß der Verletzung, Luxation und insbesondere durch die Anzahl der durchtrennten Gefäße, die den Talus mit Blut versorgen, abhängt. [28]

Diesen Zusammenhang gaben auch Gross et al. in ihrer Studie von 2016 an, so liegt das Risiko für eine Osteonekrose des Talus bei Hawkins I zwischen 0-13%, bei Hawkins II zwischen 20-50%, bei Hawkins III zwischen 75-100% und bei Hawkins IV bei 100%. [25]

Im Rahmen der AVN kann es zu einer radiologisch nachweisbaren Mehrsklerosierung des Taluskopfes, Deformitäten und sogar zum kompletten Kollaps des Gelenkes, sowie zur Knochenfragmentierung und in der Folge zum Teil zu schwersten Einschränkungen für den Patienten kommen.

Als diagnostischer Indikator für eine drohende AVN gilt das Fehlen eines sogenannten „Hawkins Signs“. Dies ist eine dünne, subchondral gelegene, im anterior-posterioren Röntgen hell aufleuchtende Linie bzw. Transparenzzunahme am Taluskopf, die ein Osteopenieareal am Knochen

darstellt, hervorgerufen durch vermehrte Resorption und Umbauarbeiten des Knochens. [28]

Dieses Zeichen gilt als Beweis für eine ausreichende Blutversorgung des Talus, ohne die eine vermehrte Knochenresorption nicht stattfinden würde und stellt sich zwischen der sechsten bis achten Woche nach Unfall ein. [64]

Ein Ausbleiben des Zeichens deutet auf eine drohende AVN hin. [51]

Tezval et al. geben die Sensitivität des „Hawkins Signs“ mit 100% und die Spezifität mit 57,7% an. [64]

1.8.2 Arthrose

Als weitere wichtige posttraumatische Komplikation bzw. Spätfolge gilt bei Talusfrakturen die sogenannte peritalare Arthrose.

Hierbei kommt es bedingt durch Frakturen im Gelenkbereich, AVN oder mangelhafter Reposition mit anschließender Fehlstellung des Fußgelenkes zu einem Gelenkverschleiß und einer Verschlechterung des Gangbildes.

Die Prävalenz der posttraumatischen Arthrose im Rahmen einer Talusfraktur wird in röntgenologischen Studien mit bis zu 54% angegeben. [68]

Eine Korrelation zwischen hoher Hawkins- bzw. Marti-Weber-Einteilung und dem erhöhten Risiko einer Arthrose ließ sich nachweisen. In 38% war zudem auch das subtalare Gelenk betroffen. [3, 68]

Veith et al. geben zudem in ihrer Studie von 2017 an, dass freie intraartikuläre Fragmente, residuale Dislokationen und varische Fehlstellungen des Talus zu vermeiden sind, um das Arthroserisiko zu senken. [70]

1.9 Fragestellung

Die folgende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob es nach der operativen Versorgung von Talusfrakturen zu einer signifikanten Veränderung des Gangbildes kommt. Dafür wurden die postoperativen Ergebnisse in der subjektiven Beschreibung der Patienten selbst und die Funktion des Fußes mittels der Pedobarographie erfasst.

Wir gingen dabei davon aus, dass sich Veränderungen im Gangbild unter anderem pedobarographisch nachweisen lassen würden.

2 Material, Methoden und Patienten

Die vorliegende Studie wurde als konsekutive, retrospektive single-center-Studie an der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsklinik Würzburg durchgeführt.

Für die Studie wurden sämtliche Patienten mit Fraktur des Talus eingeschlossen, im Alter von > 17 Jahren, die im Zeitraum von 01/2007 bis 12/2015 (\cong 9 Jahren \cong 10 Talusfrakturen / Jahr) in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsklinik Würzburg operativ behandelt wurden.

Die hiesige Ethikkommission hatte dem Antrag zugestimmt und keine Bedenken geäußert. Die Studie folgte den Grundsätzen der Deklaration von Helsinki.

2.1 Patientenkollektiv

Im genannten Zeitraum wurden an der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsklinik Würzburg 91 Patienten mit Fraktur des Talus operativ versorgt (n = 91 gesamt).

Als Einschlusskriterien galten im Uniklinikum Würzburg operativ versorgte Patienten im Alter von > 17 Jahren, welche die Talusfraktur als alleinige Verletzung auf nur einer Seite (linker oder rechter Fuß) besaßen, keine das Gangbild beeinträchtigenden weiteren Verletzungen auf der verunfallten Seite hatten sowie keine zusätzlichen psychiatrischen Erkrankungen aufwiesen, um die Studienergebnisse nicht zu verfälschen.

25 von 91 Patienten erfüllten diese genannten Kriterien und wurden für die Studie kontaktiert. Dabei wurden die Patienten zuerst jeweils per Brief angeschrieben und nach einer Bedenkzeit von etwa einer Woche telefonisch kontaktiert.

20 von 25 Patienten sagten zu, an der geplanten Studie teilzunehmen. Dies entspricht einer Follow-Up-Quote von 80%.

Die Absagegründe waren unterschiedlich. Ein Patient lehnte die Teilnahme aufgrund zu weiter Fahrtstrecke nach Würzburg ab, ein Patient war nicht an der

Studie interessiert, ein Patient war unbekannt verzogen, zwei weitere Patienten sagten zuerst zu, erschienen aber nicht zum vereinbarten Termin und waren auch danach trotz mehrmaliger Versuche telefonisch leider nicht mehr zu erreichen.

Der Zeitraum, der zwischen Unfall und klinischer Nachuntersuchung verging, war im Mittel 252 Wochen (63 Monate) bei einem Minimum von 79 Wochen (20 Monate) und einem Maximum von 487 Wochen (122 Monate).

2.2 Datenerhebung und Untersuchungen

2.2.1 Datenerhebung

Die Erfassung der Patienten für die vorliegende Studie erfolgte über das klinikinterne SAP-System des Uniklinikums Würzburg.

Dabei wurden die Patienten mit operativ versorgter Talusfraktur als Diagnose aufgenommen und weitere Angaben wie Alter, Geschlecht, Frakturklassifikation, Zusatzverletzungen, Komplikationen, OP-Art/-Dauer, Aufenthaltszeiten und Unfalldaten erfasst.

Die Patienten, die den oben genannten Kriterien entsprachen, wurden über die angegebenen Kontaktdaten angeschrieben und angerufen.

2.2.2 Untersuchungen

Zuerst wurde in einer persönlichen Anamnese die Unfallgeschichte der Patienten aufgenommen. Dabei wurden die Patienten nach Unfallhergang, Komplikationen, Nachbehandlung, Beruf, Beeinträchtigungen, Größe und Gewicht sowie ihrer momentanen seelischen und körperlichen Verfassung befragt.

Danach wurden die Füße der Patienten im Seitenvergleich untersucht, auf Narben, Fußstellung, sichtbare Umfangsdifferenzen, Weichteilverhältnisse, Verfärbung oder Ähnliches geachtet, die Durchblutung, Sensibilität und Motorik geprüft, der Umfang von Fußgelenk und Fußrücken in Zentimetern gemessen und die Beweglichkeit im oberen und unteren Sprunggelenk mittels Goniometer

in Grad gemessen und dokumentiert. Hierbei wurde die Neutral-Null-Methode genutzt und die Beweglichkeit zudem als ROM (Range of Motion) festgehalten. Die Inspektion und Vermessung erfolgten für beide Seiten.

2.2.3 Fragebögen

Für die Befragung der Patienten wurden die standardisierten Fragebögen AOFAS Ankle-Hindfoot Scale, Maryland Foot Score (MFS) und Visual Analog Skala (VAS) genutzt. Die Patienten wurden angehalten, möglichst genau ihre Situation und ihr Befinden anhand der Fragebögen darzustellen.

2.2.3.1 AOFAS Ankle-Hindfoot Scale

Die AOFAS Ankle-Hindfoot Scale wurde von der American Orthopaedic Foot and Ankle Society durch Kitaoka et al. entwickelt [1, 38] und vergibt insgesamt 100 Punkte. Dabei lässt sich der Score in drei Hauptkategorien unterteilen: „Schmerz“, mit insgesamt 40 Punkten, „Funktion“ mit 50 Punkten und „Alignement“, im Deutschen mit Anordnung bzw. Ausrichtung übersetzt, mit 10 Punkten.

AOFAS Ankle-Hindfoot Scale	
Schmerz	50 Punkte
Funktion	40 Punkte
Alignement	10 Punkte
Gesamt	100 Punkte

Tabelle 3: AOFAS Ankle-Hindfoot Scale [1]

Die Unterkategorien „Schmerz“ und „Funktion“ soll der Patient eigenständig beschreiben bzw. ankreuzen. Die Kategorie „Alignement“ wird vom Untersuchenden bewertet und angegeben.

Bei „Schmerz“ wird der Patient nach der momentanen Intensität und Frequenz des Schmerzes des verunfallten Fußes gefragt. Dort entsprechen 50 Punkte „keinen Schmerzen“ und 0 Punkte „starken, fast ständig auftretenden Schmerzen“.

Unter dem Punkt „Funktion“ soll der Patient Auskunft geben über die Einschränkungen von Aktivitäten des täglichen Lebens wie auch Freizeitaktivitäten, die jeweilige maximale Gehstrecke, für sich selbst bemerkbare Gangbildstörungen, die Sicherheit beim Gehen auf unterschiedlichen Oberflächen, die Beweglichkeit des Fußes in OSG und USG insgesamt sowie dessen Stabilität.

Für die Kategorie „Alignement“ gibt der Untersuchende an, inwiefern der Patient ein „Sohlenfußgänger“ oder ein „Nicht-Sohlenfußgänger“ ist und wie gut sich die Rückfußachse des OSG darstellt.

Die Punktevergabe bei der AOFAS Ankle-Hindfoot Scale erfolgt danach, wie stark der Patient von Schmerz oder anderen Einschränkungen betroffen ist. Je niedriger der Score, umso schlechter empfindet oder beschreibt der Patient seine momentane Situation.

2.2.3.2 Maryland Foot Score (MFS)

Der Maryland Foot Score (MFS) überschneidet sich teilweise mit den Fragen der AOFAS Ankle-Hindfoot Scale, erweitert aber insgesamt noch den Fragenbereich. Hier sind ebenfalls von 0-100 Punkte zu erreichen und 100 gelten als bestmögliches Ergebnis.

Entwickelt wurde der Maryland Foot Score von Sanders, R., et al. [58]. Hierbei gibt es zwei Hauptkategorien: Schmerz und Funktion.

Unter der Kategorie Schmerz werden bis zu 45 Punkte vergeben, wobei insgesamt nach Intensität, sowie Einschränkung bei Aktivitäten des täglichen Lebens als auch Einschränkungen im Beruf gefragt wird. Auch dort gilt wie für die AOFAS Ankle-Hindfoot Scale, dass die höchste Punktzahl „keine Schmerzen“ bedeutet und umgekehrt die Mindestpunktzahl von 5 Punkte als stärkste, komplett einschränkende Schmerzen gelten.

Unter Funktion wird in Unterkategorien die Gehdistanz, Stabilität beim Gehen, der Gebrauch von Hilfsmitteln wie Stock oder Krücken, unterschiedliche Schuhtypen, Hinken, Probleme beim Benutzen von Treppen oder beim Gehen auf unebenem Terrain, das Aussehen bzw. Deformitäten sowie die Bewegungsmöglichkeit des Fußes erfragt. Dort sind insgesamt 55 Punkte zu erzielen.

2.2.3.3 Visual Analog Skala (VAS)

Danach wurde die Visual Analog Skala (VAS) für Fuß und Sprunggelenk durchgeführt. Dieser Bogen wurde von Richter, M., et al. [44] 2006 an der Klinik für Unfallchirurgie der medizinischen Hochschule Hannover entwickelt und mittels des SF-36 und des Hannover Questionnaire anhand der Daten von 121 gesunden Teilnehmern ohne Verletzungen der unteren Extremitäten validiert.

In einer Nachfolgestudie von Stuber, J., et al. [61] wurde die Visual Analog Skala (VAS) für Fuß und Sprunggelenk anhand der Ergebnisse von 414 nachuntersuchten Patienten mit Pathologien im Fuß und im Sprunggelenk (wie bspw. Hallux valgus, Mittelfußdeformitäten und Fußgelenksdeformitäten) auch für Patienten mit Fuß- und Sprunggelenkspathologien validiert.

Es zeigte sich, dass die Werte der einzelnen Unterbereiche sowie die jeweiligen Gesamtwerte zwar unterschiedlich zu oben genannter, gesunder Kontrollgruppe waren, in den einzelnen Patientengruppen untereinander aber nicht variierten.

Insgesamt besteht die Visual Analog Skala aus 20 Fragen, davon vier zu Schmerzen, 13 zu Funktionsstörungen und drei zu sonstigen Beschwerden.

Die VAS ist insgesamt denkbar einfach durchzuführen. Der Patient braucht keine Klartextantworten anzugeben bzw. Auswahloptionen anzukreuzen, sondern kann rein subjektiv auf einer Linie sein Kreuz machen.

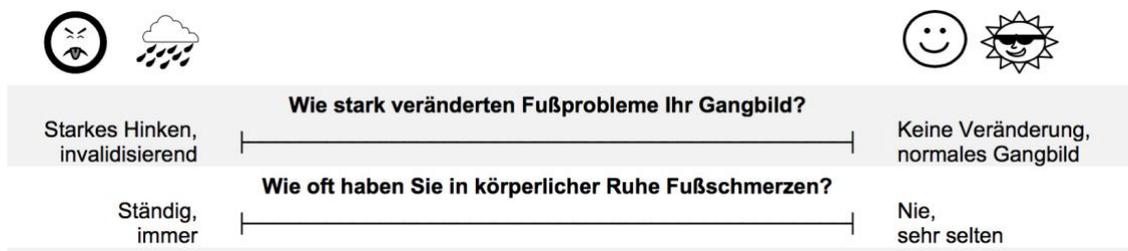


Abbildung 18: Darstellung der Visuellen Analogskala (Ausschnitt) [44]

Dabei gilt, dass die negativen Merkmale (Einschränkungen, Schmerzen etc.) auf der linken Seite stehen, verbildlicht durch den traurigen Smiley und die Regenwolke. Die positiven Merkmale stehen auf der rechten Seite, gekennzeichnet durch den glücklichen Smiley und die Sonne.

Die jeweils vom Patienten nach subjektivem Empfinden getätigten Kreuze können danach vom Untersucher mittels Schablone bzw. Lineal abgemessen und als Zahlenwert festgehalten werden. Dabei können sowohl für die Unterbereiche Schmerzen, Funktionsstörungen und sonstige Beschwerden Teilbereichswerte als auch ein Gesamtwert aus allen 20 Fragen gebildet werden.

Es können bei jeder Frage Werte von 0-100 erzielt werden. Wobei auch hier wieder 0 als schlechtester und 100 als bester Wert gelten. Insgesamt wären somit 2000 Punkte zu erzielen. Das Gesamtergebnis wird dann durch 20 bzw. durch so viele Fragen wie der Patient angekreuzt hat, dividiert und ein Endergebnis gebildet.

2.3 Pedobarographie

2.3.1 Technische Daten

Für die Pedobarographie wurde die „emed pedography platform c50“ der Firma Novel genutzt. Das System besteht dabei aus einer Plattform, die auf einer

Schaumstoff-Gehstrecke eingelassen ist und der emed/E-Software Version 23.3.51 für Windows XP.

Der Messanteil der Plattform ist 610 x 323 x 15.5 mm groß, besitzt ein Sensorareal von 395 x 240 mm sowie 3792 Sensoren mit einer Auflösung von 4 Sensoren/cm². Die Plattform arbeitet mit einer Frequenz von 50/60 Hertz und hat einen Druckbereich von 10-1270 kPa. Der Hersteller Novel gibt zudem die Genauigkeit mit $\pm 5\%$ an. [48]



Abbildung 19: Aufbau der Gehstrecke und Messplattform

2.3.2 Durchführung

Die Patienten führten zuerst barfuß oder mit dünnen Socken einige Probeläufe durch. Sie sollten sich dabei zunächst neben die Schaumstoffmatte auf Höhe der Messplattform stellen und von dort drei Schritte in normaler Schrittlänge und Gehgeschwindigkeit durchführen, um herauszufinden, welcher der jeweilige optimale Startpunkt wäre, um die Messplattform voll zu treffen.

Die Messungen wurden dynamisch durchgeführt, das heißt, im normalen Gehvorgang. Die Patienten wurden zudem angewiesen, nicht abzustoppen oder mit dem zu messenden Fuß nicht zu betont aufzutreten.

Sie sollten auch nicht nach unten schauen und sich nicht auf das zielgenaue Treffen der Messplattform konzentrieren. Stattdessen sollten sie sich einen Punkt in der Ferne suchen und auf diesen konzentrieren, um ein möglichst aussagekräftiges Gangbild festzuhalten.



Abbildung 20: Darstellung des korrekten Treffens des Messbereiches

Um weiter aussagekräftige Werte zu erhalten, wurden die Patienten gebeten, im Gehvorgang jeweils fünfmal mit dem rechten und fünfmal mit dem linken Fuß die Plattform zu treffen. Aus diesen jeweils fünf Durchläufen wurden vom Programm die Mittelwerte errechnet. Ansonsten hatte der Patient beliebig viele Versuche.

Stand der Patient zu lange auf der Messplattform, überschritt er die Ränder oder bei sonstigen Messfehlern wurde dies vom Programm als Fehlermeldung angegeben oder vom Studiendurchführenden bemerkt und der Patient gebeten, den Gehvorgang nochmal zu wiederholen.

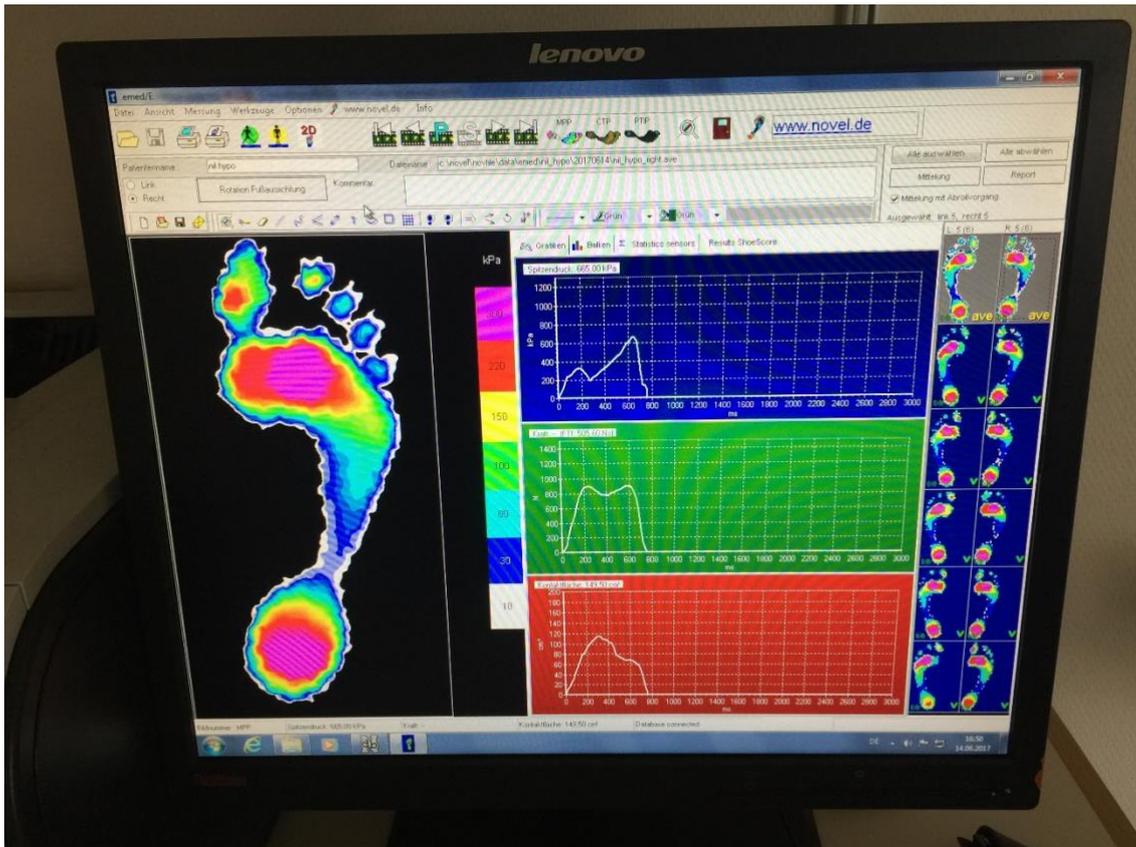


Abbildung 21: Ausgabe der Daten am PC, links ist der aktuell gewählte Fußabdruck eines rechten Fußes zu sehen, die Farbschattierungen gehen von rosa = 300 kPa über grün = 100 kPa bis zu blau-weiß = 30-10 kPa je nach Kraftaufwand wie hier im Bild ausgewählt, daneben

2.3.3 Erworbene Daten

Die Ergebnisse der Pedobarographie konnten sowohl graphisch als auch numerisch vom Programm als mht-Datei (MIME Encapsulation of Aggregate HTML Documents) ausgegeben und gespeichert werden.

Folgende Werte wurden jeweils für den linken und rechten Fuß erhoben:

- Kraftmaximum (N)
- Spitzendruck (kPa)
- Kontaktzeit (p) (%ROP)
- Kontaktfläche (cm²)

Zusätzlich konnten vom Programm die genauen Parameter der beiden Füße zweierlei dargestellt werden:

- Gesamtes Objekt
- Ferse
- Mittelfuß
- MFK1
- MFK2
- MFK3
- MFK4
- MFK5
- Großzehe
- zweite Zehe
- Zehen 3,4,5

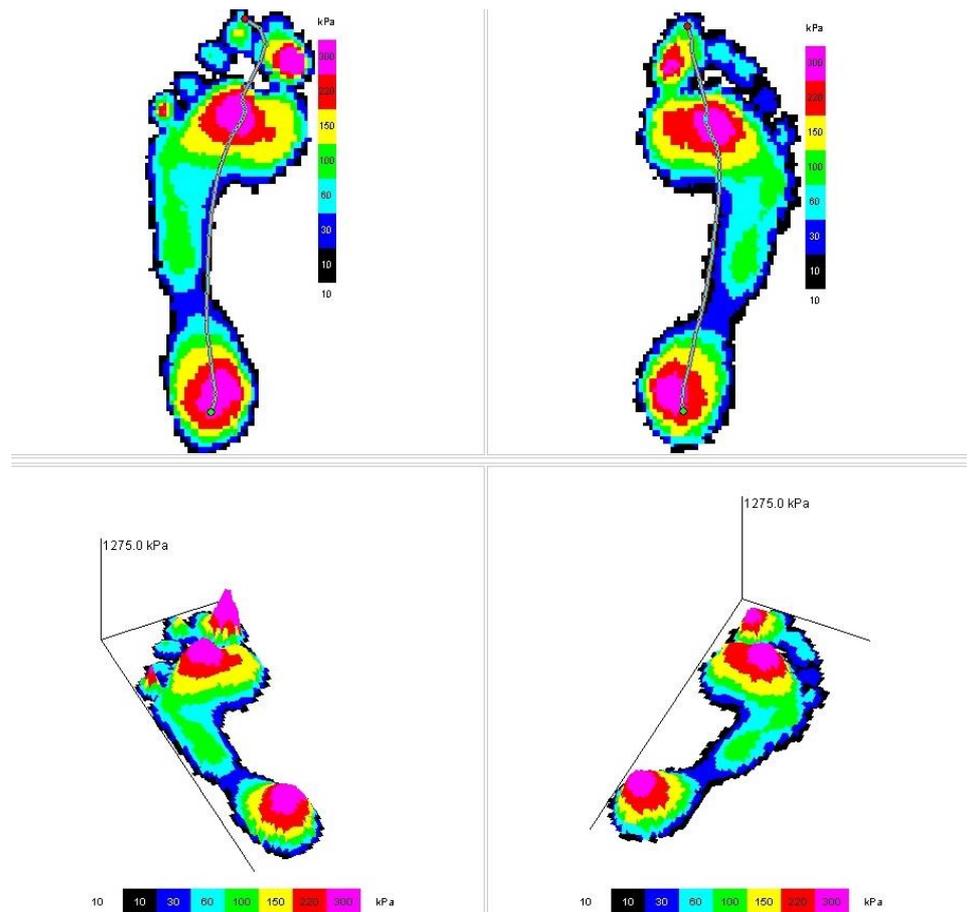


Abbildung 22: Graphische Ausgabe der Druckverhältnisse an einem Fußpaar als Beispiel

Zudem wurde noch der Hallux-Winkel in Grad, der Gewölbeindex, das gemittelte Maximaldruckbild, der gemittelte Abrollvorgang, das gemittelte Kontaktzeitbild, das gemittelte Druck-Zeit-Integral Bild sowie die Fußlänge in cm dargestellt.

Diese Daten wurden danach in eine Excel-Datei übertragen, sortiert und abgespeichert.

2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit IBM SPSS Statistics Version 23. Damit wurden zuerst deskriptive Statistiken erstellt (inklusive der Mittelwerte), Konfidenzintervallen und Standardabweichungen. Zur Prüfung auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test genutzt. Bei Normalverteilung wurden der T-Test für unabhängige und abhängige Stichproben sowie der One-Way-Anova (Einfaktorielle Varianzanalyse) genutzt.

Die Darstellung von Zusammenhängen erfolgte bei Normalverteilung mit der Korrelation nach Pearson.

Insgesamt wurden Ergebnisse mit einem p von $< 0,05$ als statistisch signifikant gewertet. Zudem wurden Poweranalysen für die ermittelten Werte mittels des Programmes G*Power Version 3.1.9.2 unter MacOS Sierra durchgeführt. Die Grafiken wurden mittels SPSS, Microsoft Excel Version 16.18 oder GraphPad Prism 7 für Mac OS X erstellt.

2.5 Radiologische Untersuchung

Zur radiologischen Auswertung verwendeten wir die aktuellsten CT-Bilder, welche vom Patienten in unserer Datenbank vorhanden waren.

Röntgenstrahlungen für diese Studie wurden nicht extra appliziert.

Dabei wurde auf die knöcherne Konsolidierung der Frakturstelle, Achsenfehlstellungen sowie auf Anzeichen von Arthrose in den betroffenen Gelenken um den Talus (Art. Talonavicular, Art. Tibiotalare und Art. Subtalaris) geachtet.

Die Einschätzung des Arthrosegrades erfolgte mittels der radiologischen Klassifikation der Arthrose nach Kellgren und Lawrence von 1957. [36]

Kellgren und Lawrence unterscheiden darin 4 Stadien [19]:

Stadien der Arthrose nach Kellgren und Lawrence	
Stadium 1	Keine Gelenkspaltverschmälerung, keine Osteophyten, geringe subchondrale Sklerosierung
Stadium 2	Geringe Gelenkspaltverschmälerung, beginnende Osteophytenbildung, angedeutete Unregelmäßigkeit der Gelenkoberfläche
Stadium 3	Gelenkspaltverschmälerung, ausgeprägte Osteophytenbildung, deutliche Unregelmäßigkeit der Gelenkoberfläche

Stadium 4	Ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zur vollständigen Destruktion, Deformierung/Nekrose der Gelenkpartner
-----------	---

Tabelle 4: Stadien der Arthrose nach Kellgren und Lawrence

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

25 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien für die Studie. Von diesen erklärten sich 21 Patienten bereit, an der Studie teilzunehmen (\cong 84%). Diese hatten sich im Zeitraum von 2007-2015 einer operativen Therapie ihrer Talusfraktur an der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsklinik Würzburg unterzogen.

Ein Patient musste nachträglich aus der Studie ausgeschlossen werden, da sich erst am Tag der Untersuchung und geplanten Pedobarographie herausstellte, dass bereits eine Versteifung des zu untersuchenden Fußgelenkes in einem externen Krankenhaus vorgenommen wurde.

Insgesamt entspricht dies einer Follow-Up-Quote von 80% (20/25).

Die Studienteilnehmer waren zum Unfallzeitpunkt zwischen 19 und 54 Jahren alt (entsprechend einem Durchschnittsalter von 30,7 Jahren).

Der Zeitraum, der zwischen Unfall und klinischer Nachuntersuchung verging, war im Mittel 252 Wochen (\cong 63 Monate) bei einem Minimum von 79 Wochen (20 Monate) und einem Maximum von 487 Wochen (122 Monate).

Das Patientenkollektiv bestand aus 16 Männern und vier Frauen mit einer Krankenhausverweildauer von vier bis 32 Tagen, was einer durchschnittlichen Krankenhausverweildauer von 13,2 Tagen entspricht.

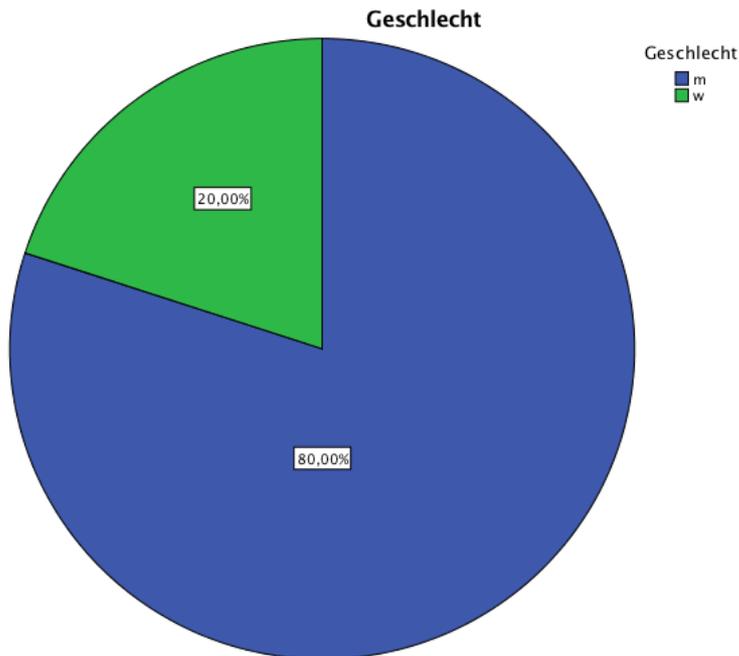


Abbildung 23: Geschlechterverteilung

Der Unfallhergang war zumeist bedingt durch Hochrasanztraumata wie Verkehrsunfälle mit PKW, Fahrrad und Motorrad/Quad sowie Stürze aus großen Höhen (>1m) wie Abstürze von Baugerüsten oder beim Paragliding.

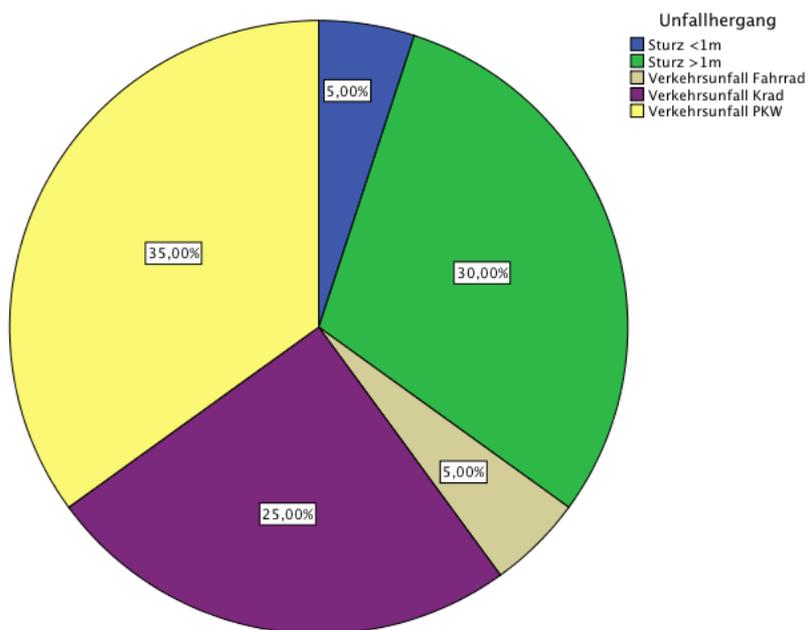


Abbildung 24: Unfallmechanismus

Zwei von 20 Patienten (entsprechend 10%) erfüllten nach ihren Unfällen die Kriterien des Polytraumas und wurden als dieses aufgenommen und versorgt. Beide Patienten erlitten die Verletzungen jeweils bei einem PKW-Unfall.

3.2 Frakturen

Die Frakturen wurden nach den Klassifikationen von Hawkins für Talushalsfrakturen (modifiziert nach Canale & Kelly) und von Marti & Weber für die Taluskörperfrakturen eingeteilt.

Insgesamt erlitten elf der 20 teilnehmenden Studienpatienten eine Talusfraktur nach Hawkins. Diese unterteilten sich in drei Frakturen vom Typ I, vier Frakturen vom Typ II, drei Frakturen vom Typ III und eine Fraktur vom Typ IV (in der Modifikation von Canale & Kelly).

Die restlichen neun Talusfrakturen konnten nach Marti & Weber eingeteilt werden. Sechs Frakturen wurden als Typ I eingeteilt und drei Frakturen als Typ II.

Alter	Geschlecht	Lokalisation	Klassifikation	Weichteilschaden	AOFAS	VAS	MFS
19	m	li	Marti u. Weber I	Grad I geschlossen	100	100	100
30	m	li	Hawkins III	Grad II geschlossen	32	40	64
45	m	li	Hawkins IV	Grad II geschlossen	62	68	65
28	w	re	Hawkins II	Grad I geschlossen	66	48	75
27	m	li	Hawkins I	Grad II geschlossen	67	60	74
54	m	li	Hawkins II	Grad I geschlossen	66	44	75
26	m	re	Marti u. Weber I	Grad II geschlossen	47	51	49
51	m	re	Hawkins III	Grad I geschlossen	43	48	67
43	m	re	Hawkins I	Grad II geschlossen	87	88	90
36	m	li	Marti u. Weber I	Grad I geschlossen	67	92	93
21	m	li	Marti u. Weber II	Grad II geschlossen	80	77	94
20	w	re	Marti u. Weber II	Grad I geschlossen	100	94	100
47	w	re	Marti u. Weber I	Grad I geschlossen	62	59	89
28	m	li	Hawkins III	Grad I geschlossen	17	20	59
53	m	li	Hawkins II	Grad II geschlossen	53	22	40
39	m	re	Marti u. Weber I	Grad I geschlossen	66	71	87
16	w	re	Hawkins II	Grad II geschlossen	85	84	98

26	m	re	Marti u. Weber I	Grad I geschlossen	54	54	75
35	m	re	Marti u. Weber I	Grad I geschlossen	88	76	87
22	m	li	Hawkins I	Grad II offen	81	69	90

Tabelle 5: Die teilnehmenden Patienten in der Übersicht

Von den 20 Frakturen waren 19 geschlossen und nur eine offen. Diese offene Fraktur wurde als Grad II nach Gustilo & Anderson eingeteilt und entsprach zudem einer Talushalsfraktur vom Typ Hawkins I. Dieser Patient musste sich des Weiteren einer operativen Revision sowie einer Lappenplastik unterziehen.

3.3 Weichteilschäden

Bei der Einschätzung der Weichteilschäden bei geschlossenen Frakturen wurden die Verletzungen von elf Patienten als Grad I in der Klassifikation nach Oestern (entsprechend 55%) und die Verletzungen von acht Patienten als Grad II (entsprechend 40%) beurteilt.

Eine Korrelation zwischen dem Grad des Weichteilschadens und dem Grad der Fraktur in der Klassifikation nach Hawkins nicht dargestellt werden.

3.4 Operation und Nachbehandlung

Die durchschnittliche Zeit bis zur OP betrug 4,75 Tage. Dabei wurden sechs Patienten noch am gleichen Tag operiert und der längste Zeitraum bis zur OP betrug 13 Tage.

18 Patienten wurden offen reponiert und mit interner Fixation (ORIF) [62] mittels Schraubenosteosynthese versorgt. Bei einem Patienten wurde zusätzlich eine 3-Loch-Platte zur Osteosynthese genutzt.

Ein einziger Patient erhielt keine Schrauben und wurde stattdessen mit zwei Ethipins des Knochen-Fixiersets der Firma Ethicon versorgt. Dieser Patient besaß eine osteochondrale Talusrandfraktur (n. Berndt und Hardy)

19 Patienten konnten primär einer definitiven osteosynthetischen Versorgung zugeführt werden, bei einem Patienten musste erst ein Fixateur externe

angebracht werden und die definitive Versorgung konnte erst nach Abschwellen des Weichteilgewebes durchgeführt werden.

Fünf der 20 Patienten mussten sich mindestens einer Revision unterziehen (Revisionsquote = 25%), z.B. musste bei einem Patienten eine Schraube gewechselt werden, da diese postoperativ gebrochen war. Ein weiterer Patient musste sich vier Revisionen unterziehen, inklusive zweier Spongiosaplastiken, da es bei ihm zu einer posttraumatische Talusnekrose und Chondromalazie kam. Ein Patient musste sich einer Lappenplastik unterziehen. Dieser Patient erlitt eine offene Hawkins-Typ I-Fraktur und Grad II nach Gustilo und Anderson.

Zwei Patienten konnten dagegen rein perkutan („GRIF“ bzw. „Geschlossene Reposition Interne Fixation“) mit je zwei Schrauben operativ versorgt werden. Dabei dauerten diese beiden Operationen 38 bzw. 52 Minuten und damit vergleichsweise kurz. Beide Patienten erlitten eine erstgradig-geschlossene Typ I-Fraktur nach Marti-Weber.

Der Mittelwert bei den Schnitt-Naht-Zeiten betrug knapp zwei Stunden (1h 58min), mit der kürzesten Operation von 38 Minuten Dauer und der längsten Operation mit einer Dauer von vier Stunden und 20 Minuten. Dieser Patient erlitt eine Hawkins-Typ III-Verletzung und war gleichzeitig polytraumatisiert.

Nach der operativen Versorgung durften 15 Patienten den verletzten Fuß mit 10-20 kg für 6-12 Wochen im Vacoped-Stiefel teilbelasten. Fünf Patienten mussten für 6-20 Wochen den verletzten Fuß komplett entlasten.

Vier von 20 Patienten (= 20%) gaben in der Befragung im Rahmen der Studie an, eine orthopädische Schuhversorgung nach ihrer Verletzung wahrgenommen zu haben. Neun von 20 Patienten (= 45%) trugen maßangefertigte Einlagen.

Die Patienten erhielten im Durchschnitt eine Arbeitsunfähigkeitsbescheinigung (AUF) für 8,25 Monate, mit einem Minimum von einem Monat und einem Maximum von 34 Monaten. Kein Patient wurde aufgrund seiner Verletzung berentet.

Die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus insgesamt betrug 13,2 Tage, mit einem Minimum von vier Tagen und einem Maximum von 32 Tagen.

Eine Korrelation zwischen der Schwere der Verletzung mit der Klassifikation nach Hawkins [28, 54] sowie der nach Marti & Weber [42, 54] und der Dauer des Krankenhausaufenthaltes konnte statistisch bei unserer Patientengruppe nicht nachgewiesen werden.

3.5 Bewegungsumfang

Der Bewegungsumfang der Patienten wurde sowohl für das obere Sprunggelenk (OSG) in der Extension und Flexion als auch für das untere Sprunggelenk (USG) in Pronation und Supination auf beiden Seiten in Grad mittels Goniometer vermessen, um Vergleichswerte zwischen der gesunden und der betroffenen Seite interindividuell aufzuzeichnen.

Zudem wurden die jeweiligen Bewegungen im OSG und USG als sogenannte Range of Motion (ROM) zusammengefasst.

Der Bewegungsumfang auf der verletzten Seite entsprach im OSG in der Flexion durchschnittlich $33^\circ \pm 14^\circ$, in der Extension $6^\circ \pm 4^\circ$.

Auf der gesunden Seite zeigten sich durchschnittliche Flexionswerte von $43^\circ \pm 12^\circ$ und Extensionswerte von $12^\circ \pm 4^\circ$.

Dies ergibt eine durchschnittliche ROM von $39^\circ \pm 14^\circ$ für das OSG der verletzten Seite und eine durchschnittliche ROM von $54^\circ \pm 13^\circ$ für die gesunde Seite.

Im USG ergaben sich auf der verletzten Seite Durchschnittswerte von $10^\circ \pm 7^\circ$ für die Supination und $4^\circ \pm 4^\circ$ für die Pronation.

Auf der gesunden Seite betragen die Werte in der Supination $19^\circ \pm 8^\circ$ und in der Pronation $9^\circ \pm 3^\circ$.

Somit ergibt sich eine durchschnittliche ROM von $14^\circ \pm 11^\circ$ für das USG der verletzten Seite und eine durchschnittliche ROM von $28^\circ \pm 10^\circ$ für das USG der gesunden Seite.

Es zeigt sich somit, dass auf der verletzten bzw. frakturierten Seite sowohl die Extensions- und Flexions-Bewegung im OSG des Fußes als auch die Pronations- und Supinations-Bewegung im USG im Vergleich zur gesunden, nicht frakturierten Seite zum Teil signifikant eingeschränkt sind bei einem p-Wert $<0,05$ im gepaarten T-Test.

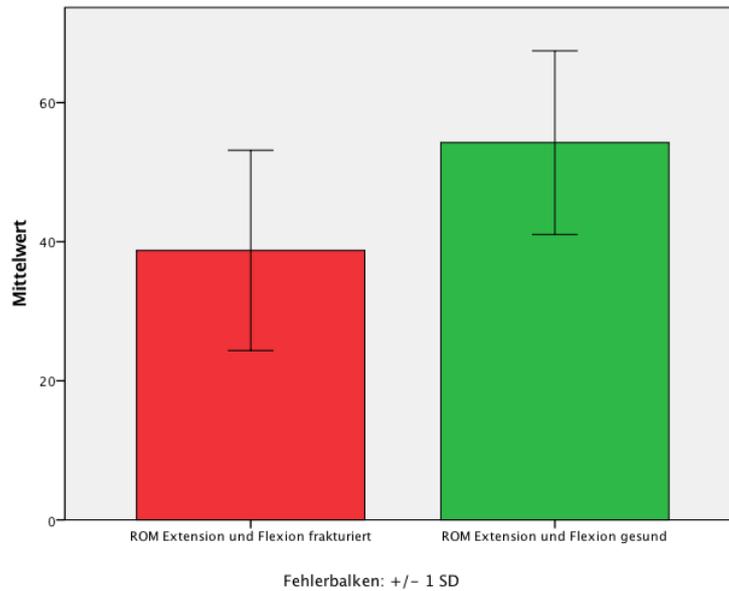


Abbildung 25: Darstellung der ROM in Extension und Flexion, $p < 0,05$ im gepaarten T-Test

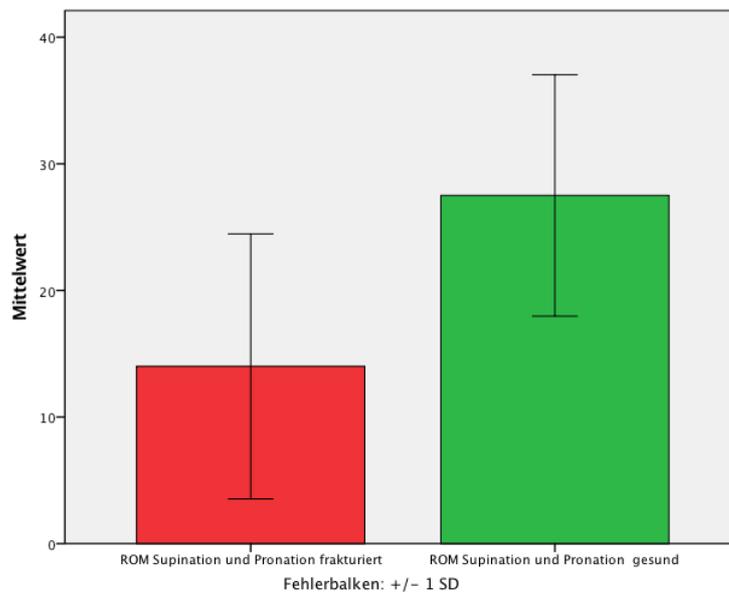


Abbildung 26: Darstellung der ROM in Supination und Pronation, $p < 0,05$ im gepaarten T-Test

3.6 Scores

3.6.1 AOFAS

Bei der AOFAS Ankle-Hindfoot Scale wurden Gesamtergebnisse von 17 bis 100 Punkten erreicht. Als Mittelwert wurden von den Patienten insgesamt $66,2 \pm 21,5$ Punkte erzielt. Rammelt et al. geben in ihrer Studie von 2013 mit 45 Talusfrakturen einen Durchschnittswert von 78,9 Punkten an. [53]

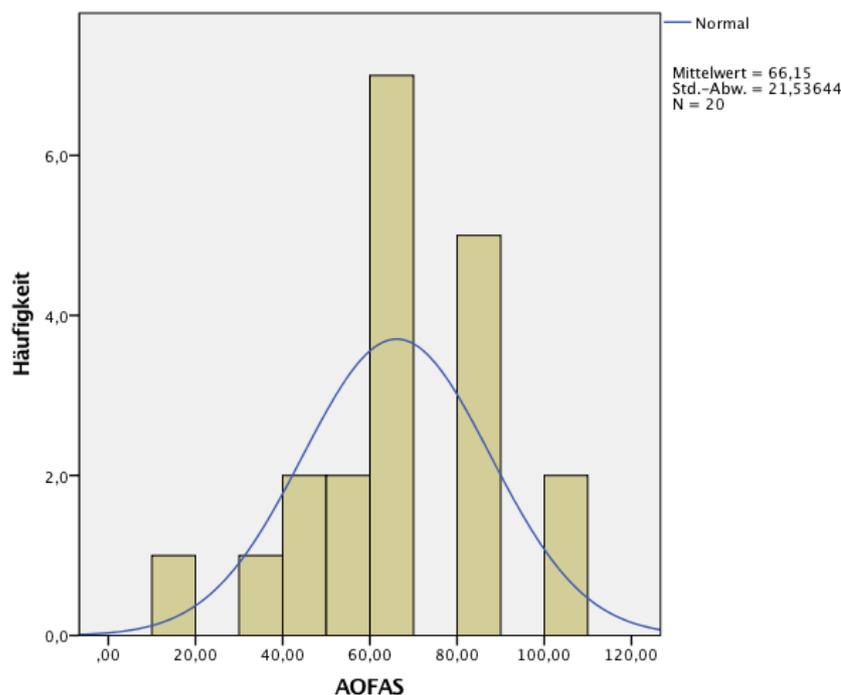


Abbildung 27: Darstellung der Gesamtpunktzahl inkl. Standardverteilung

Aufteilen ließ sich wie oben beschrieben der Score in die Untergruppen „Schmerz“ mit 40 Punkten, „Funktion“ mit 50 Punkten und „Alignment“ mit 10 Punkten.

In der Kategorie „Schmerz“ gaben zwei Patienten den stärksten vorstellbaren Schmerz in ihrem verunfallten Fuß bei Belastung an und erhalten damit null Punkte als schlechtmöglichstes Ergebnis. Beide Patienten erlitten eine Talushalsfraktur Typ III in der Hawkins-Klassifikation jeweils im Rahmen eines PKW-Unfalls. Zudem gaben beide Patienten an, bedingt durch die Schmerzen im Fuß mittlerweile in der Schmerzambulanz der anästhesiologischen Klinik der

Uniklinik Würzburg vorstellig geworden zu sein. Nur einer von beiden Patienten musste sich einer Revisions-OP unterziehen, ein CRPS war differenzialdiagnostisch bei diesem Patienten nicht bekannt.

Ein Patient gab an, überhaupt keine Schmerzen zu haben und erzielte somit als Einziger in dieser Kategorie die Maximalpunktzahl von 40 Punkten.

Ansonsten lag dort der Mittelwert bei 22 Punkten bei einer Standardabweichung von $\pm 10,05$ Punkten.

In der Kategorie „Funktion“, wo unter anderem die maximale Gehstrecke, das Laufen auf unebenem Untergrund sowie die Fußbeweglichkeit abgefragt werden, betrug der Mindestwert 17 und der Maximalwert 50. Der Maximalwert wurde auch hier wieder nur von einem Patienten erreicht. Dies war der gleiche Patient, der auch schon unter der Kategorie „Schmerz“ den Maximalwert erreichte.

Der Mittelwert betrug in der Kategorie „Funktion“ 35,95 Punkte bei erreichbaren 50 Punkten und einer Standardabweichung von $\pm 10,8$ Punkten.

In der Kategorie „Alignement“ bzw. „Fußausrichtung“ wurden von den Patienten Werte von 0,0 (Schlecht, kein „Sohlengängerfuß“, schwere Achsabweichung, Symptome) bis 10,0 (Gut, „Sohlengängerfuß“, OSG-Rückfußachse gut) erzielt. Die Maximalpunktzahl wurde hierbei von zehn der 20 Patienten erreicht, unter anderem auch von dem Patienten, der auch schon in den Kategorien „Funktion“ und „Schmerz“ die volle Punktzahl erzielte.

Der Mittelwert betrug in der Kategorie „Alignement“ 8,2 Punkte bei einer Standardabweichung von $\pm 2,97$ Punkten.

Der Patient, der aufgrund einer auswärts erfolgten USG-Versteifung aus der Studie ausgeschlossen wurde, erzielte bei dem AOFAS-Fragebogen insgesamt 39/100 Punkten.

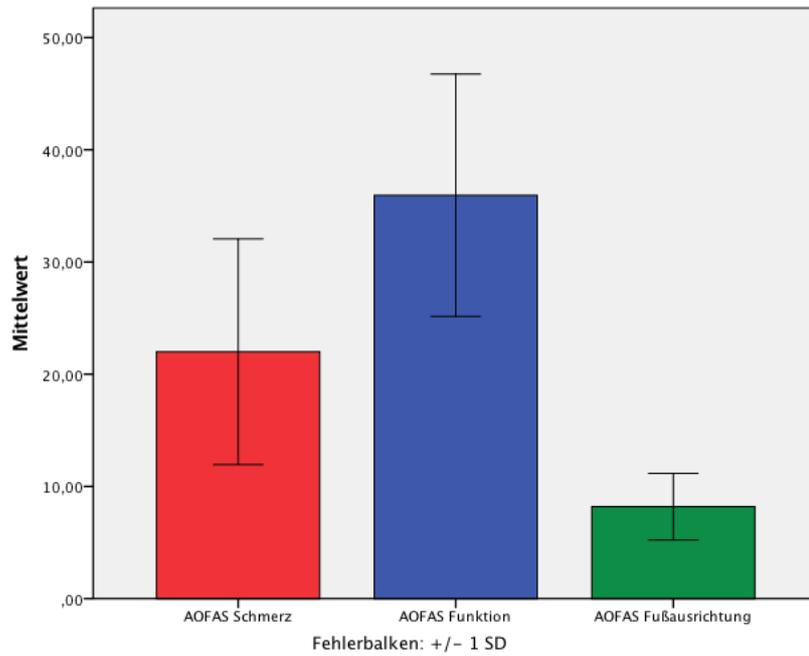


Abbildung 28: Darstellung der AOFAS-Kategorien

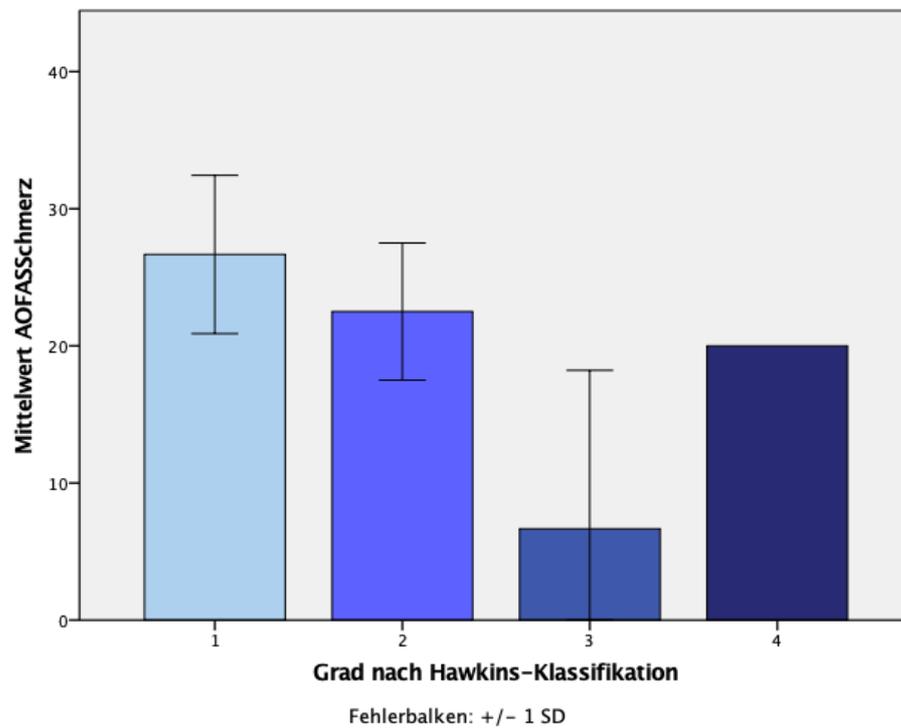


Abbildung 29: Darstellung der Schmerzkatgorie der AOFAS mit Hawkins-Klassifikation

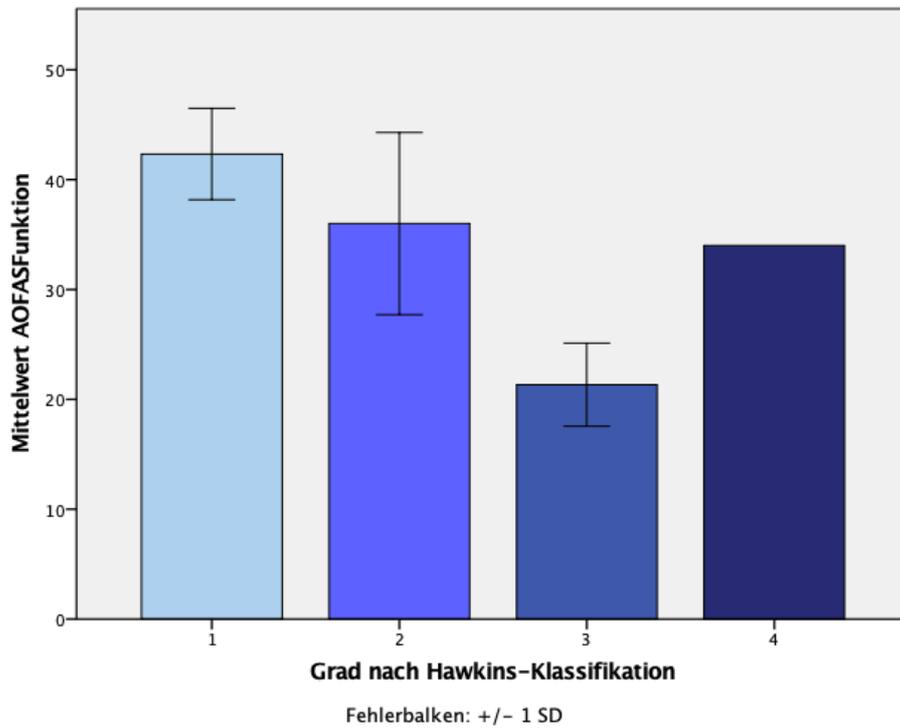


Abbildung 30: Darstellung der Funktionskategorie der AOFAS mit Hawkins-Klassifikation

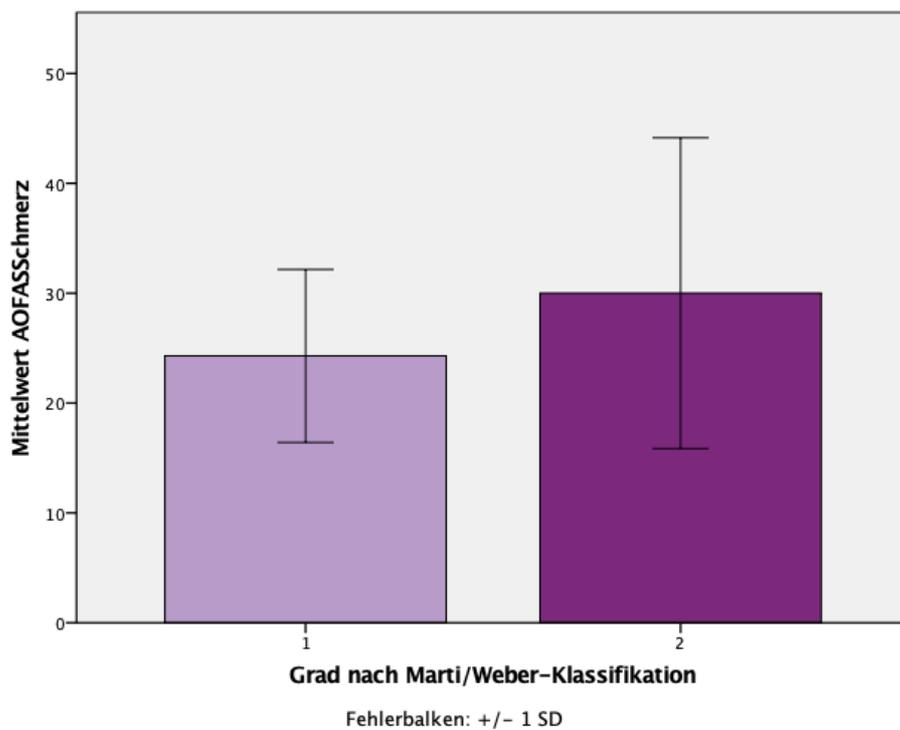


Abbildung 31: Darstellung der Schmerzkatgorie der AOFAS mit Marti und Weber-Klassifikation

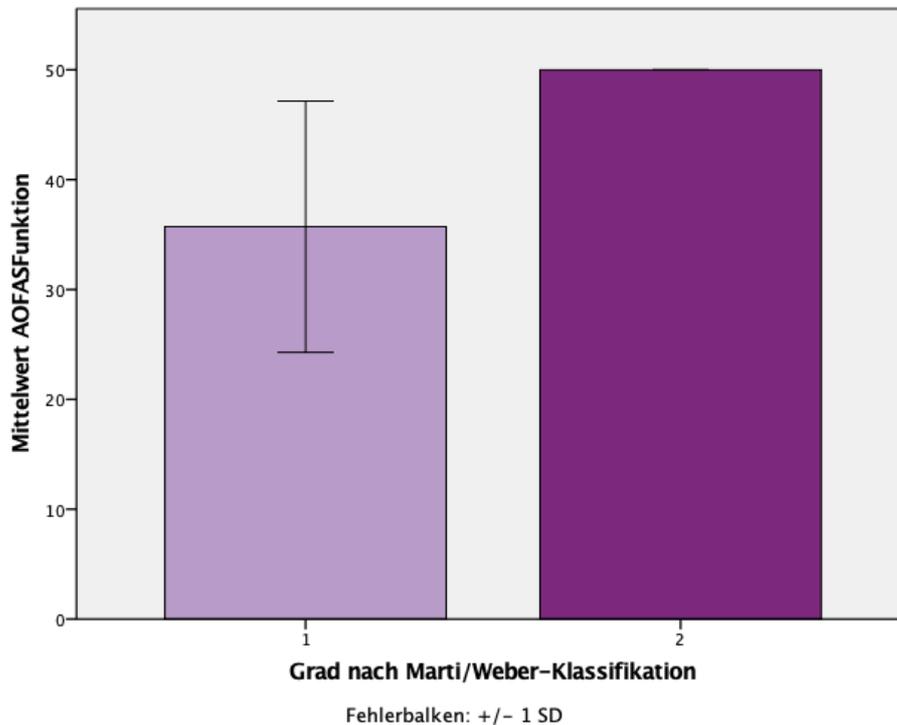


Abbildung 32: Darstellung der Funktionskategorie der AOFAS mit Marti und Weber-Klassifikation

3.6.2 VAS

Der Mittelwert der 20 Patienten betrug 63 Punkte \pm 23 Punkte. Die maximal erreichte Punktezahl waren volle 100 Punkte, die minimal angegebene Punktezahl betrug 20 Punkte.

Die jeweiligen Unterkategorien wurden auch für die jeweils angegebenen Bereiche Schmerz, Funktionsstörungen und sonstigen Beschwerden gemessen und dann wieder durch die jeweilige Anzahl an Fragen dividiert, so dass man auch hier wieder auf Werte von 0-100 Punkte („Sehr schlecht“ - „Bestens, sehr gut“), kommen konnte, um ausreichend repräsentative Bilder der einzelnen Bereiche darstellen zu können.

In der Kategorie Schmerz wurden von den Patienten Werte zwischen 12 bis 100 Punkte erreicht, bei einem Mittelwert von 53 Punkten und einer Standardabweichung \pm 26.

In der Kategorie Funktionsstörungen wurden von den Patienten Werte zwischen 19 bis 100 Punkte erreicht, bei einem Mittelwert von 64 Punkten und einer Standardabweichung ± 24 .

In der Kategorie der sonstigen Beschwerden wurden von den Patienten Werte zwischen 22 bis 100 Punkte erreicht, bei einem Mittelwert von 70 Punkten und einer Standardabweichung ± 22 .

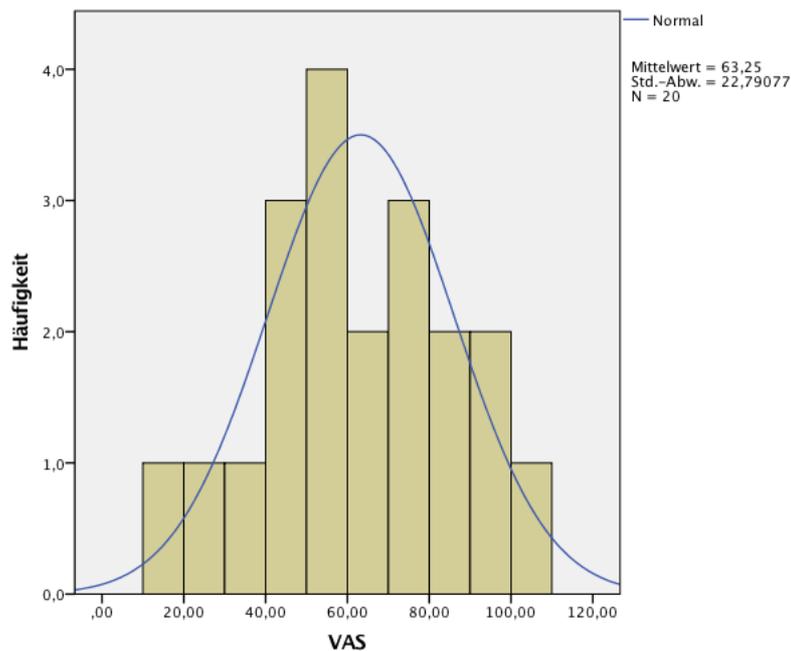


Abbildung 33: Darstellung der VAS-Gesamtpunktzahl inkl. Standardverteilung

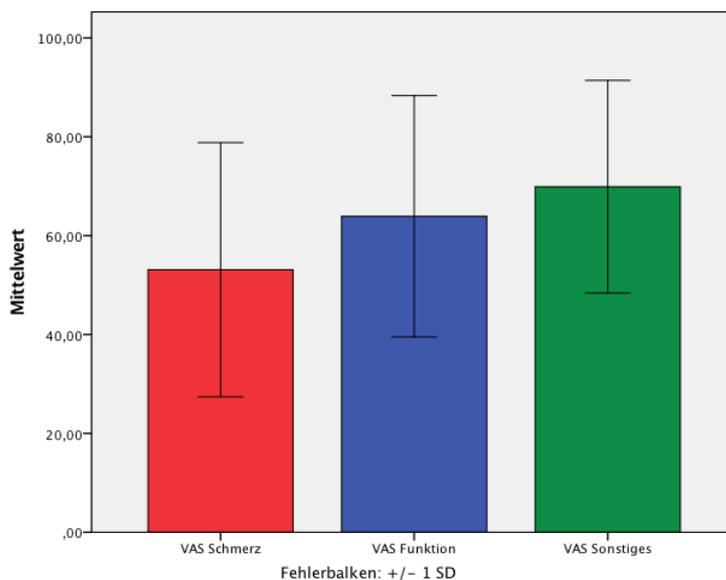


Abbildung 34: Darstellung der VAS-Kategorien

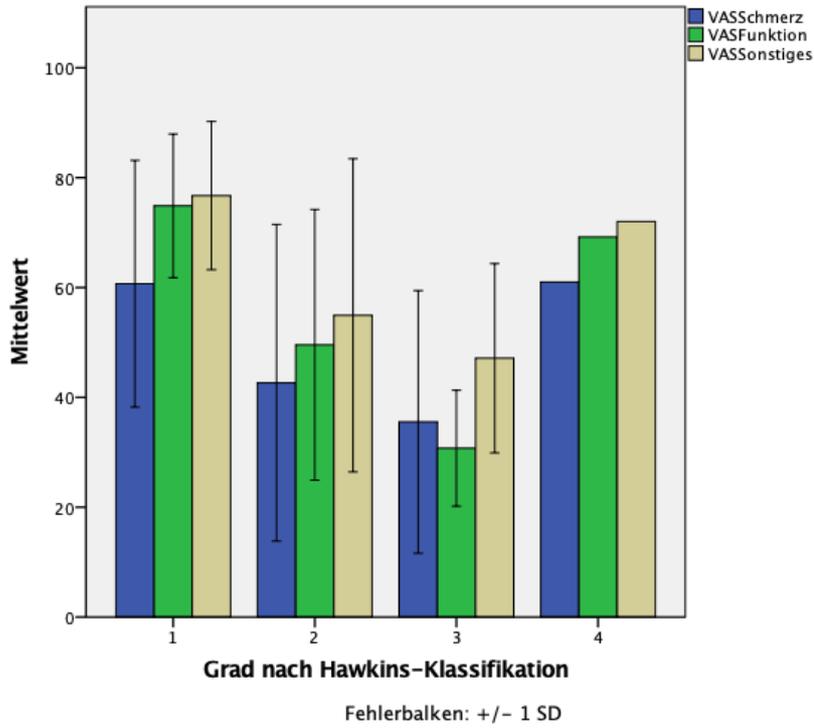


Abbildung 35: Darstellung der einzelnen VAS-Kategorien mit Hawkins-Klassifikation

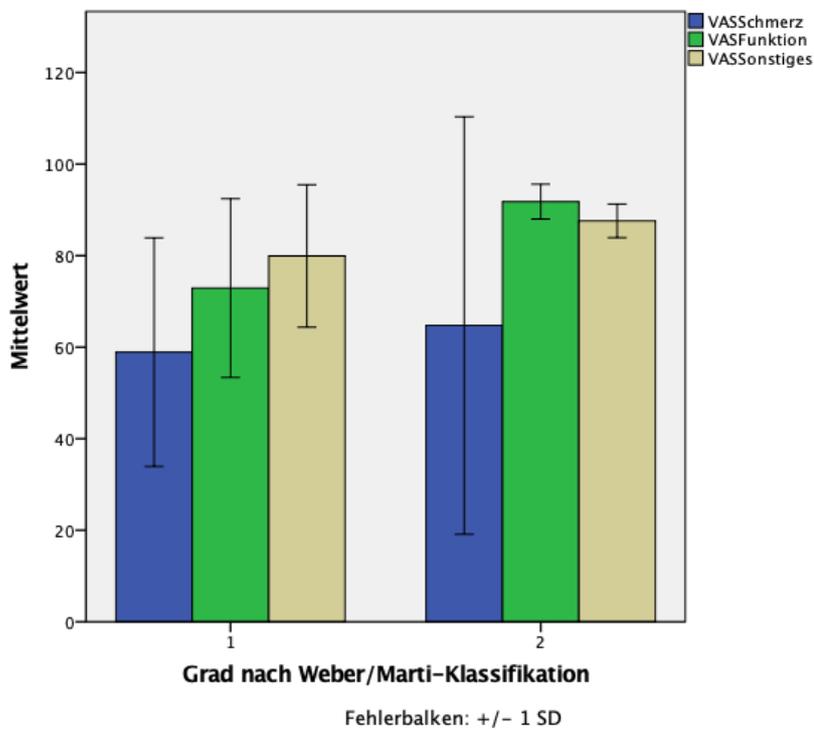


Abbildung 36: Darstellung der einzelnen VAS-Kategorien mit Marti und Weber-Klassifikation

Der Patient, der aufgrund einer auswärts erfolgten USG-Versteifung und somit verfälschenden Werten bei der Pedobarographie aus der Studie ausgeschlossen wurde, erzielte in dieser Befragung 30,6/100 Punkte.

Ansonsten zeigte sich auch in dieser Befragung erneut, dass der Patient, der den AOFAS-Fragebogen bereits mit Höchstpunktzahl abgeschlossen hatte, nun auch beim VAS die Höchstpunktzahl angegeben hatte.

Andererseits war auch der Patient mit dem niedrigsten AOFAS-Wert nun auch in der VAS-Befragung der Patient mit dem niedrigsten Punktwert.

3.6.3 MFS

Bei dem Maryland Foot Score (MFS) wurden wie auch bei der VAS diverse Themen abgefragt, u.a. Schmerzintensität und mögliche dadurch auftretende Einschränkungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens (eng. ADL), die mögliche Laufdistanz, Stabilität auf ebenen oder unebenen Untergründen, das Nutzen von Gehstöcken, Schuhen, sowie auch das Aussehen des Fußes.

Die Antworten wurden dabei unterschiedlich gewichtet, so dass bspw. bei den Schmerzen insgesamt 45 Punkte zu erreichen waren, bei der Laufdistanz zehn Punkte oder bei der Stabilität vier Punkte. Insgesamt konnten die Patienten als bestes Gesamtergebnis 100 Punkte erreichen. Die Mindestpunktzahl beträgt fünf Punkte.

Von den 20 befragten Patienten erreichten zwei (entsprechend 10%) den Maximalwert von 100 Punkten. Auch hier war wieder der Patient dabei, der die beiden vorherigen Tests mit jeweils voller Punktezahl beendete.

Der Minimalwert lag bei 40 Punkten. Der Mittelwert lag bei 79 Punkten mit einer Standardabweichung von ± 17 Punkten.

Zum Vergleich geben Rammelt et al. in ihrer Studie von 2013 mit 45 Talusfrakturen einen Durchschnittswert von 86,1 Punkten an. [53]

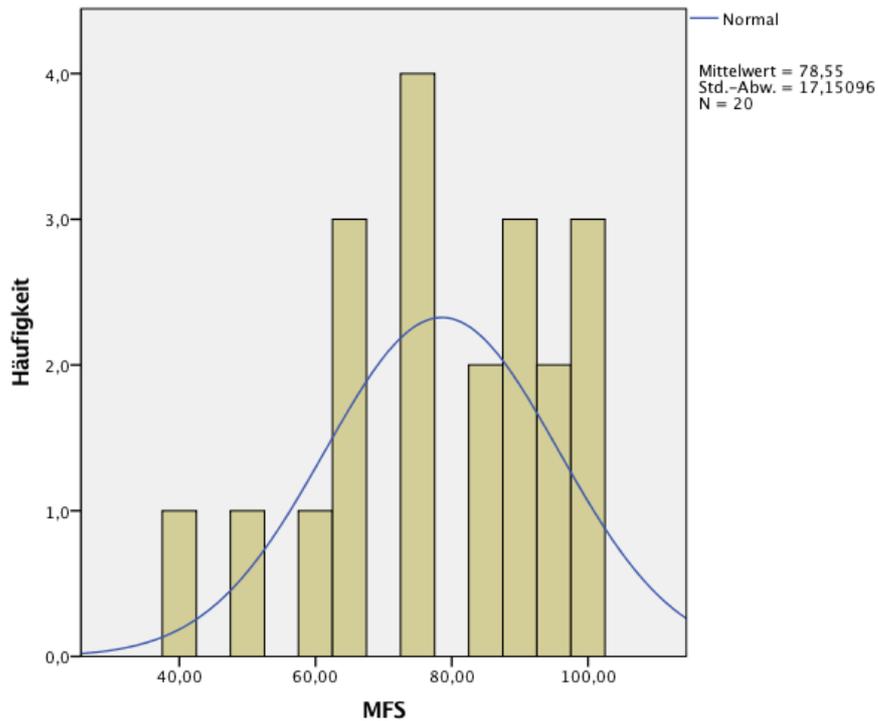


Abbildung 37: Darstellung der MFS-Gesamtpunktzahl inkl. Standardverteilung

3.6.4 Ergebnisse

Es zeigte sich nun in der SPSS-Analyse mittels des Korrelationskoeffizienten nach Pearson, dass die Verletzungen der Patienten insbesondere in den einzelnen Bewegungsumfängen, sowohl in der ROM von Supination und Pronation als auch der ROM von Flexion und Extension mit den Ergebnissen bei den einzelnen Befragungen signifikant korrelierten.

Korrelationen

		AOFAS	VAS	MFS	ROMExFlex#
AOFAS	Korrelation nach Pearson	1	,854**	,782**	,596**
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000	,006
	N	20	20	20	20
VAS	Korrelation nach Pearson	,854**	1	,859**	,574**
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,000	,008
	N	20	20	20	20
MFS	Korrelation nach Pearson	,782**	,859**	1	,625**
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000		,003
	N	20	20	20	20

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 6: Darstellung der Korrelation zwischen ROM von Flexion und Extension und Scores

Korrelationen

		AOFAS	VAS	MFS	ROMSupPro#
AOFAS	Korrelation nach Pearson	1	,854**	,782**	,701**
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000	,001
	N	20	20	20	20
VAS	Korrelation nach Pearson	,854**	1	,859**	,761**
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,000	,000
	N	20	20	20	20
MFS	Korrelation nach Pearson	,782**	,859**	1	,536*
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000		,015
	N	20	20	20	20

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 7: Darstellung der Korrelation zwischen ROM von Supination/Flexion und Scores

Es ließ sich nicht nachweisen, dass eine Korrelation zwischen der Zeit bis zur OP und einer Auswirkung auf die postoperativen Ergebnisse bestand.

Zudem bestand keine Korrelation zwischen der Schwere der Verletzung nach der Hawkins-Klassifikation und der Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

3.7 Pedobarographie

Insgesamt konnten 20 Patienten pedobarographisch untersucht werden. Ein Patient musste aufgrund der nicht bekannten Versteifung durch externe oder auswärts erfolgte operative Behandlung aus der Auswertung ausgeschlossen werden.

Bei der Kraft, dem Spitzendruck, der Kontaktzeit und der Kontaktfläche, welche die Patienten in den Füßen beim Laufen aufwenden konnten, zeigte sich insgesamt kein relevanter Unterschied zwischen frakturiertem und gesundem Fuß. Dabei wurden die Werte zuerst auf Normalverteilung getestet und danach mit dem T-Test für abhängige Stichproben verglichen. Dabei gab es keine statistisch belegbaren signifikanten Unterschiede wie die folgende Aufführung aufzeigt.

Die Frage dieser Arbeit, ob sich das Gangbild der Patienten nach operativ versorgter Talusfraktur verändert, lässt sich mit dieser Studie nicht abschließend

beurteilen, zeigt jedoch aktuell keinen Hinweis auf eine verursachte Veränderung des Gangbildes.

3.7.1 Kraft

So erbrachten die Messungen exemplarisch für die Kraft im gesamten Objekt auf der frakturierten Seite ein Minimum von 623 N, ein Maximum von 1302 N und damit einen Mittelwert von 1037 N mit einer Standardabweichung ± 167 N.

Für die Kraft im gesamten Objekt auf der gesunden Seite ergaben sich Werte von 628 N als Minimum und 1323 N als Maximum mit einem entsprechenden Mittelwert von 1058 N und einer Standardabweichung ± 175 N.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kraft Gesamtes Objekt (#)	20	623,3	1301,6	1037,3	166,6445
Kraft Ferse#	20	320,5	829,7	561,350	122,9544
Kraft Mittelfuß#	20	99,1	470,6	238,880	100,8841
Kraft MFK1#	20	66,2	429,4	199,030	92,1355
Kraft MFK2#	20	92,4	285,9	209,715	51,6237
Kraft MFK3#	20	130,8	282,2	208,455	47,8617
Kraft MFK4#	20	89,8	255,8	159,025	48,9266
Kraft MFK5#	20	29,8	164,6	85,145	38,0686
Kraft Großzehe#	20	,0	282,6	141,700	68,6693
Kraft zweite Zehe#	20	,0	88,4	32,310	25,1992
Kraft Zehen 3,4,5#	20	,0	108,3	34,370	27,1532
Kraft Gesamtes Objekt (gesund)	20	628,1	1322,8	1057,475	175,1220
Kraft Ferse_gesund	20	352,2	878,0	584,885	120,7187
Kraft Mittelfuß_gesund	20	86,2	437,3	236,300	107,9136
Kraft MFK1_gesund	20	93,3	340,4	202,275	65,5934
Kraft MFK2_gesund	20	119,5	317,1	222,720	53,7179
Kraft MFK3_gesund	20	127,5	279,8	216,055	44,4350
Kraft MFK4_gesund	20	69,4	286,1	154,060	53,7370
Kraft MFK5_gesund	20	25,8	134,4	80,715	32,2029
Kraft Großzehe_gesund	20	52,1	263,7	153,110	55,6560
Kraft zweite Zehe_gesund	20	6,3	74,4	35,120	17,7424
Kraft Zehen 3,4,5_gesund	20	4,0	112,8	40,275	29,2911
Gültige Werte (Listenweise)	20				

Tabelle 8: Darstellung der einzelnen Werte für die aufgewandte Kraft

	Gepaarte Differenzen					Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		
				Untere	Obere	
Kraft Gesamtes Objekt (#) - Kraft Gesamtes Objekt (gesund)	-20,1300	44,1538	9,8731	-40,7946	,5346	,056
Kraft Ferse# - Kraft Ferse_gesund	-23,5350	62,5511	13,9868	-52,8098	5,7398	,109

Kraft Mittelfuß# - Kraft Mittelfuß_gesund	2,5800	73,7469	16,4903	-31,9346	37,0946	,877
Kraft MFK1# - Kraft MFK1_gesund	-3,2450	75,1383	16,8014	-38,4108	31,9208	,849
Kraft MFK2# - Kraft MFK2_gesund	-13,0050	40,3176	9,0153	-31,8742	5,8642	,165
Kraft MFK3# - Kraft MFK3_gesund	-7,6000	35,4405	7,9247	-24,1867	8,9867	,350
Kraft MFK4# - Kraft MFK4_gesund	4,9650	44,0437	9,8485	-15,6481	25,5781	,620
Kraft MFK5# - Kraft MFK5_gesund	4,4300	34,7206	7,7638	-11,8198	20,6798	,575
Kraft Großzehe# - Kraft Großzehe_gesund	-11,4100	57,6731	12,8961	-38,4019	15,5819	,387
Kraft zweite Zehe# - Kraft zweite Zehe_gesund	-2,8100	25,3278	5,6635	-14,6638	9,0438	,625
Kraft Zehen 3,4,5# - Kraft Zehen 3,4,5_gesund	-5,9050	20,4267	4,5676	-15,4650	3,6550	,212

Tabelle 9 Darstellung der Kraftgerade jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz

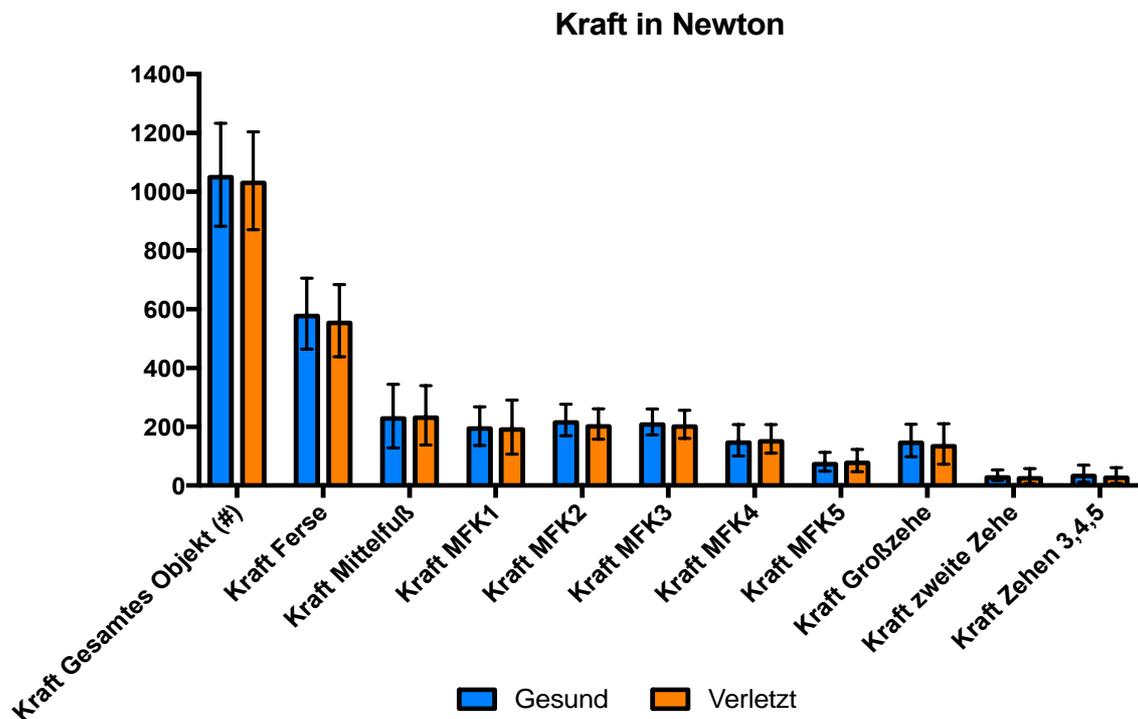


Abbildung 38: Darstellung der Mittelwerte für die aufgewandte Kraft

3.7.2 Spitzendruck

Bei den Spitzendrücken erreichten die Patienten beispielhaft im gesamten Objekt auf der frakturierten Seite ein Minimum von 343 kPa, ein Maximum von 1011 kPa und damit einen Mittelwert von 677 kPa mit einer Standardabweichung ± 207 kPa.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Druck Gesamtes Objekt#	20	343	1011	677	207
Druck Ferse#	20	218,0	522,0	325,750	91,3915
Druck Mittelfuß#	20	109,0	503,0	196,350	88,6158
Druck MFK1#	20	103,0	989,0	346,225	203,9221
Druck MFK2#	20	206,0	1011,0	454,590	188,1623
Druck MFK3#	20	247,0	802,0	417,400	143,4729
Druck MFK4#	20	161,0	693,0	336,425	159,9677
Druck MFK5#	20	115,0	1005,0	336,965	260,0664
Druck Großzehe#	20	,0	797,0	399,835	200,3258
Druck zweite Zehe#	20	,0	438,0	195,540	129,2474
Druck Zehen 3,4,5#	20	,0	280,0	119,135	68,3285

Tabelle 10: Darstellung der einzelnen Druckwerte für die frakturierte Seite

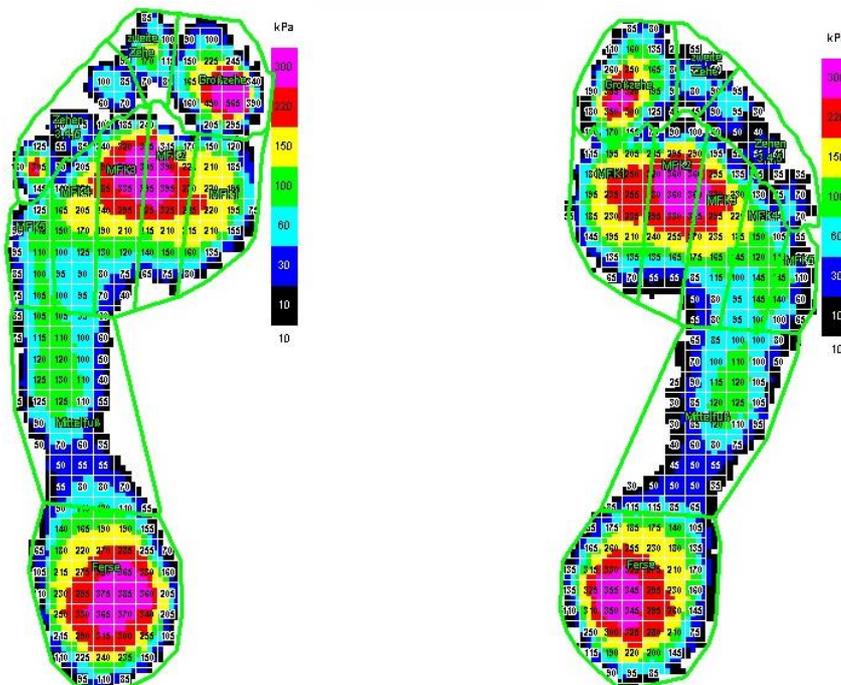


Abbildung 39: Gemittelter Maximaldruck an einem Fußpaar als Beispiel

Für die Spitzendrücke im gesamten Objekt auf der gesunden Seite ergaben sich Werte von 457 kPa als Minimum und 1249 kPa als Maximum und einem Mittelwert von 678 kPa mit einer Standardabweichung ± 183 kPa. Auch hier war der Unterschied zwischen gesunder und verletzter Seite nicht signifikant.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Druck Gesamtes Objekt_gesund	20	457	1249	678	183
Druck Ferse_gesund	20	231,0	583,0	343,300	99,1793
Druck Mittelfuß_gesund	20	102,0	267,0	170,050	41,8814
Druck MFK1_gesund	20	174,0	628,0	317,350	124,3866
Druck MFK2_gesund	20	227,0	1249,0	500,850	237,8603
Druck MFK3_gesund	20	229,0	729,0	407,000	116,4230
Druck MFK4_gesund	20	167,0	891,0	306,850	157,8775
Druck MFK5_gesund	20	102,0	775,0	298,050	188,6290
Druck Großzehe_gesund	20	165,0	838,0	469,000	191,7894
Druck zweite Zehe_gesund	20	69,0	416,0	221,200	90,6431
Druck Zehen 3,4,5_gesund	20	29,0	325,0	150,000	74,9006
Gültige Werte (Listenweise)	20				

Tabelle 11: Darstellung der einzelnen Druckwerte für die gesunde Seite

	Gepaarte Differenzen					Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		
				Untere	Obere	
Druck Gesamtes Objekt# - Druck Gesamtes Objekt_gesund	-,5850	268,7056	60,0844	-126,3431	125,1731	,992
Druck Ferse# - Druck Ferse_gesund	-17,5500	49,9268	11,1640	-40,9164	5,8164	,132
Druck Mittelfuß# - Druck Mittelfuß_gesund	26,3000	85,6634	19,1549	-13,7917	66,3917	,186
Druck MFK1# - Druck MFK1_gesund	28,8750	116,5849	26,0692	-25,6884	83,4384	,282
Druck MFK2# - Druck MFK2_gesund	-46,2600	207,0387	46,2953	-143,1571	50,6371	,330
Druck MFK3# - Druck MFK3_gesund	10,4000	94,8242	21,2033	-33,9791	54,7791	,629
Druck MFK4# - Druck MFK4_gesund	29,5750	190,3455	42,5625	-59,5094	118,6594	,496
Druck MFK5# - Druck MFK5_gesund	38,9150	288,0776	64,4161	-95,9095	173,7395	,553
Druck Großzehe# - Druck Großzehe_gesund	-69,1650	158,8560	35,5213	-143,5119	5,1819	,066
Druck zweite Zehe# - Druck zweite Zehe_gesund	-25,6600	115,2013	25,7598	-79,5759	28,2559	,332
Druck Zehen 3,4,5# - Druck Zehen 3,4,5_gesund	-30,8650	69,3943	15,5170	-63,3426	1,6126	,061

Tabelle 12 Darstellung der Drücke jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz

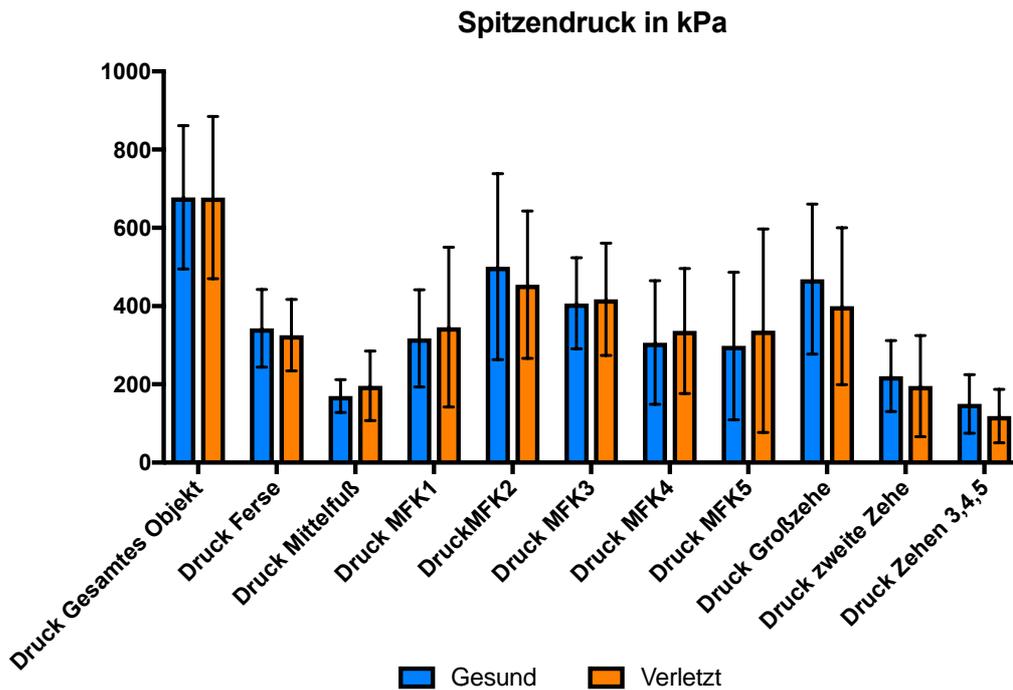


Abbildung 40: Darstellung der Mittelwerte für den erzielten Druck

3.7.3 Kontaktzeit

Als Kontaktzeit p im gesamten Objekt kamen die Patienten auf der gesunden Seite auf Werte von 100 als Minimum und 145 als Maximum. Dies ergab nun einen Mittelwert von 102 mit einer Standardabweichung ± 10 .

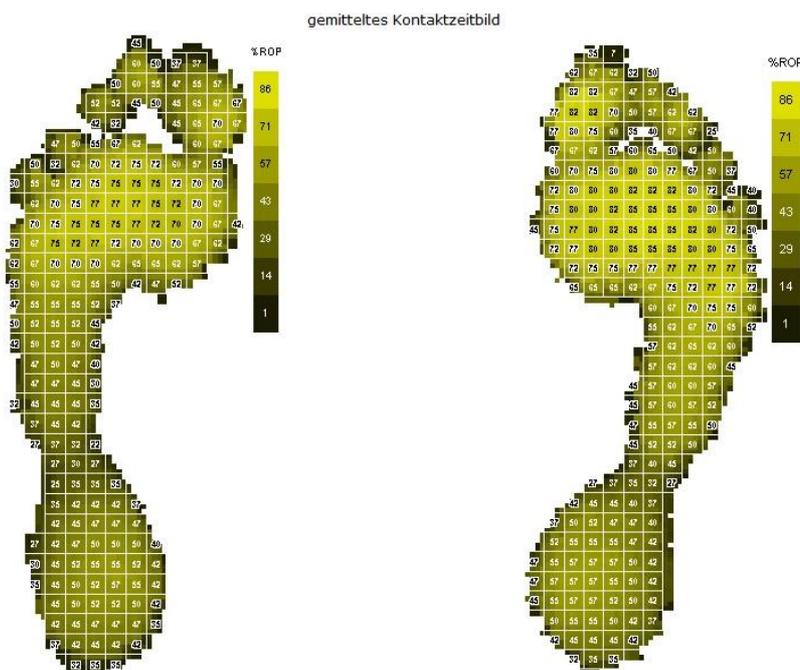


Abbildung 41: Gemittelte Kontaktzeit an einem Fußpaar als Beispiel

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kontaktzeit Gesamtes Objekt_gesund	20	100	145	102	10
Kontaktzeit Ferse_gesund	20	36,75	77,30	55,8375	8,93778
Kontaktzeit Mittelfuß_gesund	20	24,0	79,3	63,865	12,0058
Kontaktzeit MFK1_gesund	20	14,2	92,8	73,040	15,1196
Kontaktzeit MFK2_gesund	20	10,5	92,7	77,880	16,4082
Kontaktzeit MFK3_gesund	20	12,95	92,60	80,4225	16,30864
Kontaktzeit MFK4_gesund	20	10,6	90,5	79,300	16,6828
Kontaktzeit MFK5_gesund	20	6,3	87,8	73,605	16,8503
Kontaktzeit Großzehe_gesund	20	14,55	79,70	65,4625	14,47578
Kontaktzeit zweite Zehe_gesund	20	5,15	72,20	56,5325	14,75677
Kontaktzeit Zehen 3,4,5_gesund	20	9,5	86,0	55,495	19,8781
Gültige Werte (Listenweise)	20				

Tabelle 13: Darstellung der einzelnen Kontaktzeiten für die gesunde Seite

Für die frakturierte Seite ergab sich so eine Kontaktzeit p im gesamten Objekt von 3 als Minimum und 100 als Maximum mit einem Mittelwert von 95 und einer Standardabweichung ± 22 .

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kontaktzeit Gesamtes Objekt#	20	3	100	95	22
Kontaktzeit Ferse#	20	40,9	76,9	55,980	9,6545
Kontaktzeit Mittelfuß#	20	49,5	81,7	65,140	8,7431
Kontaktzeit MFK1#	20	57,4	96,3	75,115	7,9803
Kontaktzeit MFK2#	20	68,3	94,8	80,005	5,4045
Kontaktzeit MFK3#	20	77,7	93,3	83,260	3,7984
Kontaktzeit MFK4#	20	71,4	90,6	82,115	4,7472
Kontaktzeit MFK5#	20	61,7	85,1	75,490	6,9411
Kontaktzeit Großzehe#	20	,0	80,9	64,260	19,5435
Kontaktzeit zweite Zehe#	20	,0	79,7	57,530	18,7968
Kontaktzeit Zehen 3,4,5#	20	,0	90,4	59,990	21,6085
Gültige Werte (Listenweise)	20				

Tabelle 14: Darstellung der einzelnen Kontaktzeiten für die frakturierte Seite

	Gepaarte Differenzen					Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		
				Untere	Obere	
Kontaktzeit Gesamtes Objekt# - Kontaktzeit Gesamtes Objekt_gesund	-7,0850	23,3994	5,2323	-18,0363	3,8663	,192
Kontaktzeit Ferse# - Kontaktzeit Ferse_gesund	,14250	9,39063	2,09981	-4,25245	4,53745	,947
Kontaktzeit Mittelfuß# - Kontaktzeit Mittelfuß_gesund	1,2750	11,2120	2,5071	-3,9724	6,5224	,617

Kontaktzeit MFK1# -						
Kontaktzeit MFK1_gesund	2,0750	11,2753	2,5212	-3,2020	7,3520	,421
Kontaktzeit MFK2# -						
Kontaktzeit MFK2_gesund	2,1250	15,5180	3,4699	-5,1377	9,3877	,548
Kontaktzeit MFK3# -						
Kontaktzeit MFK3_gesund	2,83750	16,00537	3,57891	-4,65324	10,32824	,438
Kontaktzeit MFK4# -						
Kontaktzeit MFK4_gesund	2,8150	16,6220	3,7168	-4,9643	10,5943	,458
Kontaktzeit MFK5# -						
Kontaktzeit MFK5_gesund	1,8850	16,9667	3,7939	-6,0557	9,8257	,625
Kontaktzeit Großzehe# -						
Kontaktzeit	-1,20250	17,82487	3,98576	-9,54479	7,13979	,766
Großzehe_gesund						
Kontaktzeit zweite Zehe# -						
Kontaktzeit zweite	,99750	20,49868	4,58364	-8,59618	10,59118	,830
Zehe_gesund						
Kontaktzeit Zehen 3,4,5# -						
Kontaktzeit Zehen	4,4950	24,2993	5,4335	-6,8774	15,8674	,418
3,4,5_gesund						

Tabelle 15 Darstellung der Kontaktzeiten jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz

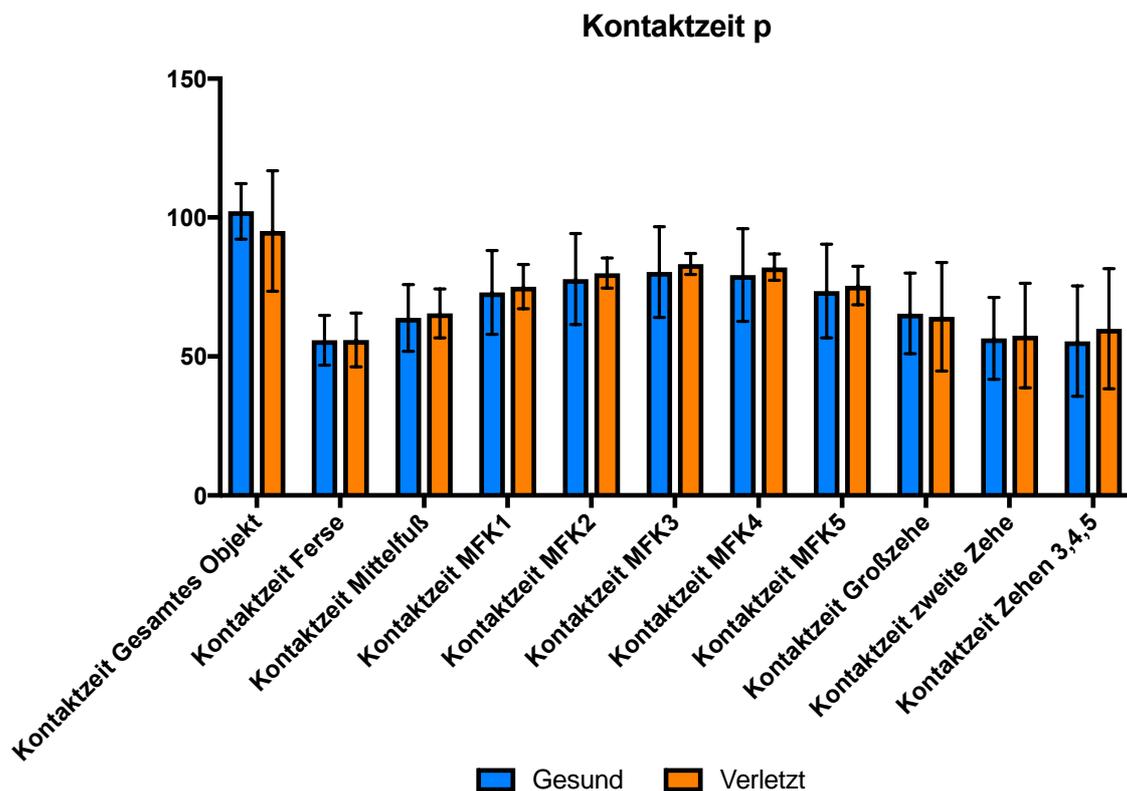


Abbildung 42: Darstellung der Mittelwerte für die erzielte Kontaktzeit

3.7.4 Kontaktfläche

Als Kontaktfläche in cm² im gesamten Objekt kamen die Patienten auf der gesunden Seite auf Werte von 97 als Minimum und 175 als Maximum und einem Mittelwert von 137 mit einer Standardabweichung ± 22 .

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kontaktfläche Gesamtes Objekt_gesund	20	97	175	137	22
Kontaktfläche Ferse_gesund	20	23,80	56,40	36,6675	6,95980
Kontaktfläche Mittelfuß_gesund	20	19,00	56,90	33,3875	10,72594
Kontaktfläche MFK1_gesund	20	10,80	76,50	19,9600	18,21779
Kontaktfläche MFK2_gesund	20	8,05	80,10	18,1175	20,54236
Kontaktfläche MFK3_gesund	20	9,65	80,50	19,3875	20,70479
Kontaktfläche MFK4_gesund	20	7,50	79,60	17,3700	21,29512
Kontaktfläche MFK5_gesund	20	4,10	72,60	12,9025	20,17937
Kontaktfläche Großzehe_gesund	20	6,85	66,10	15,6975	15,87714
Kontaktfläche zweite Zehe_gesund	20	1,35	61,60	9,2700	17,06150
Kontaktfläche Zehen 3,4,5_gesund	20	1,50	57,30	11,2025	15,61952
Gültige Werte (Listenweise)	20				

Tabelle 16: Darstellung der einzelnen Kontaktflächen für die gesunde Seite

Auf der frakturierten Seite ergaben sich für die Patienten im gesamten Objekt eine Kontaktfläche in cm² von 97 als Minimum und 168 als Maximum und einem Mittelwert von 137 mit einer Standardabweichung ± 19.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kontaktfläche Gesamtes Objekt#	20	97	168	137	19
Kontaktfläche Ferse#	20	23,75	46,15	34,3230	4,52577
Kontaktfläche Mittelfuß#	20	18,00	42,65	29,6765	6,61868
Kontaktfläche MFK1#	20	9,75	17,50	13,3715	2,33753
Kontaktfläche MFK2#	20	8,25	15,15	11,1350	1,99849
Kontaktfläche MFK3#	20	9,75	14,95	12,1790	1,59836
Kontaktfläche MFK4#	20	7,35	14,15	10,2635	1,54860
Kontaktfläche MFK5#	20	4,20	10,50	6,3410	1,21884
Kontaktfläche Großzehe#	20	,00	14,10	10,1465	3,27974
Kontaktfläche zweite Zehe#	20	,00	5,45	3,4870	1,40700
Kontaktfläche Zehen 3,4,5#	20	,00	11,50	6,1655	3,00155
Gültige Werte (Listenweise)	20				

Tabelle 17: Darstellung der einzelnen Kontaktflächen für die frakturierte Seite

	Gepaarte Differenzen					Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		
				Untere	Obere	
Kontaktfläche Gesamtes Objekt# - Kontaktfläche Gesamtes Objekt_gesund	-,14100	10,81765	2,41890	-5,20382	4,92182	,954
Kontaktfläche Ferse# - Kontaktfläche Ferse_gesund	-2,34450	6,17007	1,37967	-5,23218	,54318	,106
Kontaktfläche Mittelfuß# - Kontaktfläche Mittelfuß_gesund	-3,71100	10,81087	2,41738	-8,77064	1,34864	,141

Kontaktfläche MFK1# -						
Kontaktfläche	-6,58850	19,06082	4,26213	-15,50924	2,33224	,139
MFK1_gesund						
Kontaktfläche MFK2# -						
Kontaktfläche	-6,98250	21,15881	4,73125	-16,88513	2,92013	,156
MFK2_gesund						
Kontaktfläche MFK3# -						
Kontaktfläche	-7,20850	21,16303	4,73220	-17,11310	2,69610	,144
MFK3_gesund						
Kontaktfläche MFK4# -						
Kontaktfläche	-7,10650	21,49017	4,80535	-17,16421	2,95121	,156
MFK4_gesund						
Kontaktfläche MFK5# -						
Kontaktfläche	-6,56150	20,21397	4,51998	-16,02193	2,89893	,163
MFK5_gesund						
Kontaktfläche Großzehe#						
- Kontaktfläche	-5,55100	16,64886	3,72280	-13,34291	2,24091	,152
Großzehe_gesund						
Kontaktfläche zweite						
Zehe# - Kontaktfläche	-5,78300	17,00549	3,80254	-13,74182	2,17582	,145
zweite Zehe_gesund						
Kontaktfläche Zehen						
3,4,5# - Kontaktfläche	-5,03700	15,63948	3,49709	-12,35650	2,28250	,166
Zehen 3,4,5_gesund						

Tabelle 18 Darstellung der Kontaktflächen jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz

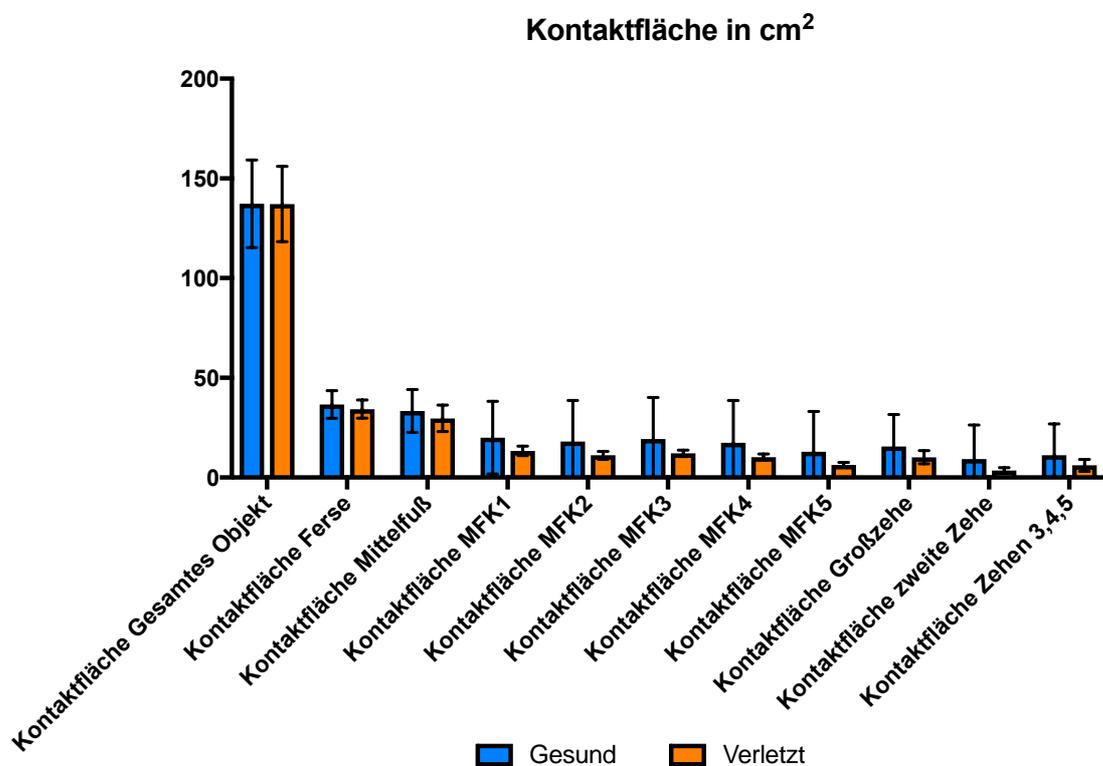


Abbildung 43: Darstellung der Mittelwerte für die gemessenen Kontaktflächen

3.8 Radiologische Untersuchung

Die radiologischen Nachkontrollen erfolgten im Durchschnitt 640 Tage nach der Operation.

Es konnte dabei im lateralen und a/p-Röntgenbild nachgewiesen werden, dass alle Patienten bereits von einem gewissen Grad der Arthrose betroffen waren.

In der Arthrose-Klassifikation nach Kellgren & Lawrence [36] entsprach die Arthrose von zehn Patienten Grad I, fünf Patienten hatten eine Arthrose Grad II, vier Patienten hatten eine Arthrose Grad III und ein Patient hatte eine Arthrose Grad IV.

25% der Patienten erlitten eine Arthrose im OSG, 20% erlitten eine Arthrose im USG und 45% erlitten kombinierte Arthrosen in OSG und USG. Bei 10% der Patienten waren sowohl eine Arthrose in beiden Sprunggelenken als auch im Talonavikulargelenk nachweisbar.

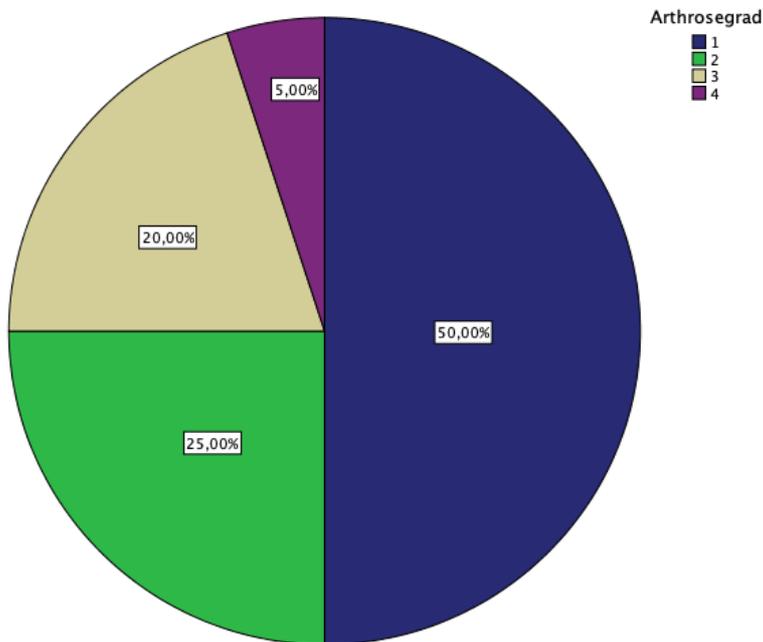


Abbildung 44:
Prozentuale Verteilung
der Arthrosegrade nach
Kellgren & Lawrence

Des Weiteren wurde bei jedem Patienten eine postoperative CT zur Kontrolle durchgeführt, um dort unter

anderem eine Stufenbildung am Gelenk nachzuweisen. Elf Patienten hatten eine Stufe <1mm, 7 Patienten hatten eine Stufenbildung zwischen 1-3mm und zwei Patienten hatten eine Stufenbildung >3mm.

Es zeigte sich dabei, dass je höher die Stufe und der Arthrosegrad beim jeweiligen Patienten waren, desto schlechtere Score-Ergebnisse und Bewegungsumfänge vom Patienten erzielt wurden.

Korrelationen

		AOFAS	VAS	MFS	Arthrose-grad	Gelenk-stufe
AOFAS	Korrelation nach Pearson	1	,854**	,782**	-,602**	-,524*
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000	,005	,018
	N	20	20	20	20	20
VAS	Korrelation nach Pearson	,854**	1	,859**	-,559*	-,679**
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,000	,010	,001
	N	20	20	20	20	20
MFS	Korrelation nach Pearson	,782**	,859**	1	-,522*	-,561*
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000		,018	,010
	N	20	20	20	20	20

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 19 Darstellung der Korrelation zwischen Arthrosegrad, Gelenkstufe und Score-Ergebnissen

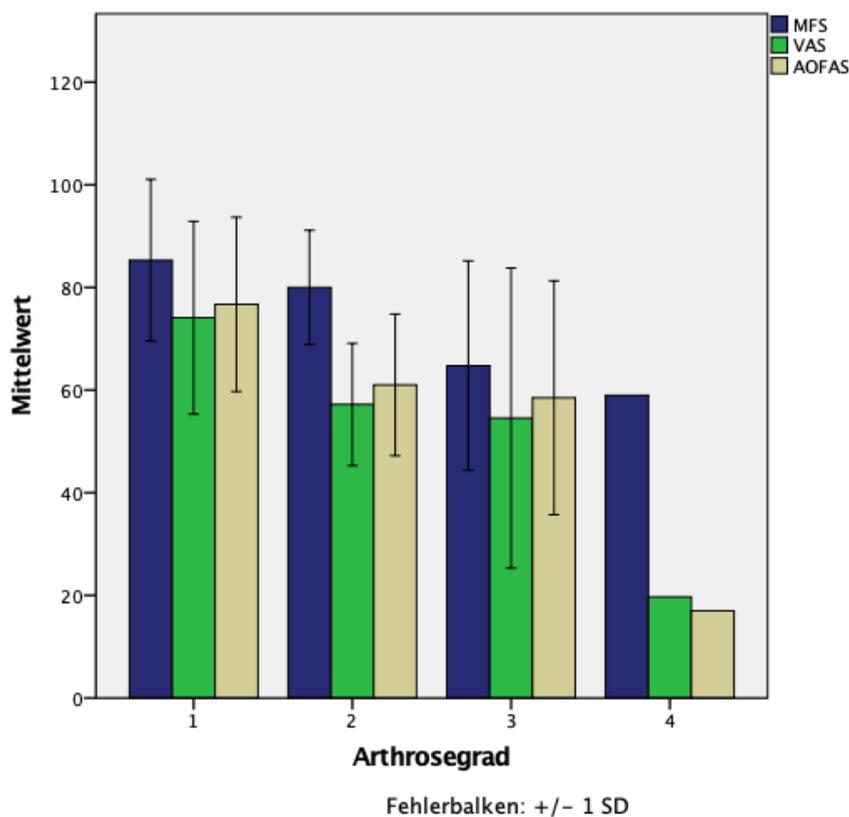


Abbildung 45: Darstellung der Korrelation zwischen Arthrosegrad und Score-Ergebnissen

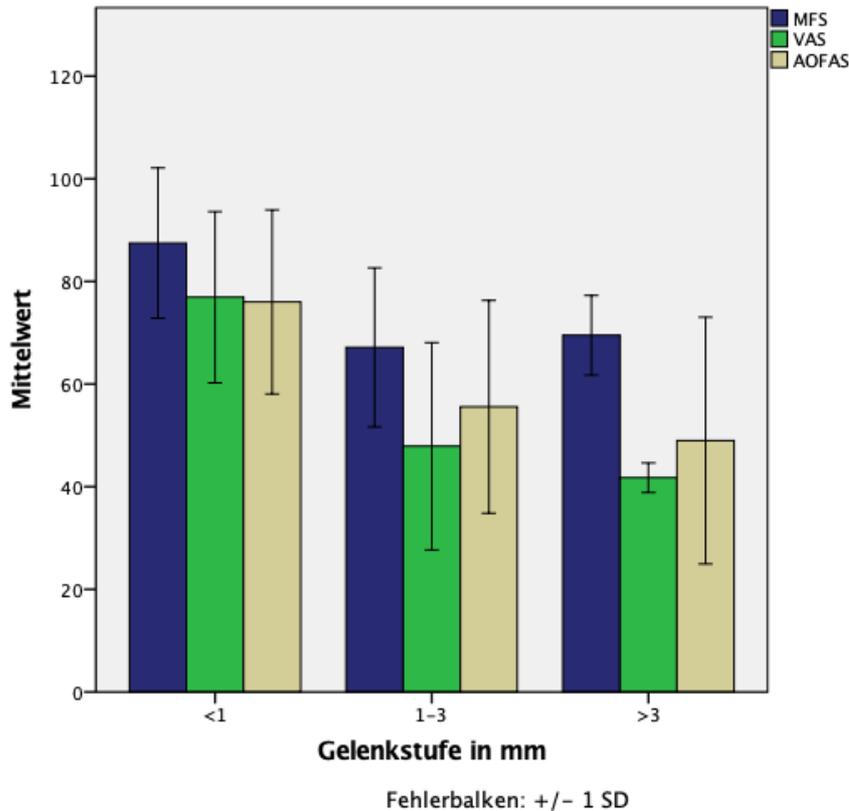


Abbildung 46: Darstellung der Korrelation zwischen Gelenkstufen und Score-Ergebnissen

3.9 Komplikationen

Insgesamt ergaben sich bei den untersuchten Patienten diverse Komplikationen. Darunter ein OSG-Impingement, ein Hämatom, eine intraoperative akzidentelle Durchtrennung der tibialis posterior-Sehne mit direkter Naht in der gleichen OP, sowie eine postoperative Thrombose der Vena femoralis communis und Vena femoralis superficialis auf der Gegenseite. Zudem gab es bei zwei Patienten oberflächliche Narbeninfekte (entsprechen 10%), die mittels i.v. - Antibiose, aber ohne erneute Operation beherrscht wurden.

Bei zwei weiteren Patienten kam es zur Chondromalazie bzw. Chondropathie sowie zur posttraumatischen avaskulären Talusnekrose.

Beide Patienten erlitten eine geschlossene Talushalsfraktur vom Typ Hawkins III. Für Frakturen diesen Typus werden die Risiken für eine Osteonekrose bei 75-100% angegeben. [25]



Abbildung 47: Sprunggelenk a.p., Röntgenaufnahme einer Talusnekrose zwei Jahre nach Operation, 2009, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley)



Abbildung 48: Sprunggelenk lateral, Aufnahme einer Talusnekrose zwei Jahre nach Operation, 2009, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley)

Beide Patienten wurden mindestens einmal revidiert, z.B. mittels Spongiosaplastiken. Beide Patienten erzielten sowohl im Bewegungsumfang als auch in den Befragungs-Scores Werte im unteren Drittel der befragten Patienten.

So erzielte der eine Patient ROM-Werte im verletzten Fuß von 10° im OSG (\emptyset 39° \pm 14°) und 0° im USG (\emptyset 14° \pm 11°), einen VAS-Score von 40/100 Punkten (\emptyset 63 \pm 23 Punkte), einen AOFAS-Score von 32/100 (\emptyset 66 \pm 22 Punkte) und einen MFS-Score von 64/100 (\emptyset 79 \pm 17 Punkte). Der andere Patient erzielte ROM-Werte von 30° im OSG und 0° im USG, ein VAS-Score von 20 Punkten, einen AOFAS-Score von 17 Punkten und einen MFS-Score von 59 Punkten.

In den Unterbereichen der einzelnen Scores wie z.B. Schmerzen erzielten auch beide Patienten jeweils sehr niedrige Scores, sprich gaben stärkere Schmerzen an.

Nämlich in der VAS 35/100 Punkten sowie 12/100 Punkten, und in der AOFAS jeweils 0/100 Punkten. Beide Patienten gehörten somit auch zu den Patienten, die die stärksten Schmerzen in ihren jetzigen Zuständen angaben.

Es zeigte sich aber auch generell, dass Patienten mit postoperativen Komplikationen eine deutlich verlängerte OP-Zeit hatten und das Auftreten von postoperativen Komplikationen zu reduzierten Bewegungsumfängen und Scores führte.

So wurde z.B. ein Durchschnittsscore von 54 \pm 22 Punkten von den Patienten mit Komplikationen gegenüber einem Durchschnittsscore von 74 \pm 17 Punkten von den Patienten ohne Komplikationen beim AOFAS erzielt.

Die Patienten mit Komplikationen erzielten in der VAS durchschnittlich 48 Punkte \pm 23 gegenüber 74 \pm 16 Punkten.

Zudem erzielten die Patienten mit Komplikationen im MFS 70 \pm 16 Punkte gegenüber 85 \pm 16 Punkten.

Somit zeigt sich hier, dass die Patienten mit Komplikationen in den Befragungen signifikant schlechtere Scores erzielten als die Patienten ohne Komplikationen ($p < 0,05$).

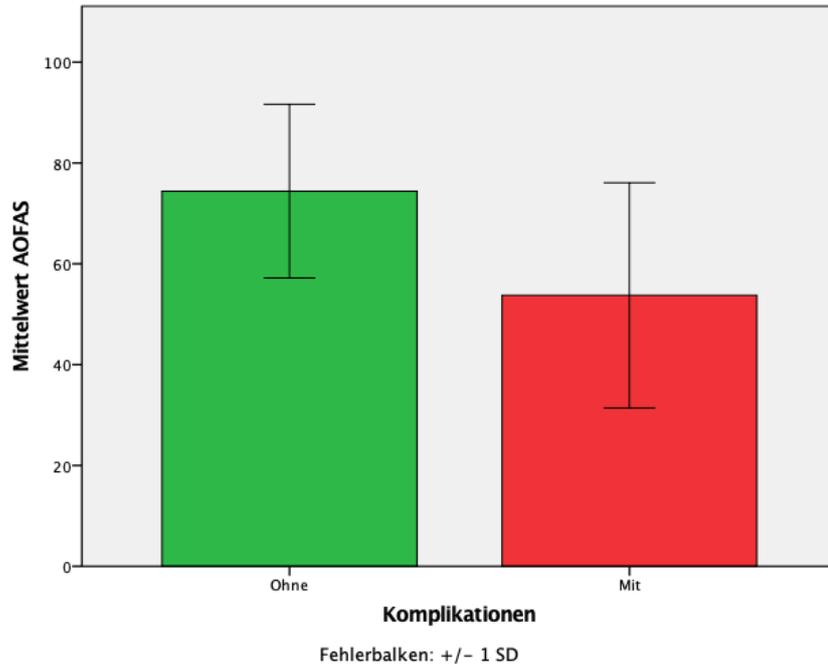


Abbildung 49: Mittelwert des AOFAS-Scores der Patienten ohne und mit Komplikationen

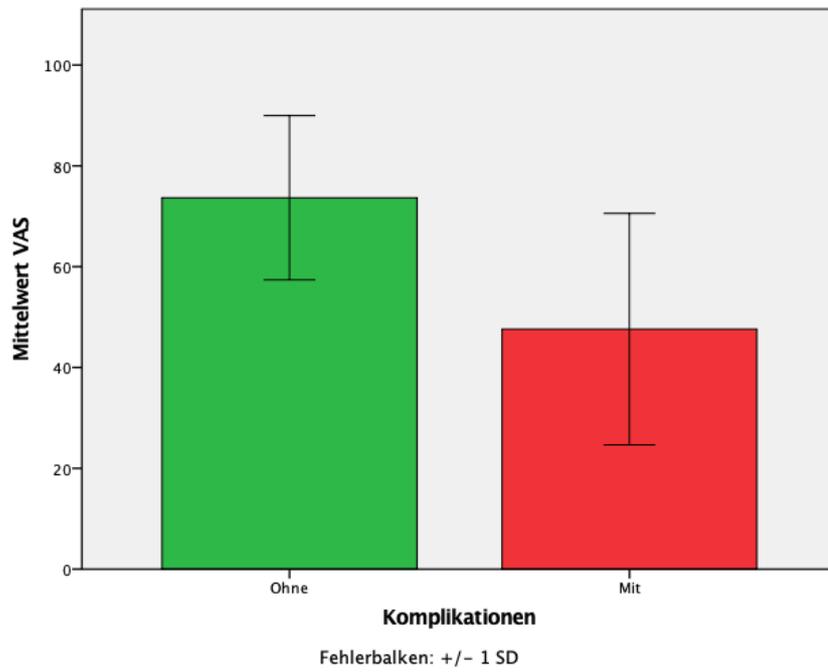


Abbildung 50: Mittelwert des VAS-Scores der Patienten ohne und mit Komplikationen

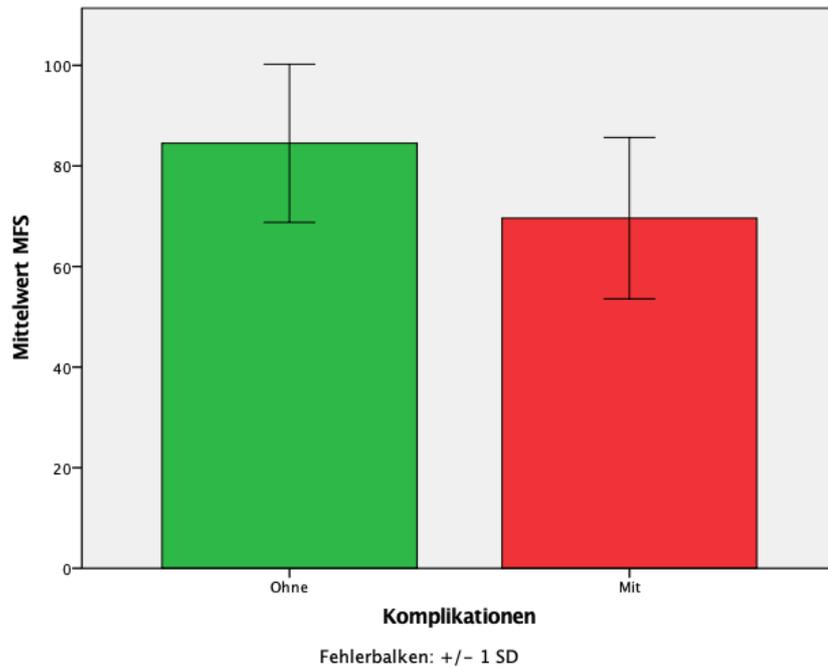


Abbildung 51: Mittelwert des MFS-Scores der Patienten ohne und mit Komplikationen

Die Bewegungsumfänge der Patienten mit Komplikationen unterschieden sich zu den Bewegungsumfängen der Patienten ohne Komplikationen auch deutlich ($p < 0,05$). So war die ROM im OSG der Patienten mit Komplikationen im Mittelwert bei $31,3^\circ \pm 16,4^\circ$ gegenüber $43,75^\circ \pm 10,9^\circ$ der Patienten ohne Komplikationen. Die ROM im USG der Patienten mit Komplikationen betrug im Mittel $8,1^\circ \pm 7,9^\circ$ gegenüber $17,92^\circ \pm 10,3^\circ$.

4 Diskussion

4.1 Eigene Ergebnisse im Vergleich zu anderen Studien

Ziel dieser Studie war es zu klären, ob sich nach einer Talusfraktur und deren operativer Versorgung ein Unterschied im Gangbild zeigt, der sich mittels pedobarographischer Untersuchungen darstellen ließe.

In der Literatur gibt es nur sehr wenige Studien, die sich mit der Veränderung des Gangbildes nach Talusfraktur befassen, was auch eine Motivation zur Durchführung dieser Studie war.

Es zeigten sich dabei in unseren Untersuchungen bei den Patienten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Gangbildes zwischen dem verletzten und dem gesunden Fuß.

In einer vergleichbaren Studie von Colak et al. konnten pedobarographisch Unterschiede bei Patienten nach Talushalsfraktur nachgewiesen werden. [15] Bei einem durchschnittlichen Ergebnis von 73,5 Punkten im AOFAS schnitten die Patienten dieser Studie in der Befragung etwas besser ab, als in unserer Studie mit einem durchschnittlichen Ergebnis von 66,15 Punkten.

Zudem konnten auch dort Bewegungseinschränkungen in vier Ebenen nachgewiesen werden. So betrug die ROM im OSG auf der gesunden Seite 61,2° (vs. 54,25° bei unseren Patienten) und auf der verunfallten Seite 37,4° (vs. 38,75°).

Die ROM im USG betrug bei den von Colak untersuchten Patienten auf der gesunden Seite 39,2° (vs. 27,5° bei unseren Patienten) und auf der verunfallten Seite 16,5° (vs. 14°).

So sind insbesondere auf den verunfallten Seiten die Range of Motion der Sprunggelenke aus beiden Patientengruppen vergleichbar.

In der Pedobarographie, die auch mittels des Novel Emed-Systems durchgeführt wurde, zeigte sich im verletzten Fuß eine verringerte Maximalkraft sowohl im

Rück- als auch im Mittelfuß. Im Rückfuß ließ sich ein niedrigerer und im Vorfuß ein höherer Spitzendruck nachweisen.

Auch radiologisch konnten Unterschiede von Colak et al. nachgewiesen werden, so dass sie ein erhöhtes Fußgewölbe im verletzten Fuß beschreiben. Zudem wird die Quote an subtalarer Arthrose mit 84,2% und die an tibiotalarer Arthrose mit 73,7% angegeben. Diese betragen bei den Patienten aus unserer Studie 65% für eine subtalare Arthrose und 45% für eine tibiotalare Arthrose.

Die Anzahl der Patienten ist dabei mit unserer Studie vergleichbar (19 vs. 20 Patienten). Genauso wie das Alter der Patienten (33,3 vs. 30,7 Jahre). Die durchschnittliche Follow-Up-Zeit war jedoch deutlich kürzer als bei unserer Studie (29 vs. 62,96 Monate) und die Follow-Up-Quote war geringer (59% vs. 80%).

Colak et al. geben an, dass das Alter, Dauer der Immobilisation, postoperative Physiotherapie und postoperative Follow-Up-Untersuchungen nicht mit Unterschieden in der ROM oder den pedobarographischen Ergebnissen korrelierten. Genau so wenig korrelierten die AOFAS- Ergebnisse mit den Daten der Pedobarographie und den radiologischen Ergebnissen.

Dagegen beschrieben Colak et al. eine Korrelation zwischen ROM- und AOFAS- Ergebnissen.

Es lässt sich die Vermutung nahelegen, dass auch in unserer Studie signifikante Unterschiede in einer kürzeren Follow-Up-Zeit ersichtlich wären, da sich gegebenenfalls Unterschiede bei einem späteren Follow-Up-Termin schlechter nachweisen lassen, sei es z.B. durch eine fortgeschrittene Kompensation der Patienten in ihrem Gangbild.

Des Weiteren wurden im Gegensatz zu unserer Studie von Colak et al. auch Patienten mit weiteren Verletzungen an der betroffenen Extremität, sowie minderjährige Patienten inkludiert, so war z.B. der jüngste Patient der Studie 15 Jahre alt. Dies könnten somit weitere Gründe für die signifikante Änderung im Gangbild dieser Studienkohorte sein. Genau so wird von Colak et al. selbst die niedrige Follow-Up-Quote von 59% als Limitation der Studie angegeben.

In einer weiteren aktuellen Studie von Braun et al. wurden 27 Patienten nach einer Talusfraktur mittels einer im Schuh befindlichen digitalen Messsohle untersucht. [11]

Die durchschnittliche Follow-Up-Zeit lag bei knapp 78 Monaten, das durchschnittliche Patientenalter war 50,6 Jahre und es wurden unter anderem ein mittlerer AOFAS-Score von 66 erzielt. Somit ist die Follow-Up-Zeit länger als in unserer Studie (78 vs. 62,96 Monate), die Patienten sind wesentlich älter (50,6 vs. 30,7 Jahre) mit einem annähernd gleichen AOFAS-Score (66 vs. 66,15 Punkte).

Bei von Braun et al. [11] wurden signifikante Zusammenhänge zwischen der Frakturklassifikation mittels Hawkins als auch Marti/Weber und dem Aufkommen an Arthrose nachgewiesen. So traten bei dieser Studie in 14 Fällen (= 52%) Arthrosen auf. Dabei wird doch nicht näher klassifiziert wie stark diese sind. Zum Vergleich traten in unserer Studie 45% an kombinierten Arthrosen in OSG und USG bei unseren Patienten auf. Osteonekrosen traten in 30% der Fälle auf (im Vergleich zu 10% der Fälle in unserer Studie).

Im Gegensatz zu unserer Studie ließen sich mittels der bei dieser Studie genutzten OpenGo Insole (Moticon GmbH), einer in den Schuh einlegbaren Sohle, und der damit erzielten dynamischen Pedobarographie signifikante Unterschiede in der Gangart zwischen dem jeweils gesunden und verunfallten Fuß nachweisen.

Insbesondere werden reduzierte Maximaldrücke und nach lateral verschobene Druckverteilungen bei den Patienten erwähnt.

Die Ersteller der Studie geben ähnliche Nachteile ihrer Studie wie wir bei unserer Studie an. Insbesondere die lange Follow-Up-Zeit, sowie die geringe Follow-Up-Quote von 51% wird erwähnt.

Um diesen Nachteilen entgegen zu wirken, entschlossen sich Braun et al. dazu auch Patienten in ihre Studie aufzunehmen, die weitere Verletzungen an den unteren Extremitäten aufwiesen. So hatten z.B. 44% Frakturen am Knie, 33% hatten weitere Fußfrakturen und 22% hatten Femurfrakturen.

Ob dies somit die dort gezeigten Unterschiede in der Gangart nicht zusätzlich beeinflusst, ist kritisch zu hinterfragen.

In einer aktuellen Studie der Universität Magdeburg konnten im Gegensatz zur oben erwähnten Studie von Braun et al., durch von Winning et al. keine signifikante Korrelation zwischen Arthrose und dem Grad der Fraktur nach Marti und Weber nachgewiesen werden, dafür konnte dargestellt werden, dass die Versorgung auch später als sechs Stunden nach Trauma kein schlechteres Outcome in der Funktion bedeutet. Der AOFAS-Score der 24 in dieser Studie untersuchten Patienten lag bei einem Durchschnitt von 71,4 Punkten, 8% entwickelten eine AVN und 42% entwickelten eine posttraumatische Arthrose. [71]

Dass die Art der restlichen Verletzung Einfluss auf das Outcome der Talusfraktur haben kann, beschrieben dagegen Hierro-Canas et al. in ihrer Studie. [29] Dort wurden bei einer ähnlich großen Anzahl an Patienten (n = 24 vs. 20) wie in unserer Studie jedoch auch polytraumatisierte Patienten mit inkludiert (56% der Patienten). Dort zeigte sich, dass 64% dieser Patienten Komplikationen erlitten, gegenüber 43% der nicht-polytraumatisierte Patienten. Die Athrodeserate war zwischen diesen Gruppen annähernd gleich (27 vs. 28%), dafür erlitten jedoch 27% der polytraumatisierten Patienten eine AVN, gegenüber 0% der nicht-polytraumatisierte Patienten.

In einer Studie der Universitätsklinik Padua von Biz et al. [9] wurden in einer Patientengruppe mit ähnlichen strikten Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien wie in unserer Arbeit 27 Patienten mit 9 Talushalsfrakturen und 19 Taluskörperfrakturen untersucht, davon waren 66,7% komplett zufrieden mit der chirurgischen Versorgung, 25% erlitten eine AVN (vs. 10% in unserer Studie) und 78,6% eine Arthrose. Die Scores waren in dieser Studie allesamt sehr gut.

Studie	Patientenanzahl	AOFAS	MFS	VAS	AVN	Arthrosen
Fenwick et al.	20	66	79	63	10%	45%
Biz et al.	27	79	82	91	25%	78,6%
Colak et al.	19	73,5	n.a.	n.a.	42,1%	100%

Braun et al.	27	66	n.a.	n.a.	30%	52%
Horterer et al.	23	n.a.	n.a.	77	n.a.	50%
Rammelt et al.	43	78,9	86,1	n.a.	24%	47%
von Winning et al.	24	71,4	n.a.	n.a.	8%	42%

Tabelle 20: Ergebnisse aktueller Studien im Vergleich

Die Inzidenz von 10% an posttraumatischen avaskulären Talusnekrose unter den für unsere Studie untersuchten Patienten traten im Vergleich zu anderen Studien seltener auf. Dort werden sie mit einer Inzidenz von 12-25% angegeben. [64, 69]

Die Anzahl der radiologisch nachweisbaren Arthrosen bei unserer Patientengruppe ist vergleichbar mit den anderen Studien. [69]

4.1.1 Alternativmöglichkeiten der Versorgung

Abdelgaid et al. empfehlen im Gegensatz zur ORIF eine perkutane Reposition und Schraubenosteosynthese bei Talushalsfrakturen.

Dabei werden temporär zwei Schanzschrauben mit T-Griffen in den Taluskörper und Taluskopf eingebracht und wie Joysticks genutzt, um unter Röntgenkontrolle eine Reposition herzustellen. Zudem wird in den Calcaneus noch ein Steinmann-Nagel eingebracht und zur Distraction und Vereinfachung der Reposition genutzt. Danach werden die Frakturteile temporär mit K-Drähten fixiert und schlussendlich mit kanülierten Schrauben der Größe 3,5 mm definitiv fixiert.

Abdelgaid et al. erreichten dabei eine postoperative Zufriedenheit der Patienten von 87,5% und eine geringe Inzidenz an Spät komplikationen. [2]

Analog zu unserer Studie, in der aufgezeigt werden konnte, dass eine lange Operationszeit mit vermehrten Komplikationen korreliert, wäre dies somit eine Operationsmethode, die es, wenn möglich, der offenen Operationsmethode zu bevorzugen gilt.

Tezval et al. [65] beschreiben in ihrer Arbeit eine ähnliche Vorgehensweise mittels minimalinvasiver Osteosynthese unter der Zuhilfenahme von K-Drähten und kanülierten Schrauben. Damit wurden sowohl gute funktionelle als auch

kosmetische Ergebnisse erreicht. Fälle von avaskulären Talusnekrosen beschrieben sie in ihrer Studiengruppe nicht.

Dabei wurden Patienten mit Frakturen des lateralen Processus des Talus und Patienten mit Talushalsfrakturen Typ I nach Hawkins in die Studie aufgenommen. Dislozierte periphere Frakturen oder dislozierte Frakturen von Talushals bzw. Taluskörper wurden von der Studie ausgeschlossen. [65]

Dagegen wurden in die Studie von Abdelgaid et al. auch Patienten mit höhergradigen Talus-Frakturen aufgenommen und erfolgreich behandelt. [2]

Bei der Studie von Tezval muss somit als Nachteil auch die sehr spezielle Patientenselektion an niedrigen Typen der Talusfrakturen erwähnt werden, die das Ergebnis der Studie beeinflusst, und sicherlich der Grund für die nicht vorhandenen avaskulären Nekrosen ist.

Buza et al. befürworten gegenüber der Schraubenosteosynthese eine Plattenosteosynthese mittels kombinierter anterolateraler und anteromedialer Zugänge, um so die Gelenkfläche des Talus besser wiederherzustellen und so die Rate an Arthrosen zu senken. [12]

Ein weiteres interessantes Konzept verfolgen Katsui et al. Dort wurden bei schwersten Talusfrakturen direkt als Primärtherapie Talusprothesen aus Keramik eingesetzt und zufriedenstellende Ergebnisse erreicht. So lag der AOFAS-Score bei 78,8 Punkte (vs. 66 Punkten bei unseren Patienten) und die ROM im OSG bei 41° (vs. 39° bei unseren Patienten). [35]

Allerdings scheint dies auch auf einer sehr selektiven Auswahl an Patienten zu basieren. So wurden von Katsui et al. zwischen 2009 und 2016 gerade einmal sechs Patienten nach diesem Konzept versorgt. Zudem beschreiben Katsui et al. die Prothesen als Maßanfertigungen. Auch dies scheint bei der Versorgung insbesondere von polytraumatisierten Patienten, selbst bei geplanten Folgeeingriffen mehrere Tage später, organisatorisch mindestens schwierig.

4.2 Schwächen der Arbeit

Als eine der Hauptschwächen dieser Arbeit lässt sich insbesondere die geringe Anzahl an Patienten erwähnen. In der Gesamtsumme lässt sich somit eine geringere Aussagekraft erzielen als bei einer größeren Patientenzahl. Zu erwähnen sei hierbei aber, dass wie oben erwähnt die Talusfraktur an sich eine seltene Fraktur ist und zum anderen von uns die Einschlusskriterien sehr eng gewählt wurden.

Allein durch die Einschlusskriterien, dass die Talusfraktur z.B. einseitig und singulär sein sollte, mussten fast $\frac{3}{4}$ der operativ am Universitätsklinikum Würzburg versorgten Patienten im Zeitraum von 2007-2015, aus der Studie ausgeschlossen werden.

Dies erlaubt aber unserer Ansicht nach deutlich bessere Rückschlüsse auf die tatsächlichen Verletzungsfolgen, zumal die Verletzung an sich häufig mit Polytrauma vergesellschaftet sind.

Andererseits muss auch das sehr heterogene Patientengut erwähnt werden, dass sich sowohl z.B. in Alter, Schwere der Frakturen und Begleitverletzungen als auch in der Art der Osteosynthese-Versorgung unterschied.

Ein großes, einheitliches Patientengut ohne Begleitverletzungen mit einheitlicher Versorgung wäre somit natürlich für diese Studie äußerst wünschenswert, aber in der Natur der Sache gewiss schwer realisierbar.

4.3 Schlussfolgerung

Mit unserer Arbeit konnten wir darstellen, dass die Patienten in ihrem Bewegungsumfang des verletzten Fußes auch nach der operativen Versorgung signifikant eingeschränkt sind.

Zudem konnten wir nachweisen, dass ein Großteil der Patienten Schmerzen und Funktionseinbußen in den verschiedenen Befragungen angibt und darunter leidet. Dies bedeutet, dass die Patienten weiterhin mit Einschränkungen im Alltag

leben müssen. Insbesondere galt dies für Patienten mit langen Operationszeiten und solchen, die zusätzlich Komplikationen erlitten haben.

Eine frühere operative Versorgung ergab dabei aber in unserem Kollektiv keinen Unterschied im Outcome.

Eine immer höhere Bedeutung gewinnt die frühzeitige Schnittbilddiagnostik. Sie dient dem Informationszugewinn sowohl im Hinblick auf die Diagnostik, die Akutversorgung und deren Planung, als auch zur postoperativen Kontrolle möglicher Komplikationen wie einer beginnenden Arthrose, vorhandenen Stufen in der Gelenkfläche oder einer drohenden avaskulären Talusnekrose ($n = 2 \triangleq 10\%$ in dieser Studie).

Es lässt sich des Weiteren festhalten, dass mittels der Pedographie von uns bei Patienten mit operativ versorgten Talusfrakturen, kein signifikanter Unterschied im Gangbild dargestellt werden konnte. Erklärungsmöglichkeiten dafür wären unter anderem die sehr streng gewählten Auswahlkriterien, die Patienten mit weiteren, das Gangbild stärker oder zusätzlich verändernden Begleitverletzungen wie z.B. in der Studie von Colak et al. zu sehen war [15], ausschlossen.

In einer ähnlichen Studie von Jansen et al. wurde auch das gleiche Messsystem mit identischen Einschlusskriterien zur Feststellung von Gangbildveränderungen nach operativ versorgten Frakturen des Pilon tibiale genutzt. Hier wurden signifikante Unterschiede im Gangbild festgestellt. [34]

In dieser Studie war jedoch die Teilnehmerzahl mit 35 Patienten wesentlich größer als in dieser Studie und somit Unterschiede auch wahrscheinlicher darstellbar.

In Anbetracht der geringen Anzahl an untersuchten Patienten in dieser Studie, ließe dies somit auch Platz für mögliche weitere Studien, insbesondere im Hinblick auf den Vergleich zwischen der offenen operativen Versorgung und der perkutanen operativen Versorgung.

5 Zusammenfassung

Talusfrakturen sind auch trotz aller Fortschritte in Diagnostik und OP-Techniken weiterhin eine komplikationsträchtige Verletzung für den Patienten und benötigen eine intensive Vor- und Nachsorge, um Komplikationen wie eine posttraumatische Talusnekrose oder Arthrose zu erkennen und frühzeitig zu behandeln.

Es wurden insgesamt 20 Patienten in dieser retrospektiven single-center Studie untersucht. Diese wurden zwischen von 2007 bis 2015 in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsklinik Würzburg operativ behandelt. Die Gesamtanzahl der Talusfrakturen in dem genannten Zeitraum betrug $n = 91$. Die Patientenzahl, die den genannten Einschlusskriterien wie Alter > 17 Jahre, singuläre Fraktur und keine psychiatrischen Begleiterkrankungen entsprachen, betrug $n = 25$.

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Mittel 252 Wochen (63 Monate), die Nachuntersuchungsquote beträgt 80%.

Die Unfallhergänge waren meist Hochrasanztraumata mit PKW oder Motorrad bzw. Stürze aus großer Höhe (Fallschirmsprung, Baugerüste).

Die klinischen Ergebnisse der Patienten wurden anhand von Bewegungsumfang sowie von AOFAS, VAS und MFS als Scores ermittelt.

Bei den pedobarographischen Untersuchungen wurden die Kraftmaxima, Spitzendrücke, Kontaktzeiten und Kontaktflächen für den gesamten Fuß, Ferse, Mittelfuß, MFK1, MFK2, MFK3, MFK4, MFK5, Großzehe, zweite Zehe und die Zehen 3, 4, 5 festgestellt.

Radiologisch wurde anhand von Röntgen-Aufnahmen der Arthrosegrad und per CT-Aufnahmen die Stufenbildung am Gelenk untersucht.

Hiernach erfolgte die statistische Auswertung mittels IBM SPSS Statistics Version 23 für Mac OS.

Das Patientenkollektiv bestand aus 16 Männern und vier Frauen mit einem Durchschnittsalter von 30,7 Jahren.

Elf der 20 Patienten erlitten eine Talusfraktur nach Hawkins (Drei Typ I, vier Typ II, drei Typ III und eine Fraktur vom Typ IV (in der Modifikation von Canale & Kelly). Neun Patienten erlitten eine Talusfraktur nach Marti & Weber (sechs vom Typ I und drei vom Typ II).

Von den 20 Frakturen waren 19 geschlossen und eine offen. Diese offene Fraktur entsprach Grad II nach Gustilo & Anderson.

Die durchschnittliche Zeit bis zur OP betrug 4,75 Tage, die durchschnittliche OP-Dauer 119 Minuten (38-255 Minuten) und die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus insgesamt durchschnittlich 13,2 Tage.

Dabei gab es keine Korrelation zwischen Schwere des Traumas und der Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

Überwiegend wurden die Patienten mittels offener Schraubenosteosynthese versorgt, einmal zusätzlich mit einer Platte und zweimal perkutan. Nach der operativen Versorgung wurde größtenteils eine Teilbelastung von 10-20 kg für 6-12 Wochen angeordnet. Zwei Patienten erlitten eine avaskuläre Talusnekrose (beide Typ Hawkins III).

Die Bewegungsumfänge waren im Vergleich zur gesunden Seite auf der verunfallten Seite sowohl im OSG (ROM: $54^{\circ} \pm 13^{\circ}$ vs. $39^{\circ} \pm 14^{\circ}$) als auch im USG (ROM: $28^{\circ} \pm 10^{\circ}$ vs. $14^{\circ} \pm 10^{\circ}$) insgesamt signifikant eingeschränkt.

Es zeigten sich in dieser Studie Score-Ergebnisse beim AOFAS von 66 ± 22 Punkten, beim MFS von 79 ± 17 Punkten und beim VAS von 63 ± 23 Punkten. Hierbei korrelierten die Bewegungsumfänge signifikant mit den Ergebnissen bei den einzelnen Befragungen.

Die radiologischen Kontrollen erfolgten im Mittel 640 Tage postoperativ mittels Röntgenaufnahme und oder Computertomographie.

Hierbei zeigte sich, dass alle Patienten der Studie von einer Arthrose im verunfallten Fuß betroffen waren (Zehn Patienten Grad I, fünf Patienten Grad II, vier Patienten Grad III und ein Patient Grad IV).

Zudem ließen sich in der CT bei mehreren Patienten Stufenbildungen am Gelenk nachweisen (Elf Patienten < 1 mm, sieben Patienten zwischen 1-3 mm und zwei Patienten > 3 mm). Hier zeigte sich, dass je höher Stufe und Arthrosegrad sind, desto schlechter waren die Score-Ergebnisse und der Bewegungsumfang.

Dagegen zeigte sich keine Korrelation zwischen der Zeit bis zur OP und der Auswirkung auf die postoperativen Ergebnisse. Zudem gab es keine Korrelation zwischen der Schwere der Verletzung nach Hawkins und der Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

Es zeigte sich aber, dass Patienten mit postoperativen Komplikationen vielfach eine deutlich verlängerte OP-Zeit aufwiesen und dass das Auftreten von postoperativen Komplikationen zu reduziertem Bewegungsumfang und klinischem Outcome führte.

Allerdings zeigten sich in der Pedobarographie der untersuchten Patienten keine signifikanten Alterationen des Gangbildes.

5.1 Ausblick

Somit lässt sich schlussendlich festhalten, dass die Talusfraktur weiterhin eine komplikationsträchtige Fraktur ist und vielfach postoperativ Funktionseinschränkungen und Schmerzen verbleiben. Die Dislokation gilt bei der Versorgung als zwingende OP-Indikation.

Die Schwere der Verletzung ist ein Prädiktor für das klinische Outcome, wohingegen keine signifikante Veränderung des Gangbildes darstellbar ist.

Somit wären weitere Studien mit einem größeren Patientenkollektiv sowie vergleichende randomisierte Studien zwischen offener und perkutaner Versorgung wünschenswert.

6 Abbildungsverzeichnis

Die Abbildungen, sofern nicht anders benannt, wurden vom Autor dieser Arbeit selbst erstellt.

Das Copyright für die verwendeten Fragebögen und Programme liegt bei den erwähnten bzw. zitierten Firmen und Instituten.

Zur Verwendung der Grafiken und Bilder der Emed Pedography Platform c50 wurde freundlicherweise die Erlaubnis der Firma Novel erteilt.

Zur Verwendung der Grafiken und Bilder aus dem Fragebogen der „Visuellen Analogskala“ (VAS) wurde freundlicherweise die Erlaubnis von Herrn Professor Martinus Richter aus der Klinik für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie Nürnberg und Rummelsberg erteilt.

Zudem wurden mehrere Abbildungen freundlicherweise mit der Erlaubnis von Herrn Professor Thorsten Bley aus dem radiologischen Institut der Uniklinik Würzburg und Herrn Doktor Richard Wagner aus der Klinik für Unfallchirurgie der Uniklinik Würzburg zur Verfügung gestellt.

Die Abbildungen aus dem Buch „Anatomy of the Human Body“ fallen aufgrund ihres Alters unter den Begriff der „Public Domain“.

Die Darstellungen von Fr. M. Solmaz wurden freundlicherweise extra für diese Dissertation unentgeltlich erstellt.

Abbildung 1: Darstellung der Lage des Talus im menschlichen Fuß; Solmaz, M., 2018, Hamburg.....	4
Abbildung 2: Die den Talus umhüllenden Bänder von medial. Henry Gray, Anatomy of the Human Body (1918, public domain).....	6
Abbildung 3: Die den Talus umhüllenden Bänder von lateral. Henry Gray, Anatomy of the Human Body (1918, public domain).....	6
Abbildung 4: Der Talus im Querschnitt mittig im Verbund des Sprunggelenkes, Henry Gray, Anatomy of the Human Body (1918, public domain).....	7
Abbildung 5: Darstellung der blutversorgenden Gefäße des Talus; Solmaz, M., 2020, Hamburg.....	9
Abbildung 6: Hawkins Typ I mit zentraler Fraktur des Talushalses; Solmaz, M., 2018, Hamburg.....	12
Abbildung 7: Hawkins Typ II mit zentraler Talushalsfraktur und beginnender Dislokation aus dem USG. Der Kontakt zum OSG besteht noch; Solmaz, M., 2018, Hamburg.....	12
Abbildung 8: Hawkins Typ III mit zentraler Talushalsfraktur und Luxation des Talus aus dem Verbund von OSG und USG; Solmaz, M., 2018, Hamburg.....	13
Abbildung 9: Hawkins IV mit zentraler Talushalsfraktur und Luxation aus OSG, USG und mit fehlendem Kontakt zum Os naviculare nach distal; Solmaz, M., 2018, Hamburg.....	13
Abbildung 10: Geschlossene Talusfraktur vom Typ Hawkins II medial, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des	

Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley).....	14
Abbildung 11: Geschlossene Talusfraktur vom Typ Hawkins II schräg, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley).....	15
Abbildung 12: Marti und Weber I mit Frakturen der Talusperipherie. Der Kontakt zu OSG und USG besteht noch; Solmaz, M., 2018, Hamburg	16
Abbildung 13: Marti und Weber II mit Frakturen im Taluskörper bzw. Talushals. Der Kontakt zu OSG und USG besteht noch; Solmaz, M., 2018, Hamburg	16
Abbildung 14: Marti und Weber III mit Frakturen im Talushals bzw. -körper und inkompletter bzw. kompletter Luxation dieser aus dem Verbund von OSG und USG; Solmaz, M., 2018, Hamburg	16
Abbildung 15: Marti und Weber IV mit Frakturen des Talushales und „Rausspringen“ des Corpus tali nach dorsal; Solmaz, M., 2018, Hamburg	17
Abbildung 16: Geschlossene Fraktur im OSG, am ehesten Grad II nach Tscherne & Oestern entsprechend, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. med. R. Wagner).....	19
Abbildung 17: Operativ versorgte Talusfraktur mittels Schrauben und Kirschner-Drähten, prä- und postoperativ (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley).....	22
Abbildung 18: Darstellung der Visuellen Analogskala (Ausschnitt) [44]	31
Abbildung 19: Aufbau der Gehstrecke und Messplattform	32
Abbildung 20: Darstellung des korrekten Treffens des Messbereiches	33
Abbildung 21: Ausgabe der Daten am PC, links ist der aktuell gewählte Fußabdruck eines rechten Fußes zu sehen, die Farbschattierungen gehen von rosa = 300 kPa über grün = 100 kPa bis zu blau-weiß = 30-10 kPa je nach Kraftaufwand wie hier im Bild ausgewählt, daneben.....	34
Abbildung 22: Graphische Ausgabe der Druckverhältnisse an einem Fußpaar als Beispiel.....	35
Abbildung 23: Geschlechterverteilung.....	39
Abbildung 24: Unfallmechanismus.....	39
Abbildung 25: Darstellung der ROM in Extension und Flexion, $p < 0,05$ im gepaarten T-Test.....	44
Abbildung 26: Darstellung der ROM in Supination und Pronation, $p < 0,05$ im gepaarten T-Test.....	44
Abbildung 27: Darstellung der Gesamtpunktzahl inkl. Standardverteilung	45
Abbildung 28: Darstellung der AOFAS-Kategorien	47
Abbildung 29: Darstellung der Schmerzkategorie der AOFAS mit Hawkins-Klassifikation.....	47
Abbildung 30: Darstellung der Funktionskategorie der AOFAS mit Hawkins-Klassifikation.....	48
Abbildung 31: Darstellung der Schmerzkategorie der AOFAS mit Marti und Weber-Klassifikation.....	48
Abbildung 32: Darstellung der Funktionskategorie der AOFAS mit Marti und Weber-Klassifikation.....	49
Abbildung 33: Darstellung der VAS-Gesamtpunktzahl inkl. Standardverteilung	50
Abbildung 34: Darstellung der VAS-Kategorien	50

Abbildung 35: Darstellung der einzelnen VAS-Kategorien mit Hawkins-Klassifikation.....	51
Abbildung 36: Darstellung der einzelnen VAS-Kategorien mit Marti und Weber-Klassifikation.....	51
Abbildung 37: Darstellung der MFS-Gesamtpunktzahl inkl. Standardverteilung	53
Abbildung 38: Darstellung der Mittelwerte für die aufgewandte Kraft.....	56
Abbildung 39: Gemittelter Maximaldruck an einem Fußpaar als Beispiel	57
Abbildung 40: Darstellung der Mittelwerte für den erzielten Druck.....	59
Abbildung 41: Gemittelte Kontaktzeit an einem Fußpaar als Beispiel.....	59
Abbildung 42: Darstellung der Mittelwerte für die erzielte Kontaktzeit	61
Abbildung 43: Darstellung der Mittelwerte für die gemessenen Kontaktflächen.....	63
Abbildung 44: Prozentuale Verteilung der Arthrosegrade nach Kellgren & Lawrence	64
Abbildung 45: Darstellung der Korrelation zwischen Arthrosegrad und Score-Ergebnissen.....	65
Abbildung 46: Darstellung der Korrelation zwischen Gelenkstufen und Score-Ergebnissen.....	66
Abbildung 47: Sprunggelenk a.p., Röntgenaufnahme einer Talusnekrose zwei Jahre nach Operation, 2009, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley)	67
Abbildung 48: Sprunggelenk lateral, Aufnahme einer Talusnekrose zwei Jahre nach Operation, 2009, Unfallchirurgie Uniklinik Würzburg (Mit freundlicher Genehmigung des Radiologischen Instituts der Uniklinik Würzburg unter der Leitung von Prof. Bley)	67
Abbildung 49: Mittelwert des AOFAS-Scores der Patienten ohne und mit Komplikationen	69
Abbildung 50: Mittelwert des VAS-Scores der Patienten ohne und mit Komplikationen	69
Abbildung 51: Mittelwert des MFS-Scores der Patienten ohne und mit Komplikationen	70

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation geschlossener Frakturen nach Tscherne und Oestern	18
Tabelle 2: Klassifikation offener Frakturen nach Gustilo und Anderson.....	20
Tabelle 3: AOFAS Ankle-Hindfoot Scale [1].....	28
Tabelle 4: Stadien der Arthrose nach Kellgren und Lawrence	37
Tabelle 5: Die teilnehmenden Patienten in der Übersicht.....	41
Tabelle 6: Darstellung der Korrelation zwischen ROM von Flexion und Extension und Scores	53
Tabelle 7: Darstellung der Korrelation zwischen ROM von Supination/Flexion und Scores.....	54
Tabelle 8: Darstellung der einzelnen Werte für die aufgewandte Kraft	55
Tabelle 9 Darstellung der Kraftgerade jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz.....	56

Tabelle 10: Darstellung der einzelnen Druckwerte für die frakturierte Seite	57
Tabelle 11: Darstellung der einzelnen Druckwerte für die gesunde Seite.....	58
Tabelle 12 Darstellung der Drücke jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz.....	58
Tabelle 13: Darstellung der einzelnen Kontaktzeiten für die gesunde Seite	60
Tabelle 14: Darstellung der einzelnen Kontaktzeiten für die frakturierte Seite .	60
Tabelle 15 Darstellung der Kontaktzeiten jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz	61
Tabelle 16: Darstellung der einzelnen Kontaktflächen für die gesunde Seite...	62
Tabelle 17: Darstellung der einzelnen Kontaktflächen für die frakturierte Seite	62
Tabelle 18 Darstellung der Kontaktflächen jeweils im Vergleich mit jeweils fehlender signifikanter Differenz	63
Tabelle 19 Darstellung der Korrelation zwischen Arthroseggrad, Gelenkstufe und Score-Ergebnissen.....	65
Tabelle 20: Ergebnisse aktueller Studien im Vergleich.....	75

8 Literaturverzeichnis

1. (AOFAS), A.O.F.A.S. *American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS)*. Available from: <http://www.aofas.org/Pages/Home.aspx>.
2. Abdelgaid, S.M. and F.F. Ezzat, *Percutaneous reduction and screw fixation of fracture neck talus*. *Foot Ankle Surg*, 2012. **18**(4): p. 219-28.
3. Alton, T., D.J. Patton, and A.O. Gee, *Classifications in Brief: The Hawkins Classification for Talus Fractures*. *Clin Orthop Relat Res*, 2015. **473**(9): p. 3046-9.
4. Arnold, J., *Orthopädie und orthopädische Chirurgie: Fuß*. 2002: p. 558.
5. Banks, A.S., *McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery, Band 2*. 2001.
6. Baumgartner, R., *Fusschirurgie*. 2004: p. 404.
7. Bergmann, E.v., *Reposition des luxierten Talus von einem Schnitt aus*. *Langenbecks Arch Chir*, 1892(13): p. 1-12.
8. Berndt, A.L. and M. Harty, *Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus*. *J Bone Joint Surg Am*, 1959. **41-A**: p. 988-1020.
9. Biz, C., et al., *Long-term radiographic and clinical-functional outcomes of isolated, displaced, closed talar neck and body fractures treated by ORIF: the timing of surgical management*. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019. **20**(1): p. 363.
10. Boack, D.H., S. Manegold, and N.P. Haas, *[Treatment strategy for talus fractures]*. *Unfallchirurg*, 2004. **107**(6): p. 499-514; quiz 513-4.

11. Braun, B.J., et al., *Long-term pathological gait pattern changes after talus fractures - dynamic measurements with a new insole*. Int Orthop, 2018. **42**(5): p. 1075-1082.
12. Buza, J.A., 3rd and P. Leucht, *Fractures of the talus: Current concepts and new developments*. Foot Ankle Surg, 2018. **24**(4): p. 282-290.
13. Canale, S.T. and F.B. Kelly, Jr., *Fractures of the neck of the talus. Long-term evaluation of seventy-one cases*. J Bone Joint Surg Am, 1978. **60**(2): p. 143-56.
14. Charlson, M.D., et al., *Comparison of plate and screw fixation and screw fixation alone in a comminuted talar neck fracture model*. Foot Ankle Int, 2006. **27**(5): p. 340-3.
15. Colak, T.K., et al., *Pedobarographic and Radiological Analysis After Treating a Talus Neck Fracture*. J Foot Ankle Surg, 2016. **55**(6): p. 1216-1222.
16. Coltart, W.D., *Aviator's astragalus*. J Bone Joint Surg Br, 1952. **34-B**(4): p. 545-66.
17. Cronier, P., A. Talha, and P. Massin, *Central talar fractures--therapeutic considerations*. Injury, 2004. **35 Suppl 2**: p. SB10-22.
18. Dale, J.D., A.S. Ha, and F.S. Chew, *Update on talar fracture patterns: a large level I trauma center study*. AJR Am J Roentgenol, 2013. **201**(5): p. 1087-92.
19. Dragowsky, K., Müller, M. *Traumascores*. 20.09.2017]; Available from: <http://traumascores.com/index.php/kl2-2/40-allgemein4/289-287>.
20. Duden, *Duden | As-t-ra-ga-lus | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft*.
21. Fortin, P.T. and J.E. Balazsy, *Talus fractures: evaluation and treatment*. J Am Acad Orthop Surg, 2001. **9**(2): p. 114-27.
22. Fournier, A., et al., *Total talar fracture - long-term results of internal fixation of talar fractures. A multicentric study of 114 cases*. Orthop Traumatol Surg Res, 2012. **98**(4 Suppl): p. S48-55.
23. Fritz Uwe Niethard, J.P., Peter Biberthaler, *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2014(7): p. 646-647.
24. Fujii, T., et al., *Total talar dislocation and fracture treated with a vascularized bone graft: a case report*. Foot Ankle Int, 2004. **25**(3): p. 159-63.
25. Gross, C.E., et al., *Treatment of Osteonecrosis of the Talus*. JBJS Rev, 2016. **4**(7).
26. Gustilo, R.B. and J.T. Anderson, *Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses*. J Bone Joint Surg Am, 1976. **58**(4): p. 453-8.
27. Haussig, H.-W., *Herodot: Historien*. 1971.
28. Hawkins, L.G., *Fractures of the neck of the talus*. J Bone Joint Surg Am, 1970. **52**(5): p. 991-1002.
29. Hierro-Canas, F.J., et al., *Talus fractures. Functional results for polytraumatized patients*. Rev Esp Cir Ortop Traumatol, 2019. **63**(5): p. 336-341.
30. Higgins, T.F. and M.R. Baumgaertner, *Diagnosis and treatment of fractures of the talus: a comprehensive review of the literature*. Foot Ankle Int, 1999. **20**(9): p. 595-605.
31. Hildanus, W.F., *Observationum et Curationum Chirurgicarum: centuriae*. 1608.
32. Ingelfinger, P., *Operative Therapie von Talusfrakturen*

Eine klinisch-radiologische Studie. 2001.

33. J.H., S., *Fracture of the astragalus.* Surg. Gynecol. Obstet. , 1909. **8**: p. 36–48.
34. Jansen, H., et al., *Clinical outcome and changes in gait pattern after pilon fractures.* Int Orthop, 2013. **37**(1): p. 51-8.
35. Katsui, R., et al., *Ceramic Artificial Talus as the Initial Treatment for Comminuted Talar Fractures.* Foot Ankle Int, 2020. **41**(1): p. 79-83.
36. Kellgren, J.H. and J.S. Lawrence, *Radiological assessment of osteoarthrosis.* Ann Rheum Dis, 1957. **16**(4): p. 494-502.
37. Kenwright, J. and R.G. Taylor, *Major injuries of the talus.* J Bone Joint Surg Br, 1970. **52**(1): p. 36-48.
38. Kitaoka, H.B., et al., *Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes.* Foot Ankle Int, 1994. **15**(7): p. 349-53.
39. Lindvall, E., et al., *Open reduction and stable fixation of isolated, displaced talar neck and body fractures.* J Bone Joint Surg Am, 2004. **86-A**(10): p. 2229-34.
40. Liu, H., et al., *Surgical management of Hawkins type III talar neck fracture through the approach of medial malleolar osteotomy and mini-plate for fixation.* J Orthop Surg Res, 2017. **12**(1): p. 111.
41. Maher, M.H., et al., *The Acute Management and Associated Complications of Major Injuries of the Talus.* JBJS Rev, 2017. **5**(7): p. e2.
42. Marti, R., *[Talus fractures].* Z Unfallmed Berufskr, 1971. **64**(2): p. 108.
43. Marti R., *Talus- und Calcaneusfrakturen.* Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen, 1978: p. pp 376-387.
44. Martinus Richter, S.Z., Jens Geerling, Michael Frink, Karsten Knobloch, Christian Krettek, *A new foot and ankle outcome score: Questionnaire based, subjective, Visual-Analogue-Scale, validated and computerized.* Foot and Ankle Surgery, 2006.
45. McCrory, P. and C. Bladin, *Fractures of the lateral process of the talus: a clinical review. "Snowboarder's ankle".* Clin J Sport Med, 1996. **6**(2): p. 124-8.
46. Miamed, *Sprunggelenke und Fuß → Talus.* Amboss, 2017.
47. Mulfinger, G.L. and J. Trueta, *The blood supply of the talus.* J Bone Joint Surg Br, 1970. **52**(1): p. 160-7.
48. Novel. *emed@pedography platforms* Available from: <http://www.novel.de/novelcontent/emed>.
49. Oestern, H.-J., *Weichteilschaden bei offenen und geschlossenen Frakturen.* OP-JOURNAL, 2009. **25**: p. 154-159.
50. Ohl, X., et al., *Long-term follow-up after surgical treatment of talar fractures: Twenty cases with an average follow-up of 7.5 years.* Int Orthop, 2011. **35**(1): p. 93-9.
51. Pearce, D.H., et al., *Avascular necrosis of the talus: a pictorial essay.* Radiographics, 2005. **25**(2): p. 399-410.
52. Rammelt, S., *Secondary correction of talar fractures: asking for trouble?* Foot Ankle Int, 2012. **33**(4): p. 359-62.
53. Rammelt, S., J. Winkler, and H. Zwipp, *[Operative treatment of central talar fractures].* Oper Orthop Traumatol, 2013. **25**(6): p. 525-41.
54. Rammelt, S. and H. Zwipp, *Talar neck and body fractures.* Injury, 2009. **40**(2): p. 120-35.
55. Richard Buckley, A.S., *AO Surgery Reference.* Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen.

56. Riesner, H.J., et al., [*Current Recommendations for the Therapy of Dislocated Talus Fractures Weber and Marti Type IV - Literature Research*]. Z Orthop Unfall, 2017. **155**(2): p. 149-156.
57. S. Rammelt, H.Z., *Praxisbuch Unfallchirurgie*. 2011.
58. Sanders, R., et al., *Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification*. Clin Orthop Relat Res, 1993(290): p. 87-95.
59. Schulze, W., et al., *Surgical treatment of talus fractures: a retrospective study of 80 cases followed for 1-15 years*. Acta Orthop Scand, 2002. **73**(3): p. 344-51.
60. Schünke, M.S., Erik; Schumacher, Udo, *PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. 2014.
61. Stuber, J., et al., *Normative data of the Visual Analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) for pathological conditions*. Foot Ankle Surg, 2011. **17**(3): p. 166-72.
62. Szyszkowitz, R., R. Reschauer, and W. Seggl, *Eighty-five talus fractures treated by ORIF with five to eight years of follow-up study of 69 patients*. Clin Orthop Relat Res, 1985(199): p. 97-107.
63. T.P. Rüedi, W.M.M., *Classification of fractures with soft tissue injury*. AO Principles of Fracture Management.
64. Tezval, M., C. Dumont, and K.M. Sturmer, *Prognostic reliability of the Hawkins sign in fractures of the talus*. J Orthop Trauma, 2007. **21**(8): p. 538-43.
65. Tezval, M., S. Schmoz, and C. Dumont, [*Minimally invasive osteosynthesis. : even in talus fractures?*]. Oper Orthop Traumatol, 2012. **24**(4-5): p. 396-402.
66. Titus von Lanz, W.W., *Praktische Anatomie – Bein und Statik*. 2004(2).
67. Vallier, H.A., *Fractures of the Talus: State of the Art*. J Orthop Trauma, 2015. **29**(9): p. 385-92.
68. Vallier, H.A., et al., *Talar neck fractures: results and outcomes*. J Bone Joint Surg Am, 2004. **86-A**(8): p. 1616-24.
69. Vallier, H.A., et al., *A new look at the Hawkins classification for talar neck fractures: which features of injury and treatment are predictive of osteonecrosis?*, in *J Bone Joint Surg Am*. 2014. p. 192-7.
70. Veith, N., et al., [*Talus Fractures - an Update*]. Zentralbl Chir, 2017. **142**(2): p. 189-193.
71. von Winning, D., et al., *Correction: Surgical Treatment of Talar Neck and Body Fractures: Mid-Term Results of 24 Cases*. Z Orthop Unfall, 2020.
72. Wikipedia, *Astragaloï*. 2017.
73. Wikipedia, *Wilhelm Fabry*. 2017.
74. Wildenauer, E., *Die Blutversorgung des Talus*. Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1950. **115**(1): p. 32-36.
75. Zwipp, H.R., S., *Tscherne Unfallchirurgie: Fuß*. 2014: p. 802.

9 Abkürzungen

- # = Fraktur
- A. = Arteria
- a/p = anterior / posterior
- AOFAS = American Orthopedic Foot and Ankle Score
- Ave = Average
- AVN = Avaskuläre Nekrose
- CRPS = complexe regional pain syndrome
- CT = Computertomographie
- Et al. = Et alia = und andere
- Ex = Extension
- Flex = Flexion
- Ges = gesund
- i.v. = intravenös
- kPA = Kilopascal
- lat = Lateral bzw. bei lateinischen Bezeichnungen: „lateinisch“
- Lig. = Ligamentum
- Ligg. = Ligamenta
- Max = Maximum
- Med = medial
- MFS = Maryland Foot Score
- MFK = Medialer Fußknochen
- Min = Minimum
- MRT = Magnetresonanztomographie
- N = Newton
- n.a. = Nicht angegeben
- ORIF = Offene Reposition, interne Fixation
- OSG = Oberes Sprunggelenk
- Pro = Pronation
- ROM = Range of Motion

- Sup = Supination
- USG = Unteres Sprunggelenk
- VAS = Visuelle Analogskala

10 Anhang und Fragebögen

Fuß und Sprunggelenk		Visual Analog Skala (VAS)	
Name _____	Geschlecht <input type="checkbox"/> m / <input type="checkbox"/> w	Datum VAS	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
Klinik-Lfd.Nr. _____	<input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
Untersucher _____	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
Geburtsdag <input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>	Zeitpunkt <input type="checkbox"/> 1 Präoperativ; <input type="checkbox"/> 2 Postoperativ, vor Implantatentfernung (IE); <input type="checkbox"/> 3 IE; <input type="checkbox"/> 4 Nach IE		

Hinweise zu den Fragen und zum Ausfüllen des Bogens

Zeitraum:

- Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum vor dem Unfall bzw. der Operation
- Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum zwischen Unfall/Operation und Implantatentfernung (IE)
- Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum seit der Implantatentfernung (IE)

(Zutreffendes ist vom Untersucher anzukreuzen)

Auf der Rückseite befindet sich ein Fragebogen zum Thema „Fußprobleme“ (z.B. Schmerzen am Fuß). Zur Beantwortung der Fragen steht Ihnen eine Skala in Form einer Linie zur Verfügung. Bitte markieren Sie als Antwort auf jede Frage die Stelle auf der Linie mit einem **Kreuz (x)**, die Ihre persönliche Situation im o.g. Zeitraum (durchschnittlich) am besten wiedergibt. Am linken Rand der Linien befindet sich immer der für Sie negativste Wert. Am rechten Rand befindet sich der für Sie positivste Wert. Schreiben Sie bitte **keine Klartextantworten** wie z.B. „sehr lange, über 2 Stunden“!

Nachfolgend ist eine Beantwortung der Frage „Wie geht es Ihnen heute?“ als Beispiel wiedergegeben:



Die Antwort durch das Kreuz auf der Linie bedeutet in diesem Beispiel, daß es Ihnen heute „ganz gut“ aber nicht „sehr gut“ geht.

Beantworten Sie die Fragen bitte nur negativ, wenn Fußprobleme auch wirklich verantwortlich für die Einschränkung bei einer bestimmten Tätigkeit sind. **Beispiel:** Die Frage nach Fußproblemen beim Laufen würden Sie vielleicht mit „Laufen unmöglich“ beantworten, weil Sie ggf. die Puste zum Laufen nicht (mehr) haben. Gemeint ist jedoch, ob Sie prinzipiell ohne Fußprobleme laufen könnten oder, ob Ihnen Fußprobleme - wie Schmerzen - das Laufen unmöglich machen.

Sie müssen nicht jede Frage beantworten! Beantworten Sie nur die Fragen, die Sie möchten und die Sie verstanden haben! Nutzen Sie bitte das Feld „Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen“ für Verbesserungsvorschläge und / oder Kritik.

Erläuterung einiger Begriffe:

Körperliche Ruhe: Gemeint ist der Zustand, wenn Sie keine anstrengenden Dinge tun wie z.B. die Zeitung lesen, auf dem Sofa oder im Bett liegen, fernsehen, Musik hören, sich entspannen usw.

Körperliche Belastung: Gemeint ist der Zustand, wenn Sie Tätigkeiten verrichten wie z.B. schwere Gartenarbeiten, schwere berufsbedingte Arbeiten, anstrengenden Sport treiben usw.

Hausarbeiten: Gemeint sind alltägliche Tätigkeiten wie z.B. Fenster putzen, bügeln, staubsaugen, abwaschen, kochen, den Boden wischen, aufräumen usw.

Aktivitäten des täglichen Lebens: Gemeint sind persönliche Tätigkeiten wie z.B. aus dem Bett aufstehen, essen, sich waschen, sich anziehen, sich die Schuhe anziehen, Strümpfe anziehen, sich die Schuhe zubinden usw. Die Antworten auf diese Fragen sollte sich nicht auf Tätigkeiten beziehen, die bereits an anderer Stelle des Fragebogens (z.B. Stehen, Vorbeugen, Tragen von Gegenständen usw.) erfragt werden!

Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen

© Martinus Richter 2004

AOFAS Ankle-Hindfoot Scale (100 Punkte)

Schmerz

Keiner	40
Leicht, gelegentlich	30
Mäßig, täglich	20
Schwer, fast immer präsent	0

Funktion

Tägliche Einschränkungen, Notwendigkeit von Unterstützung

- Keine Einschränkung, keine Unterstützung	10
- Keine Einschränkung von täglichen Aktivitäten, Einschränkung von Freizeitaktivitäten, keine Unterstützung	7
- Einschränkung von täglichen und Freizeitaktivitäten, Stock	4
- Schwere Einschränkung von täglichen und Freizeitaktivitäten, Gehwagen, Krücken, Rollstuhl, Brace	0

Maximale Gehstrecke (Häuserblocks)

>6	5
4–6	4
1–3	2
<1	0

Gehen auf Oberflächen

Keine Schwierigkeiten auf allen Oberflächen	5
Etwas Probleme auf unebenen Flächen, Stufen, Leitern, Neigung	3
Starke Probleme auf unebenen Flächen, Stufen, Leitern, Neigung	0

Gangbildstörungen

Keine, leichte	8
Auffällige	4
Starke	0

Sagittale Bewegung (Flexion/Extension)

Normal oder leichte Einschränkung ($\geq 30^\circ$)	8
Mäßiggradige Einschränkung ($15^\circ - 29^\circ$)	4
Starke Einschränkung ($< 15^\circ$)	0

Rückfußbeweglichkeit (Inversion plus Eversion)

Normal oder leichte Einschränkung (75–100% des Normalen)	6
Mäßiggradige Einschränkung (25–74% des Normalen)	3
Starke Einschränkung ($< 25\%$ des Normalen)	0

Sprunggelenk-Rückfußstabilität (a.-p., valgus-varus)

Stabil	8
Deutlich instabil	4

Form, Aligement

Gut, „Sohlengänger-Fuß“, OSG-Rückfußachse gut	10
Mäßig, „Sohlengänger-Fuß“, geringe Abweichung der OSG-Rückfußachse, keine Symptome	5
Schlecht, kein „Sohlengängerfuß“, schwere Achsabweichung, Symptome	0

Maryland Foot Score

Parameter		Punkte
pain	none, including sports	45
	slight; no change in activities of daily living (ADL) or work ability	40
	mild; minimal change in ADLs or work	35
	moderate; significant decrease in ADLs	30
	marked; during minimal ADLs	10
	disabled; unable to work or shop	5
	distance walked	unlimited
distance walked	slight limitation	8
	moderate limitation (2 or 3 blocks)	5
	severe limitation (1 block)	2
	indoors only	0
	stability	normal
stability	weak feeling; no true giving way	3
	occasional giving way (1-2 months)	2
	frequent giving way	1
	orthotic device used	0
support (walking aid)	none	4
	cane	3
	crutches	1
	wheelchair	0
limp	none	4
	slight	3
	moderate	2
	severe	1
	unable to walk	0
shoes	any type	10

	minor concessions	9
	flat, laced	7
	with orthotics	5
	space shoes	2
	unable to wear shoes	0
stairs	normally	4
	with bannister	3
	any method	2
	unable	0
terrain	no problem with any surface	4
	problems on stones or hills	2
	problems on flat surfaces	0
cosmesis	normal	10
	mild deformity	8
	moderate deformity	6
	severe deformity	0
	multiple deformities	0
motion	normal	5
(ankle, subtalar, metatarsophalangeal, midfoot)		
	slightly decreased	4
	markedly decreased	2
	ankylosed	0

Nachuntersuchungsprotokoll Talus Frakturen

Name, Vorname:

Geb.- Dat.:

Größe:

Gewicht:

Unfalldaten:

Unfalltag:

Seite: Rechts / Links

Unfallhergang:

Sturz < 1 m Sturz > 1 m Verkehrsunfall Rad/ Krad Verkehrsunfall PKW

Polytrauma ja/ nein weitere Verletzungen der betr. Extremität:

Klassifikation:

Operation ja/ nein

OP-Datum:

= Tage nach Unfall

Wie viele ops?

Auswärtige Vorbehandlung?

OP- Verfahren:

Perkutan

ORIF Schrauben

ORIF Platte ventral (winkelstabil ja/nein)

ORIF Platte medial

ORIF Platte Fibula (winkelstabil ja/nein)

sonstige Osteosynthese

Verweildauer im Krankenhaus:

Nachbehandlung:

Entlastung Teilbelastung Vollbelastung
für _____ Wo

Rückfußentlastungsschuh Vacoped-Stiefel Gips für _____ Wo

Komplikationen:

Nein

Ja Hämatom Infektion sonst: _____

Revisions- OP?

Nein Ja (Anzahl)_____ Grund_____

Orthop. Schuhversorgung ja/ nein

Einlagen ja/ nein

Arbeitsfähig nach _____ Wochen/ Monaten

Beruf:

Max. Gehstrecke aktuell:

Max. Gehdauer aktuell:

Arthrodesse OSG oder USG erfolgt ja/ nein

Zeitpunkt:

VAS (Richter):

ROM OSG (Extension/ Flexion):

ROM USG (Pronation/ Supination):

Umfangsdifferenz Knöchel zur Gegenseite (cm):

Arthrose OSG (Kellgren/ Lawrence- Score):

Pedographie:

Belastung Zone 1- 10

Gangachse

Sensibilitätsstörungen:

Plastische Deckung:

Offene Fraktur?

Bewegungsumfang:	Verletzt
Gesund	

	Dorsalextension
OSG	ROM
	Plantarflexion

	Eversion
USG	ROM
	Inversion

Knöchelumfang	cm
---------------	----

Ristumfang	cm
------------	----

11 Danksagung

12 Lebenslauf

Essen, den 14. Januar 2021