

Diplomarbeit

**Klinisch-radiologisches Outcome nach operativer
Versorgung von Calcaneusfrakturen**

eingereicht von

Madeleine Dutschei

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor(in) der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie

unter der Anleitung von

**Dr.med.univ. Dr. scient.med. Patrick Lukas Holweg,
Univ. FÄ Priv.-Doz. Dr.med.univ. Dr.scient.med. Gloria Hohenberger
Univ. FA Priv.-Doz. Dr.med.univ. Paul Puchwein**

Graz, 31. Mai 2021

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 31. Mai 2021

Madeleine Dutschei eh.

Danksagungen

Zunächst möchte ich ein besonderen Dank an Frau Univ. FÄ Priv.-Doz. Dr.med.univ. Dr.scient.med. Gloria Hohenberger richten für ihre fachliche Expertise, Kompetenz, Engagement und stets offenes Ohr bei jegliche Problematiken, die mir die Erstellung dieser Diplomarbeit ermöglicht haben. Man kann es als Privileg schätzen, fachlich und menschlich so motivierend und engagiert unterstützt zu werden.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Dr.med.univ. Dr. scient.med. Patrick Lukas Holweg für die Betreuung und Unterstützung bei während der klinischen Studie und Erstellung der Diplomarbeit bedanken. Ebenso möchte ich mich bei Univ. FA Priv.-Doz. Dr.med.univ. Paul Puchwein bedanken.

Das wohl größte Dankeschön gilt meinen Eltern, Claudia und Helmut, denn ohne ihre unermüdlich liebevolle Unterstützung, an meinen Träumen und Zielen festzuhalten, wäre mein Studium nicht möglich gewesen. Danke dafür das ihr immer für mich da wart und mir all diese Erfahrungen ermöglicht habt.

Ebenfalls möchte ich meinen Geschwistern Theresa und Sascha danken. Danke Theresa für die Unterstützung und das Engagement bei dieser Arbeit, danke das du die liebste Zwillingschwester bist. Danke Sascha, dass du mir so ein toller großer Bruder bist und mich immer zum Lachen bringst. Natürlich möchte ich mich auch bei meiner restlichen Familie bedanken, die ich mich immer unterstützt haben und mir zur Seite standen.

Ein weiterer Dank geht an meine Freunde, die mich während meines Studiums begleitet haben und mir eine unvergessliche Studienzeit ermöglicht haben.

Darüber hinaus möchte ich abschließend meinem wohl größten Fan, Unterstützer, bestem Freund und Partner, Markus, danken. Danke für deine bedingungslose Unterstützung, Verständnis, die zahlreichen Aufmunterungen, das Mut machen und deinen Glauben an mich.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	i
Glossar und Abkürzungen	iv
Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vi
Zusammenfassung.....	vii
Abstract.....	viii
Einleitung.....	9
1) Anatomie.....	10
1.1 Fußskelett	10
1.1.1 Knochenmorphologie.....	10
1.1.2 Bänder & Muskeln	12
1.1.3 Gelenke	15
1.1.4 Arterielle Versorgung & Innervation	16
1.2 Gissane- und Böhler-Winkel.....	17
1.3 Verletzungsmechanismus	18
2) Klassifikation	19
2.1.1 Allgemein.....	19
2.1.2 AO	19
2.1.3 Sanders	22
3) Kalkaneusfraktur	24
3.1.1 Epidemiologie	24
3.1.2 Ätiologie.....	24
3.1.3 Klinik	24
3.1.4 Diagnostik.....	25
3.1.5 Therapiemöglichkeiten.....	26
3.1.6 Komplikationen	27
3.2 Konservative Therapie und ihre Probleme	27
3.3 Geschlossene Reposition mit perkutaner Fixierung	28
3.4 Offene Reposition mit interner Fixation	29
3.5 Kombinierte Techniken bei Split-tongue Frakturen	31
3.6 ORIF/primäre Arthrodese bei Sanders-Typ-IV-Frakturen.....	31
3.7 Postoperativer Verlauf/Behandlungsschema	32
4) Material und Methoden.....	33
4.1 Studiendesign	33
4.2 Patientenrekrutierung.....	34
4.3 Radiologische Diagnostik	34
4.4 Fragebögen, Scores.....	35

4.4.1	AOFAS	35
4.4.2	Calcaneal Fracture Scoring System	36
4.5	Klinische Untersuchung.....	36
4.6	Statistische Auswertung	36
5)	Ergebnisse	37
5.1	Rekrutierung.....	37
5.2	Alter, Geschlecht, Frakturseite	38
5.3	Stationärer Aufenthalt/Aufnahme, Aufenthalt ICU, Details	39
5.4	Unfallursachen	40
5.5	Frakturklassifikation nach Sanders & AO	41
5.6	Begleitverletzungen.....	41
5.7	Operative Versorgung	42
5.8	Implantate	42
5.9	Weitere Fußverletzungen	42
5.10	Weitere Eingriffe	43
5.11	Postoperative Infekte	43
5.12	Nachbehandlung.....	44
5.13	Metallentfernungen	44
5.14	Bargon-Klassifikation	44
5.15	Gissane- und Böhler-Winkel, Auswertung.....	45
5.16	Auswertung AOFAS & CFSS	46
5.16.1	Allgemeinen Ergebnisse.....	46
5.16.2	Schmerzen	49
5.16.3	Funktion.....	50
5.16.4	CFSS.....	54
5.16.5	Ausrichtung AOFAS Score	56
6)	Diskussion.....	57
6.1	Radiologische Ergebnisse.....	62
6.2	Klinisch funktionelles Outcome	65
6.3	Lebensqualität.....	68
6.3.1	Aktivitäten	68
6.3.2	Beweglichkeit und Ausrichtung.....	72
6.3.3	Schmerzen	74
6.4	Conclusio	76
	Literaturverzeichnis	77
	Anhang – Scores.....	82

Glossar und Abkürzungen

A. – Arteria

N. – Nervus

M. – Musculus

Lig. – Ligamentum

Ligg. – Ligamenta

Proc. – Processus

Procc. – Processus

Art. – Articulatio

Fac. – Facies

Post – Posterior

CT – Computertomographie

Std. – Stunde

SD – Standardabweichung

ORIF – offene Reposition und interne Fixation

MW – Mittelwert

CE – Calcaneusendversorgung

AOFAS – American Orthopaedic Foot and Ankle Society

CFSS – Calcaneal Fracture Scoring System

AO – Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Fußskelett, © Madeleine Dutschei.....	10
Abbildung 2 Calcaneus, knöcherne Strukturen, lateral, © Madeleine Dutschei....	11
Abbildung 3 Calcaneus, knöcherne Strukturen, medial, © Madeleine Dutschei...	12
Abbildung 4 Calcaneus, Bänder, laterale Sicht, © Theresa Dutschei.....	13
Abbildung 5 Calcaneus, Bänder, mediale Sicht, © Theresa Dutschei.....	14
Abbildung 6 Verlauf Nervus suralis, © Madeleine Dutschei	17
Abbildung 7 Böhler-Winkel	18
Abbildung 8 Gissane-Winkel	18
Abbildung 9 AO-Klassifikation © Madeleine Dutschei, Vorlage nach Meinberg et al. ⁽¹⁾	22
Abbildung 10 Sanders-Klassifikation, © Madeleine Dutschei, nach Sanders et al. ⁽²⁾	23
Abbildung 11 Schnittführung ORIF © Madeleine Dutschei.....	29
Abbildung 12 Rekrutierung der Patienten.....	37
Abbildung 13 Verteilung des Geschlechtes	38
Abbildung 14 Altersverteilung im Patientenkollektiv	38
Abbildung 15 Seite Calcaneusfraktur, BS = beidseits, Links = links, RE = rechts	39
Abbildung 16 Bargon-Klassifikation Ergebnisse	45
Abbildung 17 Prozentverteilung Scores	47
Abbildung 18 Punkteverteilung Scores, Anzahl.....	48
Abbildung 19 AOFAS, Anzahl, Alter	48
Abbildung 20 CFSS, Anzahl, Alter.....	49
Abbildung 21 Aktivitätseinschränkungen, Anzahl, AOFAS.....	51
Abbildung 22 Maximale Gehstrecke, Anzahl, AOFAS	51
Abbildung 23 Laufoberflächen, Anzahl, AOFAS.....	52
Abbildung 24 Gangauffälligkeiten, Anzahl, AOFAS.....	52
Abbildung 25 Sagittale Bewegung, Anzahl, AOFAS.....	53
Abbildung 26 Rückfußbewegung, Anzahl, AOFAS.....	53
Abbildung 27 Arbeit, Anzahl, CFSS.....	54
Abbildung 28 Gehen, Anzahl, CFSS	55
Abbildung 29 Gehhilfe, Anzahl, CFSS.....	55
Abbildung 30 Ausrichtung/Alignement Fuß, Anzahl, AOFAS	56
Abbildung 31 AOFAS & CFSS, Prozentzahl, Ergebnisse.....	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Bargon–Klassifikation	34
Tabelle 2 Sanders–Klassifikation	41
Tabelle 3 AO–Klassifikation.....	41
Tabelle 4 Bargon–Klassifikation Ergebnisse	45
Tabelle 5 Gissane- und Böhler-Winkel Ergebnisse	46
Tabelle 6 Bewertungsschema AOFAS & CFSS	46
Tabelle 7 Schmerz, Prozentangaben, Anzahlen, AOFAS	50
Tabelle 8 Schmerz, Prozentangaben, Anzahl, CFSS.....	50
Tabelle 9 Laufoberflächen, Prozentanzahl, AOFAS	52
Tabelle 10 Gangauffälligkeiten, Prozentangabe, AOFAS.....	52
Tabelle 11 Gissane- und Böhler-Winkel, Vergleiche mit der Literatur	63
Tabelle 12 Literaturvergleich AOFAS & CFSS	67
Tabelle 13 Literaturvergleich Teilgebiet Arbeit	70
Tabelle 14 Literaturvergleich Teilgebiet Beweglichkeit.....	73
Tabelle 15 Literaturvergleich Teilgebiet Schmerz.....	75
Tabelle 16 AOFAS-Ankle-Hindfoot-Scale, mit freundlicher Genehmigung des Elsevier-Verlages	82
Tabelle 17 Calcaneal Fracture Scoring System, mit freundlicher Genehmigung des Elsevier-Verlages	84

Zusammenfassung

Einleitung: Die Calcaneusfraktur repräsentiert etwa 2% aller Frakturen des Erwachsenen. Diese resultiert meistens aus Dezelerationstraumen oder axialer Krafteinwirkung bei Stürzen. Die operative, wie auch konservative Behandlung können weitreichende Komplikationen beinhalten, sodass die optimale Therapie immer noch kontrovers diskutiert wird. In dieser retrospektiven Studie wurden die postoperativen Langzeitergebnisse, im Zeitraum von 2017 bis 2018, an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie des Landeskrankenhauses Graz, bei operativer calcaneärer Versorgung evaluiert.

Material und Methoden: Insgesamt wurden 30 Patient*innen (19 männlich, 11 weiblich) in die Studie eingeschlossen, das mittlere Alter lag bei 45,7 Jahren. Zehn Patient*innen konnten für eine Nachuntersuchung gewonnen werden. Das klinisch-funktionelle und radiologische Outcome wurde anhand Böhler- und Gissane-Winkel, des American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS)-Score und mit dem Calcaneal Fracture Scoring System (CFSS) erhoben.

Ergebnisse: Der Frakturklassifikation nach Sanders zugrundeliegend, lagen in 78,1% der Fälle Frakturen vom Typ 4 vor, zu jeweils 6,3% 2C 3AB und nicht-intraartikuläre Frakturen und zu 3,1% 3AC Frakturen. Nach AO-Klassifikation konnten 71,9% in 82C3, 12,5% in 82B1, 9,4% in 82C2 und 6,3% in 82C1 Frakturen eingeteilt werden.

Es zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede (Gissane: $p = 0,044$; Böhler: $p = \leq 0,001$) zwischen den präoperativ (Mittelwerte: Gissane: $111,34^\circ$; Böhler: $8,84^\circ$) und postoperativ evaluierten Winkeln (Mittelwerte: Gissane: $120,44^\circ$; Böhler: $27,03^\circ$). Der AOFAS-Score zeigte im Mittel 69,9 Punkte (SD: 23,55; Spannweite: 27-97) und das CFSS ergab im Mittel 71 Punkte (SD: 27,38; Spannweite: 26-100).

Schlussfolgerung: Insgesamt ließen sich die erhobenen Daten anhand aktueller Literaturrecherchen vergleichen und bestätigen. Schlussfolgern lässt sich, als Fazit für die Praxis, dass die gewählte Operationstechnik, Nachbehandlung und Betreuung am Universitätsklinikum Graz dem Goldstandard entsprechen, sodass die aktuellen Verfahrensweisen zu bekräftigen sind.

Abstract

Introduction: Calcaneal fractures represent approximately 2% of all fractures in adults. These injuries typically result from axial load during fall from high height or deceleration traumas. The operative and conservative treatment can have far-reaching complications, hence the optimal treatment remains controversial. This retrospective study evaluated the postoperative outcome of the osteosynthesis of calcaneal fractures between 2017 and 2018 from the Department of Orthopedics and Trauma of the University Hospital Graz.

Material and methods: Overall 30 patients (19 male, 11 female) were included in the study with a mean age of 45.7 years. Ten patients were recruited to a follow-up examination. The clinical-functional and radiological outcome was evaluated by Böhler and Gissane angles, American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS)-Score and the Calcaneal Fracture Scoring System (CFSS).

Results: The fracture classification by Sanders resulted in 78.1% of all cases in type 4 fractures, each with 6.3% in 2C, 3AB and not intra-articular fractures and in 3.1% in 3AC fractures. Concerning AO-classification, 71.9% were 82C3 fractures, 12.5% 82B1, 9.4% 82C2 and 6.3% 82C1 fractures. The pre- (mean: Gissane: 111.34°; Böhler: 8.84°) and postoperative (mean: Gissane: 120.44°; Böhler: 27.03°) angles by Böhler and Gissane differed statistically significantly (Gissane: $p = 0.044$; Böhler: $p = \leq 0.001$). The AOFAS-Score showed a mean of 69.9 points (SD: 23.55; range: 27-97) and the CFSS resulted in a mean of 71 points (SD: 27.38; range: 26-100).

Conclusion: Altogether the collected data were confirming with the recent literature. It can be concluded that the practice of the chosen surgical technique, the follow-up treatment and the medical care at the University Hospital Graz are corresponding to the recent gold standard.

Einleitung

Mit annähernd 2% aller Frakturen bei Erwachsenen, ist die Calcaneusfraktur zwar selten, jedoch immer noch die häufigste Fraktur des Tarsus. Die Hauptursache sind axiale Stauchungstraumata durch Stürze aus großer Höhe.⁽³⁾

Die Calcaneusfraktur kann konservativ oder operativ behandelt werden. Konservative Behandlungen, wie auch operative, können weitreichende Komplikationen zur Folge haben, weshalb die optimale Versorgung kontrovers diskutiert wird.⁽⁴⁾ Die Möglichkeit der konservativen Versorgung ist meist nur bei unkomplizierten Brüchen gegeben. Aufgrund des Traumamechanismus treten jedoch häufig komplexe Verletzungsmuster auf, die operative Behandlungen erfordern.⁽⁵⁾

Im Rahmen dieser Diplomarbeit sollen die klinischen-funktionellen und radiologischen Langzeitergebnisse nach operativer Therapie mit Osteosynthese von Calcaneusfrakturen evaluiert werden. Hierzu wurden an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie der Medizinischen Universität Graz, im Zeitraum vom 01.01.2017 bis 31.12.2018 Daten aller operativ versorgten Calcaneusfrakturen erhoben. Ziel ist es festzustellen, inwieweit die postoperativen Ergebnisse mit der gegenwärtigen Literatur vergleichbar sind, um die Langzeitergebnisse des hiesigen Patientenkollektives besser abzuschätzen.

Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über notwendiges Grundlagenwissen gegeben, welches zum Verständnis dieser Arbeit wesentlich ist. Nach einem Überblick der Anatomie des Fußes, im speziellen des Calcaneus, der umgebenden Strukturen und des Verletzungsmechanismus erfolgen Beschreibungen der Epidemiologie, Ätiologie, Klinik, Diagnostik, Komplikationen, Therapie und postoperativer Verlauf der Calcaneusfraktur.

1) Anatomie

1.1 Fußskelett

Das Fußskelett besteht aus drei Abschnitten, der Fußwurzel (Tarsus), dem Mittelfuß (Metatarsus) und den Zehen (Digiti). Der Tarsus besteht aus sieben Ossa tarsalia: dem Talus, Calcaneus, Os naviculare, Os cuboideum und den drei Ossa cuneiformia. Zum Metatarsus gehören die fünf Metatarsalknochen und die Zehen werden von den Phalangen gebildet.⁽⁶⁾ Klinisch erfolgt eine Unterteilung in Rück- (Talus, Calcaneus), Mittel- (Os naviculare, Os cuboideum, Ossa cuneiformia) und Vorfuß (Ossa metatarsalia, Phalanges).⁽⁷⁾

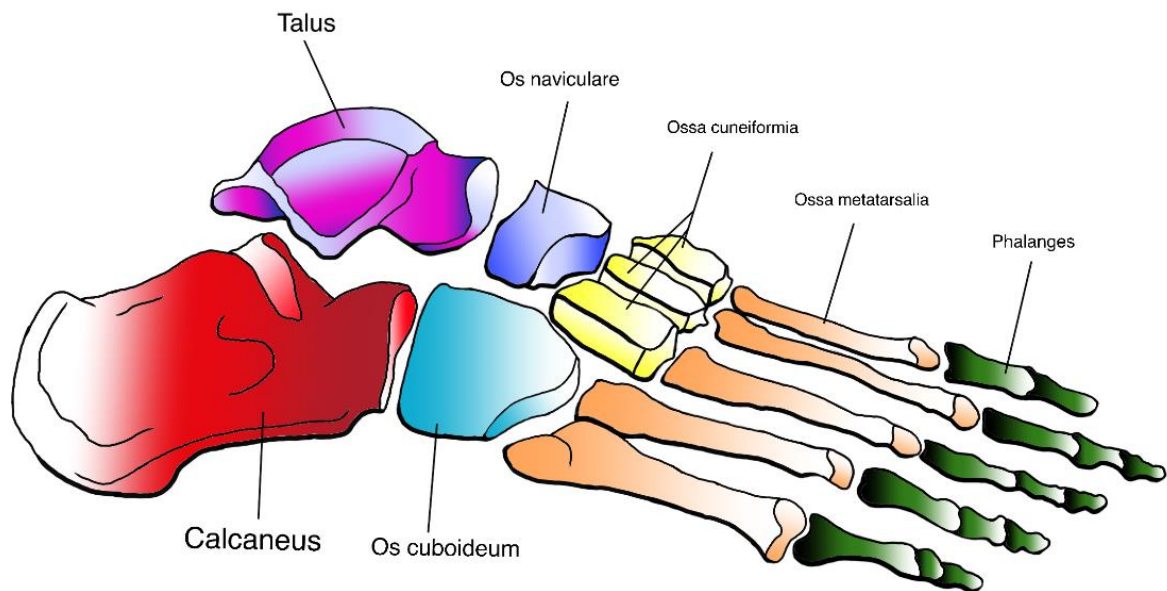


Abbildung 1 Fußskelett, © Madeleine Dutschei

1.1.1 Knochenmorphologie

Der Calcaneus ist der Größte der sieben Fußwurzelknochen. Seine Achse der Längsrichtung verläuft von medial hinten nach vorne lateral.⁽⁷⁾ An der superioren Fläche sind drei Gelenkflächen unterscheidbar. Dies sind die Facies (Fac.) articularis talaris anterior, media und posterior, die alle mit dem Talus artikulieren. Die Fac. articularis talaris posterior trägt hierbei 75 % der axialen Kraft des unteren Sprunggelenkes.⁽⁸⁾ Am vorderen Teil des Calcaneus befindet sich die Facies articularis cuboidea.⁽⁹⁾ Zwischen der Fac. art. talaris media und posterior liegt der Sulcus calcanei der zusammen mit dem Sulcus tali den Sinus tarsi bildet. Am

hinteren Teil des Fersenbeins befindet sich der Tuber calcanei, Fersenhöcker, dessen raue Rückseite den Ansatz für den Tendo calcanei bildet. Plantar vom Tuber liegen zwei Fortsätze die Processus medialis und lateralis tuberis calcanei.⁽⁷⁾ Medial an der Fac. art. talaris media befindet sich auf dem Sustentaculum tali, unter dem sich der Sulcus tendinis m. flexoris hallucis longi verläuft. Lateral des Calcaneus hebt sich die Trochlea fibularis ab, unter der sich der Sulcus tendinis m. peronei longi befindetet.⁽⁶⁾

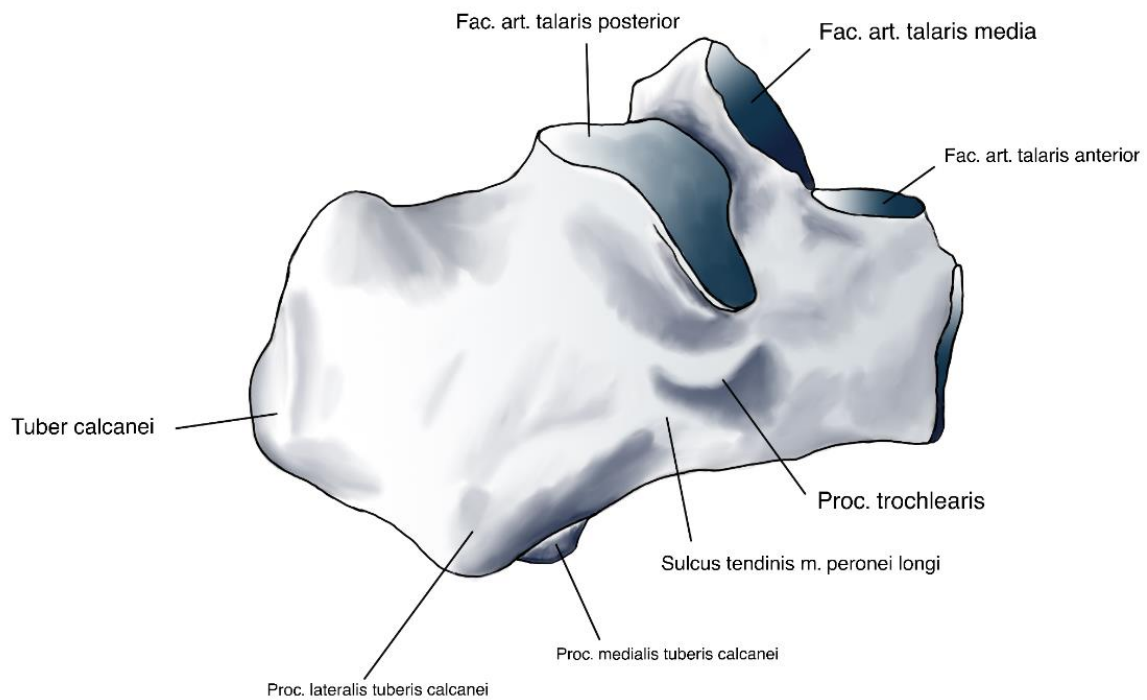


Abbildung 2 Calcaneus, knöcherne Strukturen, lateral, © Madeleine Dutschei

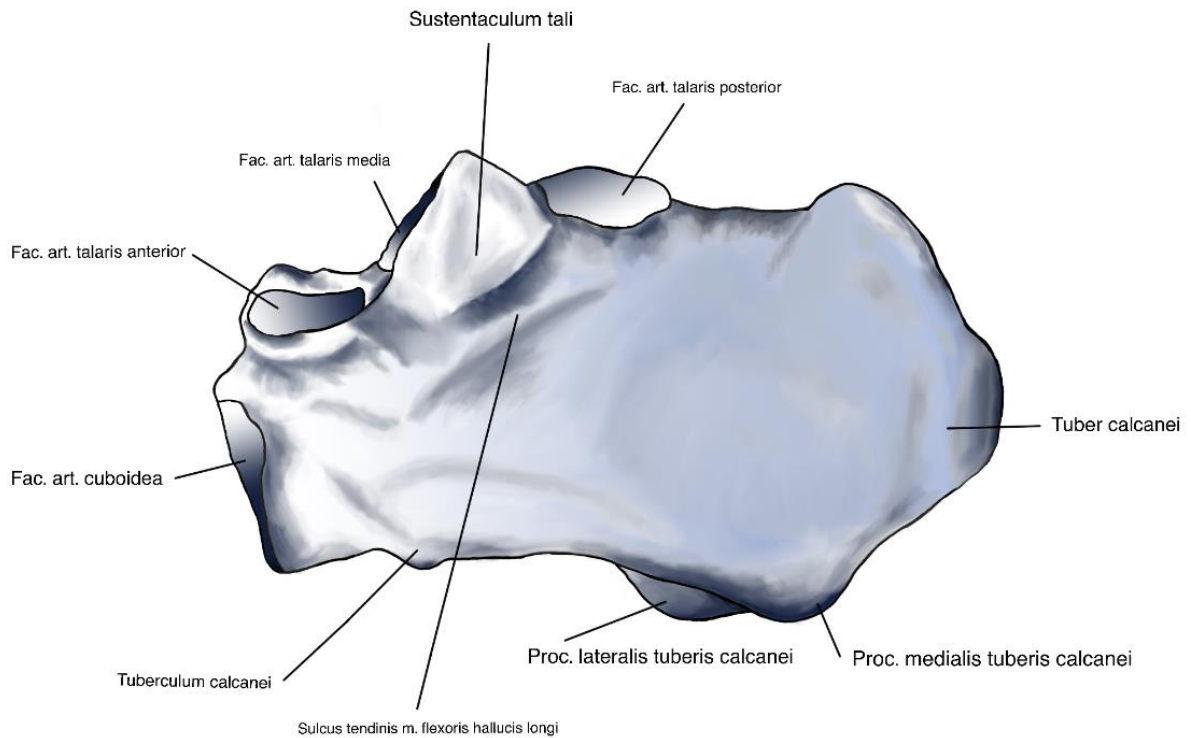


Abbildung 3 Calcaneus, knöcherner Strukturen, medial, © Madeleine Dutschei

1.1.2 Bänder & Muskeln

Die umgebenden Bandstrukturen des Calcaneus lassen sich in verschiedene Subgruppen gliedern. Zunächst die Bandstrukturen die die Unterschenkelknochen, Tibia und Fibula, mit den Tarsalknochen verbinden. Im Falle des Calcaneus sind dies medial das Ligamentum collaterale mediale (Lig. deltoideum), mit der Pars tibio calcanea (zieht zum Sustentaculum tali), und lateral das Lig. collaterale laterale mit dem calcanearen Band, dem Lig. calcaneofibulare.⁽⁶⁾ Das Lig. calcaneofibulare inseriert an der lateralen Fläche des Calcaneus, außerhalb der Capsula fibrosa und wird von den Mm. peronei überdeckt. Die beiden Seitenbänder, Lig. collaterale mediale und laterale dienen zur Stabilisierung der Art. talocruralis in Plantarflexion. In Dorsalflexion sind die nach dorsal verlaufenden Bandteile gespannt. Zudem dienen beide Bänder gegen eine Valgisierung bzw. Varisierung des Fußes.⁽⁷⁾

Weitere Strukturen am Calcaneus sind Bänder, die diesen mit dem Talus verbinden, wie das Lig. talocalcaneum interosseum, Lig. talocalcaneum laterale und mediale, sowie das Lig. talocalcaneum posterius. Hinzu kommen weitere Bandstrukturen am Calcaneus mit den Ligamenta tarsi dorsalia, die das Ligamentum bifurcatum (Lig. calcaneonaviculare und Lig. calcaneocuboideum) und die Ligg. calcaneocuboidea

dorsalia beinhalten.⁽⁶⁾ Plantarseitig des Calcaneus befinden sich die Ligg. tarsi plantaria zu dem das Lig. plantare longum und das Lig. calcaneonaviculare plantare gehören. Der mediale Anteil des Lig. plantare longum wird auch als Lig. calcaneocuboideum plantare bezeichnet.⁽⁶⁾ Das Lig. calcaneonaviculare plantare überbrückt den Spalt zwischen dem Calcaneus und dem Os naviculare. Des Weiteren befindet sich Faserknorpel im Kontaktbereich zum Talus (Fibrocartilago navicularis) und das Band dient der Längswölbung des Fußes. An der Längswölbung ebenso beteiligt ist das Lig. plantare longum, welches am Tuberculum calcanei ansetzt und an der Tuberositas ossis cuboidea, mit seinen tiefen Fasern, und mit seinen oberflächlichen Fasern an den Basen der Ossa metatarsalia II-V, inseriert. Dabei überschreiten die oberflächlichen Fasern die Sehnhenscheide des M. peroneus longus.⁽⁷⁾

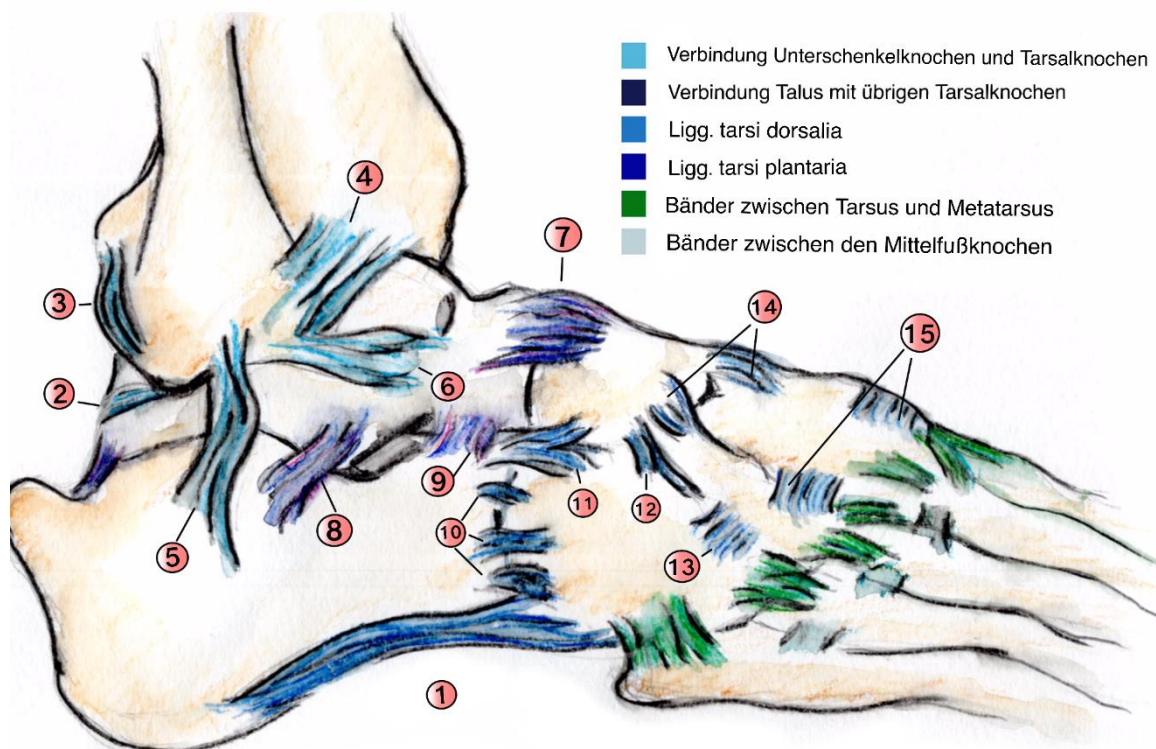


Abbildung 4 Calcaneus, Bänder, laterale Sicht, © Theresa Dutschei

1. Lig. plantare longum
2. Lig. talofibulare posterius
3. Lig. tibiofibulare posterius
4. Lig. tibiofibulare anterius
5. Lig. calcaneofibulare
6. Lig. talofibulare anterius
7. Lig. talonaviculare
8. Lig. talocalcaneum laterale
9. Lig. talocalcaneum interosseum
10. Ligg. calcaneocuboidea dorsalia

11. Lig. bifurcatum
12. Lig. cuboideonaviculare dorsale
13. Lig. cuneocuboideum dorsale
14. Ligg. cuneonavicularia dorsalia
15. Ligg. intercuneiformia dorsalia
16. Lig. calcaneocuboideum plantare
17. Lig. calcaneonaviculare plantare
18. Lig. talocalcaneum mediale
19. Lig. collaterale mediale
20. Lig. talocalcaneum posterius

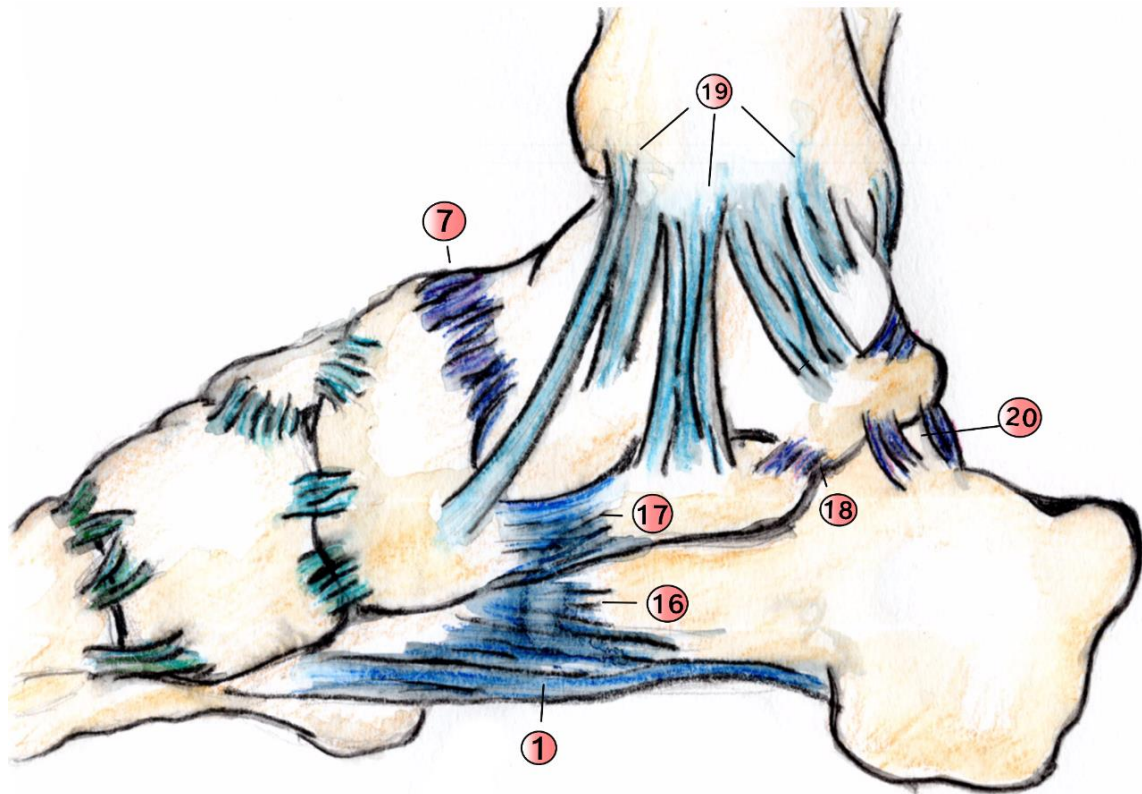


Abbildung 5 Calcaneus, Bänder, mediale Sicht, © Theresa Dutschei

Als Sehnenplatte liegt die Aponeurosis plantaris am oberflächlichsten plantar am Fuß. Sie zieht medial des Tuber calcanei zur Mitte des Fußes, wo sie zu jedem der fünf Phalangen einen Sehnenanteil abgibt. Muskulär am oberflächlichsten liegen der Musculus abductor hallucis und M. flexor digitorum brevis, welche beide am Proc. medialis des Tuber calcanei entspringen, und der M. abductor digiti minimi pedis, der am Proc. laterale und mediale und der Aponeurosis plantaris entspringt. Alle diese Muskeln inserieren an den proximalen Phalangen und halten das Längsgewölbe des Fußes aufrecht.⁽⁹⁾

In der tieferen Schicht liegen der M. quadratus plantae und die Sehnen des M. flexor hallucis longus und M. flexor digitorum longus. Die Sehnen des M. flexor digitorum longus zieht superfiziell zum M. quadratus plantae und der Sehne des M. flexor

hallucis longus. Der M. quadratus plantae, der seinen zweiköpfigen Ursprung medial und lateral am Calcaneus hat, inseriert am M. flexor digitorum longus, meistens im Anteil, wo er sich in vier separate Sehnen teilt.

Dorsal gibt der Calcaneus den Ursprung für den M. extensor digitorum brevis und den M. extensor hallucis brevis. Weiter medial von beiden liegt der M. extensor hallucis brevis. Sie entspringen an der kranialen Fläche des Calcaneus proximal des Calcaneokuboidalgelenks.

Posterior bietet der Calcaneus den Ansatz für den Tendo calcanei und die plantaren Sehnen. Der Tendo calcanei wird aus den Sehnen des M. soleus und M. gastrocnemius zusammengesetzt. Die sehnigen Anteile des M. soleus inserieren eher medial und die des M. gastrocnemius eher lateral.

Medial des Tendo calcanei nehmen die Sehne des M. tibialis posterior, des M. flexor digitorum longus, die A. und V. tibialis posterior, N. tibialis und die Sehne des M. flexor hallucis longus ihren Verlauf durch das Retinaculum flexorum zum Fuß. Wichtig sind die genauen Kenntnisse dieser anatomischen Strukturen, da es bei deren Fixation während operativen Versorgungungen zu gravierenden Verletzungen kommen könnte.

Lateral passiert die Sehne des M. peroneus longus posteroinferior zur Sehne des M. peroneus brevis den Calcaneus, unter dem Retinaculum musculorum peroneorum superius und inferius. Das inferiore Retinaculum unterteilt beide Sehnen mit separaten Scheiden.⁽⁹⁾

1.1.3 Gelenke

Der Calcaneus bildet drei verschiedene Gelenke: Articulatio subtalaris, talocalcaneonavicularis und calcaneocuboidea. Die Articulatio subtalaris setzt sich aus der Facies articularis talaris posterior der Facies articularis calcanea posterior zusammen. Die Kapsel des Articulatio subtalaris ist schlaff und dünn. Sie wird von den Ligg. talocalcanea mediale und laterale verstärkt. Gemeinsam werden die Articulatio subtalaris und Articulatio talocalcaneonavicularis auch als Articulatio talotarsalis, unteres Sprunggelenk, bezeichnet. Getrennt werden diese beiden Gelenke durch das Ligamentum talocalcaneum interosseum. Die Articulatio talocalcaneonavicularis wird aus den Gelenkflächen des Talus, Calcaneus und dem Os naviculare gebildet, wobei am Ligamentum calcaneonaviculare noch eine

weitere Gelenkfläche existiert, die mit Faserknorpel überzogen ist. Diese verbindet den Calcaneus mit dem Os naviculare, wodurch eine Pfanne für den Talus gebildet wird, weshalb es auch Pfannenband genannt wird.⁽⁶⁾ Die Facies articularis cuboidea bildet zusammen mit dem Os cuboideum die Articulatio calcaneocuboidea. Die Articulationes talocalcaneonavicularis und calcaneocuboidea bilden zusammen die Articulatio tarsi transversa, auch Chopart-Gelenk genannt.⁽⁹⁾

In der Articulatio talotarsalis können die Bewegung der Eversion und Inversion ausgeführt werden. Bei dem Gelenk handelt es sich um ein Zapfengelenk, eine Articulatio trochoidea. Hingegen handelt es sich bei der Articulatio calcaneocuboidea um eine Amphiarthrose.⁽⁶⁾ Die Articulatio calcaneocuboidea hilft bei Umwendbewegungen des Fußes sowie ist sie minimal auch an Plantarflexion und Dorsalextension beteiligt.⁽⁷⁾

1.1.4 Arterielle Versorgung & Innervation

Der Calcaneus wird medial mit zwei oder drei Zweigen der A. tibialis posterior oder von der A. plantaris lateralis versorgt, die den Calcaneus inferior dem Sustentaculum penetrieren.⁽⁹⁾ Lateral wird der Calcaneus von den Rami calcanei versorgt, ebenfalls ein Ast der A. tibialis posterior. Die arterielle Versorgung des Calcaneus erfolgt zu jeweils 45 % von medialen und lateralen Arterien. Die restlichen 10 % werden von arteriellen Anteilen gewährleistet, die den Sinus tarsi versorgen.⁽¹⁰⁾

Die Blutversorgung der umgebenden kutanen Strukturen des Calcaneus erfolgt durch die A. fibularis und die A. tibialis posterior sowie durch die A. plantaris lateralis und medialis. Die kutane nervale Innervation lateral erfolgt über den N. cutaneus surae lateralis und durch den N. suralis mit seinem lateralen, calcanearen Zweig. Die posteriore mediale Innervation erfolgt durch den N. saphenus, anterior durch den N. fibularis superficialis und inferior medial durch den medialen calcanearen Zweig des N. tibialis.⁽⁹⁾

Die Articulatio subtalaris erhält ihre Innervation vom N. plantaris medialis und N. cutaneus dorsalis lateralis. Die Articulatio talocalcaneonavicularis empfängt ihre Innervierung vom N. plantaris medialis und N. fibularis profundus, wohingegen die Art. calcaneocuboidea ihre Innervation vom N. plantaris lateralis, vom N. fibularis profundus und vom N. cutaneus dorsalis lateralis erhält.⁽¹¹⁾

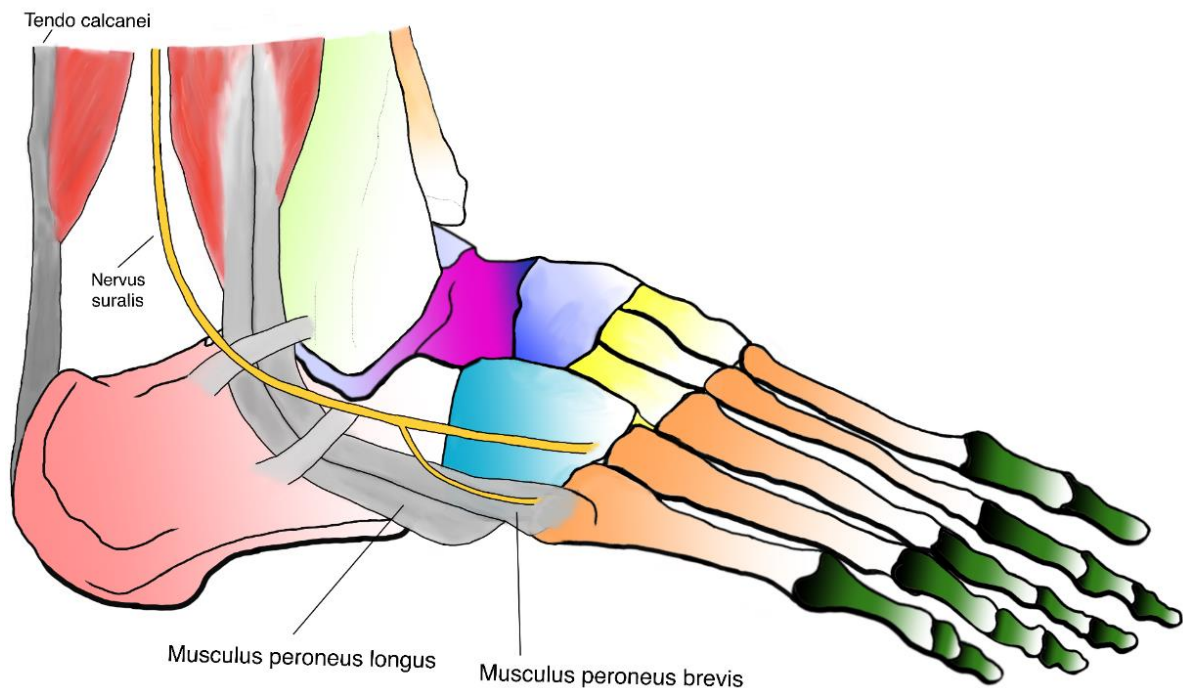


Abbildung 6 Verlauf Nervus suralis, © Madeleine Dutschei

1.2 Gissane- und Böhler-Winkel

Der Gissane- und der Böhler-Winkel dienen zur Diagnostik von Calcaneusfrakturen in der lateralen Röntgenansicht. Durch bestimmte Veränderungen der Winkel lassen sich damit spezifische Frakturmuster erkennen.⁽⁵⁾ Der Gissane-Winkel (direkt inferior des Proc. lateralis des Talus) resultiert aus dem Kreuzungspunkt zwischen der Fac. art. posterior und der superioren Oberfläche des anterioren Calcaneus. Physiologisch beträgt er 120-145°. Winkel größer als 130° können eine Absenkung der Fac. art. posterior zeigen. Der Böhler-Winkel ist physiologisch bei 20-40° und zeigt sich pathologisch bei verkleinerten (< 20°) oder aufgehobenen Winkel, durch den Kollaps der Fac. art. posterior. Er ergibt sich aus dem Kreuzungspunkt durch Ziehen einer Geraden zwischen dem höchsten Punkt der posterioren calcanealen Tuberositas zum höchsten Punkt der Fac. art. posterior und einer Geraden durch den eben genannten Punkt zum höchsten Punkt des Proc. anterior.^(8, 12) Viele Autoren sehen den Böhler-Winkel als prognostischen Faktor für ein besseres Outcome bei Calcaneusfrakturen.^(13, 14)



Abbildung 7 Böhler-Winkel



Abbildung 8 Gissane-Winkel

1.3 Verletzungsmechanismus

Die Fraktur des Calcaneus entsteht vor allem durch Traumen mit hoher Geschwindigkeit, wodurch komplizierte Frakturen entstehen können.⁽⁵⁾ Typisch hierbei sind Unfälle mit axialer Krafteinwirkung, wie Stürze aus großen Höhen oder Dezelerationstraumen.⁽¹⁵⁾

Beim genauen Unfallhergang prallt der Proc. lateralis tali im Gissane-Winkel auf den Calcaneus, sodass die Articulatio subtalaris in Eversion gedrängt wird. Dadurch wird die Seitenwand vom Corpus des Calcaneus getrennt und die primär laterale Frakturlinie entsteht. Der Rest der Energie verteilt sich nach medial in das Sustentaculum tali und geht ungebremst auf den Proc. anterior oder die Art. calcaneocuboidea über, unterdessen ein anterolaterales Fragment entsteht. Bei zunehmender Energie des Traumas ist eine sekundäre Frakturlinie ebenfalls möglich. Wenn die Energie nach hinten gerichtet ist, wird die Frakturlinie in und hinter der posterioren Gelenkfacette fortgesetzt, was zur „joint-depression fracture“ führt. Wirkt die Kraft mehr nach unten, wird die Frakturlinie inferior hin zur posterioren Facette fortgesetzt, auch als „tongue-type fracture“ bezeichnet.⁽⁵⁾

2) Klassifikation

2.1.1 Allgemein

Calcaneusfrakturen haben je nach Erscheinungsbild ein spezifisches Muster. Dadurch werden sie allgemein in intraartikuläre und extraartikuläre Frakturen eingeteilt. Klassifikationen helfen bei Therapieplanung und zur Festlegung einer Prognose.⁽¹⁶⁾

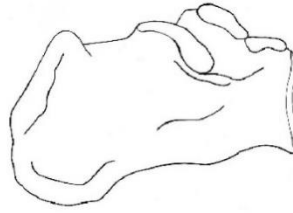
2.1.2 AO

In der AO-Klassifikation⁽¹⁾ werden die Frakturen anhand von CT-Bildern eingegliedert. Diese Klassifikation teilt die Calcaneusfraktur in drei Subgruppen ein. Hierbei erfolgt eine Kodierung nach betroffener skelettaler Region (Fuß: 8), betroffener Knochen (Calcaneus: 2) sowie ferner Einteilung nach Frakturtyp und Komplexität. In Gruppe 82A fallen die extraartikulären Frakturen, die nach Typ A1, Avulsionsfraktur/ „tongue-type“-Fraktur Fraktur des Tuber calcanei bzw. nach Typ A2, Fraktur des Corpus calcanei eingeteilt wird. Gruppe 82B sind intraartikuläre Frakturen vom Typ „tongue-type“, die weiter in die Subgruppe 82B1, einfache Fraktur und in die Subgruppe 82B3 multifragmentäre Fraktur gegliedert werden. In Gruppe 82C fallen Luxationsfrakturen. Typ 82C1 stellt hierbei die Impressionsfraktur nach Sanders II, Typ 82C2 die Impressionsfraktur nach Sanders III und Typ 82C3 die multifragmentäre Fraktur nach Sanders IV dar.⁽¹⁷⁾

Calcaneus

Knochen: Fuß, Calcaneus: 82

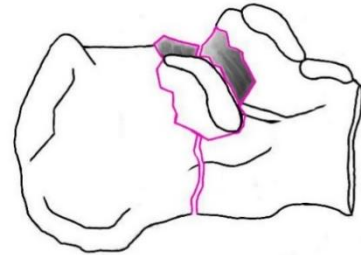
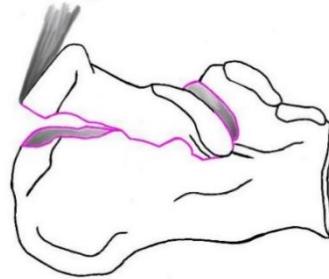
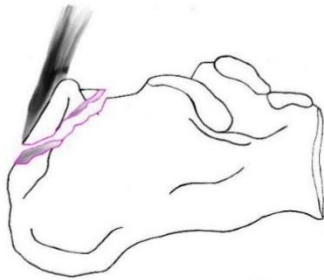
Typen:



Fuß, Calcaneus,
Extraartikuläre Fraktur 82A

Fuß, Calcaneus, "tongue-type" Fraktur
hineingehend in die posteriore
Facette 82B

Fuß, Calcaneus, komplett
artikuläre "joint depression"
Fraktur 82C



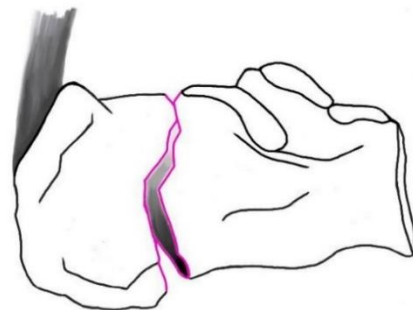
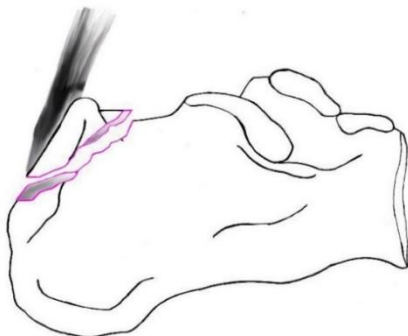
82A

Typ: Fuß, Calcaneus, Extraartikuläre Fraktur 82A

Gruppen:

Fuß, Calcaneus, extraartikulär, Avulsion,
posteriore Tuberositasfraktur oder
extraartikuläre "tongue" Fraktur 82A1

Fuß, Calcaneus, extraartikulär,
Korpusfraktur 82A2

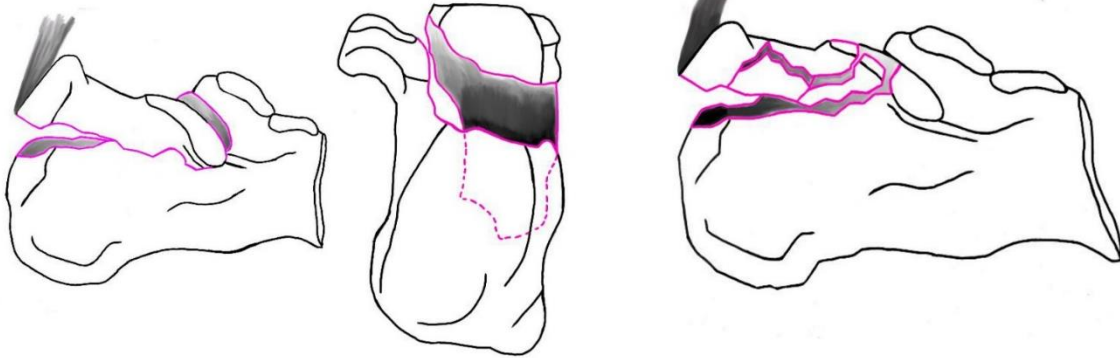


82B

Typen: Fuß, Calcaneus, "tongue-type" Fraktur hineingehend in die posteriore Facette 82B

Foot, calcaneus, "tongue-type" Fraktur hineingehend in die posteriore Facette, "tongue-type", einfache Fraktur 82B1

Fuß, Calcaneus, "tongue-type" Fraktur hineingehend in die posteriore Facette, multifragmentäre Fraktur 82B3



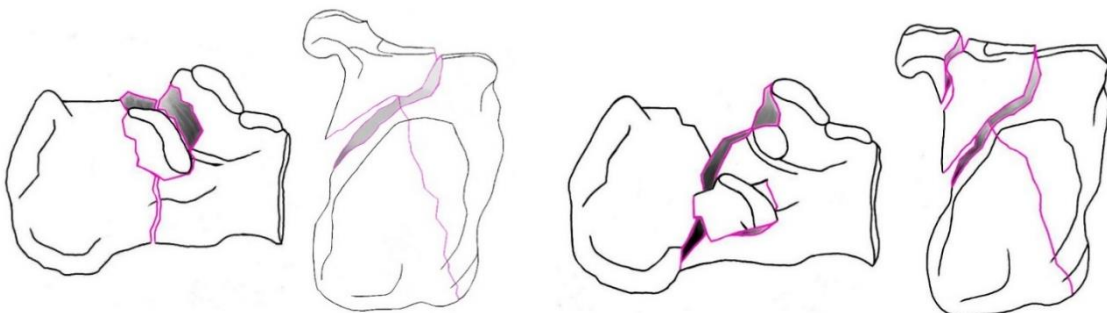
82C

Typ: Fuß, Calcaneus, komplett artikuläre Fraktur „joint depression“ Fraktur 82C

Gruppen:

Fuß, Calcaneus, komplett artikuläre Fraktur, mit „joint depression“ (Sanders 2) 82C1

Fuß, Calcaneus, komplett artikuläre Fraktur, mit „joint depression“ (Sanders 3) 82C2



*Fuß, Calcaneus, komplett artikuläre Fraktur,
multifragmentäre Fraktur (Sanders Typ 4) 82C3*

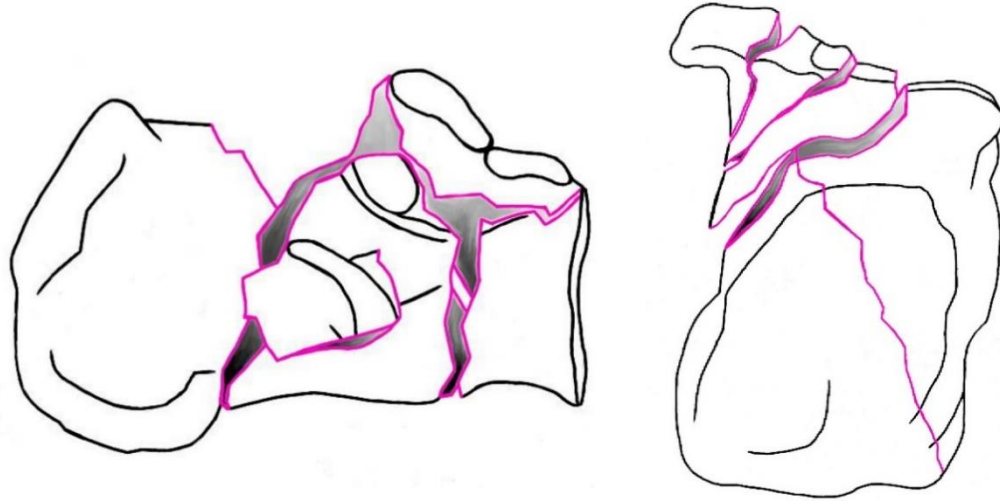


Abbildung 9 AO-Klassifikation © Madeleine Dutschei, Vorlage nach Meinberg et al.⁽¹⁾

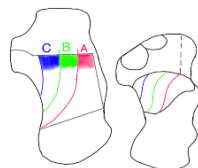
2.1.3 Sanders

Die Klassifikation nach Sanders *et al.*⁽²⁾ wurde 1993 als Erweiterung der Frakturmuster nach Soeur und Remy⁽¹⁸⁾ beschrieben. Das System nach Sanders stützt sich auf die Lokalisation und Anzahl der intraartikulären Frakturfragmente in den koronalen und axialen CT-Bildern. Sie dient zum Verständnis von typischen Calcaneusfrakturen und bildet die Grundlage zur präoperativen Planung und zur Vorhersage des Outcomes. Sanders unterteilt die Calcaneusfraktur in vier Gruppen und bildet jeweils für Typ II und III drei weitere Subgruppen. Typ I inkludiert alle dislozierten intraartikulären Frakturen, die weniger als 2 mm artikulär verschoben sind. Hierbei ist die Einteilung unabhängig von der Anzahl der Frakturlinien oder Fragmente. Sanders empfiehlt für Frakturen der Gruppe I eine nicht operative Behandlung. Typ II beinhaltet dislozierte zweiteilige Frakturen der Fac. art. posterior mit einer primären Frakturlinie, die von einer oder mehreren akzessorischen Frakturlinien begleitet werden kann, die jedoch nicht die Fac. art. posterior involvieren. Die Unterteilung in Typ A, B oder C erfolgt je nach medialer oder lateraler Lokalisation der primären Frakturlinie.

Typ III schließt drei artikuläre Fragmente der Fac. art. posterior mit zwei primären Frakturlinien ein. Üblicherweise wird Typ III von einem vertieften zentralen Areal begleitet. Die Subtypen werden in IIIAB, IIIAC, und IIIBC unterteilt je nach Position und Lokalisation der Frakturlinien. Typ IV umfasst drei oder mehr Frakturlinien, also vier oder mehr Frakturfragmente, das heißt es resultiert eine schwere Zertrümmerung des Knochens.^(16, 19)

Sanders CT Klassifikation

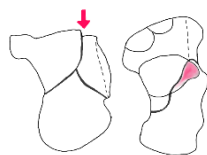
intraartikulärer Calcaneusfrakturen



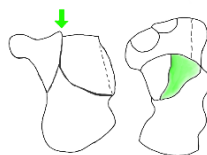
Typ 1: Alle intraartikulären Frakturen mit < 2mm Verschiebung unabhängig von Frakturlinien oder Fragmenten

Typ 4: Dislozierte oder schwer zertrümmerte Fraktur mit 3 oder mehr intraartikulären Frakturlinien

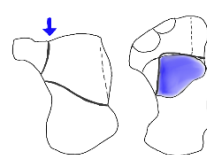
Typ 1 und 4



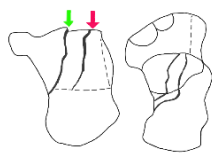
Typ 2A



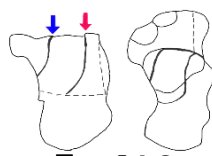
Typ 2B



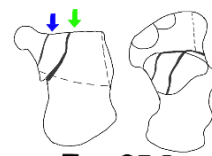
Typ 2C



Typ 3AB



Typ 3AC



Typ 3BC

Abbildung 10 Sanders-Klassifikation, © Madeleine Dutschei, nach Sanders et al.⁽²⁾

3) Kalkaneusfraktur

3.1.1 Epidemiologie

Die Calcaneusfraktur macht 1-2 % aller Frakturen aus⁽³⁾ und ist oft mit einer hohen Rate an Langzeitinvalidität verbunden. Sechzig bis fünfundsiebzig Prozent aller Calcaneusfrakturen sind dislozierte, intraartikuläre Frakturen⁽⁵⁾ und mit 60-75 % der Fälle stellt der Calcaneus den am häufigsten gebrochenen Fußwurzelknochen dar.⁽³⁾

Betroffen von Calcaneusfrakturen sind meistens jüngere Personen, wobei Männer 2,4-fach häufiger als Frauen betroffen sind. Die jährliche Inzidenz liegt bei 11,5 pro 100.000 Männer zeigen hier eine Inzidenz von 16,5 pro 100.000 mit einem Anstieg im Alter zwischen 20-29, wo die Inzidenz bei 21,6 pro 100,000 liegt. Die insgesamt Inzidenz bei Frauen beträgt 6,26/100.000 wohingegen kein Anstieg im jüngeren Alter festzustellen ist, jedoch postmenopausal eine Zunahme der Calcaneusfrakturen beobachtet wurde. Hauptursache der Fraktur ist mit 71,5 % der Sturz aus großer Höhe, in 64,3 % der Fälle aus einer Höhe von 1,8 m oder mehr. Häufigste Begleitverletzungen sind Traumata der unteren Extremitäten in 13,2 % und spinale Verletzungen in 6,3 %.⁽¹⁵⁾

3.1.2 Ätiologie

Die häufigste Ursache für eine Calcaneusfraktur ist das axiale Stauchungstrauma, welches meist durch Stürze aus großer Höhe verursacht wird. Ebenso kommt es häufig zu Calcaneusfrakturen bei Verkehrsunfällen oder sportlichen Aktivitäten. Häufig treten sie auch im Rahmen von Polytraumata auf.⁽³⁾

3.1.3 Klinik

Bei Patient*innen mit Calcaneusfraktur kommt es oft zu einem Belastungs- und Abrollschmerz. Ebenso kann die Fußsohle druckschmerzhaft sein. Die Ferse ist bei Erstvorstellung der Patient*innen oft deformiert und geschwollen, sowie ist in vielen Fällen ein Hämatom sichtbar. Aufgrund von Schmerzen zeigt sich ein eingeschränktes Gangbild. Die Patient*innen präsentieren sich wenig beweglich und hinkend. Inversion und Eversion sind meist nicht möglich und sehr schmerzhaft.

Von größter Relevanz ist die kontinuierliche Kontrolle der Weichteile, um eventuelle Hautnekrosen zu vermeiden die durch dislozierte Fragmente des Calcaneus mit konsekutiver Weichteilspannung entstehen können.⁽²⁰⁾

3.1.4 Diagnostik

In einer ausführlichen Anamnese sollte zunächst gesondert auf die Verletzungskette bzw. den Verletzungsmechanismus eingegangen werden, um mögliche weitere Verletzungen zu erkennen.⁽²¹⁾

Der erste Schritt der klinischen Diagnostik beinhaltet die Inspektion der betroffenen Gliedmaße, bei der auf Deformitäten, Hämatome, Hautverletzungen, Spannungsblasen und Blässe geachtet werden sollte. Danach wird der betroffene Fuß palpirt. Hierbei wird nach lokalem Druckschmerz und Krepitationen gesucht. Ebenfalls muss währenddessen auf die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität geachtet werden, um etwaige Gefäß- oder Nervenschäden frühzeitig erkennen zu können.

Anschließend folgt die primäre apparative Diagnostik mittels Röntgenuntersuchung in mindestens zwei Ebenen. Bei intraartikulären Frakturen oder auch bei inkonklusiven Befunden im Nativröntgen wird eine Computertomografie zur weiteren Abklärung durchgeführt.⁽³⁾

Die Röntgenaufnahme sollte wenn möglich als Lateralansicht, a-p. Aufnahme des Rückfußes, als Axialaufnahme des Calcaneus und als a.-p. Aufnahme in 20° Innenrotation des Knöchels aufgenommen werden. Intraartikuläre Frakturen zeigen im Röntgen eine Höhenminderung der Fac. art. talaris post., wobei die Gelenkfläche innerhalb eingeklemmt und meistens um bis zu 90° im Verhältnis zur Art. subtalaris nach vorne rotiert ist. Bei Trennung und Einpressung der Fac. art. talaris post. vom Sustentaculum zeigt sich ein verkleinerter Böhler-Winkel, sowie ein vergrößerter Gissane-Winkel. Die Größe dieser beiden Winkel bleibt erhalten, wenn nur der laterale Teil der Fac.art.talaris post. beteiligt ist. Hier zeigt sich der Frakturspalt in der Gelenkfläche als so genanntes Double-density-Zeichen. Die Einstufung der Fraktur als Tongue-type oder Joint-depression Fraktur lässt sich aus der lateralen Röntgenaufnahme erschließen. Die a.-p.-Aufnahme ermöglicht das Erkennen von anterolateralen Fragmenten, Ausdehnung von Frakturlinien und Ausweitung der Seitenwand des Calcaneus. Die Diagnostik der Höhenminderung, Verbreiterung

des Calcaneus, Sicht auf die artikulierenden Flächen und die Varusstellung des Tuberositasfragment wird durch die axiale Ansicht nach Harris möglich. In der rotierten Aufnahme („mortise view“) wird sichtbar, ob sich eine Beteiligung der Fac. art. talaris post. zeigt. Bei Indikation einer Computertomographie werden Aufnahmen in zwei bis drei Millimeterschichten in der axialen, sagittalen, und semikoronalen 30° Ebene durchgeführt. Ausdehnung von Frakturlinien bis zum Proc. anterior und in die Art. calcaneocuboidea, das Sustentaculum tali und der anteroinferiore Rand der Fac.art.talaris post. zeigen sich in den axialen- und Querschnitten. Beteiligung des Proc. anterior, Verlagerung des anterolateralen Fragments nach superior, Rotation des superolateralen posterioren Facettenfragments nach anterior, Einteilung nach Joint-depression oder Tongue-type, Dislokation des Tuberositasfragments sind durch den sagittalen Schnitt möglich. Sustentaculum tali, Ausweitung der Seitenwand des Calcaneus, Varusstellung der Tuberositas, Lokalisierung der Peroneussehne, Verkürzung und Verbreiterung des Corpus tali und die Verlagerung von Gelenkfragmenten der Fac. art. talaris posterior lassen sich in der semikoronalen 30°-Aufnahme darstellen.⁽⁵⁾

3.1.5 Therapiemöglichkeiten

Bei Calcaneusfrakturen bestehen die Möglichkeiten einer konservativen Therapie, oder einer chirurgische Versorgung. Die Art der Behandlung wird vom zuständigen Arzt empfohlen und ist neben dem Frakturtyp von vielen Begleitumständen abhängig. Intraartikuläre Frakturen, die sich im CT als nicht disloziert zeigen, können konservativ behandelt werden. Vorerkrankungen, die zum Ausschluss einer chirurgischen Behandlung führen können, sind zum Beispiel schwerer insulinpflichtiger Diabetes mellitus, konsumierende Grunderkrankungen, eingeschränkte Lebenserwartung, schwere periphere arterielle Verschlusskrankheit oder hochgradige Immobilität.^(5, 22)

Dislozierte Frakturen mit Beteiligung der Fac. art. talaris posterior erfordern eine chirurgische Behandlung. Meist wird hierzu ein erweiterbarer lateraler Zug gewählt, da durch ihn die Verkleinerung des Corpus, Wiederherstellung der Höhe und Breite und eine etwaige Verkleinerung der Gelenkfläche ermöglicht wird. Operiert wird meist innerhalb der ersten zwei Wochen, jedoch muss auf das Abklingen der Weichteilschwellung gewartet werden.^(5, 8)

3.1.6 Komplikationen

Risikofaktoren für Komplikationen nach operativ versorgten Calcaneusfrakturen sind vor allem das Rauchen, der Diabetes mellitus, ein hoher BMI, offene Frakturen und eine operative Versorgung später als 14 Tage nach Unfall.⁽²⁰⁾

In 25 % der Fälle tritt eine Nahtdehiszenz auf, wobei tiefe Infektionen und Osteomyelitis bei geschlossenen Frakturen in 1-4 % der Fälle vorkommen.⁽⁵⁾ Superfizielle Wundnekrosen bei Osteosynthese mit erweiterbarem lateralem Zugang treten in 14 % der Fälle auf.⁽²⁰⁾ Bei 10 % zeigen sich durch Verletzung des Nervus suralis Hypästhesien und Dysästhesien.⁽²⁰⁾ Als postoperative Komplikation ist ebenfalls die posttraumatische Arthritis beschrieben.⁽⁵⁾

3.2 Konservative Therapie und ihre Probleme

Vor allem nicht dislozierte Frakturen (Sanders Typ I, AO 82 A) werden konservativ behandelt. Ebenso wird bei Patient*innen aus Risikogruppen die konservative Behandlung bevorzugt, sowie meist bei Patient*innen mit Deformitäten, vorbestehenden Kontrakturen, begrenzter oder nicht vorhandener Gehfähigkeit der verletzten Extremität, da hier wenig Vorteile durch operative Versorgung entstehen würden.^(5, 22)

Die Behandlung wird in einen immobilisierenden und funktionellen Teil unterteilt, wobei heutzutage bevorzugt funktionell behandelt wird. Eine passive Mobilisation der Gelenke sollte nach Abnahme der Weichteilschwellung erfolgen, mit zusätzlichem definierten Belastungsaufbau. Dies wird durch die Fersenentlastungsschulter ermöglicht, die eine effiziente konservativ-funktionelle Behandlung bietet. Sie wird nach Abschwollen der Weichteile vom Orthopädietechniker angepasst und es folgt ein standardisiertes Behandlungsschema. In der Orthese ist die Ferse 1 cm schwebend über dem Sohlenteil positioniert. Eine Konturschaumeinlage im Fersenbereich ermöglicht einen leichten Kontaktaufbau, was eine propriozeptorische Wirkung zeigt, die Heilung unterstützt und der Entmineralisierung des Knochens entgegenwirkt. Ein Belastungsaufbau wird mit drei stufenweise zu wechselnden Druckpolstern und dem Konturschaum ermöglicht.⁽²²⁾ Eine negative Auswirkungen der konservativen Calcaneusfrakturbehandlung kann eine bleibende Achsabweichung des Rückfußes zusammen mit einer Dorsalverkipfung des Talus sein. Dadurch bedingt sich eine

Fehlstellung der breiteren Trochlea tali in der oberen Sprunggelenkgabel. Dies führt zu einem Impingement im Bereich der Tibiavorderkante und einer sekundären Inkongruenz, welche zu Fehlbelastungen des oberen Sprunggelenkes führen und eine Präarthrose zur Folge haben kann. Oft lässt sich auch eine Verschiebung des Tuber calcanei nach lateral, häufig gepaart mit einer Ausbeulung der lateralen Fersenbeinwand, beobachten, das zu einem Impingement der Peroneussehnen und zum knöchernen Aneinanderreiben von Außenknöchelspitze und der fehlverheilten posterioren Facettenfragment (sogenanntes „Abutment“) führen kann. Die Verschiebung des Tubers ist oft mit Höhenminderung, Verkürzung und mit einer Varus- oder Valgusstellung verknüpft. Wenn die laterale Säule verkürzt ist und zusätzlich die Höhe vermindert ist, kann es zu einem schweren posttraumatischen Pes planovalgus mit Abduktionsfehlstellung des Vor- und Mittelfußes kommen. Dadurch wird die Trigonometrie des Fußes gestört, was zu einer Schwächung der Vorspannung der Plantaraponeurose führt und dadurch konsekutiv eine Kalkaneokuboidarthrose fördert. Im Falle der hier angeführten Komplikationen kann den Patient*innen oftmals nur durch einen Sekundäreingriff, mittels reorientierender Rückfußarthrodese, geholfen werden.^(22, 23)

3.3 Geschlossene Reposition mit perkutaner Fixierung

Die geschlossene Reposition mit perkutaner Fixierung mit der Essex-Lopresti Technik bei extraartikulären „Tongue-type“-Frakturen (Sanders-Typ IIC) erfolgt wahlweise in lateraler Dekubitusposition oder in Bauchlage des/der Patienten*in. Es werden zwei 3,2 mm Führungsdrähte an der oberen Kante des Tuber calcanei gesetzt und parallel zur zungenförmigen Frakturlinie transversal eingebracht. Dadurch treten sie unter dem unteren Rand der Vorderkante der dislozierten posterioren Facette auf dem Bereich der Fraktur aus. Durch Erzeugung einer Hebelwirkung auf die Führungsdrähte und Plantarflexion des Mittelfußes wird die Fraktur aus ihrer Einklemmung gelöst. Ein Röntgenbild, weiter unter Plantarflexion des Mittelfußes, wird angefertigt zur Bestätigung der Reposition und es erfolgt ein Vorschub der Führungsdrähte bis kurz vor die plantare Ecke des Kalkaneokuboidgelenks in den Proc. anterior. Die endgültige Fixation wird nun durch zwei große kanüllierte Schrauben oder mehrere Kleinfragmentschrauben durchgeführt, wobei vorher zur Beurteilung der Lage der Drähte und Reposition

Röntgenbilder in a.p., lateral-, axial- und Brodén- Aufnahme erfolgen. In Fällen in denen sich „Tongue-type“ Frakturen nicht reponieren lassen, wird meist eine offene Reposition mit erweiterbarem lateralen Zugang gewählt. Häufig ist die Anwendung der geschlossenen Reposition aufgrund der meist komplexen Frakturmuster nicht möglich.⁽⁵⁾

3.4 Offene Reposition mit interner Fixation

Die offene Reposition mit interner Fixation, bei mehrfragmentärer Fraktur, erfolgt mit Lagerung des/der Patienten*in in lateraler Dekubitusposition. Die Beine werden hierbei in scherenförmiger Position gelagert, sodass das gesunde Bein weitestmöglich aus dem Operationsfeld entfernt liegt. Zur optimalen Positionierung erfolgt eine Beugung des betroffenen Beins.

Operationen unter Blutsperre sollten im Mittel nach 2 Stunden abgeschlossen sein um postoperative Komplikationen wie zum Beispiel Wundheilungsstörungen zu verringern. Die Schnittführung erfolgt 2 cm proximal des Malleolus lateralis, lateral des Tendo calcanei, also hinter dem Nerven und der Arterie. Vertikal wird Richtung der Fußsohle indiziert. Vertikaler und horizontaler Teil werden L-förmig miteinander geschwungen verbunden, wobei die horizontale Inzision entlang des Tendo calcanei erfolgt.



Abbildung 11 Schnittführung ORIF © Madeleine Dutschei

Nun wird ein subperiostaler Vollhautlappen abgehoben, bis der Zugang genügend Übersicht bietet. Das Lig. calcaneofibulare muss nun seitlich des Calcaneus und die Peronealsehnen vom Proc. trochlearis gelöst werden und danach vollständig entlang des distalen Teils der Inzision mobilisiert werden. Anteriore Begrenzung

sind der Sinus tarsi und der Proc. anterior, distal das Kalkaneokuboidgelenk, posterior der oberste Teil des Tuber calcanei.

Anschließend werden die einzelnen Fragmente mobilisiert (Seitenwandfragment und superolaterales Gelenkfragment) und konservierend gelagert, zur Darstellung und Inspektion der Gelenkfläche und des Gesamtbildes des Calcaneus. Jedes der einzelnen Fragmente, wie Tuberositasfragment oder Sustentaculumfragment, wird versucht einzeln darzulegen. Es erfolgt die Höhen- und Längenwiederherstellung des Calcaneus und das Einbringen einer Schanz-Schraube in die hintere untere Ecke des Tuber calcanei, sodass durch longitudinale Traktions- und eine mediale Translationsbewegung am Tuber, eine Valgusstellung erzeugt wird.

Danach wird sich um die posterioren Facettenfragmente gekümmert. Im Fall einer Sanders Typ II-Fraktur, also ein Fragment, wird dieses durch Kirschner-Drähte parallel zur Gelenkfläche des superolateralen Fragments platziert. Wenn zwei Fragmente (entspricht Sanders Typ III) vorliegen, wird das zentralere zum Sustentaculumfragment mit Kirschner-Drähten reponiert, die anschließend durch resorbierbare Nägel aus Poly-L-Lactid ausgetauscht werden. Darauffolgend wird das am weitesten laterale Fragment reponiert und provisorisch am zentralen und Sustentaculumfragment befestigt. Exaktes Arbeiten ist hierbei Voraussetzung um optimale Ausrichtung bezüglich Höhe, Rotation und koronaler Ebene (Varus-Valgus) zu ermöglichen. Die Reposition ist nur möglich, wenn sich die einzelnen Fragmente nicht behindern. Differenziertheit kann bei den Bruchstücken des Proc. anterior vorliegen, sodass drei Teile vorhanden sein können. Meistens sind die Bruchstücke des Proc. anterior vom intakten interossären Ligament nach kranial disloziert. Sie werden dann nach kaudal gezogen und durch Kirschner-Drähte als Provisorium befestigt.

Durch Variabilität der Frakturen können andere Manöver nötig werden, um eine Malrotation der Gelenkfläche zu verhindern. Wenn alle Fragmente der posterioren Facette reponiert sind, muss eine Darstellung der Gelenkfläche erfolgen.

Ist dies erfolgt müsste die hintere Ecke des anterolateralen Fragments sich in die anteriorinferiore Ecke des superolateralen Fragments „einkeilen“. Dadurch wird der Gisanne-Winkel wiederhergestellt. Durch einfache Bewegung der Schanz-Schraube können nun eigentlich Seitenwand und Corpus calcanei in Valgusstellung in eine Linie geführt werden, sodass das Seitenwandfragment anatomisch

positioniert wird. Kontrolle der Reposition erfolgt durch Röntgenaufnahme von axial, seitlich und als Brodén-Aufnahme.

Nun kann die abschließende endgültige Fixation der Bruchstücke erfolgen. Dies erfolgt mit Schrauben oder Platten. Es erfolgt die Entfernung der Kirschner-Drähte und Reposition der Peronealsehnen. Jetzt kann es zum Wundverschluss kommen, der mit Nähten und Klammern durchgeführt wird. Der/die Patient*in bekommt abschließend eine Gipsschiene angelegt.⁽⁵⁾

3.5 Kombinierte Techniken bei Split-tongue Frakturen

Frakturen mit gesplitteter Zunge, Sanders 2A/B und III erfordern eine offene Reposition mit erweiterbarem lateralen Zugang. Der Zug des Tendo calcanei verhindert oftmals die Reposition des lateralen artikulären Zungenfragments, sodass die korrekte Rotation in der Sagittalebene nicht möglich ist. Aus diesem Grund wird für die Reposition die Technik nach Essex-Lopresti bei offenem Vorgehen verwendet. Oft wird eine 4,5mm Schanz-Schraube eingesetzt. Diese wird perkutan in das Zungenfragment platziert, wodurch die Zugkraft des Tendo calcanei aufgehoben wird und eine anatomische Reposition der Gelenkfläche in der Sagittalebene möglich ist. Der restliche Verlauf erfolgt gleich wie oben beschrieben bei der offenen Reposition mit interner Fixation.⁽⁵⁾

3.6 ORIF/primäre Arthrodesse bei Sanders-Typ-IV-Frakturen

Indikation für eine offene Reposition mit interner Fixation (ORIF) bei primärer Arthrodesse stellen intraartikuläre Frakturen mit hochgradiger Zerstörung der knöchernen Strukturen oder weitreichenden Knorpelschaden der subtalaren Facette dar (schwerer Sanders Typ III oder Sanders IV, mit schwerer Knorpelzerstörung), deren anatomische Rekonstruktion ungenügend wäre. Intraoperativ wurde hier die Gelenkfläche als nicht rekonstruierbar eingeordnet. Zeitpunkt der operativen Versorgung ist meist 3-42 Tage nach Trauma, da der Verschluss der Weichteile in der frühen posttraumatischen Phase durch die Schwellung erschwert sein kann und die Infektionsgefahr deutlich erhöht ist (Probleme bei zu langem Warten ebenfalls durch vorzeitige Knochenheilung und hierdurch erschwerte Reposition möglich). Vorwiegend werden ORIF-Verfahren über einen erweiterbaren lateralen Zugang eingebracht um Höhe, Breite und

Gesamtmorphologie des Calcaneus wieder vollständig zu generieren. Patient*innen werden postoperativ klinisch und radiologisch nach 6 und 12 Wochen nachkontrolliert. Eine physiotherapeutische Nachbehandlung erfolgt im Mittel für 16 Wochen.^(5, 24)

3.7 Postoperativer Verlauf/Behandlungsschema

Postoperativ soll nach Möglichkeit die betroffene Extremität zunächst hochgelagert und gekühlt werden. Die Durchblutung wird dabei regelmäßig kontrolliert. Physiotherapeutische Übungen beginnen in der Regel sehr früh postoperativ und entsprechend wird auf ein frühes Bewegungstraining des Knöchels und des Subtalargelenks geachtet. Meist geschieht dies mit Range-of-motion-Übungen. Die physiotherapeutische Behandlung erfolgt meist bis 16 Wochen postoperativ, dabei spielt die Anleitung zu Übungen, wie auch die dementsprechende Eigeninitiative der Patient*innen eine wichtige Rolle. Die betroffene Extremität wird postoperativ in einem Knöchelorthese platziert. Die Gewichtsbelastung ist je nach Verletzungsmuster und operativer Technik verschieden, wobei jedoch in der Regel entweder erst 10-12 Wochen nach der Operation allmählich mit der Gewichtsbelastung begonnen wird oder auch eine Teilbelastung für meist 12 Wochen mit 15 kg typisch ist. Fäden werden wie üblich am 10.-14. Tag postoperativ entfernt. Radiologische und klinische Kontrollen erfolgen meist nach 6 bzw. 12 Wochen postoperativ und entsprechend den subjektiven und objektiven Ergebnissen wird mit Belastungsaufbau und Vollbelastung begonnen. Schrauben, Platten etc. verbleiben in der Regel in situ.^(5, 24)

4) Material und Methoden

4.1 Studiendesign

Die Studie untersuchte die Langzeitergebnisse bei Patient*innen, die im Zeitraum vom 01.01.2017 bis zum 31.12.2018 an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie am Landeskrankenhaus Graz, operativ anlässlich einer Calcaneusfraktur versorgt wurden. Kriterien zum Einschluss der Patient*innen waren das vorgegebene Zeitintervall und die operative Versorgung mittels Osteosynthese durch Platten oder Schrauben.

Zur Evaluierung der Langzeitergebnisse wurden retrospektive Daten des gesamten Kollektivs erhoben. Eine klinische Nachuntersuchung hinsichtlich Ergebnisse des Therapieerfolges erfolgte bei Patient*innen, die sich auf freiwilliger Basis dazu bereitklärten. Die retrospektiven Daten wurden aus dem „openMEDOCS“-Krankenhaussystem und dem Bildbetrachtungssystem „PACS-View“ erhoben.

Folgende Daten wurden aus dem „openMEDOCS“-Krankenhaussystem erhoben:

- Alter (Zeitpunkt Trauma)
- Geschlecht
- Datum des Traumas
- Verletzungsmechanismus
- Frakturseite
- Frakturklassifikation (AO, Sanders)
- Begleitverletzungen am Fuß und der Sprunggelenksregion
- Begleitverletzungen insgesamt
- Datum und Dauer der Operation, inklusive Art der Osteosynthese (Schraube/Platte)
- Dokumentation weiterer chirurgischer Eingriffe
- Länge des Aufenthaltes auf der Intensivstation (in Tagen)
- Länge des Aufenthaltes im Krankenhaus (in Tagen)
- Postoperative Komplikationen (Infektionen, Thrombose...)

4.2 Patientenrekrutierung

Durch entsprechende Vorgaben des Studiendesigns konnten im „Medocs“-Krankenhaussystem 30 Patient*innen identifiziert werden. Die potenziellen Studienteilnehmer*innen wurden telefonisch kontaktiert. Bei Einverständnis und Interesse an Studienteilnahme wurde ein Termin an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie vereinbart.

4.3 Radiologische Diagnostik

Im Rahmen der Studie erfolgte, am Tag der jeweiligen Nachuntersuchung, ein Röntgen des operierten Fußes in zwei Ebenen (a.p. und lateral). Zur besseren Beurteilbarkeit der knöchernen Konsolidierung und des Arthrosestadiums, wurden ebenfalls computertomografische Aufnahmen des Fußes, oder der Füße angefertigt. Die radiologischen Aufnahmen wurden anschließend mit den präoperativen Bildern der Patient*innen verglichen. Dabei wurden der Gisanne- und Böhler-Winkel herangezogen. Des Weiteren wurde mit Hilfe der Klassifikation nach Bargon⁽²⁵⁾ (siehe Tabelle 1) der Grad der postoperativen Arthrose evaluiert. Alle Patient*innen wurden anhand ihrer letzten radiologischen Aufnahme evaluiert.

Tabelle 1 Bargon-Klassifikation

Arthrosegrad	Arthrosezeichen
0	Sklerosezone ohne Gelenksspaltverschmälerung
I	Sklerosezone, geringe Gelenksspaltverschmälerung, Randwulstbildung
II	Zusätzliche Schliffurchen oder Aufrauungen der subchondralen Knochenlamelle
III	Sklerosierung, deutliche Gelenksspaltverschmälerung, Defekte im subchondralen Knochen, zystische Aufhellungen

4.4 Fragebögen, Scores

Im Rahmen dieser Studie wurden zwei Fragebögen erhoben. Es wurde die deutsche Übersetzung des AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) Hindfoot Score und die deutsche Übersetzung des Calcaneal Fracture Scoring System verwendet.

4.4.1 AOFAS

Beim AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) – Score nach Kitaoka *et al.*⁽²⁶⁾ können insgesamt 100 Punkte erreicht werden. Kitaoka *et al.*⁽²⁶⁾ entwickelten ihren Score zur verbesserten Standardisierung von klinischen und funktionellem Outcome bei Calcaneusfrakturen, da viele Scores rein objektive oder nur subjektive Parameter enthielten und ihre Anwendung klinisch sehr komplex und oftmals limitiert auf einzelne klinische Situationen war. Ihr Score sollte eine praktikable Lösung darstellen, sodass eine universelle Anwendung bei Calcaneusfrakturen möglich wird und keine Einschränkungen wegen zu hoher Komplexität bestehen.⁽²⁶⁾

Patient*innen, ohne Pathologien des Fußes, können einen Maximalwert von 100 Punkten erreichen. Bei hochpathologisch eingeschränkten Patient*innen ist der Minimalwert von 0 Punkten möglich. Der AOFAS-Score wird in drei Kategorien unterteilt. Die Unterteilung erfolgt nach Schmerz, Funktion und Ausrichtung. In der Kategorie Schmerz können maximal 40 Punkte vergeben werden, wobei vier Einteilungen möglich sind (kein Schmerz, leichter Schmerz, mäßiger Schmerz und stärkster Schmerz). Bei Schmerzfreiheit werden 40 Punkte vergeben und in jeder weiteren Stufe werden 10 Punkte subtrahiert. Die Funktion kann mit bis zu 50 Punkten und die Ausrichtung des Fußes mit maximal 10 Punkten beurteilt werden. Der gesamte AOFAS-Score setzt sich aus subjektiven Parametern, wie auch klinisch funktionellen objektiven Parametern zusammen. Klinisch funktionelle objektive Parameter werden in den Unterpunkten Funktion und Ausrichtung erhoben. Zur Beurteilung der Funktion werden vom Untersucher Parameter wie Bewegungsausmaße in Plantarflexion und Dorsalextension, In- und Eversion, Sprunggelenk- und Rückfußstabilität gemessen, Gangauffälligkeiten erhoben und die Ausrichtung des Fußes beurteilt.

4.4.2 Calcaneal Fracture Scoring System

Das Calcaneal Fracture Scoring System nach Kerr *et al.*⁽²⁷⁾ vergibt ebenfalls maximal 100 Punkte. Kerr *et al.*⁽²⁷⁾ wollten ein rationaleres System entwickeln, aufgrund der vorherrschenden Menge an verschiedenen Beurteilungsskalen von Calcaneusfrakturen, die oft präferierte Bereiche der Autoren mit auffallend hohen Punkten bewerteten, rein subjektiv oder auch Kombinationen aus subjektiven, objektiven oder radiologischen Parametern waren.⁽²⁷⁾ Hochgradig pathologisch erkrankte Patient*innen können minimal 0 Punkte erreichen. Patient*innen ohne Auffälligkeiten 100 Punkte. Es werden vier Kategorien unterschieden. Die meisten Punkte vergibt die Kategorie Schmerz mit 36 Punkten, wobei hier nach Ruheschmerz und Aktivitätsschmerz unterschieden wird. Weiteres werden Veränderungen im Beruf und im Gehen unterschieden, die jeweils mit maximal 25 Punkten bewertet werden können. Letzte Kategorie stellt den vorhandenen oder nicht vorhandenen Bedarf einer Gehhilfe dar, die mit maximal 14 Punkten beurteilt werden kann.

4.5 Klinische Untersuchung

Mit Hilfe der Neutral-Null-Methode wurden während der klinischen Untersuchung, zur funktionellen Beurteilung der Ergebnisse, die Bewegungsausmaße bestimmt. Als Werkzeug diente hierbei ein Goniometer, um im oberen Sprunggelenk den Bewegungsumfang in Plantarflexion und Dorsalextension zu messen. Im unteren Sprunggelenk wurden die Bewegungsausmaße von Pro- und Supination und In- und Eversion ermittelt. Im Zuge dieser Untersuchung wurde seitenvergleichend der Fuß auf Deformitäten, Schmerzen und Schwellungen geprüft.

4.6 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten aus dem „openMEDOCS“-Krankenhaussystem, Daten der Nachuntersuchungen und Daten vom Bildbetrachtungssystem „PACS-View“ wurden im Programm Microsoft® Excel Version 2103 gelistet. Die statistische Datenauswertung erfolgte mittels Microsoft Excel und Datenübertragung in das EDV-Programm IBM SPSS® Statistics Version 25 zur deskriptiven Datenanalyse

und explorativen Datenanalyse. Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert von $\leq 0,05$ angenommen bei Durchführung des t-Testes für unabhängige Stichproben.

5) Ergebnisse

5.1 Rekrutierung

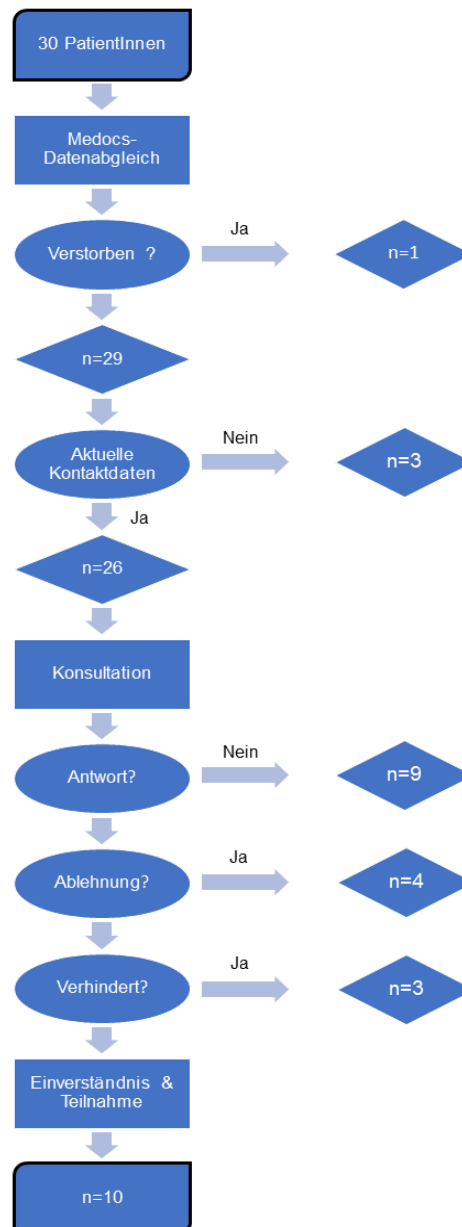


Abbildung 12 Rekrutierung der Patienten

Insgesamt konnten zehn Patient*innen für eine Teilnahme an der Studie gewonnen werden.

5.2 Alter, Geschlecht, Frakturseite

Verteilung des Geschlechtes im Patientenkollektiv

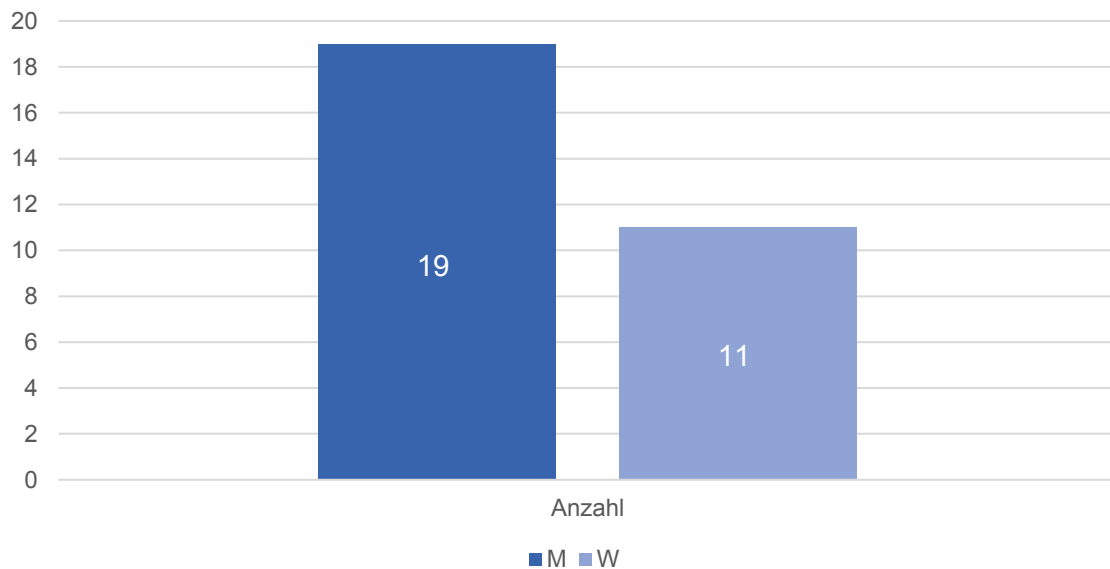


Abbildung 13 Verteilung des Geschlechtes

Im festgelegten Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 30 Patient*innen in die Studie inkludiert. Hiervon waren 63,3 % (n=19) männlich und 36,7 % weiblich (n=11).

Altersverteilung im Patientenkollektiv

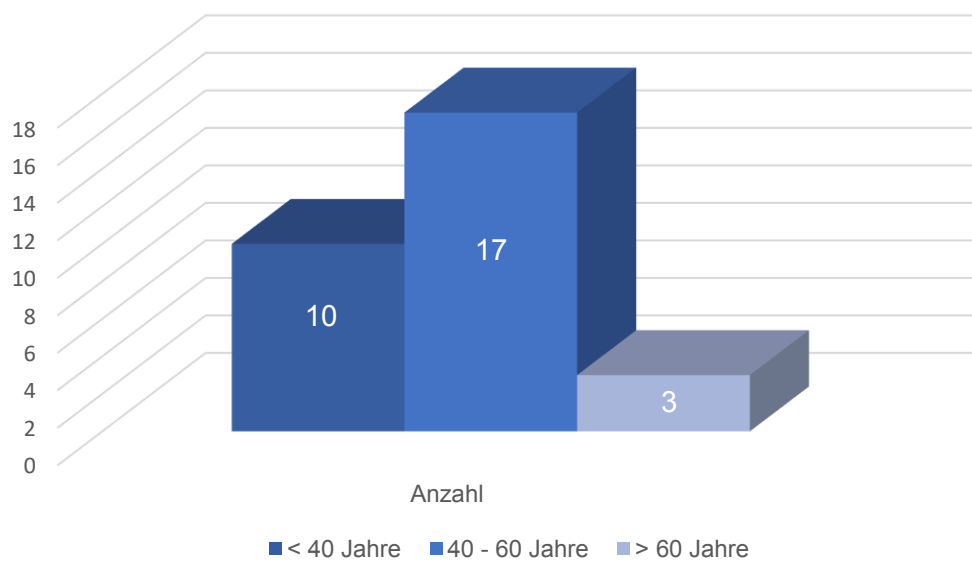


Abbildung 14 Altersverteilung im Patientenkollektiv

Das durchschnittliche Alter lag zur Zeit der Intervention bei 45,7 Jahren mit einer Standardabweichung von 12,7 Jahren. Das Minimum lag bei 25,4 Jahren und das Maximum war 70,8 Jahre.

Seite Calcaneusfraktur

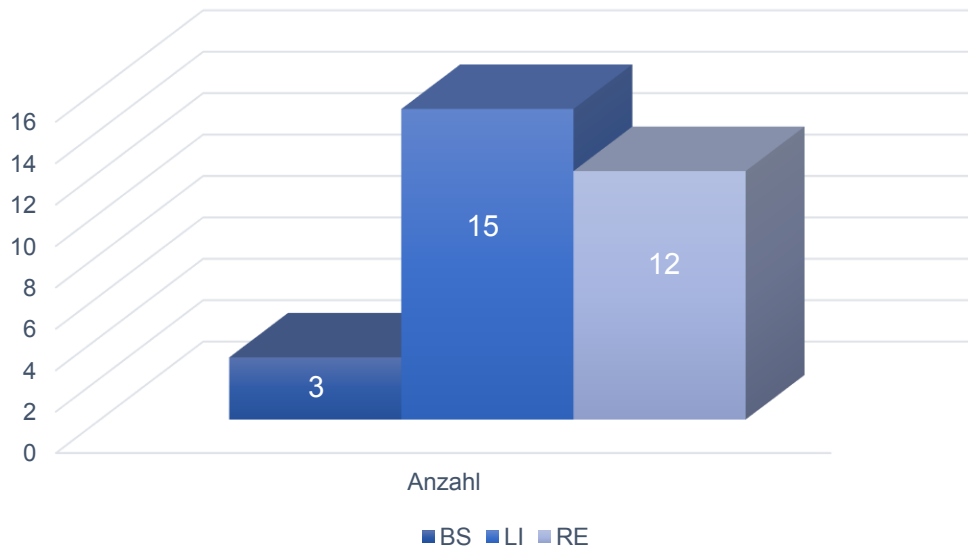


Abbildung 15 Seite Calcaneusfraktur, BS = beidseits, Links = links, RE = rechts

Die Frakturen am Calcaneus verteilten sich im Kollektiv mit 50 % (n=15) auf die linke Seite und mit 40 % (n=12) auf die rechte. In 10 % (n=3) der Fälle zogen sich Patient*innen beidseitige Frakturen des Calcaneus zu, jedoch wurde nur in zwei Fällen beidseitig operativ versorgt, sodass insgesamt 32 FüÙe operiert wurden. Zehn Prozent (n=3) der Fälle waren offene Frakturen.

5.3 Stationärer Aufenthalt/Aufnahme, Aufenthalt ICU, Details

Im Durchschnitt betrug die Dauer des stationären Aufenthaltes 12,26 Tage mit einer Standardabweichung von 6,44 Tagen. Der kürzeste Aufenthalt betrug 4 Tage nach isolierter Calcaneusfraktur. Neunundzwanzig Tage waren der längste stationäre Aufenthalt nach Polytrauma.

Die mittlere Aufenthaltsdauer auf den Intensivstationen lag bei 1,26 Tagen mit einer Standardabweichung von 3,62 Tagen und einer Spannweite von 0 bis 15 Tagen.

Die stationäre Aufnahme am Tag des Traumas erfolgte bei 63,3 % der Patient*innen (n=19). Zeitversetzt wurden dementsprechend 36,7 % Patient*innen (n=11)

aufgenommen, wobei die Zeit zwischen Tag des Traumas und ambulanter Erstvorstellung im Mittel 4,18 Tage (SD: 6,01; Spannweite: 0–22) und die Zeit zwischen Trauma und stationärer Aufnahme im Mittel 3,72 Tage (SD: 4,76; Spannweite 0–16) betrug.

Die stationäre Aufnahme und Operation am gleichen Tag erfolgte bei 23,3 % (n=7) der Patient*innen. Bei dieser Subgruppe war die Zeitspanne bis zur operativen Versorgung im Mittel 3,65 Stunden mit einer Standardabweichung von 2,4 Std. und einer Spannweite von 0,96 bis 8,03 Std. In 16,6 % (n=5) der Fälle fand eine direkte Endversorgung statt. Zwei Fälle (6,6 %) konnten nicht direkt mit Verschraubung oder Verplattung endversorgt werden. Ein Fall bedurfte die Anlage eines Fixateurs externe. Es bestand eine beidseitige Calcaneusfraktur, wobei rechtsseitig eine Subluxation des Talus vorlag, sodass ein Fixateur externe notwendig wurde. Der/die Patient*in konnte neun Tage später mit einer Calcaneusverplattung rechts und einer perkutanen Calcaneusverschraubung links versorgt werden. Der andere Fall erhielt intraoperativ eine Wundversorgung und eine Schienenanlage bei offener Fraktur. Ebenfalls 9 Tage später konnte eine Endversorgung mittels Calcaneusverplattung durchgeführt werden.

Die zeitversetzte stationäre Aufnahme und primäre Fußoperation erfolgte bei 76,6 % (n=23) der Patient*innen, dabei betrug die mittlere Zeit zwischen Aufnahme und Operation 5,39 Tage mit einer Standardabweichung von 3,51 Tagen und einer Spannbreite von 1 bis 12 Tagen.

5.4 Unfallursachen

Mit einem Anteil von 56,7 % waren Stürze (n=17) die häufigste Ursache für Calcaneusfrakturen in der Studiengruppe. Stürze führten meist aufgrund einer axialen Stauchung durch Fall aus Höhen mit bis zu 4 Metern zu Calcaneusfrakturen und Begleitverletzungen. Darauf folgten mit 20 % Verkehrsunfälle (n=6) und 13,3 % Sportunfälle (n=4). Mit 6,6 % und 3,3 % stellten Suizidversuche durch Sprung (n=2) und Supinationstraumen (n=1), die seltenste Ursache für Calcaneusfrakturen in der Studiengruppe dar.

5.5 Frakturklassifikation nach Sanders & AO

Bei insgesamt 32 operativ versorgten Frakturen belief sich die Verteilung in der Sanders-Klassifikation wie folgt.

Tabelle 2 Sanders–Klassifikation

SANDERS	Häufigkeit	Prozent
2C	2	6,3
3AB	2	6,3
3AC	1	3,1
4	25	78,1
Nicht intraartikulär	2	6,3
Gesamt	32	100,0

Insgesamt wurden mit 78,1 % (n=25) vor allem Typ 4 Frakturen in der Studiengruppe festgestellt. Die restlichen Frakturen verteilten sich, entnehmbar der Tabelle, jeweils mit einem oder zwei Fällen auf die unterschiedlichen Frakturtypen.

Nach Einteilung in die AO-Klassifikation wurden insgesamt 71,9 % (n=23) zum Frakturtyp 82C3 eingeordnet, was den größten Anteil darstellt. Insgesamt konnten zusätzlich zum Frakturtyp 82C3, drei weitere Frakturtypen, zwei davon auch der Gruppe C zugehörig, erhoben werden. Ihre Verteilung ist der untenstehenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 3 AO–Klassifikation

AO	Häufigkeit	Prozent
82B1	4	12,5
82C1	2	6,3
82C2	3	9,4
82C3	23	71,9
Gesamt	32	100,0

5.6 Begleitverletzungen

Bei 40 % des Studienkollektives (n=12) traten, zusätzlich zur einseitig oder beidseitigen Calcaneusfraktur, Begleitverletzungen auf. Insgesamt gab es 20 zusätzliche Verletzungen, die sich wie folgt verteilten:

- 13,3 % Schädelverletzungen (n=4)
- 3,3 % Thoraxverletzungen (n=1)
- 3,3 % Abdomenverletzungen (n=1)
- 20 % weitere Extremitätenverletzungen (n=6)
- 13,3 % Wirbelsäulenverletzungen(n=4)
- 13,3 % Beckenverletzungen (n=4)

5.7 Operative Versorgung

Bei insgesamt 33 Frakturen auf 30 Patient*innen wurden 32 Frakturen operativ versorgt. In 56,3 % wurde eine Verplattung (n=18) und in 43,7 % eine Verschraubung (n=14) durchgeführt. Die Operationszeit betrug im Mittel 2,05 Stunden mit einer Standardabweichung von 0,04 Std. und einem Minimum von 0,71 Stunden und Maximum von 4,51 Std.

5.8 Implantate

Bei 53,1 % der Füße (gesamt: 32 Füße versorgt; n=17) fand die einfache Versorgung mit einer Depuy Synthes Calcaneusplatte statt. In 21,9 % mussten eine oder mehrere Depuy Synthes Lochschrauben(n=7) verwendet werden, wobei in 6,3 % (n=2) zusätzliche Versorgung durch andere Materialien stattfand. Ein Fall, wurde hierbei zusätzlich zur Lochschraube, mit 3 K-Drähten zur transtalaren Fixierung versorgt, ein Fall mit 2 ITS Spongiosaschrauben, versorgt. 12,5 % der Füße (n=4) erhielten als Implantat 2 oder mehr Aptus-CCS Schrauben. Ein Fall, 3,1 %, erhielt eine alleinige Versorgung mit ITS Spongiosaschrauben.

5.9 Weitere Fußverletzungen

In insgesamt 33,3 % der Fälle (n=10) gab es weitere Fußverletzungen. Folgende zusätzliche Fußverletzungen kamen jeweils einmalig in der Studiengruppe vor.

- Pilonfraktur kontralateral
- Pilonfraktur kontralateral (I°ig offen) und III°ig offene Luxation des Fußes subtalo ipsilateral
- Talusfraktur bei beidseitiger Calcaneusfraktur

- Metatarsale V Fraktur und Subluxation des Talus rechtsseitig bei beidseitiger Calcaneusfraktur
- Os naviculare Fraktur ipsilateral und Transnaviculare transcuboidale Chopartluxationsfraktur kontralateral
- Innenknöchelfraktur und Luxation der Peroneussehnen ipsilateral
- Os naviculare Fraktur und Os cuneiforme mediale und laterale Fraktur ipsilateral
- Luxation der Peroneussehnen ipsilateral

In 6,7 % der Fälle (n=2) gab es eine Weber A Fraktur ipsilateral. Dreißig Prozent der zusätzlichen Fußverletzungen waren hierbei auf der ipsilateralen Seite zu finden.

5.10 Weitere Eingriffe

Bei 23,3 % (n=7) der Patient*innen wurden im Rahmen der Calcaneusosteosynthese weitere Fußeingriffe durchgeführt.

Bei 6,6 % der Patient*innen (n=2) wurden weitere Eingriffe am Fuß verzögert zur oder vor der calcanearen Versorgung durchgeführt. Hierbei handelte sich einmal um eine kontralaterale Fixateurabnahme und ORIF der respektive Pilonfraktur 7 Tage nach Calcaneusversorgung und einmal um eine Fixateuranlage kontralateral bei transnavicularer transcuboidaler Chopartluxationsfraktur 4 Tage vor Calcaneusversorgung.

Weitere Eingriffe, während der Calcaneusendversorgung (CE), erfolgten ebenfalls bei 6,6 % der Patient*innen (n=2), wobei diese in einem Fall eine lumbopelvine Abstützung war, und in einem Fall erfolgte die Anlage eines gelenksüberbrückenden Fixateur externe im Bereich des kontralateralen Kniegelenks.

Zeitversetzt zur Calcaneusendversorgung wurden in 20% (n=6) der Fälle Eingriffe an weiteren Körperregionen durchgeführt.

5.11 Postoperative Infekte

Bei 10 % der Patient*innen (n=3) traten postoperative Infekte auf, wobei die Metallentfernung bei einem Patienten bereits 19 Tage nach Implantation durchgeführt werden musste. Ein*e Patient*in benötigte eine Wundrevision 55 Tage

postoperativ, sowie weitere 65 Tage später die Anlage eines Suralislappen. Ein andere*r Patient*in musste 32 Tage nach operativer Erstversorgung wieder stationär aufgenommen werden. Es erfolgte die Metallentfernung und die Anlage eines VAC („vacuum assisted closure-therapy“) Verbandes am Aufnahmetag. Am 8./12./16. Tag des stationären Verlaufs erfolgten VAC-Wechsel und am 21. Tag nach Wiederaufnahme wurden eine Peroneus-brevis-Muskellappenplastik und eine Spalthauttransplantation zum Wundverschluss durchgeführt.

5.12 Nachbehandlung

Die versorgten Frakturen wurden in 34,4 % (n=11) mit einer Entlastungsdauer von 12 Wochen nachbehandelt. In 28,1 % (n=9) wurde eine Teilbelastung von 15 kg für 12 Wochen und in 9,4 % (n=3) eine 8-wöchige Entlastung empfohlen. Jeweils 6,2 % (n=2) wurden eine Nachbehandlung mit 10 Wochen Entlastung, 8–12 Wochen Entlastung beziehungsweise eine 6-8-wöchige Teilbelastung mit 15 kg nahegelegt. In jeweils 3,1 % (n=1) wurden den Patient*innen eine Entlastung für 6 Wochen, 6–8 Wochen Entlastung und eine Teilbelastung mit 15 kg für 8–12 Wochen angeraten.

5.13 Metallentfernungen

Insgesamt 36,7 % der Patient*innen (n=11) erhielten bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine Metallentfernung. Dabei nicht enthalten sind die Metallentfernungen, die aufgrund von Infekten durchgeführt werden mussten. Im Mittel betrug die Zeit nach Calcaneusendversorgung bis zur Metallentfernung 1,2 Jahre (Standardabweichung: 0,4; Spannweite: 0,5–1,9).

5.14 Bargon–Klassifikation

Anhand der jeweiligen rezentesten radiologischen Aufnahme erfolgte die Bestimmung der postoperativen Arthrose mittels der Bargon–Klassifikation im unteren Sprunggelenk. Dreizehn Patient*innen waren ohne Arthrosezeichen, dementsprechend Grad 0. Bei 10 Patient*innen konnten geringe Gelenkspaltverschmälerung, Osteophyten und eine subchondrale Sklerosezone festgestellt werden. Fünf Patient*innen zeigten zusätzlich Schliffurchen oder Aufrauungen der subchondralen Knochenlamelle und bei vier Patient*innen

kamen zystische Aufhellungen und Defekte im subchondralen Knochen zur Darstellung. (siehe Tabelle)

Tabelle 4 Bargon-Klassifikation Ergebnisse

Bargon	Häufigkeit	Prozent
0	13	40,6
I	10	31,3
II	5	15,6
III	4	12,5
Gesamt	32	100,0

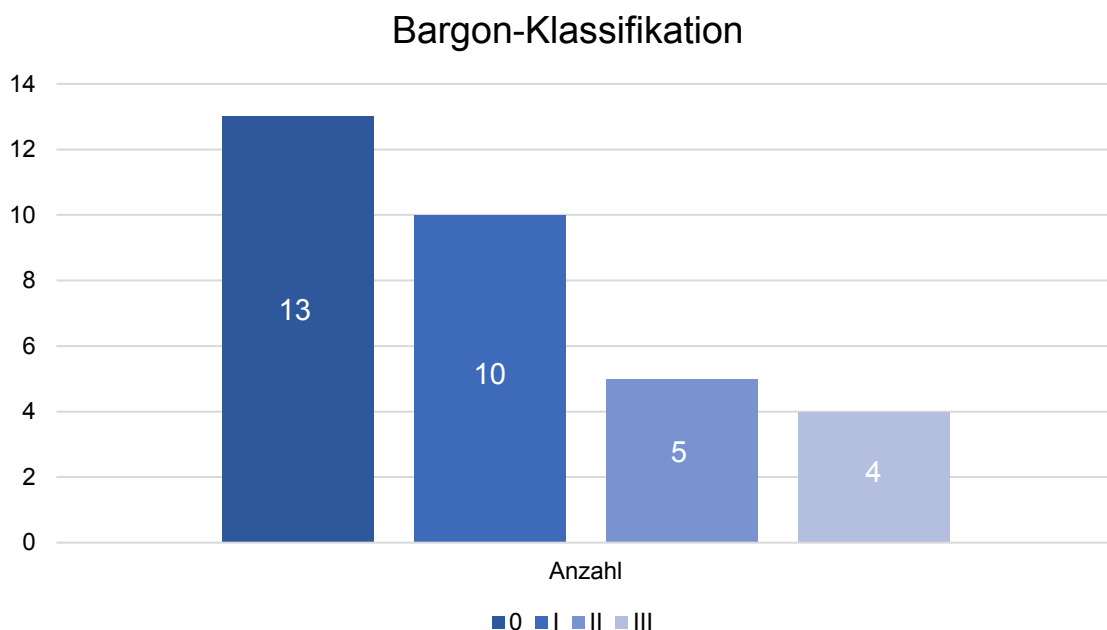


Abbildung 16 Bargon-Klassifikation Ergebnisse

5.15 Gissane- und Böhler-Winkel, Auswertung

Der Gissane-Winkel war präoperativ im Mittel $111,34^\circ$, mit einem Minimum von 75° , Maximum von 150° und einer Standardabweichung von $21,09^\circ$. Die postoperativen Aufnahmen ergaben im Patientenkollektiv einen Gissane-Winkel von $120,44^\circ$, also einen insgesamt Unterschied von $9,1^\circ$ (Standardabweichung: $13,43^\circ$; Spannweite: 90° - 145°). Insgesamt konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Aufnahmen festgestellt werden. ($p = 0,044$)

Tabelle 5 Gissane- und Böhler-Winkel Ergebnisse

	Mittelwert	Maximum	Minimum	Standardabweichung	Median
Gissane PräOP	111,34	150	75	21,09	111
Gissane PostOP	120,44	145	90	13,43	122
Böhler PräOP	8,84	29	-4	6,78	9
Böhler PostOP	27,03	40	6	8,65	27

Beim Böhler-Winkel konnte präoperativ ein Mittelwert von 8,84° festgestellt werden. (Standardabweichung: 6,78°; Spannweite: -4° - 29°). Postoperativ lag der Mittelwert bei 27,03°, was einen Unterschied von 18,19° ergab (SD: 8,65°; Spannweite: 6° - 40°). Hier ergab sich ebenfalls ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Werten. ($p = \leq 0,001$)

5.16 Auswertung AOFAS & CFSS

5.16.1 Allgemeinen Ergebnisse

In der Nachuntersuchung wurden, anhand von zwei unterschiedlichen Scores, dem AOFAS-Score und dem Calcaneal Fracture Scoring System (CFSS), 10 Patient*innen und 11 operativ versorgte Füße bewertet, sodass sich die Auswertungen der Scores auf $n=11$ beziehen. Die Orientierung des Bewertungsschemas wurde an Thordarson *et al.* ⁽²⁸⁾ und Schuh *et al.* ⁽²⁹⁾ gelehnt, die folgende Bewertung verwendeten.

Tabelle 6 Bewertungsschema AOFAS & CFSS

	Punkte
Sehr gut	90-100
Gut	80-89
befriedigend	70-79
Schlecht	< 69

Beim AOFAS-Score wurde in der Studiengruppe ein Durchschnitt von 69,9 Punkten erreicht mit einer Standardabweichung von 23,55 Punkten, einer Spannweite von 27 zu 97 Punkten und einem Median von 71 Punkten.

Im CFSS erzielten die Patient*innen, bei ebenfalls maximal 100 erreichbaren Punkten, im Mittel 71 Punkte, mit einer Standardabweichung von 27,38 Punkten. Der niedrigste Wert lag bei 26 Punkten und der Höchstwert bei 100 Punkten. Der Median beim CFSS lag bei 85 Punkten.

Insgesamt verteilten sich die Punkte nachfolgendem Schema:

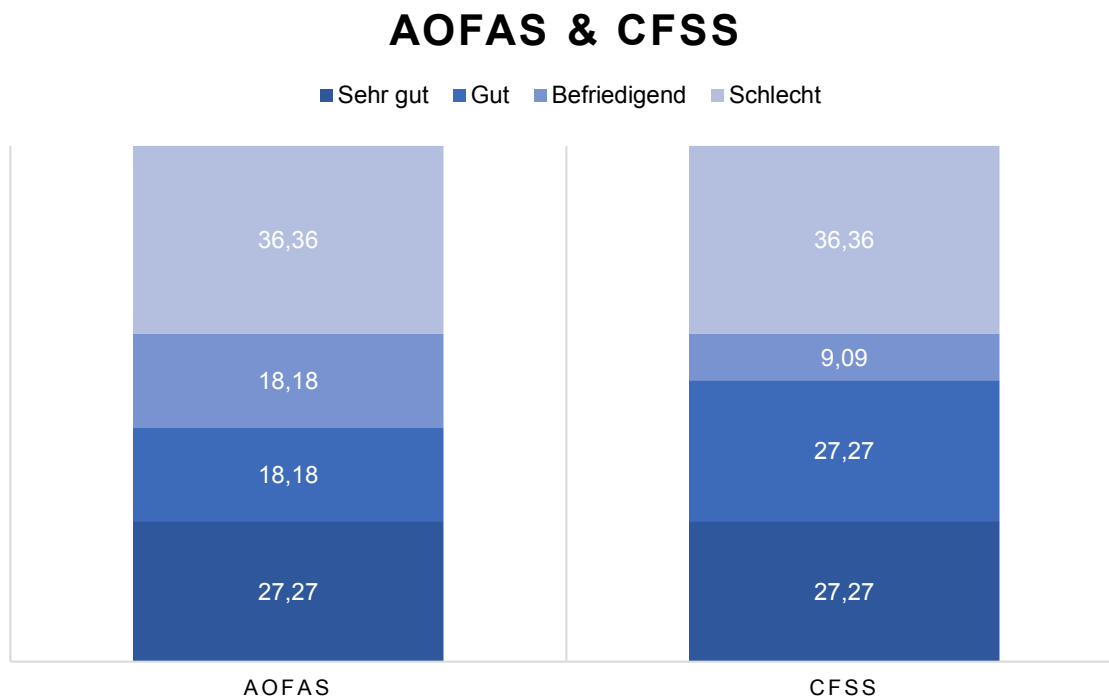


Abbildung 17 Prozentverteilung Scores

Punkteverteilung Scores

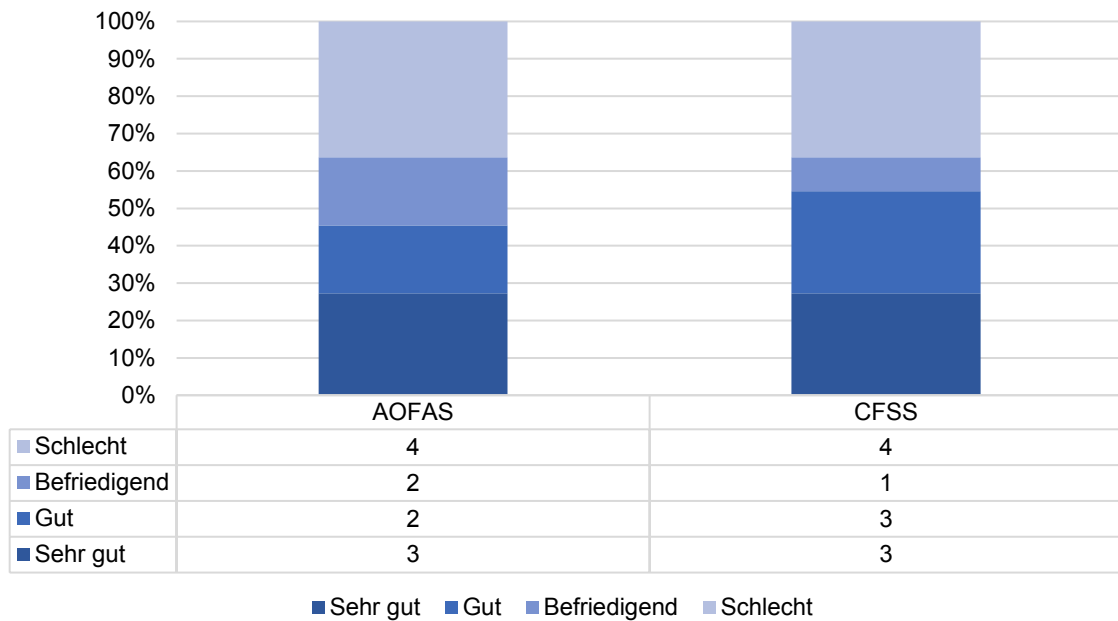


Abbildung 18 Punkteverteilung Scores, Anzahl

In Abhängigkeit vom Alter ließen sich, bei beiden Scores in der Gruppe, bei den unter 40-jährigen Patient*innen in 18,2 % sehr gute und in 9,1 % gute Ergebnisse feststellen.

AOFAS Score

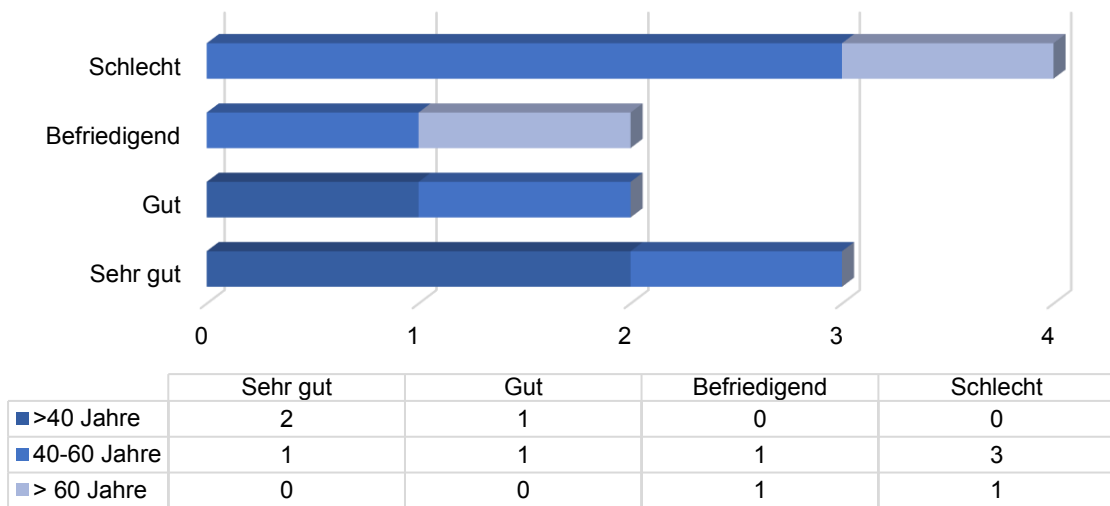


Abbildung 19 AOFAS, Anzahl, Alter

Die Ergebnisse der Altersgruppe der 40–60-Jährigen verteilten sich mit jeweils 9,1 % auf die Kategorien sehr gut, gut und befriedigend im AOFAS Score. Der CFSS unterschied sich hierbei im Gegensatz mit 18,2 % bei den guten Ergebnissen und mit 9,1 % mit sehr guten Ergebnissen. In 27,2 % konnten bei beiden Scores schlechte Ergebnisse in der Altersgruppe der 40–60-Jährigen festgestellt werden. Jeweils 9,1 % verteilten sich in der Gruppe der über 60-Jährigen auf befriedigende bis schlechte Ergebnisse.

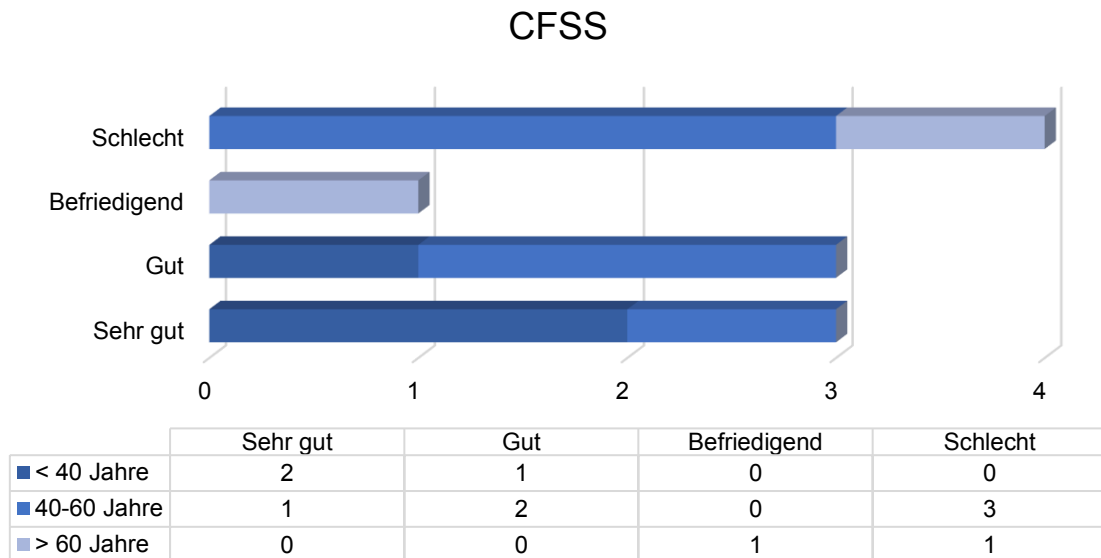


Abbildung 20 CFSS, Anzahl, Alter

5.16.2 Schmerzen

Die Beurteilung der Schmerzsituation der Patient*innen erfolgte anhand der Subkategorie „Schmerzen“ im AOFAS-Score und CFSS. Im AOFAS-Score konnte im Teilbereich Schmerzen eine Punktzahl von 0, starker Schmerz, bis zu 40 Punkten, kein Schmerz, vergeben werden. Der Mittelwert betrug hier 25,45 Punkte mit einer Standardabweichung von 13,73 Punkten (Spannweite 0–40, Median 30 Punkte).

Tabelle 7 Schmerz, Prozentangaben, Anzahlen, AOFAS

Schmerz	Anzahl	Prozent
Kein	3	27,3
Leicht, gelegentlich	4	36,4
Mäßig, täglich	2	18,2
Stark, fast immer präsent	2	18,2
Gesamt	11	100,0

Der CFSS unterscheidet in seinem Score zwischen Ruhe- und Aktivitätsschmerz. Maximal wurden im Bereich Schmerz 36 Punkte vergeben, aufgeteilt mit jeweils 18 Punkten auf beide Teile. Die Aufteilung erfolgte wie in folgender Tabelle angegeben.

Tabelle 8 Schmerz, Prozentangaben, Anzahl, CFSS

Schmerz	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Kein	Ruhe	8	72,7	
	Aktiv	3	27,3	
Leicht	Ruhe	1	9,1	
	Aktiv	3	27,3	
Moderat	Ruhe	2	18,2	
	Aktiv	1	9,1	
Schwer	Ruhe	0	0	
	Aktiv	4	36,4	
Gesamt			100,0	100,0

Im Mittel, zusammengefasst aus Ruhe- und Aktivitätsschmerz, wurden 12 Punkte erreicht. (SD: 7,01; Spannweite: 0-18; Median 15)

5.16.3 Funktion

5.16.3.1 AOFAS

Die Subkategorie Funktion erzielte im Mittel 37,26 Punkte (SD: 1,89). Bezüglich der Subkategorie Aktivitätseinschränkungen erreichten die Patient*innen durchschnittlich 4,64 Punkte von 10 erreichbaren Punkten. Die Standardabweichung betrug 4,56 Punkte, mit einem minimalen Ergebnis von 0 und

maximalen Ergebnis von 10 Punkten und einem Median von 4 Punkten. In Prozent waren die Patient*innen der Kohorte zu 36,4 % nicht, zu jeweils 9,1 % leicht oder moderat und zu 45,5 % schwer eingeschränkt.

AKTIVITÄTEINSCHRÄNKUNGEN

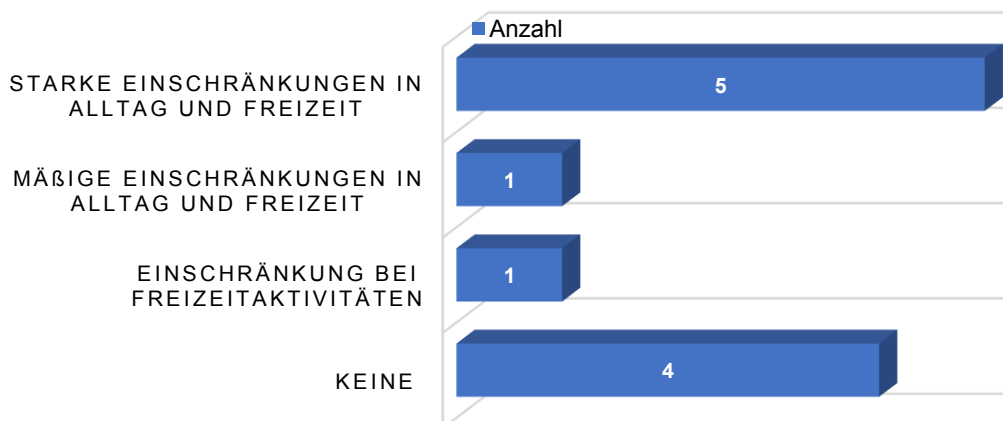


Abbildung 21 Aktivitätseinschränkungen, Anzahl, AOFAS

Die maximale Gehstrecke wurde im Mittel mit 4,36 Punkten (maximal 5 erreichbare Punkte) beurteilt (SD: 1,15; Spannweite: 2-5; Median 5). Kein Patient*in gab an weniger als 100 m am Stück laufen zu können. Nicht betrachtet wurden in dem Fall, ob zum Erreichen eine Gehhilfe oder ähnliches nötig ist, sondern nur, ob diese Strecke ohne Pause für den Patient*innen erreichbar ist. Insgesamt konnten 72,27 % mehr als 600 m am Stück laufen.

MAXIMALE GEHSTRECKE

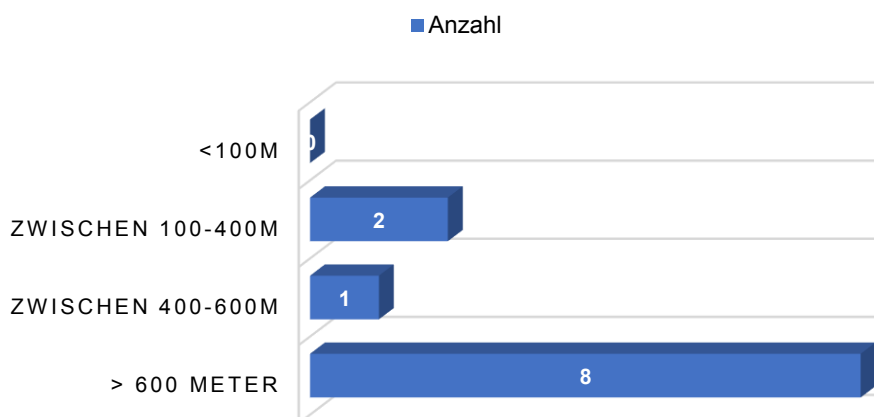
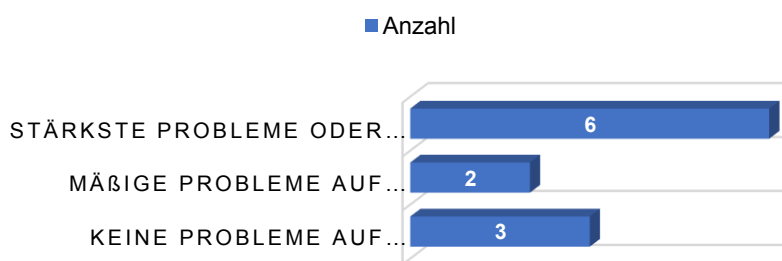


Abbildung 22 Maximale Gehstrecke, Anzahl, AOFAS

Im Bereich Probleme auf unterschiedlichen Laufoberflächen oder Untergründen konnte ein Mittelwert von 1,91 Punkten bei maximal 5 Punkten erzielt werden. Minimal wurden 0 Punkte und maximal 5 Punkte vergeben. Die Standardabweichung betrug 2,19 Punkte und der Median lag bei 0 Punkten.

LAUFOBBERFLÄCHEN/ UNTERGRUND

Tabelle 9 Laufoberflächen,
Prozentanzahl, AOFAS



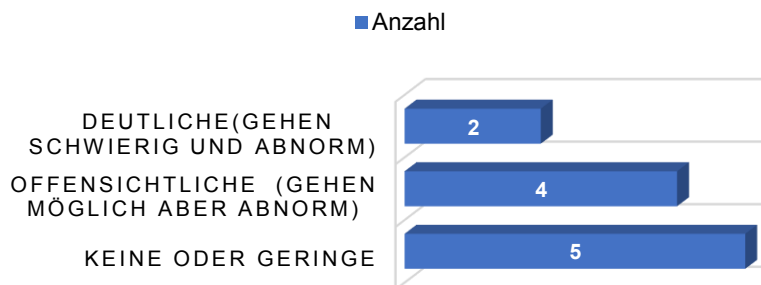
Grad	Prozent
stark	55 %
mäßig	18 %
leicht	27 %

Abbildung 23 Laufoberflächen, Anzahl, AOFAS

In der Subkategorie Gangauffälligkeiten konnten im Mittel 5,09 Punkte von maximal 8 Punkten erreicht werden. Die Standardabweichung betrug 2,99 Punkte und der Median lag bei 4 Punkten. Der niedrigste Wert lag bei 0 und der Höchstwert betrug 8 Punkte.

GANGAUFFÄLLIGKEITEN

Tabelle 10
Gangauffälligkeiten,
Prozentangabe, AOFAS



Grad	Prozent
Deutlich	18 %
offensichtlich	36 %
keine	46 %

Abbildung 24 Gangauffälligkeiten, Anzahl, AOFAS

5.16.3.1.1 Beweglichkeit & Stabilität

Die Subkategorie sagittale Bewegung, Dorsalextension plus Plantarflexion, vergab als Punktemaximum 8 Punkte. Im Mittel wurden hier 7,27 Punkte, eine Standardabweichung von 1,54 Punkten, ein Median von 8 Punkten, ein Minimum von 4 und ein Maximum von 8 Punkten erreicht. 82 % der Patient*innen hatten normale bis leichte Einschränkungen und 18 % waren mäßig eingeschränkt.

SAGITTALE BEWEGUNG (DORSALEXTENSION PLUS PLANTARFLEXION)

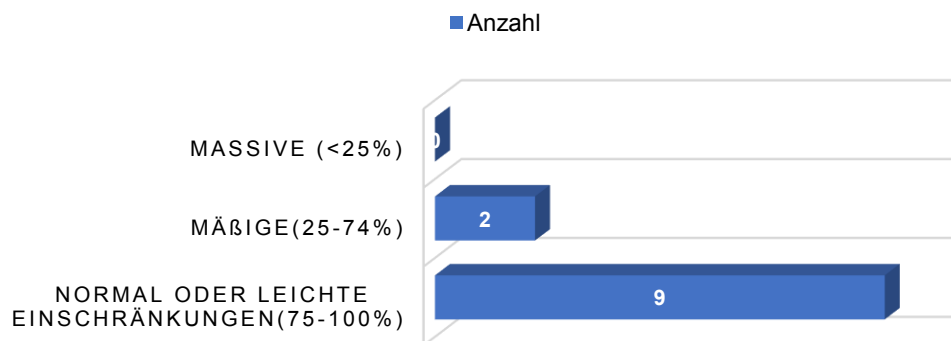


Abbildung 25 Sagittale Bewegung, Anzahl, AOFAS

Die Rückfußbewegung, Inversion plus Eversion, ergab bei maximal 6 Punkten, einen Mittelwert von 4,09 Punkten, mit einer Standardabweichung von 1,44 Punkten. Der niedrigste Wert lag bei 3 und der Höchstwert bei 6 Punkten (Median 3 Punkte). Hierbei konnten 36 % eine normale oder leicht eingeschränkte

RÜCKFUßBEWEGUNG (INVERSION PLUS EVERSION)

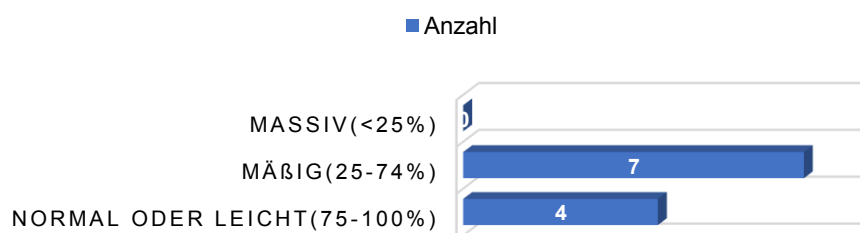


Abbildung 26 Rückfußbewegung, Anzahl, AOFAS

Beweglichkeit erzielen. Vierundsechzig Prozent waren mäßig bezüglich In- und Eversion beschränkt.

Alle operativ versorgten Füße, die nachuntersucht wurden, waren in der postoperativen Kontrolle klinisch bandstabil. Es war keine vordere Schublade sowie kein Varus- oder Valgusstress auslösbar.

5.16.4 CFSS

Maximal 25 Punkte wurden im Teilbereich Arbeit vergeben. Im Durchschnitt erreichten die Studienteilnehmer*innen einen Wert von 17,91 Punkten. Die Standardabweichung betrug 7,89 Punkte und die Spannweite 0 bis 25 Punkte. (Median 16 Punkte).

Insgesamt konnten 45 % der Patient*innen ihren ursprünglichen Beruf ohne jegliche Veränderungen wieder aufgreifen. Sechsdreißig Prozent mussten leichte, 9 % verstärkte Veränderungen zum Ergreifen des beruflichen Alltages vornehmen. Neun Prozent der Patient*innen waren nach dem Unfall arbeitsunfähig.

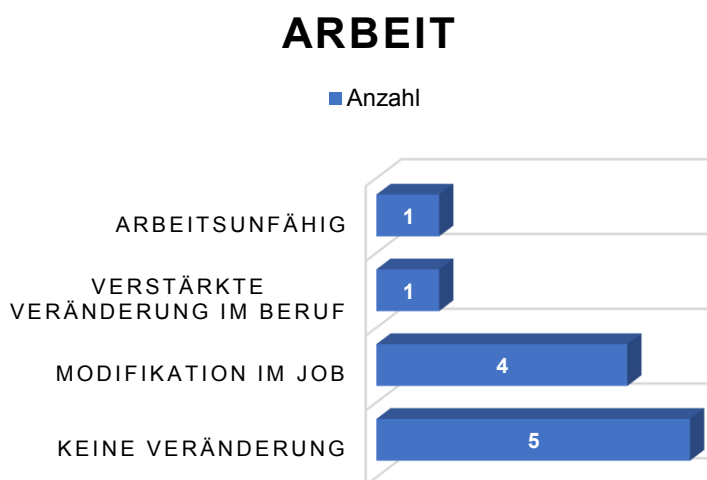


Abbildung 27 Arbeit, Anzahl, CFSS

Im Bereich Gehen erzielten die Patient*innen einen Mittelwert von 15,82 Punkten (maximal 25 Punkte). Die Spannweite lag bei 0–25 Punkten und die Standardabweichung bei 10,39 Punkten (Median 25 Punkte).

GEHEN

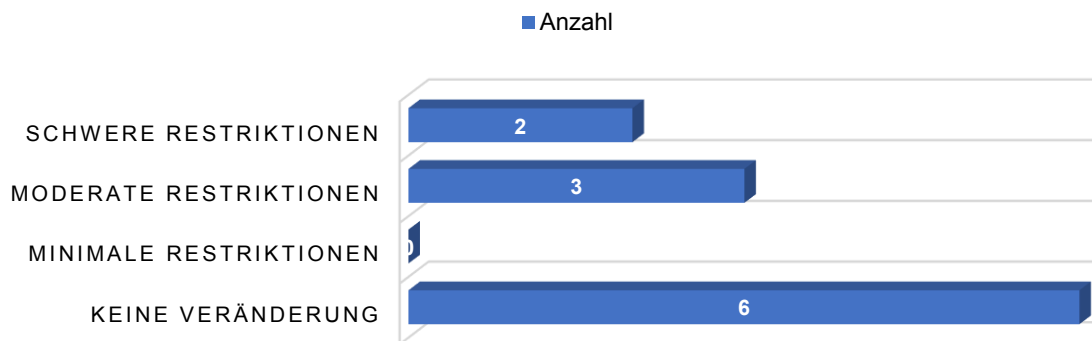


Abbildung 28 Gehen, Anzahl, CFSS

Der Mittelwert im Bereich Gehhilfen lag bei 13,27 Punkten (max. 14 Punkte). Minimal wurden 6 Punkte und maximal 14 Punkte erreicht (SD: 2,3 Punkte; Median: 14 Punkte). Neun Prozent benötigten eine Gehhilfe und 91 % benötigten keine.

GEHHILFE

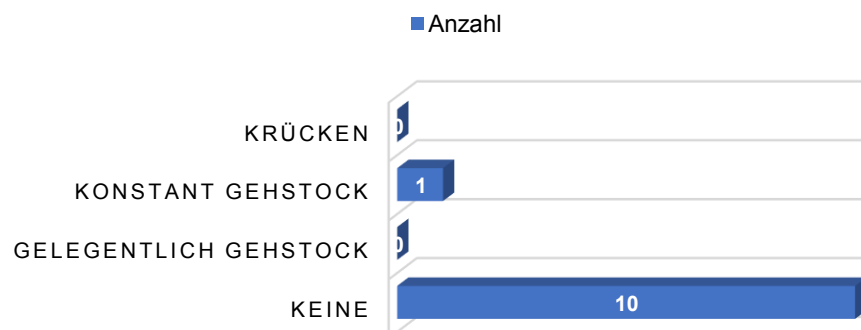


Abbildung 29 Gehhilfe, Anzahl, CFSS

5.16.5 Ausrichtung AOFAS Score

Insgesamt konnte ein Durchschnitt von 9,09 Punkten (max. 10 Punkte) im Bereich Ausrichtung des Fußes beobachtet werden. Die Standardabweichung betrug 1,93 und die Werte rangierten im Bereich von 5 bis maximal 10 Punkten (Median: 10 Punkte). Zweiundachtzig Prozent hatten einen plantigraden Fuß ohne

AUSRICHTUNG/ALIGNEMENT

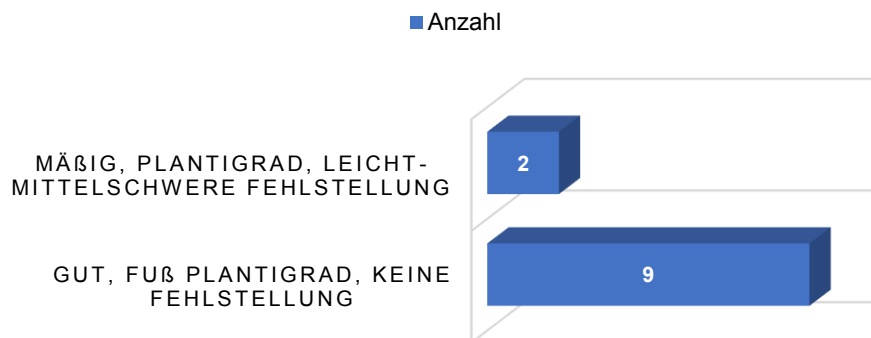


Abbildung 30 Ausrichtung/Alignement Fuß, Anzahl, AOFAS

Fehlstellungen. Bei 18 % der Patient*innen, aus der Gruppe der leichten bis mittelschweren Fehlstellungen, war festzustellen, dass es erhebliche Abweichungen im äußeren Erscheinungsbild im Gegensatz zum nicht erkrankten Fuß gab. Sie zeigten, im Vergleich, mediale und laterale Deformitäten im Bereich des Calcaneus.

6) Diskussion

Gemessen an der Gesamtheit stellt die Calcaneusfraktur mit etwa 2 % aller Frakturen einen kleinen Teil dar, jedoch beinhaltet die Fraktur für den/die Patienten*in oft gravierende Langzeitfolgen mit langer Arbeitsunfähigkeit und diversen Einschränkungen im alltäglichen Leben. Meist verunglücken junge Menschen zwischen 30 und 50 Jahren, wobei in vielen Studien die Zahl an männlichen Patienten überwiegt.^(30, 31) Intraartikuläre Frakturen machen mit etwa 70-80 % den Hauptanteil der Frakturen aus. 5 bis 10 % sind bilaterale und ca. 15 % offene Frakturen.^(32, 33) Stürze und Sprünge aus großer Höhe stellen den häufigsten Verletzungsmechanismus bei einer Calcaneusfraktur dar.⁽³³⁾ Als Goldstandard für die dislozierte Fraktur hat sich die offene Reposition und Osteosynthese etabliert. Hierbei wird ein besonderes Augenmerk auf die anatomische Reposition der Gelenkflächen gelegt, um die Kongruenz im unteren Sprunggelenk wiederherzustellen, sodass der bestmögliche Bewegungsumfang für den/die Patienten*in in Folge ermöglicht wird.^(32, 34)

Die Langzeitergebnisse variieren merklich und die Patient*innen verbleiben oftmals mit dauerhaften Schäden, wodurch es auch zu einer beträchtlichen Minderung der Erwerbstätigkeit kommen kann.⁽³⁵⁾ Zum Vergleich von Langzeitergebnissen werden als Nachuntersuchungskriterien verschiedene Frakturklassifikationen, beispielsweise AO-Klassifikation, Sanders-Klassifikation oder auch die Klassifikation nach Essex-Lopresti verwendet. Weiters erfolgt die Beurteilung oftmals nach epidemiologischen Parametern. Zur Auswertung von subjektiven Parametern und klinisch messbaren, objektiven, Parametern werden die Resultate meist nach unterschiedlichen Scores beurteilt. Jeder Score gewichtet seine Parameter unterschiedlich, sodass je nach Score entweder eher subjektive oder objektive Parameter überwiegen. Eine Vergleichbarkeit der einzelnen Scores untereinander ist somit schwierig, weshalb der Vergleich hier mit anderen klinischen Studien erfolgt, die ebenfalls den AOFAS-Score oder das CFSS verwendeten. Im Folgenden sollen die Ergebnisse der hier durchgeführten Studie betrachtet werden, die sich mit den Langzeitergebnissen bei operativ versorgten Calcaneusfrakturen beschäftigte.

Bereits Zwipp *et al.*⁽³⁶⁾, Schepers *et al.*⁽³¹⁾ und Popelka *et al.*⁽³⁰⁾ beschrieben in ihren klinischen Studien, den Überschuss des männlichen Geschlechtes in ihren Kollektiven. Die Ergebnisse des Anteiles des männlichen Geschlechtes lagen hierbei in den Publikationen zwischen 64 bis 78 %. Die Auswertungen der hier durchgeführten Studie zeigten, bei einem kleineren Kollektiv, ebenfalls mit 63,3 % das Überwiegen des männlichen Geschlechtes.

Im Durchschnitt lag das Alter zur Zeit der Intervention bei 45,7 Jahren (SD: 27,7 Jahre; Spannweite: 25,4-70,8). Auch diese Ergebnisse finden in der Literatur ihre Übereinstimmung, die Mittelwerte des Alters lagen hier zwischen 36 und 49 Jahren. (3, 29-31, 35-38)

Bezüglich der betroffenen Seite konnten ebenfalls ähnlich wie in der Literatur^(3, 30) beschriebene Ergebnisse erzielt werden. In 50 % waren in der Studie die linke und in 40 % die rechte Seite betroffen. Bilaterale Frakturen kamen in 10 % der Fälle vor.

Durchschnittlich betrug der stationäre Aufenthalt 12,26 Tage (SD: 6,44). Vier Tage war der kürzeste und 29 Tage der längste Aufenthalt. Ähnliche Ergebnisse finden sich in Raymakers *et al.*⁽³⁷⁾, die den durchschnittlichen Aufenthalt mit 15 Tagen angeben mit einer Spannweite von 7–26 Tagen. Eine generelle Vergleichbarkeit der Daten ist aufgrund der niedrigen Patientenzahl bei beiden Studien und wenig vergleichbarer Daten jedoch schwierig. Des Weiteren ist nicht ersichtlich, inwiefern Polytraumen in dem Kollektiv der Autoren involviert waren, die den stationären Aufenthalt begründet verlängert hätten.

Bis dato konnte keine Studie gefunden werden, welche explizit den Aufenthalt auf Intensivstationen bei Patient*innen mit Calcaneusfrakturen erwähnt. In der aktuellen Studie lag der mittlere Aufenthalt bei 1,26 Tagen, wobei in keinem Fall die Fersenbeinfraktur kausal für intensivmedizinische Betreuung war. Weiterführende Studien könnten in diesem Zusammenhang Fragestellungen analysieren, die solch eine Thematik miteinschließen.

Der Zusammenhang von Calcaneusfrakturen und ICU-Aufenthalten sollte in weiterführenden Studien evaluiert werden.

Des Weiteren fanden sich keine Studien zu den Punkten stationäre Aufnahme am Tag des Traumas (hier: 63,3 %), Zeitspanne Trauma bis zur stationären Aufnahme (MW: 3,72 Tage), Zeitspanne Trauma bis zur ambulanten Erstvorstellung (MW: 4,18

Tage) und stationäre Aufnahme und Operation am gleichen Tag (23,3 % der Fälle, Zeit bis operative Versorgung 3,65 Std.) Auch hier könnten weitere Studien die genaue Datenlage klären.

Der Zeitraum zwischen Aufnahme und primärer Fußoperation betrug im Mittel 5,49 Tage (SD: 3,51; Spannweite: 1–12). Die Zeitintervalle in der Literatur von der Aufnahme bis zur Endversorgung werden im Mittel mit Werten von 6–9,5 Tagen angegeben.^(35, 36, 38-40) Ihre Spannweiten sind im Bereich von 0–23 Tagen angegeben.^(36, 39, 40) Die direkte Versorgung wird oft wegen bestehender Weichteilproblematik (Schwellung etc.) nicht durchgeführt und der Zeitraum zwischen Aufnahme und Versorgung wird für die OP-Fähigkeit des/der Patienten*in benötigt, um die bestmöglichen Ergebnisse bei calcanealer Versorgung zu ermöglichen.

Hauptursache für eine Calcaneusfraktur war mit 56,7 % Stürze. Darauf folgten mit 20 % Verkehrsunfälle und mit 13,3 % Sportunfälle. Rund 6,6 % der Frakturen resultierten aus suizidaler Absicht und 3,3 % aus Supinationstraumen. In der Literatur werden ebenfalls Stürze als häufigster Grund für Calcaneusfrakturen angegeben^(3, 29, 30). Hierbei variieren die Werte. Schuh *et al.*⁽²⁹⁾ gibt an, dass im weiteren Sinne immer ein Sturz aus mehr oder minder großer Höhe zu einer Fraktur führte. Das von Leite *et al.*⁽³⁾ publizierte Werk gab an zu 75 % Stürze ursächlich für calcaneare Frakturen in ihrem Kollektiv zu haben. Unsere Studie spezifizierte die Unfallursachen wesentlich genauer als die hier genannten Publikationen, mit den Subkategorien Sportunfälle und suizidale Absicht, die in allen Fällen sturzähnliche Unfallmechanismen waren, sodass die Studie im Wesentlichen in diesem Punkt mit der Literatur vergleichbar ist.

Insgesamt konnten in der Studie 78,1 % der Frakturen als Typ IV nach Sanders identifiziert werden. Jeweils 6,3 % wurden als Typ 2C, 3AB oder nicht intraartikulär beurteilt. In 3,1 % wurde die Fraktur zu Typ 3AC zugeordnet. Die Zahlen der Literatur variierten hierbei deutlich und schwankten von 20 % oder niedriger bis 47 % bei Typ IV Frakturen.^(29, 39, 41-43)

Sanders *et al.*⁽²⁾ beschrieb Typ IV Frakturen mit einem schlechten Outcome für die Patient*innen und mit wenig Verbesserungen der Therapie trotz stetiger

Entwicklung der Operationstechniken, sodass es ein schlechteres Outcome der in dieser Studie evaluierten Patient*innen durchaus denkbar wäre. Näher betrachtet wird dies im Abschnitt klinisch funktionelles Outcome, Schmerzen etc., in welchem die subjektiven und objektiven Parameter des Patientenkollektives erörtert werden. Limitierend muss man hierbei jedoch auch beachten, dass die Sanders-Klassifikation keine Aussage über Beteiligung von Weichteilen, Knorpel, Bändern oder die drei Facetten des unteren Sprunggelenkes trifft.⁽⁴⁴⁾

Mit 71,9 % überwog die Zahl an 82C3 Frakturen nach AO-Klassifikation in der Studienkohorte. Danach folgte mit 12,5 % 82B1, 9,4 % 82C2 und mit 6,3 % 82C1. Fischer *et al.*⁽⁴²⁾ erzielte ebenfalls vergleichbare Ergebnisse in der Verteilung seiner Frakturklassifikation nach AO.

Begleitverletzungen treten meist aufgrund von Hochrasanztraumen bei Calcaneusfrakturen gehäuft auf. In der Studie lag der Anteil bei 40 %. Dieser Wert liegt zwischen den in der Literatur beschriebenen Werten von Buckley *et al.*, Leite *et al.*, Gusic *et al.* und Stromsoe *et al.*^(3, 40, 41, 45)

Dreißig Prozent der Patient*innen zogen sich zusätzliche Fußverletzungen auf der ipsilateralen Seite zu. Popelka *et al.*⁽³⁰⁾ beschrieben dies in 11,5 % der Fälle, wobei die Zahl der Begleitverletzungen in ihrer Studienkohorte beträchtlich unter jener dieser Studie lag.

Bei 23,3 % der Patient*innen wurden im Rahmen ihrer Calcaneusosteosynthese weitere Fußeingriffe durchgeführt. Hiervon erhielten 6,6 % weitere Versorgungen am Fuß, jedoch nicht am selben Tag der Calcaneusendversorgung. Ebenfalls 6,6 % erhielten weitere nicht auf den Fuß bezogene Eingriffe im Rahmen der Operation des Calcaneus. Zeitversetzte Eingriffe zur Calcaneusosteosynthese gab es in 20 % der Fälle.

Aufgrund mangelnder Datenlage in der Literatur kann hier kein Vergleich stattfinden. Zum Datenvergleich könnten in Folgestudien weitere Erhebungen gemacht werden.

Bei insgesamt 32 operativ versorgten Frakturen wurden 56,3 % verplattet und 43,7 % verschraubt, wozu auch vergleichbare Werte in der Literatur zu finden sind.⁽⁴⁶⁾

Die durchschnittliche Dauer der operativen calcanearen Endversorgung betrug 2,05 Stunden, wobei die Werte von 0,71 min bis 4,51 Stunden variierten. Fischer *et al.*⁽⁴²⁾ beschrieben in ihrer Arbeit den signifikanten Unterschied zwischen erfahrenen und weniger erfahrenen Operateuren, wobei ihre Werte mit 114 min für den erfahrenen und 128 min für unerfahrenen Operateur, sich den Werten der hier erhobenen Daten annähern. Die Werte von Raymakers *et al.*⁽³⁷⁾ und Sampath Kumar *et al.*⁽⁴³⁾ lagen im Vergleich etwas niedriger, wobei in Schuh *et al.*⁽²⁹⁾ auch längere Operationszeiten (2,65 Stunden) beschrieben werden. Eine generelle Vergleichbarkeit ist jedoch schwierig, da, außer bei Fischer *et al.*⁽⁴²⁾, nicht auf Erfahrungen des Operateurs oder ähnliches eingegangen wird.

Die Komplikationsrate mit schweren postoperativen Infekten betrug in der Studie 10 %. Die Literatur unterscheidet oftmals zwischen schweren postoperativen Infekten und oberflächlichen Wundheilungsstörungen. Leichte Komplikationen werden in der Literatur mit bis zu 30 % beschrieben.^(30, 43) Die Rate der schweren Komplikationen, welche meist eine Implantatentfernung erfordern, schwanken zwischen 5 und 18 %^(38, 42, 43, 45, 47). Das Auftreten solch einer hohen Zahl an Komplikationen mag den äußeren Gegebenheiten des Calcaneus geschuldet sein. Ihn umgibt wenig Binde-, Muskel- und Fettgewebe, sodass eine Infektion leicht auf den Knochen übergreifen kann.

Entlastungszeiträume werden je nach Bruchform, Knochenqualität und Spongiosaimplantation empfohlen. Die Literatur gibt hier Werte zwischen 6–12 Wochen an, wonach mit Vollbelastungen oder Teilbelastungen begonnen werden kann.^(34, 48) Diese Empfehlungen stimmen mit den in unserer Studie erhobenen Daten überein. In den meisten Fällen wurden Vollentlastungen oder Teilbelastungen für 12 Wochen festgelegt. In einigen Fällen wurden kürzere Intervalle mit den Patient*innen besprochen.

Wenige wissenschaftliche Studien beschäftigten sich bisher gezielt mit der Implantatentfernung nach Calcaneusoperationen. Backes *et al.*⁽⁴⁹⁾ evaluierten in ihrer Arbeit 214 Patient*innen bezüglich ihrer Indikationen für Implantatentfernungen. Hierbei wurde bei 46 % eine Implantatentfernung durchgeführt. Die durchschnittliche Dauer bis zu Entfernung der Metalle betrug in

ihrer Arbeit 2,7 Jahre (Spannbreite: 1,7-4,1). Die Werte der hier erfolgten Studie lagen für die Zeitdauer bis Entfernung der Implantate bei 1,2 Jahren (SD: 0,4; Spannbreite: 0,5-1,9). Im Durchschnitt wurde bei 36,7 % bis zum Studienende eine Metallentfernung durchgeführt. Einzelwerte zu Angaben der Prozentzahlen von Metallentfernungen finden sich auch in Fischer *et al.*⁽⁴²⁾ und Stromsoe *et al.*⁽⁴⁰⁾ Hier rangieren die Werte von 39-40 %. Durch den Mangel an Vergleichsstudien ist die Diskussion, bezüglich der Zeitdauer nach Metallentfernungen, nicht sinnvoll. Weitere Erhebungen in Folgestudien könnten die Vergleichbarkeit möglich machen. Anzumerken ist weiters, dass die Werte von Backes *et al.*⁽⁴⁹⁾ als einzelner Vergleichswert ebenso nicht sinnvoll sind, da hier wesentlich längere Zeitperioden analysiert wurden und sie im Gegensatz zu dieser Studie einen Zeitraum von 11 Jahren einschließen.

6.1 Radiologische Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bargon-Klassifikation konnten nicht verglichen werden, da keine passenden Vergleichsmöglichkeiten zu finden waren, sodass Folgestudien mögliche Werte der posttraumatischen Arthrose überprüfen sollten. Insgesamt waren 40 % der Patient*innen von keinen arthrotischen Veränderungen betroffen. Auch dieser Wert findet keine ausreichenden literarischen Vergleiche. Anghong *et al.*⁽⁵⁰⁾ äußert sich zwar, dass in seiner Studie 21,1 % Veränderungen zeigten, jedoch finden sich in der restlichen Studienkohorte ebenfalls Veränderungen, sodass nicht ersichtlich ist, ob dies in dem Fall der hier angewandten Bargon-Klassifikation nicht schon der Stufe I entsprechen würde.

Kontrovers wird die Bedeutung des Böhler-Winkels diskutiert. Viele Autoren stellen den Böhler-Winkel als einen prognostischen Faktor für das Outcome bei Calcaneusfrakturen dar. Wichtige Determinante ist hierbei die Höhe der posterioren Facette, die maßgeblich das Ergebnis beeinflussen soll.^(13, 14)

Der postoperative Wert des Böhler-Winkels lag innerhalb des Normbereiches des Böhler-Winkels. Ebenfalls ließen sich die Daten mit der Literatur bestätigen und vergleichen. Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen prä- und postoperativen Werten festgestellt werden.

Der Gissane-Winkel lag ebenfalls postoperativ im physiologischen Bereich. Prä- und postoperative Werte zeigten einen signifikanten Unterschied. Der mittlere Wert lag nahe den Werten, die in der Literatur beschrieben wurden, siehe nachfolgender Tabelle.

Tabelle 11 Gissane- und Böhler-Winkel, Vergleiche mit der Literatur

Autor	Winkel	Ergebnisse
Mostafa <i>et al.</i> ⁽⁵¹⁾	Böhler	<ul style="list-style-type: none"> - Präoperativ: 5,1° (Spannbreite: -20° - 19°) - Postoperativ: 34,6° (Spannbreite: 20° - 45°) - Zu 91,4 % Wiederherstellung eines normalen Böhler-Winkels (Spannbreite: 67-100 %)
Vaclav <i>et al.</i> ⁽³⁸⁾	Böhler Gissane	Sanders Typ III Frakturen <ul style="list-style-type: none"> - Böhler: prä-: 9,3° & postoperative: 28,2° - Gissane prä-: 125,7° & postoperative: 121,4°
Schuh <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾	Böhler	<ul style="list-style-type: none"> - Präoperativ: 5,81° (SD: 10,29°) - Postoperativ: 27,56° (SD: 5,38°) - Der Böhler-Winkel konnte im Mittel um 22,13 (SD: 10,05°) aufgerichtet werden
Thordarson <i>et al.</i> ⁽²⁸⁾	Böhler	<ul style="list-style-type: none"> - Präoperativ: 11° - Postoperativ: 26° (p ≤ 0,001)
Fischer <i>et al.</i> ⁽⁴²⁾	Böhler	<ul style="list-style-type: none"> - Präoperativ: 11,5° - Postoperativ: 32,8° → weniger erfahrene Chirurgen - Präoperativ: 8,1° - Postoperativ: 31,8° → erfahrenere Chirurgen

		- Kein signifikanter Unterschied zw. weniger und erfahreneren Chirurgen ($p > 0,05$)
Gusic <i>et al.</i> ⁽⁴¹⁾	Böhler	- Postoperativ: 31,98° (SD: 4,84°)
Pitts <i>et al.</i> ⁽⁴⁷⁾	Böhler	Böhler - Winkel
	Gisanne	<u>Schraubenosteosynthese</u>
		- Präoperativ: 14,4°
		- Postoperativ: 30,1°
		<u>Plattenosteosynthese</u>
		- Präoperativ: 12,2°
		- Postoperativ: 27,1°
		- → Kein signifikanter Unterschied zw. Verschraubung/Verplattung
		Gisanne - Winkel
		<u>Schraubenosteosynthese</u>
		- Präoperativ: 130,5°
		- Postoperativ: 118,2°
		<u>Plattenosteosynthese</u>
		- Präoperativ: 133,4°
		- Postoperativ: 119,8°
		- → Kein signifikanter Unterschied zw. Verschraubung/Verplattung
Fan <i>et al.</i> ⁽⁴⁶⁾	Böhler	- Kein signifikanter Unterschied des
	Gisanne	Böhler- oder Gisanne-Winkel bei
		Schrauben oder Plattenosteosynthese
Sampath Kumar <i>et al.</i> ⁽⁴³⁾	Böhler	Verbesserung der Winkel um:
	Gisanne	<u>Böhler</u>
		- 17,5° (SD: 6,53)
		<u>Gisanne</u>

		- 27,4° (SD: 14,56)
Li <i>et al.</i> ⁽⁵²⁾	Böhler	<u>Böhler-Winkel</u>
	Gisanne	- Präoperativ: 10,4° (SD: 1,2)
		- Postoperativ: 30,7° (SD: 1,2)
		<u>Gisanne-Winkel</u>
		- Präoperativ: 108,4° (SD: 1,9)
		- Postoperativ: 132,9° (SD: 1,9)
Ibrahim <i>et al.</i> ⁽⁵³⁾	Böhler	- Präoperativ: 7,78° (SD: 7,48)
		- Postoperativ 16,98° (SD: 7,98)
Eigene Studie	Böhler	Böhler-Winkel
	Gisanne	- Präoperativ: 8,84°
		- Postoperativ: 27,03°
		- <i>Unterschied</i> : 18,19°
		Gisanne-Winkel
		- Präoperativ: 111,34°
		- Postoperativ: 120,44°
		- <i>Unterschied</i> 9,1°

6.2 Klinisch funktionelles Outcome

Zur Analyse und Interpretation des klinisch funktionellen Outcomes bei den operativ versorgten Calcaneusfrakturen dieser Studie wurden mehrere Scores erhoben. Bei den hier erhobenen Scores handelt es sich um den AOFAS-Score und das CFSS (Calcaneal Fracture Scoring System). Zunächst soll hierbei auf die Gesamtergebnisse beider Scores eingegangen werden. Danach erfolgen die Beschreibung und Analyse einzelner Subkategorien.

Insgesamt erreichten die Studienteilnehmer*innen (n=11) einen Durchschnittswert von 69,9 Punkten (SD: 23,55; Spannweite: 27-97) im AOFAS-Score. Keiner der Patient*innen konnte die volle Punktzahl von 100 Punkten erreichen.

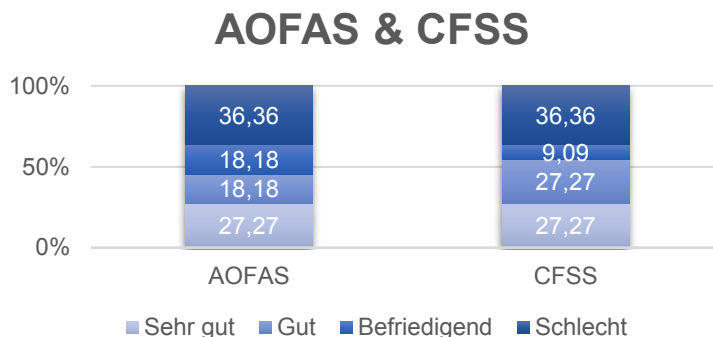


Abbildung 31 AOFAS & CFSS, Prozentzahl, Ergebnisse

Im CFSS erreichten die Patient*innen im Mittel 71 Punkte (SD: 27,38; Spannweite: 27-100).

Abbildung 31 zeigt in welcher Zusammensetzung sich die Ergebnisse der einzelnen Scores auf sehr gute bis schlechte Ergebnisse verteilen.

Nachfolgend erfolgt eine Auflistung einzelner Literaturquellen, die ebenfalls einzelne Scores erhoben haben. Wie zu sehen ist, liegen die in der aktuellen Studie erhobenen Werte in einem vergleichbaren, jedoch unteren Bereich des jeweils erhobenen Scores. Die Spannweite bezüglich sehr guter und schlechter Ergebnisse unterschied sich hingegen von den hier angeführten Studien. Erklärend hierfür könnte die kleinere Zahl an Studienteilnehmer*innen im Vergleich zu den anderen Studien sein. Ebenfalls ist der Nachuntersuchungszeitraum bei den Studien nicht ident. Bereits McGarvey *et al.*⁽³⁹⁾ beschrieb die Verbesserung nach längeren Nachbeobachtungszeiträumen. Des Weiteren kann aus den Vergleichsstudien nicht differenziert werden, inwieweit Begleitverletzungen, die bei einigen unserer Patient*innen vorlagen und dementsprechend auch auf Langzeitergebnisse auswirkend sind, auftraten.

Tabelle 12 Literaturvergleich AOFAS & CFSS

Autor	Score	Auswertung
Fischer <i>et al.</i> 2020 ⁽⁴²⁾	AOFAS	MW: 73,6 (Spannbreite: 27–100)
Li <i>et al.</i> 2020 ⁽⁵²⁾	AOFAS	<u>Gruppe B ORIF</u> Sehr gut: 35,8 % Gut: 50 % Befriedigend: 7,1 % Schlecht 7,1 %
McGarvey <i>et al.</i> 2006 ⁽³⁹⁾	AOFAS	MW: 66 (Spannbreite: 42 - 92) - Anstieg auf 74 nach mehr als 10 Monaten Beobachtungszeit - Anstieg auf 77 bei isolierter Calcaneusfraktur
Popelka <i>et al.</i> 2018 ⁽³⁰⁾	AOFAS	MW: 88 Sehr gut: 56,3 % Gut: 19% Befriedigend: 16% Schlecht: 8,7%
Gaul <i>et al.</i> 2018 ⁽³⁴⁾	AOFAS	MW: 78,8
Schuh <i>et al.</i> 2000 ⁽²⁹⁾	AOFAS	<u>AOFAS</u>
	CFSS	MW: 76,52 (SD: 14,22)
		<u>CFSS</u>
		MW: 77,40 (SD: 15,22)
Clare <i>et al.</i> 2005 ⁽⁵⁴⁾	AOFAS	MW: 73,8

Renovell-Ferrer <i>et al.</i> 2017 ⁽⁵⁵⁾	AOFAS	MW: 76,72 (SD: 10,22; Spannbreite: 54–97)
Lakhey <i>et al.</i> 2010 ⁽⁵⁶⁾	CFSS	MW: 83,64 (Spannbreite: 48 – 94)
Potter <i>et al.</i> 2009 ⁽⁵⁷⁾	AOFAS	<u>AOFAS</u>
	CFSS	MW: 65,4 (Spannbreite: 60,6 -70,2; 95% Konfidenzintervall)
		<u>CFSS</u>
		MW: 69,3 (Spannbreite: 63,6 - 74,9; 95% Konfidenzintervall)
Ibrahim <i>et al.</i> 2007 ⁽⁵³⁾	AOFAS	<u>AOFAS</u>
	CFSS	MW: 70 (SD: 16,1)
		<u>CFSS</u>
		MW: 63,5 (SD: 24,9)

6.3 Lebensqualität

6.3.1 Aktivitäten

Für die Patient*innen sind abgesehen vom Schmerz, Einschränkungen im alltäglichen Leben, in Freizeitaktivitäten und im Beruf, die Bereiche, deren Verschlechterungen nach Calcaneusfraktur am meisten Unzufriedenheit hervorrufen.

Insgesamt konnte in der Kategorie Funktion des AOFAS ein Mittel von 37,26 (SD: 1,89) erzielt werden, ein Wert der mit der Literatur übereinstimmend ist.⁽⁵³⁾

Zergliedert in den Bereich Aktivitätseinschränkungen wurden 4,64 Punkte (SD: 4,56) erreicht. Die Arbeit von Potter *et al.*⁽⁵⁷⁾, die nur zum Teil über einzelne Ergebnisse des AOFAS-Scores berichtet, da sie einen angepassten AOFAS-Score verwendete, erzielte im Mittel ein Ergebnis von 7,7 (SD: 2,5) Punkten. Bei Schuh *et*

al.⁽²⁹⁾ waren 32 % der Patient*innen in ihren täglichen Aktivitäten nicht, 36 % nur in der Freizeit und 32 % stark in ihren täglichen Aktivitäten eingeschränkt. Diese Ergebnisse nähern sich den aktuell erhobenen Werten teilweise an. Die Patient*innen der Kohorte waren zu 36,4 % nicht, zu jeweils 9,1 % leicht oder moderat und zu 45,5 % schwer eingeschränkt.

Das Ergebnis der maximalen Gehstrecke ergab durchschnittlich 4,36 Punkte (SD: 1,15). Potter *et al.*⁽⁵⁷⁾ erzielte hierbei Vergleichswerte von durchschnittlich 4,0 (SD: 1,7) Punkten.

Bezüglich CFSS erzielten die Patient*innen im Bereich Gehen, gegliedert nach schweren, moderaten, leichten oder keinen Restriktionen, 15,82 Punkte (SD: 10,39). Im Vergleich beschrieben Potter *et al.*⁽⁵⁷⁾ 17,0 (SD: 8,9) Punkte und Ibrahim *et al.*⁽⁵³⁾ 11,9 (SD: 7,6) Punkte.

Thodarson *et al.*⁽²⁸⁾ zeigten in ihrer Studie, dass 73,3 % der Patient*innen mehr als 600m (6 Blocks), 20 % weniger als 600m und 6,6 % nur zuhause gehen konnten. Mostafa *et al.*⁽⁵¹⁾ gaben an, dass 72,3 % ihrer Patient*innen ohne Zeitbeschränkung laufen konnten. Im AOFAS-Score zeigte sich in dieser Studie bei Patient*innen die mehr als 600m laufen können mit 72,27 % eine ähnliche Zahl. Die Autor*innen (Verweis Tabelle 12) die CFSS verwendeten, gaben keine Prozentzahlen bezüglich der Anteile ob schwere, moderate, leichte oder keine Restriktionen beim Gehen vorliegen, sodass dieser Punkt aufgrund mangelnder Vergleichswerte nicht evaluierbar ist.

Wechselnde Laufoberflächen und Untergründe bereiteten einem großen Anteil der Studienkohorte Probleme. Die mittlere Punktzahl lag bei 1,91 (SD: 2,19). Potter *et al.*⁽⁵⁷⁾ stellt hierbei einen allgemeinen Wert von 3,0 Punkten (SD: 1,8) dar, jedoch werden bei weiterer Untergliederung der Kohorte auch niedrigere Werte wie 2,3 (SD: 1,9) bei wechselnder Laufoberfläche festgestellt.

Anteilig zeigten 55 % stärkste, 18 % mäßige und ~27 % keine Probleme bei wechselnden Untergründen. Schuh *et al.*⁽²⁹⁾ stellt, bei größerer Kohorte, andere Ergebnisse dar. In dieser Studie hatten 44 % keinerlei Schwierigkeiten, 44 % mäßige Probleme und 12 % starke Schwierigkeiten sich auf unebenen bzw. schrägen Flächen, Leitern oder Stufen fortzubewegen.

Achtzehn Prozent der Patient*innen zeigten deutliche schwere und abnorme Gangauffälligkeiten, während 36 % offensichtliche und 46 % keine oder geringe

aufwiesen. Dieser Bereich fällt im Vergleich zu Schuh *et al.*⁽²⁹⁾ wesentlich schlechter aus. Hier beschreiben die Autoren bei 80 % ein unauffälliges bis leicht verändertes Gangbild.

Das CFSS beurteilt als zusätzliche Kategorie noch den Einsatz von Gehstützen und inwieweit Einschränkungen post Unfall bei der Arbeit vorliegen.

Im Bereich Gehhilfen konnte ein Mittelwert von 13,27 (SD: 2,3) Punkten erzielt werden, nur ein Patient*in (9 %) benötigte eine Gehhilfe, womit unsere Patient*innen bessere Ergebnisse zeigten als bei Ibrahim *et al.*⁽⁵³⁾ und Potter *et al.*⁽⁵⁷⁾ deren Mittelwerte zwischen 11,9 (SD: 7,6) und 12,3 (SD: 3,5) lagen.

Insgesamt konnten 45 % der Patient*innen ihren ursprünglichen Beruf ohne jegliche Veränderungen wieder aufgreifen. Sechsdreißig Prozent mussten leichte, 9 % verstärkte Veränderungen zum Ergreifen des beruflichen Alltages vornehmen. Neun Prozent der Patient*innen waren nach dem Unfall arbeitsunfähig. Der Durchschnittswert bezüglich CFSS lag bei 17,91 (SD: 7,89) Punkten, was zwischen den in der Literatur beschriebenen Werten liegt.^(53, 57)

Tabelle 13 Literaturvergleich Teilgebiet Arbeit

Autor	Ergebnisse
Schuh <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 60 % uneingeschränkt - 8 % Modifikation - 28 % stärkere Veränderungen - Ein Patient/-in: Arbeitslosigkeit aufgrund des Unfalls
Prokop <i>et al.</i> ⁽³⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 23 % Umschulungen, Modifikationen - 13 % arbeitslos durch Unfall
Mostafa <i>et al.</i> ⁽⁵¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 77,8 % uneingeschränkt - 16,7 % Modifikationen - Ein Patient/-in musste den Job wechseln
Stromsoe <i>et al.</i> ⁽⁴⁰⁾	<ul style="list-style-type: none"> - < 25 % Arbeitsunfähigkeit

Insgesamt lassen sich die Teilergebnisse des Bereiches Funktion vom AOFAS-Score in den meisten Teilen mit der Literatur vergleichen. Im Bereich

Aktivitätseinschränkungen, Probleme bei wechselnder Lafoberfläche und Gangauffälligkeiten erzielten unsere Patient*innen zum Teil schlechtere Ergebnisse als in der Literatur beschrieben. Mangels ausreichender Vergleichswerte bei den Unterpunkten der Scores waren hier jedoch nur ein oder zwei Werte verfügbar, sodass eine generelle Vergleichbarkeit differenziert betrachtet werden muss. In den meisten Vergleichsstudien konnten mehr Patient*innen durch die beiden Scores evaluiert werden, sodass etwaige Streuungen bei einigen Patient*innen, die zum Beispiel eine schlechteres Outcome erzielten, weniger Einfluss auf die Ergebnisauswertung hatten. Des Weiteren sind die Angaben rein subjektive Sichtweisen des/der Patienten*in. Jede/r Patient*in betrachtet seinen jetzigen Zustand differenziert, somit können Einschätzungen wesentlich voneinander abweichen, da einige Patient*innen sich mehr eingeschränkt fühlen als andere und dies natürlich in den Scores so angeben. Ebenfalls können einzelne Subkategorien besser von Patient*innen eingeschätzt werden als andere. Die Subkategorien Gehstrecke bzw. Gehen zum Beispiel, die in unserer Studie mit der rezenten Literatur vergleichbar waren, geben dem/der Patient*in Gehstrecken, die absolviert werden können, zum Vergleich vor, sodass hier vom/von dem/der Patienten*in auch objektiv besser abgeschätzt werden kann, welche Bewertung für ihn/sie zutreffend ist. Ein Beispiel für die oft nur subjektiv abschätzbaren Ergebnisse war, dass Patient*innen sich im Gespräch auch schon deutlich schlechter beurteilten, wenn sie beispielsweise im Bereich Aktivitäten nicht mehr zur präoperativen Spielstärke der jeweiligen Sportart zurückfanden, was natürlich an mehr Faktoren postoperativ gebunden ist als ein hervorragendes Outcome der operativ versorgten Calcaneusfraktur.

Betrachten muss man auch die unterschiedlichen Herangehensweisen von Befrager*in und Betrachter*in. Jede/r Befrager*in handelt im besten Ermessen, aber natürlich werden einzelne Kategorien dem/der Patienten*in, allein durch die Individualität des/der Befragers*in in Ausdruck, Kommunikation, anders vermittelt, sodass im subjektiven Befragen des/der Patienten*in hier auch Abweichungen auftreten müssen.

Beispiel für die individuelle Sicht des/der Betrachters*in lässt sich auch anhand der Kategorie Gangbild erklären. Die hier erhobenen Werte wichen, wenn auch nur ein Vergleichswert vorhanden war, von der Literatur ab, jedoch muss man bedenken das der/die Betrachter*in hier auch subjektiv interpretiert, wie er/sie das Gangbild

des/der Patienten*in empfindet und was er/sie explizit für ein „normales“ Gangbild hält und in welche Kategorie von stark bis nicht abweichend er/sie es einordnet.

6.3.2 Beweglichkeit und Ausrichtung

In Dorsalextension plus Plantarflexion wurden in 82 % normale bis leicht eingeschränkte (>75 % der Beweglichkeit erzielt) Ergebnisse der Beweglichkeit erzielt. Achtzehn Prozent waren mäßig eingeschränkt. Im Durchschnitt ergab sich eine Punktzahl von 7,27 (SD: 1,54). Bei der Rückfußbewegung, In- und Eversion resultierte ein Mittelwert von 4,09 Punkten (SD: 1,44). Nur 36 % konnten hierbei eine normale oder leicht eingeschränkte Beweglichkeit erzielen. Vierundsechzig Prozent waren mäßig in der In- und Eversion eingeschränkt. Leider finden sich in der Literatur keine vergleichbaren Punktzahlen des AOFAS-Scores, da die Arbeiten entweder nur die Durchschnittszahlen der Überkategorien evaluieren oder direkt in Prozentangaben bewerten.

Tabelle 14 Literaturvergleich Teilgebiet Beweglichkeit

Autor	Ergebnisse
Schuh <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Dorsalextension plus Plantarflexion:</u> 100 % normal oder leicht eingeschränkt - <u>In- und Eversion:</u> 56 % normal oder gering 44 % mäßige Einschränkungen
Mostafa <i>et al.</i> ⁽⁵¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 16,7 % normale In-und Eversion - 72,3 % mäßige Ergebnisse für In-und Eversion
McGarvey <i>et al.</i> ⁽³⁹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Dorsalextension plus Plantarflexion:</u> 66,7 % normal oder mild eingeschränkt 19 % moderate Einschränkung 14,3 % schwere Restriktionen - <u>In- und Eversion</u> 15 % normal oder mild 40 % moderate 45 % schwere Restriktionen

Anhand der Literaturangaben lässt sich erkennen, dass sich die Werte dieser Studie dazwischen einordnen, somit die Prozentangaben durchaus vergleichbar sind. Auffällig sind die teils sehr schlechten Ergebnisse bei In- und Eversion. Auch die Patient*innen dieser Studie waren hier zum Teil deutlich eingeschränkt, was mit den Ergebnissen der Einschränkungen bei Laufoberflächen korreliert, da Probleme bei In- und Eversion zu Anpassungsschwierigkeiten bei Untergrundwechsel führen, da In- und Eversion die Anpassung erst ermöglichen.⁽⁵⁸⁾ Diese Beweglichkeit ist natürlich auch bei Subtalararthrose eingeschränkt.

Einen plantigraden Fuß, ohne Fehlstellungen konnten 82 % aufweisen. Durchschnittlich wurde eine Punktzahl von 9,09 (SD: 1,93) Punkten in dieser Kategorie erreicht. Diese Ergebnisse korrelieren mit Ibrahim *et al.*⁽⁵³⁾, deren Ergebnis bei 9,2 (SD: 1,0) Punkten lag. Prozentual war das Ergebnis für die

Rückfußform und -achse bei Schuh *et al.*⁽²⁹⁾ schlechter. Hier waren in 76 % gute Ergebnisse, 20 % mäßige und in 4 % schlechte Ergebnisse zu sehen.

6.3.3 Schmerzen

Schmerzen sind oft der limitierende Faktor, der postoperativ zu schlechteren Endergebnissen führt. Durch anhaltende Schmerzen kann eine physiotherapeutische Beübung nicht in dem Maße erfolgen, wie es angebracht wäre und es folgen schlechtere Beweglichkeit, Probleme in alltäglichen Aktivitäten und auch Einschränkungen bei der Berufsausübung. Nach Calcaneusfraktur äußern, wie auch in unserer Studie ersichtlich, viele Patient*innen noch Schmerzen, die sie in ihren alltäglichen oder beruflichen Leben noch deutlich einschränken.

Vielerorts wird der Punkt Schmerzen kontrovers diskutiert, da es ein subjektiver Parameter ist und das Empfinden des/der Patienten*in darstellt und eine geeignete Messung durch Skalen sehr schwierig ist.

Prozentual konnten wir, wie der Tabelle entnehmbar, vergleichbare beziehungsweise in großen Teilen bessere Ergebnisse beim Schmerzstatus unserer Patient*innen erzielen. Das Ergebnis des AOFAS-Scores stimmt ebenfalls überein. Nur das Ergebnis der CFSS findet keine Übereinstimmung, jedoch ist wie erwähnt Schmerz ein sehr subjektiver Parameter, die Kohortenvergleichbarkeit oft schwierig, da in weitaus größere Kohorten Streuungen besser kompensiert werden, sodass man allgemein sagen kann, dass der Punkt Schmerz in der Literatur seine Vergleichbarkeit findet.

Tabelle 15 Literaturvergleich Teilgebiet Schmerz

Autor	Ergebnisse				
Schuh <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾	-	8 % keine Schmerzen			
	-	20 % leichte und unregelmäßige Schmerzen			
	-	36 % Schmerzen während des Gehens auf unebenen Flächen			
	-	8 % während des Gehens auf ebenen Flächen			
	-	16 % konstante und lästige Schmerzen,			
	-	12 % konstante und schwere Schmerzen			
Backes <i>et al.</i> ⁽⁴⁹⁾	-	55 % Schmerzen			
Potter <i>et al.</i> ⁽⁵⁷⁾	-	AOFAS: 24,5 (SD: 11,2)			
	-	CFSS: 21,8 (SD: 10,3)			
Ibrahim <i>et al.</i> ⁽⁵³⁾	-	AOFAS: 23,3 (SD: 11,8)			
	-	CFSS: 22,4 (SD: 11,7)			
Mostafa <i>et al.</i> ⁽⁵¹⁾	-	72,3 % milder leichter Schmerz beim Gehen			
	-	27,8 % Kein Schmerz in Ruhe oder Aktivität			
Eigene Studie	-	AOFAS: 25,45 Punkte (SD: 13,73)			
	-	CFSS: 12 Punkte (SD: 7,01)			
	AOFAS	Kein	Leicht	Mäßig	Stark
		27,3	36,4	18,2	18,2
	CFSS	72,7	9,1	18,2	0
	Ruhe				
	CFSS	27,3	27,3	9,1	36,4
	Aktivität				

6.4 Conclusio

Calcaneusfrakturen zeigen sich immer noch als gravierende Verletzung, sodass das Outcome bei operativ versorgter Calcaneusfraktur sehr variabel ist und eine große Spannweite an Ergebnissen zeigt. Viele Patient*innen haben auch Jahre nach dem Trauma Probleme mit Schmerzen, Alltagsaktivitäten, Bewegung und Arbeitsleben. Oft kämpfen die Patient*innen jahrelang, manchmal auch vergeblich, um eine Restitutio ad integrum zu erreichen.

Insgesamt ließen sich die Langzeitergebnisse dieser Studie, bei operativ versorgter Calcaneusfraktur am Landeskrankenhaus Graz mit der aktuellen Literatur vergleichen. Die Ergebnisse unserer Studie konnten bestätigt werden. Einschränkungen gab es bei der Beurteilbarkeit, in sehr wenigen Teilen, aufgrund kleiner Studienkohorte, Subjektivität bei Scores oder mangelnden Vergleichsdaten. Als Fazit für die Praxis lässt sich festhalten, dass die gewählte Operationstechnik, Nachbehandlung und Betreuung an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie am LKH Graz dem Goldstandard entsprechen, da alle wesentlichen Ergebnisse nach Calcaneusfraktur der Literatur entsprechen, sodass ein Beibehalt der Verfahrensweisen zu bekräftigen ist.

Literaturverzeichnis

1. Meinberg E AJ, Roberts C, et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2018;32 Number 1:96-7.
2. Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, Walling A. Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop Relat Res*. 1993(290):87-95.
3. Leite CBG, Macedo RS, Saito GH, Sakaki MH, Kojima KE, Fernandes TD. Epidemiological study on calcaneus fractures in a tertiary hospital. *Rev Bras Ortop*. 2018;53(4):472-6.
4. Rammelt S, Sangeorzan BJ, Swords MP. Calcaneal Fractures - Should We or Should We not Operate? *Indian J Orthop*. 2018;52(3):220-30.
5. Clare MP, Sanders RW. [Calcaneus fractures]. *Unfallchirurg*. 2011;114(10):869-76.
6. Platzer W. *Taschenatlas Anatomie*. 11, editor: Georg Thieme Verlag; 2013. 216-27 p.
7. Anderhuber F, Pera F, Streicher J. *Waldeyer - Anatomie des Menschen*: Berlin/Boston, De Gruyter; 2012.
8. White EA, Skalski MR, Matcuk GR, Jr., Heckmann N, Tomasian A, Gross JS, et al. Intra-articular tongue-type fractures of the calcaneus: anatomy, injury patterns, and an approach to management. *Emerg Radiol*. 2019;26(1):67-74.
9. Keener BJ, Sizensky JA. The anatomy of the calcaneus and surrounding structures. *Foot Ankle Clin*. 2005;10(3):413-24.
10. Andermahr J, Helling HJ, Rehm KE, Koebke Z. The vascularization of the os calcaneum and the clinical consequences. *Clin Orthop Relat Res*. 1999(363):212-8.
11. Gardner E, Gray DJ. The innervation of the joints of the foot. *Anat Rec*. 1968;161(2):141-8.
12. Badillo K, Pacheco JA, Padua SO, Gomez AA, Colon E, Vidal JA. Multidetector CT evaluation of calcaneal fractures. *Radiographics*. 2011;31(1):81-92.
13. Gonzalez TA, Lucas RC, Miller TJ, Gitajn IL, Zurakowski D, Kwon JY. Posterior Facet Settling and Changes in Bohler's Angle in Operatively and

Nonoperatively Treated Calcaneus Fractures. *Foot Ankle Int.* 2015;36(11):1297-309.

14. Su Y, Chen W, Zhang T, Wu X, Wu Z, Zhang Y. Bohler's angle's role in assessing the injury severity and functional outcome of internal fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures: a retrospective study. *BMC Surg.* 2013;13:40.

15. Mitchell MJ, McKinley JC, Robinson CM. The epidemiology of calcaneal fractures. *Foot (Edinb).* 2009;19(4):197-200.

16. Aditya Daftary AHH, Michael R. Baumgaertner. Fractures of the Calcaneus: A Review with Emphasis on CT. *RadioGraphics.* 2005;25:1215-26.

17. AO Foundation D, Switzerland; Orthopedic Trauma Association, IL, US. Fracture and dislocation classification compendium. *Journal of orthopaedic trauma.* 2018;32:96-7.

18. Soeur R, Remy R. Fractures of the calcaneus with displacement of the thalamic portion. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57(4):413-21.

19. Jimenez-Almonte JH, King JD, Luo TD, Aneja A, Moghadamian E. Classifications in Brief: Sanders Classification of Intraarticular Fractures of the Calcaneus. *Clin Orthop Relat Res.* 2019;477(2):467-71.

20. Rammelt S. ZH. Calcaneus fractures. *Trauma* 2006;8:197-212.

21. Stannard JP, Schmidt AH, Kregor PJ, Wentzensen A, Gebhard F, Grützner PA, et al. *Spezielle Unfallchirurgie: Georg Thieme Verlag; 2012.*

22. M. Schofer CS, C. Rüländer, H.-R. Kortmann Operative und konservative Behandlung der Kalkaneusfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit 7.* 2005:S156-1612.

23. H. Zwipp SR, J. M. Gavlik, R. Grass. Fersenbeinbruch. Bringt die Osteosynthese Vorteile? *Trauma Berufskrankheit* 2000;2:129-32(2000).

24. Hufner T, Geerling J, Gerich T, Zeichen J, Richter M, Krettek C. [Open reduction and internal fixation by primary subtalar arthrodesis for intraarticular calcaneal fractures]. *Oper Orthop Traumatol.* 2007;19(2):155-69.

25. Bargon G. Röntgenmorphologische Gradeinteilung der posttraumatischen Arthrose im oberen Sprunggelenk. *Hefte Unfallheilkunde.* 1978;133:28-34.

26. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15(7):349-53.

27. Kerr PS, Prothero DL, Atkins RM. Assessing outcome following calcaneal fracture: a rational scoring system. *Injury*. 1996;27(1):35-8.
28. Thordarson DB, Krieger LE. Operative vs. nonoperative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus: a prospective randomized trial. *Foot Ankle Int*. 1996;17(1):2-9.
29. Schuh A, Hausel M. [Difficulties in evaluating follow-up outcome in calcaneus fracture managed with plate osteosynthesis. Is there a reliable score?]. *Unfallchirurg*. 2000;103(4):295-300.
30. Popelka V, Zamborsky R. Operative treatment algorithm for intra-articular calcaneal fractures. *Acta Orthop Belg*. 2018;84(4):469-78.
31. Schepers T, Heetveld MJ, Mulder PG, Patka P. Clinical outcome scoring of intra-articular calcaneal fractures. *J Foot Ankle Surg*. 2008;47(3):213-8.
32. Bruce J, Sutherland A. Surgical versus conservative interventions for displaced intra-articular calcaneal fractures. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013(1):CD008628.
33. Rixen D, Halfmann B, Fritzemeier CR. Fersenbeinfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit*. 2014;16(1):31-7.
34. Gaul L, Gabel J, Stuby F, Bühren V. Minimalinvasive Versorgung von Kalkaneusfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit*. 2018;20(4):256-68.
35. Prokop A, Müller S, Warnke T, Rehm KE. Problem Fersenbeinfraktur. *Trauma und Berufskrankheit*. 2007;9(4):315-8.
36. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. Calcaneal fractures--open reduction and internal fixation (ORIF). *Injury*. 2004;35 Suppl 2:SB46-54.
37. Raymakers JT, Dekkers GH, Brink PR. Results after operative treatment of intra-articular calcaneal fractures with a minimum follow-up of 2 years. *Injury*. 1998;29(8):593-9.
38. Rak V, Ira D, Masek M. Operative treatment of intra-articular calcaneal fractures with calcaneal plates and its complications. *Indian J Orthop*. 2009;43(3):271-80.
39. McGarvey WC, Burris MW, Clanton TO, Melissinos EG. Calcaneal fractures: indirect reduction and external fixation. *Foot Ankle Int*. 2006;27(7):494-9.
40. Stromsoe K, Mork E, Hem ES. Open reduction and internal fixation in 46 displaced intraarticular calcaneal fractures. *Injury*. 1998;29(4):313-6.

41. Gusic N, Fedel I, Darabos N, Lovric Z, Bukvic N, Bakota B, et al. Operative treatment of intraarticular calcaneal fractures: Anatomical and functional outcome of three different operative techniques. *Injury*. 2015;46 Suppl 6:S130-3.
42. Fischer S, Meinert M, Neun O, Colcuc C, Gramlich Y, Hoffmann R, et al. Surgical experience as a decisive factor for the outcome of calcaneal fractures using locking compression plate: results of 3 years. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020.
43. Sampath Kumar V, Marimuthu K, Subramani S, Sharma V, Bera J, Kotwal P. Prospective randomized trial comparing open reduction and internal fixation with minimally invasive reduction and percutaneous fixation in managing displaced intra-articular calcaneal fractures. *Int Orthop*. 2014;38(12):2505-12.
44. Razik A, Harris M, Trompeter A. Calcaneal fractures: Where are we now? *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2018;13(1):1-11.
45. Buckley R, Tough S, McCormack R, Pate G, Leighton R, Petrie D, et al. Operative Compared with Nonoperative Treatment of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures: A Prospective, Randomized, Controlled Multicenter Trial. *JBJS*. 2002;84(10):1733-44.
46. Fan B, Zhou X, Wei Z, Ren Y, Lin W, Hao Y, et al. Cannulated screw fixation and plate fixation for displaced intra-articular calcaneus fracture: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Surg*. 2016;34:64-72.
47. Pitts CC, Almaguer A, Wilson JT, Quade JH, Johnson MD. Radiographic and Postoperative Outcomes of Plate Versus Screw Constructs in Open Reduction and Internal Fixation of Calcaneus Fractures via the Sinus Tarsi. *Foot Ankle Int*. 2019;40(8):929-35.
48. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. [Calcaneal fractures--the most frequent tarsal fractures]. *Ther Umsch*. 2004;61(7):435-50.
49. Backes M, Schep NW, Luitse JS, Goslings JC, Schepers T. Indications for implant removal following intra-articular calcaneal fractures and subsequent complications. *Foot Ankle Int*. 2013;34(11):1521-5.
50. Anghong C. Factors Affecting the Formation of Post-Traumatic Subtalar Arthritis Following the Intra-Articular Calcaneal Fracture. *Foot & Ankle Orthopaedics*. 2016;1(1):2473011416S00181.
51. Mostafa MF, El-Adl G, Hassanin EY, Abdellatif MS. Surgical treatment of displaced intra-articular calcaneal fracture using a single small lateral approach. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2010;5(2):87-95.

52. Li M, Lian X, Yang W, Ding K, Jin L, Jiao Z, et al. Percutaneous Reduction and Hollow Screw Fixation Versus Open Reduction and Internal Fixation for Treating Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures. *Med Sci Monit.* 2020;26:e926833.
53. Ibrahim T, Rowsell M, Rennie W, Brown AR, Taylor GJ, Gregg PJ. Displaced intra-articular calcaneal fractures: 15-year follow-up of a randomised controlled trial of conservative versus operative treatment. *Injury.* 2007;38(7):848-55.
54. Clare MP, Lee WE, 3rd, Sanders RW. Intermediate to long-term results of a treatment protocol for calcaneal fracture malunions. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(5):963-73.
55. Renovell-Ferrer P, Berto-Marti X, Diranzo-Garcia J, Barrera-Puigdorells L, Estrems-Diaz V, Silvestre-Munoz A, et al. Functional outcome after calcaneus fractures: a comparison between polytrauma patients and isolated fractures. *Injury.* 2017;48 Suppl 6:S91-S5.
56. Lakhey S, Manandhar RR, Pradhan RL, Pandey BK, Sharma S, Rijal KP. Functional outcome of operatively treated displaced intra-articular calcaneal fractures using two parallel contoured reconstruction plates. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ).* 2010;8(29):12-7.
57. Potter MQ, Nunley JA. Long-term functional outcomes after operative treatment for intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(8):1854-60.
58. Wei S, Okereke E, Esmail AN, Born CT, Delong WG, JR. Operatively Treated Calcaneus Fractures: To Mobilize or Not to Mobilize. *The University of Pennsylvania Orthopaedic Journal.* 2001;14:71-3.

Anhang – Scores

AOFAS-Ankle-Hindfoot-Scale

Tabelle 16 AOFAS-Ankle-Hindfoot-Scale, mit freundlicher Genehmigung des Elsevier-Verlages

Parameter	Punkte
Schmerz	(40)
○ Kein Schmerz	40
○ Leichter Schmerz	30
○ Mäßiger Schmerz	20
○ Stärkster Schmerz	0
Funktion	(50)
<i>Aktivitätseinschränkungen</i>	
○ Keine	10
○ Einschränkungen bei Freizeitaktivitäten	7
○ Mäßige Einschränkungen in Alltag und Freizeit	4
○ Stärkste Einschränkungen in Alltag und Freizeit	0
<i>Maximale Gehstrecke am Stück</i>	
○ Mehr als 600 Meter	5
○ Zwischen 400 und 600 Meter	4
○ Zwischen 100 und 400 Meter	2
○ Weniger als 100 Meter	0
<i>Laufoberflächen / Untergrund</i>	
○ Keine Probleme auf jeglichen Oberflächen	5
○ Mäßige Probleme auf unebenem Gelände, Treppen, Gefälle oder Steigung	3
○ Stärkste Probleme oder Unfähigkeit auf unebenem Gelände, Treppen, Gefälle oder Steigungen zu gehen	0
<i>Gangauffälligkeiten</i>	
○ Keine oder geringe	8
○ Offensichtliche (Gehen möglich, aber abnorm)	4
○ Deutliche (Gehen schwierig und abnorm)	0

<i>Sagittale Bewegung (Dorsalextension plus Plantarflexion)</i>	
○ Normal oder leichte Einschränkungen (30° oder mehr)	8
○ Mäßige Einschränkungen (15 -29°)	4
○ Massive Einschränkungen (weniger als 15°)	0
<i>Rückfußbewegung (Inversion plus Eversion)</i>	
○ Normal oder leichte Einschränkungen (75 – 100% der Norm)	6
○ Mäßige Einschränkungen (25 – 74% der Norm)	3
○ Massive Einschränkungen (weniger als 25% der Norm)	0
<i>Sprunggelenk-Rückfußstabilität (vordere Schublade, Varus-/ Valgusstress)</i>	
○ Stabil	8
○ Instabil	0
Ausrichtung /Alignement	(10)
○ Gut, Fuß plantigrad, keine Fehlstellung	10
○ Mäßig, Fuß plantigrad, leichte bis mittelschwere Fehlstellung	5
○ Schlecht, Fuß nicht plantigrad, starke Fehlstellung	0

Calcaneal Fracture Scoring System

Maximum 100 points

Tabelle 17 Calcaneal Fracture Scoring System, mit freundlicher Genehmigung des Elsevier-Verlages

1. Pain (36 points)	At rest	On activity
None	18	18
Slight	12	12
Moderate	6	6
Severe	0	0
2. Work (25 points)		
No change in job	25	
Modification of job	16	
Enforced change of job	8	
Unable to work	0	
3. Walking (25 points)		
No change in walking ability	25	
Minimal restriction	16	
Moderate restriction	8	
Severe restriction	0	
4. Walking aids (14 points)		
None	14	
Occasional stick	10	
Constant stick	6	
2 sticks	3	
Crutches	0	