

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

Untersuchung zur präoperativen Ruhigstellung von
Sprunggelenksfrakturen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Schuster, Vanessa Jasmin

2025

Dekan: Professor Dr. B. Pichler
1. Berichterstatter: Professorin Dr. T. Histing
2. Berichterstatter: Professor Dr. M. Held

Tag der Disputation: 03.11.2025

Gewidmet den Dres. Harsanyi, Schanz, Mehling und Schewe

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung	7
1.1 Epidemiologie	7
1.2 Anatomie des oberen Sprunggelenkes	8
1.3 Diagnostik und Therapie von Verletzungen des oberen Sprunggelenkes . .	10
1.3.1 klinische Untersuchung	10
1.3.2 Bildgebung	12
1.3.3 Frakturklassifikation	14
1.4 Therapieplanung	18
1.4.1 Operativ oder konservativ?	19
1.4.2 Ziel und Technik der operativen Ausversorgung	20
1.4.3 Der richtige Operationszeitpunkt	23
1.4.4 Komplikationen	24
1.5 Möglichkeiten zur präoperativen Ruhigstellung	25
1.5.1 gespaltener Unterschenkelweißgips	25
1.5.2 Unterschenkelorthese	26
1.5.3 Fixateur externe	26
1.6 Zusammenfassung	28
1.7 Fragestellung	29
2 Material und Methoden	30
2.1 Patientenkollektiv	30
2.2 erhobene Parameter	31
2.3 Gruppen	32
2.4 Statistik	33
3 Ergebnisse	34
3.1 Gesamte Studienpopulation	34

3.2	Gruppe "Trimalleolär"	38
3.3	Gruppe "Bimalleolär stabil"	44
3.4	Gruppe "Bimalleolär instabil"	45
3.5	Gruppe "Sonstige"	51
3.6	Zusammenfassung	58
4	Diskussion	59
4.1	Studienlage	59
4.2	Material und Methoden	59
4.3	Studienpopulation	61
4.4	Ergebnisse	62
4.4.1	Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit	62
4.4.2	Patienten-, und Anwenderzufriedenheit	63
4.4.3	Komplikationen	64
4.4.4	funktionelles Outcome	66
4.5	Ausblick	67
5	Zusammenfassung	68
	Abbildungsverzeichnis	70
	Tabellenverzeichnis	71
	Literaturverzeichnis	78
	Erklärung zum Eigenanteil	79
	Danksagung	80

Abkürzungsverzeichnis

AITFL	Ligamentum talofibulare anterius
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.-p.	anterior-posterior
art.	arterielle
BMI	Body-Mass-Index
CVI	chronisch venöse Insuffizienz
CT	Computertomographie
d	Tage
KHEntgG	Krankenhausentgeltgesetz
KHK	koronare Herzkrankheit
MRT	Magnetresonanztomographie
OAR	Ottawa Ankle Rules
ORIF	offene Reposition und interne Fixation
OSG	oberes Sprunggelenk
PITFL	Ligamentum talofibulare posterius
ROM	range of motion
TVT	tiefe Beinvenenthrombose
USG	unteres Sprunggelenk
y	Jahre

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie

Das obere Sprunggelenk (OSG) ist das am häufigsten verletzte lasttragende Gelenk des menschlichen Körpers [45]. Seine Fraktur ist die zweithäufigste Verletzung dessen nach der Bandruptur [35] und mit einer Inzidenz von 10 % die dritthäufigste aller Frakturen [39, 1]. Die häufigste Unterform ist dabei die isolierte Fraktur der distalen Fibula auf Höhe der Syndesmose [7], im Rahmen von Sprunggelenksfrakturen kommt es bei 15–23 % der Fälle zu einer Verletzung der Syndesmose [8]. Es zeigen sich in der Gesamtpopulation zwei Häufigkeitsgipfel: Männer unter dreißig Jahren und Frauen über sechzig Jahren. Gerade mit Blick auf den demographischen Wandel und die anteilmäßige Zunahme an älteren Patienten liegt auf der Hand, dass hier von einer stetig steigenden Inzidenz ausgegangen werden kann [1]. Nach Kannus *et al.* konnte in Finnland bereits in den Jahren 1970-2000 ein relativer Anstieg von 319 % bezüglich der absoluten Anzahl an OSG-Frakturen bei über sechzig Jahre alten Individuen beobachtet werden, die Inzidenz verzeichnete damit eine Zunahme um 163 %. Bis zum Jahre 2030 wird sich Hochrechnungen zu Folge die Anzahl an Verletzungen dieser Art gegenüber dem Jahre 2000 verdreifacht haben [27].

Analog dazu zeichnet sich bei jüngeren Patienten Bedeutsames ab: aufgrund von bspw. Stürzen und daraus resultierenden Verletzungen des OSG werden täglich etwa 1.000 Arbeitnehmer für mehr als drei Tage arbeitsunfähig [13]. 2008 gab es der AOK zufolge je 100.000 Versicherten insgesamt eine Million Arbeitsunfähigkeitstage durch Frakturen des OSG und des Unterschenkels [18]. Daraus ergeben sich jährlich Kosten von etwa 330 Millionen Euro, welche bspw. in Heilbehandlungen, Rehabilitationen oder Renten fließen. Auch die Wirtschaft erlebt durch die Ausfallstunden eine erhebliche finanzielle Mehrbelastung [13]. In Deutschland treten 5.000-15.000 OSG-Frakturen pro Jahr auf [39], unter den Operationen in deutschen Krankenhäusern beträgt die Prävalenz 11,1 % [35]. 2012 wurden fast 75.000 Patienten stationär mit dieser Diagnose behandelt [53].

Eine Optimierung der Versorgung liegt also nicht nur im Interesse des Patienten selbst, sondern hat auch Auswirkungen auf die Gesellschaft, Wirtschaft und das Gesundheitssystem. Im Folgenden werden die Grundlagen für das Verständnis der Verletzung und darauf aufbauend relevante Punkte von Diagnostik und Therapie erläutert.

1.2 Anatomie des oberen Sprunggelenkes

Der knöcherne Anteil des OSG, auch *Articulatio talocruralis* genannt, wird aus den distalen Anteilen von Tibia (medial) und Fibula (lateral) sowie dem Talus bzw. seinem proximalen Teil, der *Trochlea Tali* gebildet.

Tibia- und Fibulaschaft sind durch die *Membrana interossea cruris*, eine straffe Bindegewebsplatte aus gegenläufigen Faserzügen, miteinander verbunden. [44].

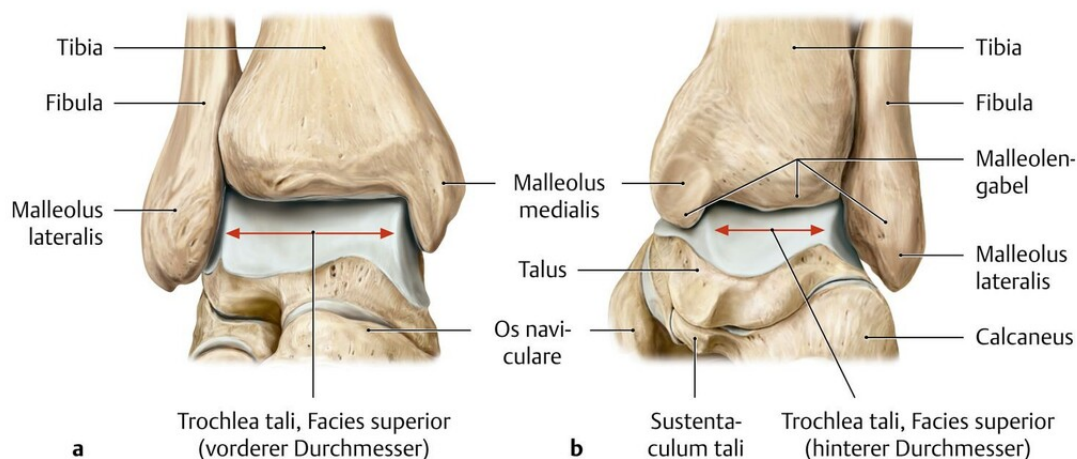


Abbildung 1: Knöcherner Anatomie des OSG [44]

Die gelenktragende distale Tibiametaphyse wird nach dem Radiologen Etienne Destot seit 1911 auch als *Pilon tibiale* bezeichnet. Nach Definition der AO “entspricht sie einem Quadrat mit der Kantenlänge der distalen Tibiagelenkfläche” (Abbara-Czardybon, Ahrberg-Spiegl *et al.*, 2021, Fuß und Sprunggelenk, Seite 26). Diese distale Gelenkfläche

verläuft horizontal, ist ventral breiter als dorsal und in der Sagittalebene nach dorsal geneigt. Sie bildet gewissermaßen das Dach des OSG, auch Tibiaplafond genannt. Medial verbreitert sich die distale Tibia zum Malleolus medialis, welcher aus zwei Anteilen (Colliculus anterior und posterior) besteht. Lateral befindet sich die Incisura fibularis, welche die Kontaktfläche zur Fibula darstellt. Diese wird begrenzt von den beiden Tubercula anterius und posterius, auch als Tubercule-de-(Tillaux-)Chaput bzw. Volkmann-Dreieck bezeichnet.

Die Fibula verbreitert sich distal zum Malleolus lateralis, welcher die Tubercula anterius und posterius aufweist. Im Vergleich zum Malleolus medialis endet dieser ca. 1 cm weiter distal [30].

Aus Malleolus medialis und dem Tibiaplafond sowie Malleolus lateralis bildet sich die so genannte Malleolengabel, welche konkav geformt ist und mit der konvexen Trochela Tali artikuliert. Dieses Gelenk entspricht biomechanisch am ehesten einem Scharniergelenk, wird aber durch Rotations-, und Neigungsbewegungen ergänzt und kann somit nicht als rein solches betrachtet werden.

Die Stabilität dieses Gelenks wird durch den ausgeprägten Kapsel-Band-Apparat gewährleistet. Der wichtigste Bestandteil ist dabei der Syndesmosenkomplex, welcher aus Ligamentum talofibulare anterius (AITFL), Ligamentum transversum und Ligamentum talofibulare posterius (PITFL) sowie dem Ligamentum interosseum besteht. Letzteres füllt die Incisura fibularis aus und stellt gewissermaßen die Fortsetzung der Membrana interossea dar. Neben der Stabilität wird durch diese Faserplatten auch eine geringe Variation des Abstands zwischen medialem und lateralem Malleolus (ca. 2-3 cm) ermöglicht, womit die komplexen Bewegungsabläufe im OSG ermöglicht werden [1, 31].

1.3 Diagnostik und Therapie von Verletzungen des oberen Sprunggelenkes

1.3.1 klinische Untersuchung

Zuerst ist die Diagnose einer OSG-Fraktur zu stellen. In machen Fällen, bspw. bei Vorliegen einer offensichtlichen Fehlstellung, Krepitation oder Zeichen einer offenen Fraktur liegt diese nahe. Aber auch indirekte Frakturzeichen wie Schwellung, Schmerzen, eingeschränkte Belastungsfähigkeit oder Hämatome im Bereich des OSG sollten weiterführende Diagnostik nach sich ziehen. Es muss nicht immer ein akutes oder konkret erinnerliches Trauma vorliegen; viel mehr muss auch bspw. ein länger anhaltender, nicht konkret lokalisierbarer Schwellzustand suspekt auf eine Verletzung im Bereich des Sprunggelenkes sein.

Nach einer detaillierten Anamneseerhebung und Inspektion steht die klinische Untersuchung der Sprunggelenksregion im Vordergrund. Dabei muss neben einer Palpation der Malleolen und der Syndesmose auch zwingend der gesamte Fuß und der Unterschenkel, insb. die Fibula in ihrer gesamten Länge abgetastet werden, um Begleitverletzungen wie beispielsweise eine Maisonneuve-Fraktur (s.u.) zu erkennen. Ein fehlender Druckschmerz der proximalen Fibula schließt eine hohe Fraktur allerdings nicht aus. Soweit möglich, schließt sich daran eine Stabilitätsprüfung hinsichtlich der Bandführung an. Funktionelle Tests wie z.B. der Frick-Test sind zu ergänzen, hierbei wird der Fuß gegen den fixierten Unterschenkel in Dorsalextension nach außen rotiert. Schmerzen im vorderen OSG-Bereich stärken den Verdacht einer Syndesmosenverletzung. Dem Frick-Test wird nach Alonso *et al.* die höchste Sensitivität sowie Interraterreliabilität zugesprochen [3]. Eine Testung auf Belastbarkeit ist ggf. durchzuführen, wobei eine Lastaufnahme in den meisten Fällen nicht möglich ist.

Weiterhin muss die Weichteilsituation der betroffenen Extremität Beachtung finden. Dazu gehören sowohl Kontrolle von Durchblutung, Sensorik und Motorik als auch die Be-

urteilung von Schwellung, oberflächlichen Verletzungen wie Schürfungen und der Hautsituation. In jedem Fall muss ein Kompartmentsymptom von Unterschenkel oder Fuß ausgeschlossen werden, die Gefahr besteht hier vor allem bei geschlossenen Frakturen. Hinweise können stärkste, bohrende Schmerzen sowie Sensibilitätsstörungen zwischen der ersten und zweiten Zehe, starke Schwellung, Ödembildung und lividrote Verfärbung sein. Klassifizieren lässt sich der Weichteilschaden entweder nach Tscherne/Oestern oder nach Gustilo/Anderson. Tscherne/Oestern unterscheidet geschlossene von offenen Frakturen und teilt diese in jeweils vier Gruppen abhängig des Weichteilschadens, der Art der Fraktur und der Kontamination der Wunde ein [23]. Die im klinischen Gebrauch weiter verbreitete Klassifikation nach Gustilo/Anderson wurde bereits 1969 erstmals eingeführt und seither mehrfach überarbeitet. Prinzipiell unterteilt man hiernach in drei Gruppen:

- Typ 1: offene Fraktur, Wunde < 1 cm, keine Verschmutzung
- Typ 2: offene Fraktur, Wunde > 1 cm ohne ausgedehnten Weichteilschaden oder Avulsionen
- Typ 3: offene oder segmentale Fraktur, ausgedehnter Weichteilschaden/Avulsion oder traumatische Amputation

Zu Typ 3 gehören auch Schussverletzungen oder Frakturen mit begleitender Gefäßverletzung, welche eine Rekonstruktion erfordert. Mit der Zeit zeigte sich, dass die Prognose von Typ 3 - Frakturen maßgeblich von den weiteren Begleitverletzungen abhängt, woraufhin Gustilo ab 1984 eine weitere Unterteilung vornahm:

- Typ 3A: trotz ausgedehntem Weichteilschaden adäquate Weichteildeckung des Knochens erhalten
- Typ 3B: erheblicher Weichteilverlust, Ablösung des Periostes, freiliegender Knochen
- Typ 3C: offene Fraktur mit rekonstruktionspflichtiger arterieller Verletzung

Die Prognose hinsichtlich der Rate an Wundinfektionen steigt maßgeblich, liegt sie in Gruppe 3A bei 4,4 % verglichen mit 52,0 % in Gruppe 3B und 42,0 % in Gruppe 3C. Auch die Rate an nachfolgenden notwendigen Amputationen steigt von 16,0 % in Gruppe 3B auf 41,0 % in Gruppe 3C an [55].

1.3.2 Bildgebung

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass die ab 1994 entwickelten Ottawa Ankle Rules (OAR) eigentlich einen Anhalt zur Eingrenzung der radiologischen Diagnostik bieten können, jedoch mitnichten den europäischen Standard widerspiegeln. Orientiert man sich an diesen Regeln, ist ein Frakturverdacht und damit eine Bildgebung nur nach folgenden Kriterien indiziert [48]:

- Keine Lastaufnahme möglich, akut oder während der späteren Untersuchung
- Druckschmerz am Außenknöchel (Spitze oder dorsalseitig)
- Druckschmerz am Innenknöchel (Spitze oder dorsalseitig)

Nach Stiell *et al.* wurden während der Entwicklung der Regeln in drei kanadischen Krankenhäusern 95 % der Patienten mit einer Knöchelverletzung einem Röntgen von Knöchelregion oder Fuß unterzogen, bei 85 % davon ergab sich der bildgebende Befund allerdings ohne pathologischen Befund [46]. Einem Artikel von David *et al.* aus dem Jahre 2015 zu Folge ergaben sich die OAR zwar als sehr unspezifisch mit einer hohen Rate an falsch-positiven Ergebnissen, dennoch können 28-40 % der Röntgenaufnahmen eingespart werden. Lediglich 0.4 % der Frakturen werden dabei übersehen [11].

Die Strahlenbelastung und die Kosten der Röntgenaufnahmen wiegen heute weitaus geringer als die Folgen, welche aus einem Übersehen von ossären und osteochondralen Läsionen oder Bandavulsionen resultieren. Daher wird standardmäßig bei Frakturverdacht eine Röntgendiagnostik des OSG in 2 Ebenen empfohlen, dieses stellt den diagnostischen Standard in Europa dar [18].

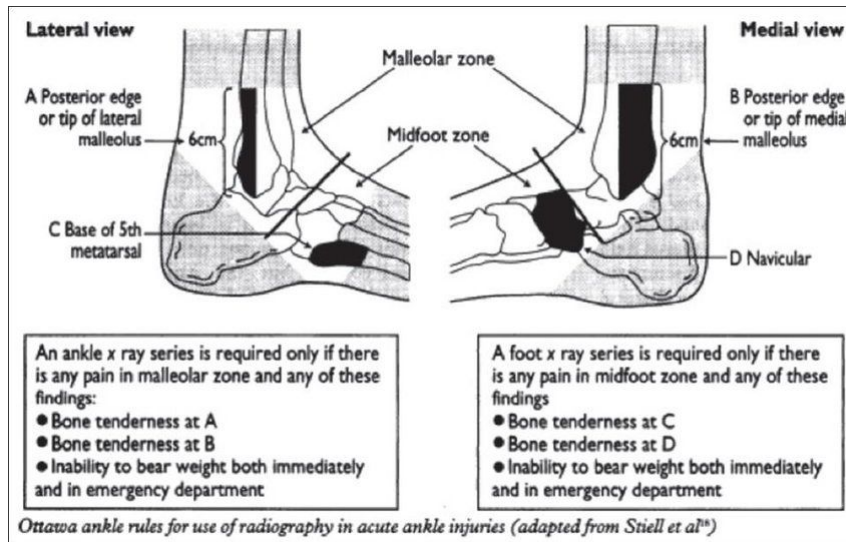


Abbildung 2: Ottawa ankle rules [46]

Hierzu gehört eine streng laterale Aufnahme und die s.g. Gabelaufnahme oder auch "mortise view", eine um ca. 20° nach innen gedrehte Aufnahme im *anterior-posterior* (*a.-p.*) Strahlengang. Diese ist zur Beurteilung der Stellung der Malleolengabel besser geeignet als eine streng *a.-p.* ausgerichtete Aufnahme [40]. Beurteilt werden die Gelenkspaltbreite in allen Kompartimenten mit der Frage nach Gleichmäßigkeit, die Weite des fibulotibialen Abstandes (tibiofibular clear space, nach Vetter *et al.* <6 mm [52]) und die tibiofibulare Überlappung. Zudem ist auf eine Erweiterung des medialen Gelenkspaltes (medial clear space) über 4-5 mm als Zeichen einer Subluxationsstellung des Talus nach lateral zu achten. Bei Verdacht auf eine hohe Fibulafraktur, zB nach Distorsionsereignissen mit Abduktionsmechanismus, sollte der ganze Unterschenkel abgebildet werden [35, 13].

In bestimmten Fällen kann es sinnvoll sein, die Röntgenaufnahmen um weitere Bildgebung zu ergänzen. Bei komplexen Frakturmustern mit hinterem Kantenfragment, Anhalt auf das Vorliegen einer Pilon-tibiale-Fraktur, irregulären Übergangsfrakturen bei Adoleszenten oder Verdacht auf Impression/Abscherung von Talus oder distaler Tibia sowie knöchernen Ausrissen der vorderen Syndesmose ist eine Computertomographie (CT) gerechtfertigt [1, 40, 35]. Diese liefert exakte Aussagen zur Gelenksituation und kann auch

zur Therapie-, und Operationsplanung herangezogen werden [48]. Nach Black *et al.* führte die präoperative CT-Bildgebung in 24 % der Fälle zu einer Änderung der Strategie [10].

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist bei akutem Frakturverdacht nicht sinnvoll, jedoch aber sehr wohl im Verlauf bei der Frage nach Bandverletzungen und Knorpel-läsionen oder Knochennekrosen von Nutzen. [1, 18]. Isolierte Läsionen der vorderen Syndesmose sind nur in der MRT zu erkennen [48].



Abbildung 3: Algorithmus zur Beurteilung der OSG-Aufnahme [18]

1.3.3 Frakturklassifikation

Typischerweise entstehen knöcherne Verletzungen des OSG durch indirekte Gewalteinwirkung, wie bspw. Verrenkungen/Luxationen (80 %). Hochrasanztraumata sind seltener (10 %), bei massiver axialer Gewalteinwirkungen können auch Frakturen des Pilon tibiale auftreten. Die direkte Gewalteinwirkung spielt eher eine untergeordnete Rolle [35]. Nach Wichelhaus *et al.* wird definitionsgemäß jede Fraktur des OSG als Fraktur mit Gelenkbeteiligung gewertet [53]. Da das übergeordnete Ziel der Versorgung einer solchen Verletzung die präzise Wiederherstellung von Gelenkstellung und -mechanik ist, muss

ein detailliertes Wissen über das gesamte Verletzungsausmaß erworben werden, welches die Kenntnis und Analyse des Unfallhergangs miteinschließt [19, 40, 37].

Für ein Verständnis der verschiedenen Pathomechanismen und die daraus resultierenden Frakturmorphologien ist die Klassifikation nach Lauge-Hansen hilfreich. Grundsätzlich stützt sich diese Klassifikation zum Einen auf die Position des Fußes zum Verletzungszeitpunkt und zum Anderen auf die Richtung der einwirkenden Kraft. Es werden 4 Grundtypen der Verletzung unterschieden. Je nach Dauer und Intensität der Gewalteinwirkung wird nochmals in mehrere Stadien unterteilt [35]:

- Supinations-Adduktions-Fraktur (SA)
- Pronations-Abduktions-Fraktur (PA)
- Supinations-Eversions-Fraktur (SE)
- Pronations-Eversions-Fraktur (PE)

Als Sonderform sei hier die s.g. Maisonneuve-Verletzung erwähnt: diese stellt eine knöchernerne oder ligamentäre Verletzung des Innenknöchels mit kompletter Syndesmosenruptur, weit nach proximal ziehender Ruptur der Membrana interossea und entsprechend hoher Fibulafaktur dar; eine Luxation des Fibulaköpfchens ist möglich [35, 19].

Nach Rammelt *et al.* lassen sich nur weniger als 5 % aller OSG-Frakturen nicht in eine dieser Kategorien einordnen. Dazu gehören Stauchungsfrakturen, Frakturen des Pilon tibiale oder auch Frakturen durch direkte Gewalteinwirkung auf die Malleolarregion [37]. Ebenfalls gibt es bei Kindern und Jugendlichen Besonderheiten, so finden sich bei Kindern unter 12 Jahren häufig Epiphysiolyse, epiphysennahe oder die Epiphyse kreuzende Frakturen, wohingegen bei Jugendlichen zwischen 12 und 14 Jahren durch die zunehmende Verknöcherung irreguläre Frakturformen auftreten können. Diese werden als Übergangsfrakturen bezeichnet [35].

Eine vorallem im klinischen Alltag weit verbreitete Möglichkeiten zur Einteilung der Verletzungen ist die nach Danis-Weber, welche eine Weiterentwicklung Webers der bereits

im Jahre 1949 von Danis entwickelten Klassifikation darstellt. Sie teilt die Frakturen nach der Lokalisation der Fibulafaktur im Bezug auf die Syndesmose ein (siehe Abb. 4):

- Weber-A: die Fibula bricht infrasyndesmal, die Syndesmose bleibt intakt
- Weber-B: die Fibula bricht transsyndesmal, eine Verletzung der Syndesmose ist möglich; eine Instabilität der Malleolengabel muss ausgeschlossen werden
- Weber-C: die Fibula bricht suprasyndesmal, eine Verletzung der Syndesmose ist obligat; die Malleolengabel ist instabil

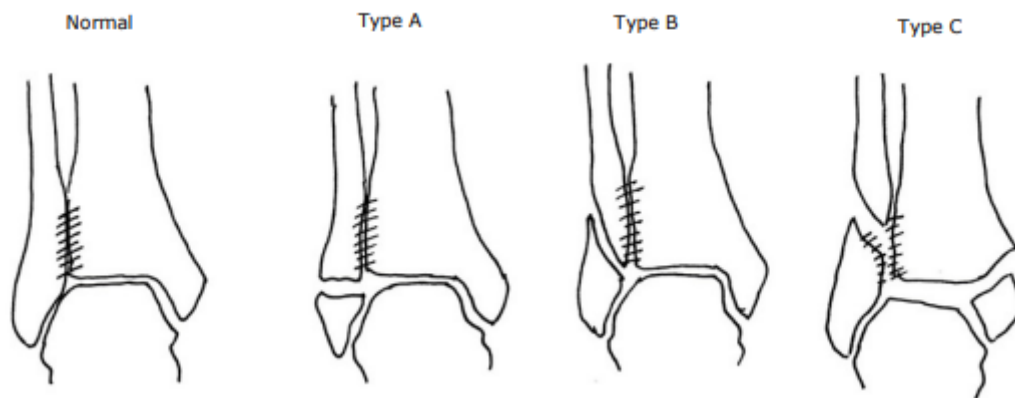


Abbildung 4: Frakturklassifikation nach Danis-Weber [54]

Diese Einteilung ist sehr einfach, berücksichtigt aber weder Verletzungen des Innenknöchels welche begleitend auftreten können, noch solche der hinteren Syndesmosenanteile oder anderer ligamentärer Strukturen [40, 1]. So lassen sich keine sicheren Aussagen zur Stabilität der Fraktur und damit zur Operationsindikation machen [35, 37].

Im Jahre 1987 wurde von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) ein neues Klassifikationssystem entwickelt, welches durch exakte Frakturbeschreibung eine Basis für die Standardisierung der Knochenbruchbehandlung darstellen soll. Bezüglich der OSG-Frakturen werden hier ergänzend zu Danis-Weber auch prognostische und indikatorisch relevante mediale Begleitverletzungen erfasst und eine Differenzierung in

stabile und instabile Verletzungen ist möglich [35, 40]. Es resultieren drei Gruppen A-C, orientiert an der Lage der Fibulafaktur zur Syndesmose, mit jeweils drei Untergruppen 1-3 (siehe Abb. 5). Während A1- und B1-Frakturen stabil sind, ergibt sich ab A2- und B2-Frakturen eine instabile Situation [37].

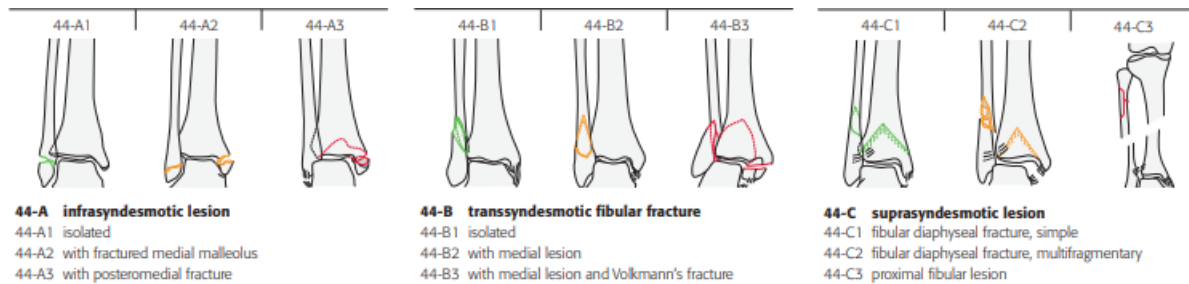


Abbildung 5: Frakturklassifikation nach AO [15]

Des Weiteren sei hier die überwiegend im klinischen Sprachgebrauch (und in dieser Arbeit) verwendete rein deskriptive Einteilung in uni-, bi- sowie trimalleoläre Frakturen erläutert. Neben Innen- und Außenknöchel wird hier die kräftige Tibiahinterkante als dritter Knöchel betrachtet, wobei ein knöcherner Ausriss der hinteren Syndesmose i.S. eines Volkmann-Fragmentes hier einer Fraktur entspricht [13, 35]. Nach Bartonicek *et al.* kann man, abhängig von der Lage zur Incisura fibularis, 4 Typen von hinterem tibialen Kantenfragment unterscheiden [6].

- Typ 1: extraincisurales Fragment mit intakter Incisur
- Typ 2: intraincisurales, posterolaterales Fragment mit Beteiligung der Incisur
- Typ 3: intraincisurales, posteromediales, zweiteiliges Fragment mit Beteiligung des Innenknöchels
- Typ 4: großes, posterolaterales, dreieckiges Fragment mit Beteiligung von mehr als 1/3 der Incisur

Dieses Volkmann-Dreieck oder -Fragment wurde eigentlich zu erst von Earle 1828 beschrieben und wird somit im allg. Sprachgebrauch historisch unkorrekt genutzt; das von

Volkmann beschriebene Kantenfragment liegt eigentlich antero-lateral. Die Angabe eines Tubercule-de-Chaput- oder Wagstaff-Fragmentes ergänzt ggf. die Information eines knöchernen Ausrisses der vorderen Syndesmose. Auch diese Bezeichnungen werden im Übrigen historisch unkorrekt verwendet, da der knöcherne Ausriss der vorderen Tibiakante ursprünglich 1822 von Cooper erstmals beschrieben wurde [13, 35].

Als letztes soll kurz auf die Einteilung der Pilon-Frakturen eingegangen werden. Nach AO werden diese komplexen Verletzungen in drei Gruppen A-C gegliedert. Gruppe A umfasst alle Frakturen, die per Definition das Pilon tibiale, aber nicht das Tibiaplafond und damit nicht direkt die Gelenkfläche betreffen. Gruppe B und C sind Pilon-Frakturen im engeren Sinne. Weiterhin gibt es jeweils Subgruppen von 1-3, je nach Schwere der Verletzung.

Wie bereits erwähnt, treten Frakturen des Pilon tibiale am Ehesten nach erheblicher axialer Gewalteinwirkung wie z.B. bei einem Sturz aus großer Höhe auf, bei dem der Talus in das Tibiaplafond eingedrückt wird. Je nach Stellung des OSG zum Unfallzeitpunkt entstehen mediale, laterale oder dorsale Kantenfragmente oder ein zentrales Stauchungsfragment. In 75 % - 90 % der Fälle ist die distale Fibula im Rahmen einer Pilonfraktur mitbetroffen.

Eine scharfe Abgrenzung zwischen Frakturen der Tibiahinterkante im Rahmen von Malleolarfrakturen und Pilonfrakturen existiert nicht [1].

1.4 Therapieplanung

Nach entsprechender klinischer Untersuchung schließt sich die Notwendigkeit einer Therapieplanung an. Insbesondere bei dislozierten oder luxierten Malleolarfrakturen muss primär eine sofortige, ggf. präklinische geschlossene Reposition unter adäquater Analgosedierung erfolgen, um eine Entlastung der Weichteile zu erzielen, welche durch den Fragmentdruck von innen entsteht. Unter notärztlicher Versorgung ist eine Vorstellung in der Notaufnahme ohne Repositionsversuch bei offenkundig luxiertem Gelenk inakzeptabel. Die drohenden Schäden durch eine verzögerte Reposition sind i.d.R. ein möglicherweise irreversibler Weichteilschaden, welcher zur Operationsverzögerung und im schlimmsten

Fall zu Drucknekrosen bis hin zur Notwendigkeit einer Amputation führen kann [18]. Es schließt sich die Sicherung gegen sekundären Korrekturverlust z.B. präklinisch durch eine Schiene oder innerklinisch durch eine Vacuumorthese oder einen Unterschenkelweißgips, falls notwendig auch durch einen Fixateur externe an.

Wie oben bereits erwähnt, ist jede Fraktur des OSG als eine Fraktur mit Gelenkbeteiligung zu werten. Da am Sprunggelenk die Oberflächenkontaktzone nur ca. 350 mm² bei 500 N Lastaufnahme beträgt, steht außer Frage, dass kleinste Abweichungen der Gelenkstellung große Auswirkungen haben [21]. Einer Studie von Thordarson *et al.* 1997 zufolge führt bereits eine Zunahme der Außenrotation der Fibula um $>5^\circ$ oder eine Verkürzung um >2 mm zu einem signifikanten Druckanstieg auf die Gelenkfläche [51]. Ebenso ergibt sich eine signifikante Mehrbelastung des Knorpels bei Lateralverschiebung des Talus, ermöglicht durch eine instabile Malleolengabel [52]. Eine Abweichung des Talus von 1 mm führt dabei bereits zu einer Reduktion der tibiotalaren Kontaktfläche von 40 % [40]. Nach Harasser *et al.* sind knapp 90 % aller Arthrosen am OSG posttraumatisch bedingt [21]. Die exakte anatomische Rekonstruktion einer stabilen Malleolengabel muss daher das Ziel einer jeden Versorgung sein [52].

1.4.1 Operativ oder konservativ?

Während offenkundig luxierte, grob dislozierte oder instabile Frakturen meist einer operativen Therapie bedürfen, können stabile und nicht oder nur gering dislozierte (<2 mm) Frakturen auch konservativ behandelt werden. Darunter fallen konkret [1]:

- undislozierte infrasyn-desmale Fibulafrakturen ohne Begleitverletzungen
- isolierte Innenknöchelfrakturen
- undislozierte transsyn-desmale Fibulafrakturen, bei welchen Stabilität gegeben ist

Grundsätzlich ist die Ruhigstellung für die Dauer der knöchernen Durchbauung beispielsweise mittels Gips oder Aircast-Schienen Orthese indiziert. Einer Studie von Özokyay *et al.* aus dem Jahr 2004 zufolge zeigten sich hinsichtlich der Orthese als funktionelle

Therapie gegenüber der Gipsruhigstellung gute klinische und radiologische Ergebnisse, eine verkürzte Arbeitsunfähigkeit und gegenüber der operativen Therapie erheblich niedrigere Kosten. Es kam radiologisch in einem durchschnittlichen Nachbetrachtungszeitraum von 56 Monaten zu keiner erhöhten Arthroserate [34]. Inzwischen wird von manchen Autoren die Anwendung eines Unterschenkelkunststoff- oder -weißgipses als nicht mehr zeitgemäß hinsichtlich des mangelnden Komforts empfunden. Bei Weber-A Frakturen wird eine stabilisierende Orthese (Aircast-Schiene) und schmerzadaptierte Vollbelastung, bei allen nicht Typ-A Frakturen ein Walker oder Vakuumschuh (z.B. VacoPed) und 6 Wochen Teilbelastung empfohlen. Die Orthese wird auch zur Nacht getragen [18, 8]. Es sollten regelmäßige radiologische Kontrollen erfolgen, um sekundäre Dislokationen zu erkennen und zu behandeln [1].

Bei geriatrischen oder multimorbiden Patienten muss eine genaue Abwägung hinsichtlich Chancen und Risiken einer operativen Therapie erfolgen. Bei hohem OP-Risiko ist eine konservative Therapie mit Ausheilung ggf. in Fehlstellung zu akzeptieren [18]. Es gilt der allgemeine Grundsatz, nur instabile Frakturen, die im Vacuumverband oder Gips nicht adäquat retinierbar sind, zu operieren [2].

Alle instabilen Frakturen sowie Frakturen mit Dislokation >2 mm stellen eine OP-Indikation dar [52]. Dazu zählen [1]:

- dislozierte infrasyndesmale Fibulafrakturen >2 mm
- dislozierte infrasyndesmale Fibulafrakturen (>2 mm) mit zusätzlicher Beteiligung des Innenknöchels
- instabile und dislozierte transsyndesmale Frakturen
- suprasyndesmale Frakturen

1.4.2 Ziel und Technik der operativen Ausversorgung

Das Ziel einer jeden definitiven Versorgung, sei sie operativ oder konservativ, muss die Sicherung eines stabilen und kongruenten Gelenkes mit exakter anatomischer Reposition sein. Hierbei sind am OSG besonders die Länge und Rotation der Fibula sowie der

Malleolengabel und die korrekte Stellung der Fibula in der Incisura fibularis von Bedeutung [1, 45]. Bereits im Jahre 1997 wurde von Thordarson *et al.* publiziert, dass bereits kleinste Veränderungen, wie beispielsweise eine Verkürzung oder Verschiebung um 2 mm oder eine Außenrotation um 5 °, zu einer signifikanten Erhöhung des Drucks im Gelenk und damit zu einem höheren Risiko für posttraumatische Arthrose führen [51].

Bezüglich der Physiologie der Frakturheilung lässt sich sagen, dass je nach Osteosyntheseverfahren primär die direkte oder die indirekte Frakturheilung gefördert wird. Direkte Frakturheilung wird durch absolute Stabilität und Ruhigstellung, bspw. durch interfragmentäre Kompression mittels Zugschrauben oder Platten ermöglicht. Es findet Kontakt- bzw. Spalthheilung je nach Abstand der Fraktarenden zueinander statt; Ersteres zeichnet sich durch direkte Bildung von Osteonen aus, während bei Letzterem nach der Einsprossung von endostalen Gefäßen Geflechtknochen gebildet wird, welcher allmählich in Lamellenknochen umgewandelt wird. Diese direkte Variante verläuft langsam, zeichnet sich aber nach Abschluss durch ausgezeichnete Stabilität aus. Indirekte Frakturheilung hingegen verläuft über die Bildung eines Bindegewebskallus, welcher nach und nach in Fixationskallus, Geflecht-, und letztendlich Lamellenknochen umgebaut wird. Dieser Prozess wird durch Mikrobewegungen im Frakturspalt, bspw. nach Marknagelung angeregt und kann bereits nach 6 Wochen erfolgt sein [23, 42].

Technik der operativen Versorgung ist in den meisten Fällen die so genannte offene Reposition und interne Fixation (ORIF). Je nach Frakturart-, und Lokalisation stehen dafür verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Fibula

Das Standardverfahren stellt hier eine Kompression des Frakturspalttes mittels interfragmentäre Zugschraube und Stabilisation durch Neutralisations-, oder ggf. Antigleitplatte dar. Letztere bietet mehr Stabilität bei z.B. osteoporotischem Knochen oder langen Schrägfrakturen, führt aber häufiger zur Irritation der Peronealsehnen bei sehr dorsaler Lage. Bei suprasyndesmalen Frakturen oder Trümmerzonen sollte eine winkelstabile Plattenosteosynthese gewählt werden [1, 39, 8]. Bei einfachen Querbrüchen oder auch gefährdeten Weichteilverhältnissen kann ein Fibulanagel von distal eingebracht werden

[45]. Eine Maisonneuve-Fraktur wird i.d.R. nicht durch eine Osteosynthese versorgt, hier steht die Stabilisierung der Syndesmose mittels Stellschrauben im Vordergrund (s.u.) und ist als Therapie ausreichend [1, 39, 8].

Innenknöchel

Frakturen des Malleolus medialis können, bei ausreichender Fragmentgröße, nach Reposition durch Zugschrauben versorgt werden. Im Falle eines senkrechten Frakturverlaufes, bei schlechter Knochenqualität oder mehrfragmentären Frakturen kommt auch eine Zuggurtung oder eine Haken-, bzw. Abstützplatte in Frage [1, 39, 8].

Tibiahinterkante

Wann überhaupt eine Fixierung des hinteren Kantenfragmentes erfolgen soll, wird kontrovers diskutiert. Ältere Empfehlungen raten zu einer Osteosynthese ab einer Gelenkbeteiligung von >25 % oder Dislokation von mehr als 2 mm. Inzwischen wird die s.g. Volkmann-Fraktur als Avulsionsfraktur der hinteren Syndesmose gewertet und der Konsens tendiert eher dazu, sich an der Frakturmorphologie zu orientieren und nach der Klassifikation von Bartonicek nur Typ-1-Frakturen (extrainsisural) konservativ zu behandeln. Je nach Dislokation kann das Fragment entweder perkutan mittels Schrauben (bei nicht-dislozierten Fragmenten) oder mittels ORIF durch Schrauben oder Platten adressiert werden [1, 39, 8]. Die ORIF scheint dabei neueren Studien zufolge im Outcome überlegen [24].

Syndesmose

Wie bereits oben erwähnt, sollten knöcherne Ausrisse des PITFL meist operativ adressiert werden. Ähnlich verhält es sich hinsichtlich des AITFL: Tubercule-de-Chaput- oder Wagstaff-Fragmente können nach anatomischer Reposition mittels Schraubenosteosynthese fixiert werden; dies erhöht die Stabilität [1, 39]. Eine additive Syndesmosenstabilisierung mittels z.B. Stellschrauben wird empfohlen, da die Fragmente oft klein und schwer zu fixieren sind [8]. Für eine signifikante Reduktion der Notwendigkeit einer Stellschraubenimplantation fehlt hier, im Gegensatz zur Fixation des PITFL, bisher die Evidenz [38].

Nach Refixation aller knöchernen Avulsionen muss die intraoperative Kontrolle der Syndesmosenstabilität unter Bildwandlerkontrolle erfolgen, hierzu eignet sich beispielsweise der Hakenzugtest. Ergibt sich (weiterhin) eine Instabilität, muss die Fibula in Neutralstellung reponiert und fixiert werden. Hierzu stehen mehrere Verfahren zur Fixation zur Verfügung. Den deutschen Standard stellen die bereits erwähnten Stellschrauben dar, welche tri- oder quatercortikal eingebracht werden können. Neuere Möglichkeiten sind z.B. flexible Fixationssysteme, welche hinsichtlich Fehlreposition und sekundärer Diastase den Stellschrauben überlegen sind [8].

1.4.3 Der richtige Operationszeitpunkt

Der richtige Zeitpunkt für die definitive Ausversorgung ist ein kontrovers diskutiertes Thema, er hängt maßgeblich vom Weichteilbefund ab. Die sofortige Operation ist nur bei unkritischer Weichteilsituation möglich, diese besteht oft nur 6-8 Stunden nach dem Zeitpunkt des Traumas. Eine Versorgung in diesem Intervall senkt manchen Autoren zufolge die Nekrose- und Infektgefahr [53, 49]. Danach treten meist relevante Schwellungen und andere Weichteilkomplikationen auf, die zuerst beherrscht werden müssen [45, 18]. Häufig können Frakturen des OSG daher nicht primär operativ versorgt werden [20]. Es muss auf die Fältelung der Haut, Konsolidierung der Weichteilverhältnisse und das Abtrocknen von z.B. Schürfwunden oder Spannungsblasen gewartet werden [36]. Eine Studie von Saithna *et al.* aus dem Jahre 2009 zeigt, dass in den meisten Fällen die Verzögerung aber so gering wie möglich gehalten werden sollte und zu langes Abwarten (>6 Tage) die Rate an Wundinfekten und Weichteilkomplikationen nicht verringert [41]. Dies wurde analog von Schepers *et al.* in einer Übersichtsarbeit publiziert [43]. Tantigate *et al.* zufolge zeigen sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Wundkomplikationen und funktionellem Ergebnis bei einer Operation innerhalb von 14 Tagen gegenüber einer späteren Operation [49].

Bis zur Ausversorgung ist wie bereits erwähnt in jedem Fall eine Ruhigstellung und ggf. Sicherung gegen Relaxation der Extremität nötig. Es gibt im allgemeinen klinischen Gebrauch dafür derzeit mehrere verschiedene Verfahren; davon sind drei zu nennen, welche

im Folgenden noch näher erläutert werden.

1.4.4 Komplikationen

Trotz sorgfältiger Behandlung kann es im Verlauf zur Entwicklung von Komplikationen kommen. Präoperativ sind hier besonders das bereits angesprochene Kompartmentsyndrom, Weichteilprobleme wie Spannungsblasen, Wund- und Weichteil- sowie bei einer temporären Versorgung mit einem Fixateur externe auch Pininfekte zu nennen. Bezüglich des Kompartmentsyndroms werden in der Literatur beispielsweise nach Joseh *et al.* lediglich einzelne Fälle beschrieben. Wenngleich diese Komplikation auch nach OSG-Frakturen sehr selten auftritt, muss doch aufgrund der möglichen schwerwiegenden Folgen bis hin zur Amputation darauf geachtet werden und schon bei geringem Verdacht eine regelmäßige klinische Kontrolle und ggf. frühzeitige Indikation zur Fasziotomie mit ggf. Ausweitung auf die Fußbinnenräume gestellt werden [25, 9]. Eine temporäre Transfixation mittels Fixateur externe ist anzustreben; Wundverschluss sowie definitive Weichteildeckung und interne Fixation sollten bei konsolidierten Weichteilen im Intervall stattfinden [35]. Angespannte Weichteilverhältnisse sind ein häufiger auftretendes Phänomen, welche sich im Regelfall durch starke Schwellung, Spannungsblasen oder Kontusionszonen auszeichnen. Diesen kann mittels Hochlagerung, Kühlung und ähnlichen Maßnahmen begegnet werden. Wie im Folgenden beschrieben hängt die weitere Versorgung einer OSG-Fraktur maßgeblich vom Weichteilbefund ab.

An postoperativen Komplikationen sind Wundheilungsstörungen und Infekte, Ausbildung einer Pseudarthrose und als Spätfolge die posttraumatische Arthrose zu nennen. Risikofaktoren für eine Wundheilungsstörung sind beispielsweise Immunsuppression, Durchblutungsstörungen der Extremitäten und offene Frakturen. In ca. 3 % der Fälle treten oberflächliche Wundrandnekrosen auf, welche mit lokalen antiseptischen Maßnahmen erfolgreich behandelt werden können. Tiefergreifende und problematischere Infekte finden sich bei nicht vorerkrankten Patienten lediglich in 2 % der Fälle, bei Patienten aus den genannten Risikogruppen jedoch bei bis zu 40 %. Hier bedarf es einer chirurgischen Sanierung und frühzeitigen Implantatentfernung [52, 35]. Hinsichtlich der Ausbildung

von Pseudarthrosen sinkt deren Rate mit zunehmender Tendenz zur operativen Ausversorgung von OSG-Luxationsfrakturen in den Promillebereich (0.01 % - 0.2 %). Begründet sind sie meist in Infektionen, schlechter Knochenqualität oder fehlerhafter bzw. unterlassener Osteosynthese. Während asymptomatische Fälle keiner Therapie bedürfen, müssen schmerzhaft oder in Fehlstellung stehende Pseudarthrosen chirurgisch versorgt werden, hier können insbesondere bei Infektpseudarthrosen langwierige Heilungsprozesse entstehen [9, 35, 56]. Trotz sorgfältiger Therapie und adäquater Reposition und Fixation liegt die Rate posttraumatischer, symptomatischer Arthrosen am Ende bei ca 10 %. Ursächlich hierfür können unter anderem Knorpelschäden, Knochennekrosen oder auch unerkannte postoperative Inkongurenzen sein. Das Verfahren der Wahl stellt dann letztendlich eine Arthrodeese dar, welche heute bspw. mit kanülierten Schrauben und unter Umständen sogar arthroskopisch durchgeführt werden kann [9].

1.5 Möglichkeiten zur präoperativen Ruhigstellung

1.5.1 gespaltener Unterschenkelweißgips

Die konventionelle Ruhigstellungsmethode für Sprunggelenksfrakturen ohne oder mit nur geringgradigem Weichteilschaden ist der gespaltene Unterschenkelweißgips. Dabei reicht der Gips vom Vorderfuß bis unterhalb des Knies und wird in seiner ganzen Länge longitudinal gespalten, um eine Anpassung an eventuelle Schwellungszustände zu ermöglichen. Zur Weichteilbeurteilung muss der Gips gefenstert oder abgenommen werden, nach Abnahme muss der Weißgips neu angelegt werden. Bei der Anlage ist auf guten Sitz und Auspolsterung sowie einen korrekten Winkel im OSG zu achten, um Druckstellen zu vermeiden und einen richtigen Sitz sowie Schutz vor Relaxation zu erhalten. Nach Gerlach *et al.* stellt die Gipsruhigstellung eine gute Alternative zum Fixateur externe auch bei Frakturen mit Volkmann-Fragment dar, bei denen die Größe dieses hinteren Kantenfragments weniger als ein Viertel der distalen tibialen Gelenkfläche beträgt [17].

1.5.2 Unterschenkelorthese

Unterschenkelorthesen sind eine Alternative zum klassischen Weißgips. Sie werden von verschiedenen Herstellern, wie beispielsweise die Ormed GmbH, Össur Deutschland GmbH oder OPED GmbH produziert und basieren im Wesentlichen auf einem Kunststoffstiefel, welcher aus einer Schale und einem abnehmbaren Deckel besteht und mittels Klettverschlüssen fest verschlossen werden kann. Er enthält ein Innenfutter, welches vereinfacht aus einer oder mehreren Luftkammern mit vielen verschiebbaren Kunststoffkügelchen gefüllt besteht. Dieses passt sich dem Unterschenkel sowie Fuß individuell an und soll so einen druckfreien, aber festen Halt garantieren. Zusätzlich kann den Kammern reversibel Luft entzogen werden; das so entstehende Vacuum führt zu einer Festigung der Kügelchen und so zu einem noch festeren und stabileren Sitz. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden, so kann der Stiefel beispielsweise verschiedenen Schwellungszuständen angepasst werden.

Manche Modelle bieten zudem die Möglichkeit einer definierten range of motion (ROM)-Freigabe. Somit kann ein Winkel von 90° im OSG sichergestellt und gegebenenfalls verändert werden. Dies ermöglicht prinzipiell die weitere Nutzung des Stiefels zur postoperativen Nachbehandlung.

Der Stiefel kann z.B. zur Körperpflege oder zur Weichteilbeurteilung einfach geöffnet oder abgenommen und wieder angelegt werden. Das Innenfutter kann gewechselt und gewaschen werden. Die Orthesen sind in verschiedenen Größen verfügbar, aus denen die Passende ausgewählt werden kann. [32, 12, 33]

1.5.3 Fixateur externe

Eine der ältesten unfallchirurgischen Methoden zur Frakturversorgung stellt der Fixateur externe dar. Bereits im Jahre 1840 nutzte Joseph-François Malgaigne Gerätschaften zur externen Fixierung von Frakturen, welche aber noch nicht im engeren Sinne als Fixateur externe bezeichnet werden können. Es folgten mehrere inadäquate Versuche, bis schließlich Clayton Parkhill 1897 in den USA und Albin Lambotte 1900 in Europa die ersten Fixateure entwickelten, wie sie heute bekannt sind [5, 22].

In der heutigen Zeit gibt es mehrere verschiedene Varianten, beispielsweise die 3-Rohr-Modulartechnik, welche eine freie Platzierung der Schanz-Schrauben und eine Reposition in allen drei Dimensionen ermöglicht. Diese Technik erlaubt eine Versorgung der meisten Frakturen, er kann auch gelenkübergreifend angebracht werden. Für Sonderfälle stehen Hybrid-Fixateure (Kombination von Schanz-Schrauben und Drahtverspannung) oder der Ilizarow-Ringfixateur zur Verfügung [23].

Ein Fixateur externe kommt bei primär hoch instabilen Frakturen und/oder höhergradigem offenen bzw. geschlossenem Weichteilschaden als notfallmäßige Versorgung zur Anwendung; ebenso kann er auch als Verfahrenswechsel bei Relaxation unter einem der o.g. Verfahren oder bei zunehmend kritischer Weichteilsituation genutzt werden. Dabei werden s.g. Schanz'sche Schrauben oder auch Steinmann-Nägel bicortical an bestimmten Stellen in den Knochen eingebracht, beim OSG-überbrückenden Fixateur beispielsweise in die Tibiavorderkante, die Ossa metatarsalia 1 und 5 und/oder in das Tuber calcanei. Diese werden mittels Verbindungsbacken und Querstangen miteinander in Verbindung gebracht; anschließend wird die Fraktur unter Längszug reponiert und die Verbindungsbacken angezogen. Dies bringt zwar eine höhere Stabilität der Fraktur, allerdings birgt es als invasives Verfahren auch Risiken wie die Gefahr eines Pininfektes oder iatrogen verursachte Gefäß- und Nervenschäden. Zudem wird die Anbringung in Allgemeinanästhesie durchgeführt, was eine Mehrbelastung für den Patienten bedeutet [26]. In besonderen Fällen ist eine Ausversorgung von Frakturen im Fixateur externe möglich.

1.6 Zusammenfassung

Aufgrund der bestehenden Häufigkeit und der zunehmenden Inzidenz ist die Fraktur des OSG epidemiologisch von großer Relevanz. Sowohl Anatomie als auch Biomechanik und mögliche Verletzungsmuster sind komplex und stellen den behandelnden Arzt vor eine Herausforderung, denn jede Fraktur ist als solche mit Gelenkbeteiligung zu werten. Frakturen und Begleitverletzungen können durch klinische Untersuchung und mittlerweile im klinischen Alltag standardmäßige Bildgebung (Röntgen und/oder CT) diagnostiziert werden. Es existieren verschiedene Klassifikationssysteme für die knöchernen Beteiligung, von welchen vor allem die Einteilung nach Danis-Weber (Lokalisation der Fibulafraktur zur Syndesmose) und die deskriptive Einteilung in uni-, bi- und trimalleoläre Frakturen genutzt werden. Luxierte Frakturen müssen schnellstmöglich (also ggf. präklinisch) unter Zug reponiert und ruhiggestellt werden, um die Weichteile zu entlasten und eventuelle höhergradige irreversible Schäden zu vermeiden.

Bezüglich der Therapieplanung stellt sich nach entsprechender Akutversorgung vor allem die Frage nach konservativer oder operativer Ausversorgung. Während beispielsweise gering dislozierte Frakturen konservativ mit Ruhigstellung therapiert werden können, müssen instabile, dislozierte oder auch initial luxierte Frakturen mittels ORIF chirurgisch versorgt werden. Das oberste Ziel eines solchen Eingriffs muss die exakte anatomische Reposition der Gelenkanteile und die Stabilität der Syndesmose sein. Bereits kleinste Stellungs-, oder Rotationsfehler führen zu veränderten Druckverhältnissen und begünstigen eine posttraumatische Arthrose des OSG.

Aufgrund von Schwellung ist die sofortige Ausversorgung nach einem OSG-Trauma oft nicht möglich und es muss auf die Konsolidierung der Weichteile gewartet werden. Für diesen Zeitraum (i.d.R. wenige Tage) ist dann eine Ruhigstellung und ggf. Sicherung gegen sekundäre oder Re-luxation nötig. Dies kann konservativ mittels gespaltenem Unterschenkelweißgips bzw. einer Orthese (zB. VacoPed-Stiefel) oder auch durch einen operativ eingebrachten Fixateur externe geschehen. Dieser kommt vorallem bei offenen oder instabilen Frakturen sowie nach Reluxation unter konservativer Ruhigstellung zum Einsatz.

1.7 Fragestellung

Einer Studie von Stöckle *et al.* aus dem Jahre 2000 zufolge zeigt sich besonders in der Frühphase der postoperativen Rehabilitation nach OSG-Fraktur eine Überlegenheit der Vacuumorthese gegenüber der herkömmlichen Gipsruhigstellung hinsichtlich funktioneller Ergebnisse [47]. Diese Dissertation hat zum Ziel, die Beiden nicht-invasiven Ruhigstellungsverfahren im präoperativen Setting zu vergleichen. Insbesondere soll dabei analysiert werden, ob sich bei der Anwendung zur präoperativen Ruhigstellung (sub)luxierter OSG-Frakturen Unterschiede hinsichtlich

- der Relaxationsrate und damit der Notwendigkeit eines Fixateur externe
- dem Auftreten von präoperativen Weichteilkomplikationen
- der Dauer bis zur Möglichkeit der operativen Ausversorgung
- der gesamten Krankenhausverweildauer

ergeben.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Alle vorliegenden Daten wurden retrospektiv erhoben und entstammen Patienten der BG Klinik Tübingen. Es liegt ein positives Ethikvotum vom 19.05.2022 unter der Nr. 308/2022BO2 vor. Zudem fand vor Beginn der Studie am 25.07.2022 eine statistische Beratung durch das Institut für klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen statt.

Über das Controlling wurden alle Fälle abgefragt, die im Zeitraum 2019 - 2021 unter der Diagnose IDC-10 S.82 stationär behandelt sowie hinsichtlich ihrer Fraktur zwischen dem 01.01.2019 und 31.12.2021 initial operiert wurden, dies waren insgesamt 1.522 Patienten. Aus dieser Gesamtpopulation wurde mittels folgender Kriterien (siehe Tab. 1) die Studienpopulation selektiert:

Tabelle 1: Ein-, und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Alter zum Unfallzeitpunkt ≥ 18 Jahre	Alter zum Unfallzeitpunkt < 18 Jahre
Sprunggelenksfraktur, Pilonfraktur im engeren Sinne oder isolierte Syndesmosenruptur	keine entsprechende Fraktur
Primäre innerklinische Ruhigstellung mittels Orthese, gespaltenem Unterschenkelweißgips oder Fixateur externe; keine oder unbekannte Ruhigstellung	Primäre innerklinische Versorgung mit interner Osteosynthese

Daraus ergaben sich analog zu Abb. 6 657 Patienten.

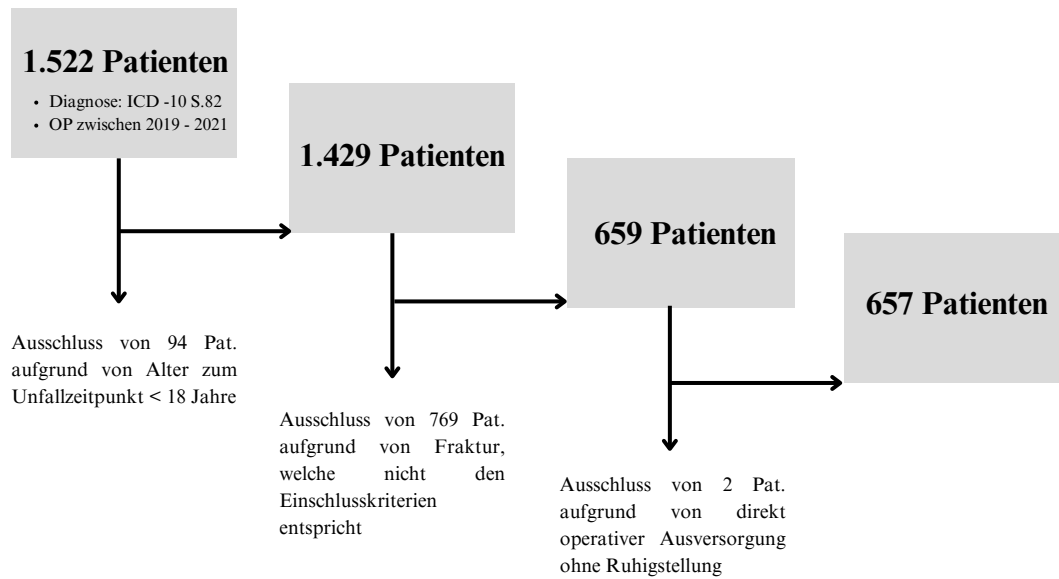


Abbildung 6: Flowchart zur Selektion der Studienpopulation

2.2 erhobene Parameter

Zu diesen Patienten wurden aus dem klinikeigenen Informationssystem (Medico) weitere Informationen erhoben. Bereits über die Daten des Controllings war das Geburtsdatum und das Datum des Unfalls bekannt.

Anhand von Röntgen- und CT-Aufnahmen zwischen Unfallzeitpunkt und Zeitpunkt der Ausversorgung wurden folgenden Parameter erhoben:

- Frakturklassifikation
- (Sub)Luxation der Fraktur
- Initiale Versorgung (Orthese, Weißgips, Fixateur externe)
- (Re)Luxation unter initialer nicht-invasiver Ruhigstellung und Anlage Fixateur externe

Fehlende Informationen konnten aus den fallbezogenen Arztbriefen ergänzt werden. Aus diesen und der weiteren klinischen Dokumentation wurden die folgenden Informationen ergänzt:

- Datum der operativen Erstversorgung
- ggf. Datum der sekundären Ausversorgung
- Zeit bis zur Ausversorgung in Tagen
- Krankenhausverweildauer in Tagen
- Angestrengte Weichteile im Zeitraum bis zur Ausversorgung?
- Wundheilungsstörungen postoperativ während des stationären Aufenthaltes?
- relevante Nebenerkrankungen (Diabetes, koronare Herzkrankheit (KHK), arterielle (art.) Hypertonie)
- Antikoagulation als Dauermedikation
- Body-Mass-Index (BMI)
- Risikofaktoren (Rauchen, relevanter Alkoholkonsum)
- postoperative Komplikationen während des stationären Aufenthaltes, klassifiziert nach Clavien-Dindo

2.3 Gruppen

Zur statistischen Auswertung hinsichtlich der Fragestellung wurden mehrere Gruppen je nach Art der Fraktur gebildet und gesondert betrachtet.

- Gruppe 1 “Trimalleolar“: Fraktur von Innenknöchel, Fibula und hinterer Tibiakante mit/ohne Beteiligung des Pilon tibiale
- Gruppe 2 “Bimalleolar“: Fraktur von 2 aus 3: Innenknöchel, Fibula, hintere Tibiakante mit/ohne Beteiligung des Pilon tibiale

- Gruppe 2.1 “Bimalleolar, Syndesmose stabil“: Fraktur von Innenknöchel und Fibula bei intakter hinterer Tibiakante, keine Beteiligung der vorderen Syndesmose
- Gruppe 2.2 “Bimalleolar, Syndesmose instabil“: Fraktur von Innenknöchel oder Fibula bei zusätzlicher Fraktur der hinteren Tibiakante ("Volkmann-Fragment") oder Beteiligung der vorderen Syndesmose
- Gruppe 3 “Sonstige“: Fraktur von entweder Innenknöchel, Fibula oder hinterer Tibiakante mit/ohne Beteiligung des Pilon tibiale, isolierte Fraktur des Pilon tibiale, isolierte Syndesmosenruptur oder Patienten, die die Kriterien der Gruppen 1 und 2 nicht erfüllen.

Innerhalb dieser Gruppen wurde die Patienten mit initial (sub)luxierter Fraktur jeweils nach der Methode der initialen Versorgung in weitere Subgruppen getrennt (Orthese, Weißgips, Fixateur externe). Die beiden Subgruppen mit primär konservativer Ruhigstellung (Orthese, Weißgips) wurden mittels Chi-Quadrat-Test hinsichtlich der Reluxationsrate und mittels unabhängigem, zweiseitigem t-Test hinsichtlich der Zeit bis zur primären operativen Versorgung, definitiven Ausversorgung und der Krankenhausverweildauer gegeneinander verglichen. Zum Vergleich der Rate an präoperativ angestregten Weichteilen und Wundheilungsstörungen wurde ein Chi-Quadrat-Test bzw. bei erwartet kleinen Häufigkeiten ein fisher exact test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde für alle Tests $p < 0.05$ festgelegt.

2.4 Statistik

Die erhobenen Daten wurden unter Verwendung des Programms Microsoft Excel (Microsoft Corporation. Microsoft Excel [Software]. Version 2021. Redmond, WA: Microsoft Corporation; 2021) erfasst und gruppiert. Die statistische Auswertung sowie die graphische Darstellung erfolgte mit dem Programm JMP (SAS Institute Inc. JMP [Software]. Version 17. Cary, NC: SAS Institute Inc.; 2023.)).

3 Ergebnisse

3.1 Gesamte Studienpopulation

Insgesamt konnten anhand der Ein- und Ausschlusskriterien 657 Patienten in die Studie eingeschlossen werden, davon waren 342 männlich und 315 weiblich. Die Altersspanne der untersuchten Patienten lag bei 18-94 Jahren, wobei weibliche Patienten zwischen 55-60 Jahren den größten Anteil darstellten. Dies ist nachfolgend graphisch in Abb. 7 dargestellt.

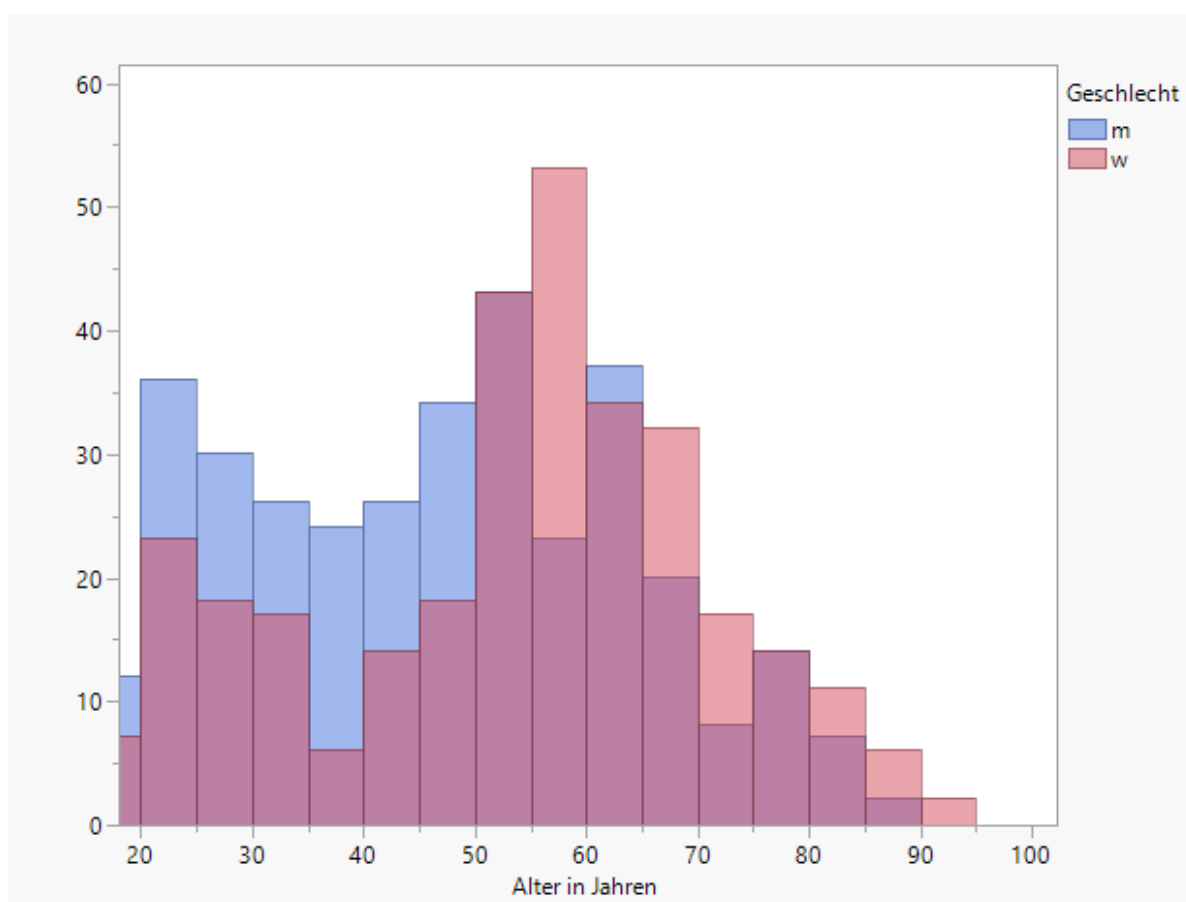


Abbildung 7: Altersverteilung der Studienpopulation, nach Geschlecht getrennt

Der durchschnittliche BMI lag bei $27,3 \pm 4,9 \text{ kg/m}^2$; diese Werte wurden basierend auf 654 Patienten berechnet, da sich bei drei Patienten keine Informationen bezüglich Größe und/oder Gewicht fanden. Es wurden insgesamt 176 Patienten direkt mit einem Fixa-

Tabelle 2: Übersicht der erhobenen Parameter in der Gesamtpopulation und nach Frakturgruppen getrennt

	Trimalleolär	Bimalleolär		Sonstige	Gesamt
		Syndesmose	Syndesmose		
		stabil	instabil		
Anzahl gesamt (%)	146 (22,3)	18 (2,7)	169 (25,7)	324 (49,3)	657 (100,0)
Männlich (%)	59 (40,4)	10 (55,6)	89 (52,7)	184 (56,8)	342 (52,1)
Weiblich (%)	87 (59,6)	8 (44,4)	80 (47,3)	140 (43,2)	315 (47,9)
Alter (y)	53,7 ± 18,3	42,9 ± 17,8	52,1 ± 17,0	46,6 ± 17,5	49,5 ± 17,8
BMI (kg/m ² , n=654)	27,7 ± 4,8	25,4 ± 2,7	27,9 ± 5,2	26,9 ± 4,9	27,3 ± 4,9
Initiale Luxation (%)	129/146 (88,4)	13/18 (72,2)	111/169 (65,7)	95/324 (29,3)	348/657 (53,0)
kons. Ruhigstellung (%)	70/129 (54,3)	8/13 (61,5)	56/111 (51,4)	47/95 (49,5)	181/348 (52,0)
darunter Reluxation (%)	37/70 (52,9)	4/8 (50,0)	27/57 (47,4)	8/47 (17,0)	76/182 (41,8)
Zeit bis prim. Versorgung (d) ¹	1; 0 - 5	2; 0 - 6,25	3; 0 - 6	6; 3 - 8	4; 0 - 7
Zeit bis Ausversorgung (d) ¹	7; 5 - 9,25	6,5; 4 - 11,5	6; 5 - 9	7; 5 - 10	7; 5 - 10
Krankenhausverweildauer (d) ¹	12; 8 - 17	11,4; 4 - 18	10; 5 - 14,25	3; 2 - 10	8; 3 - 14
angestrengte Weichteile (%)	30 (20,5)	3 (16,7)	30 (17,8)	26 (8,0)	89 (13,5)
Wundheilungsstörung (%)	21 (14,4)	0 (0,0)	28 (16,6)	18 (5,6)	67 (10,2)

¹Median, 1. Quartil - 3. Quartil

teur externe versorgt, 442 erhielten eine konservative, 10 Patienten keine Ruhigstellung und bei 29 Patienten konnte keine Information über die Ruhigstellung gewonnen werden. Initial lag bei 348 (53,0 %) Patienten eine (sub)luxierte Fraktur vor, davon wurden im Verlauf 181 (52,0 %) mit einem konservativen Verfahren ruhig gestellt. Darunter kam es bei 76 (41,8 %) zu einem Reluxationsereignis.

Die mediane Zeit bis zur primären (operativen) Versorgung betrug in der Gesamtheit vier Tage, die der Zeit bis zur entgeltigen Ausversorgung sieben Tage. Die mediane Krankenhausverweildauer betrug acht Tage. Bezüglich der Weichteilsituation präsentierten sich 89 Patienten (13,5 %) im Verlauf bis zur Ausversorgung mit angestregten Weichteilen, 67 Patienten (10,2 %) zeigten bis zur Entlassung aus dem stationären Aufenthalt eine Wundheilungsstörung. 469 Patient wiesen keine als relevant definierte Vorerkrankung auf (Diabetes mellitus, KHK, art. Hypertonie), bei sieben Patienten konnten keine Informationen zu relevanten Nebenerkrankungen eruiert werden. 154 Patienten waren Raucher, 69 gaben relevanten Alkoholkonsum an.

Nach Art der Fraktur getrennt, präsentierten sich 146 Patienten mit einer trimalleolären Fraktur, 187 mit einer bimalleolären Fraktur und 324 mit sonstigen Verletzungen (isolierte Fraktur der hinteren Tibiakante, der Fibula oder des Innenknöchels jeweils mit/ohne Beteiligung des Pilon tibiale, isolierte Fraktur des Pilon tibiale oder isolierte Syndesmosenrupter). Innerhalb der Gruppe der bimalleolären Frakturen zeigte sich in 18 Fällen die Syndesmose stabil, in 169 Fällen instabil. Eine tabellarische Übersicht dieser Parameter ist in Tabelle 2 dargestellt. Für die vergleichenden Auswertungen wurden die Patienten innerhalb ihrer Frakturgruppe nach initialem Ruhigstellungsverfahren getrennt betrachtet. Eine Übersicht ist in Tabelle 3 dargestellt. Ein Patient wies eine Fraktur von Innenknöchel und der hinteren Tibiakante auf, die Syndesmose zeigte sich jedoch intakt. Dieser wurde mit in die Gruppe "Sonstige" eingeschlossen. Es werden im Folgenden die Patienten aufgeteilt in ihre jeweilige Frakturgruppe betrachtet.

Tabelle 3: Ruhigstellung nach Frakturgruppen getrennt

	Gips	Orthese	Fixateur externe	Keine	Unbekannt	Gesamt
Trimalleolär	42 (40) ¹	40 (28)	61 (59)	3 (2)	0 (0)	146 (129)
Bimalleolär						
Syndesmose stabil	4 (4)	9 (4)	5 (5)	0 (0)	0 (0)	18 (13)
Syndesmose instabil	33 (28)	70 (27)	59 (52)	1 (1)	6 (3)	169 (111)
Sonstige	33 (19)	211 (28)	51 (42)	6 (3)	23 (3)	324 (95)
Gesamt	112 (90)	330 (87)	176 (159)	10 (6)	29 (6)	657 (348)

¹Die Angaben in Klammern stellen jeweils die Anzahl der (sub)luxierten Frakturen dar.

3.2 Gruppe “Trimalleolär“

Es konnten 146 Patienten der Gruppe “Trimalleolär“ zugeordnet werden. Davon waren 59 männlich und 87 weiblich, das Durchschnittsalter lag bei $53,7 \pm 18,3$ Jahren. Der jüngste Patient war 18, der Älteste 94 Jahre alt. Die Altersverteilung nach Geschlecht getrennt ist in Abb. 8 dargestellt.

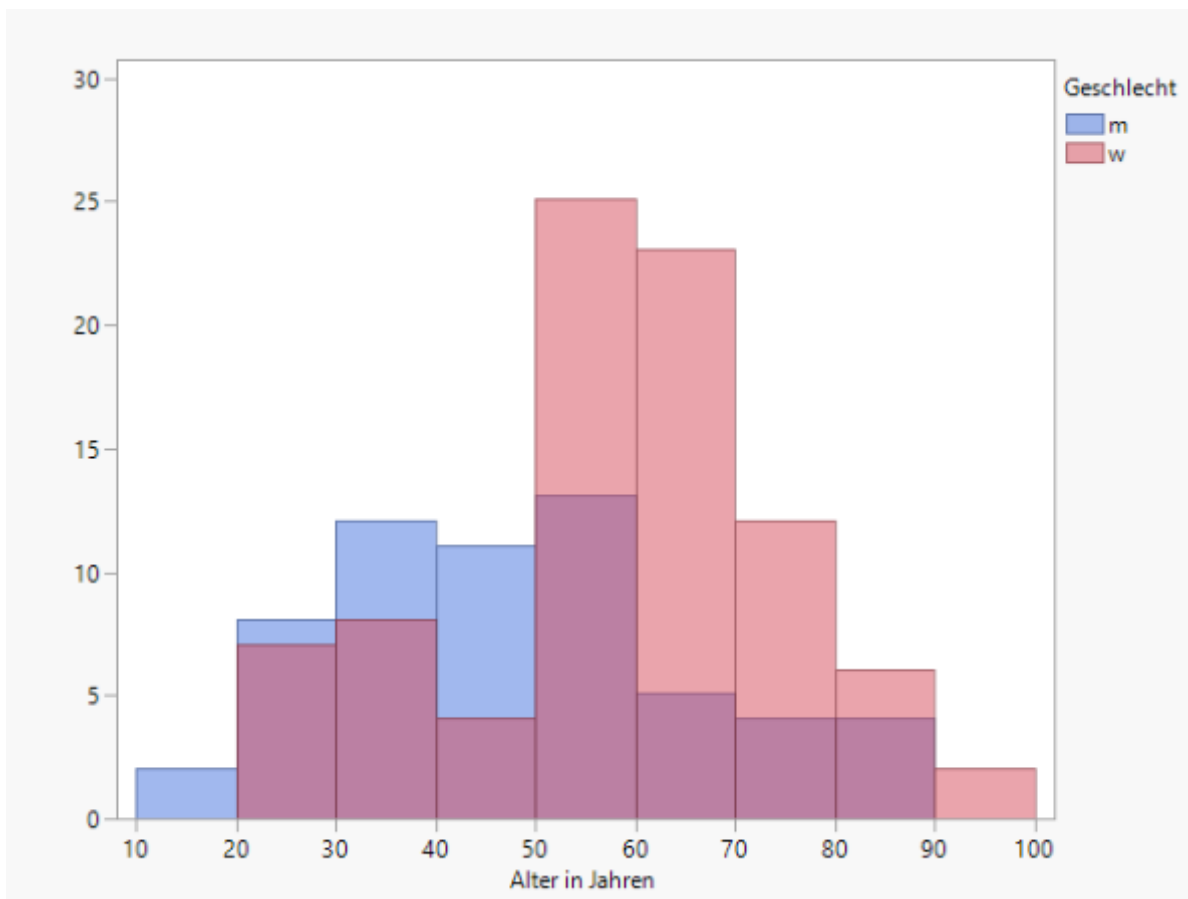


Abbildung 8: Altersverteilung in der Gruppe “Trimalleolär“

Der durchschnittliche BMI lag bei $27,7 \pm 4,8 \text{ kg/m}^2$, wobei bei zwei Patienten aus Mangel an Informationen über Größe und/oder Gewicht kein BMI berechnet werden konnte. Hinsichtlich relevanter Nebenerkrankungen präsentierten sich 14 Patienten mit einem Diabetes mellitus, sieben mit einer KHK und 42 mit einer art. Hypertonie. In zwei Fällen gab es keine Informationen über Nebenerkrankungen. 31 Patienten waren Raucher, 13 gaben relevanten Alkoholkonsum an (siehe Tab 2). Von 146 Patienten präsentierten sich

129 mit einer initial (sub)luxierten Fraktur.

Insgesamt wurde in 42 Fällen ein Weißgips angelegt, in vierzig Fällen eine Orthese und 61 Fälle (59%) wurden direkt mit einem Fixateur externe versorgt (siehe Tab. 3 sowie Abb. 9).

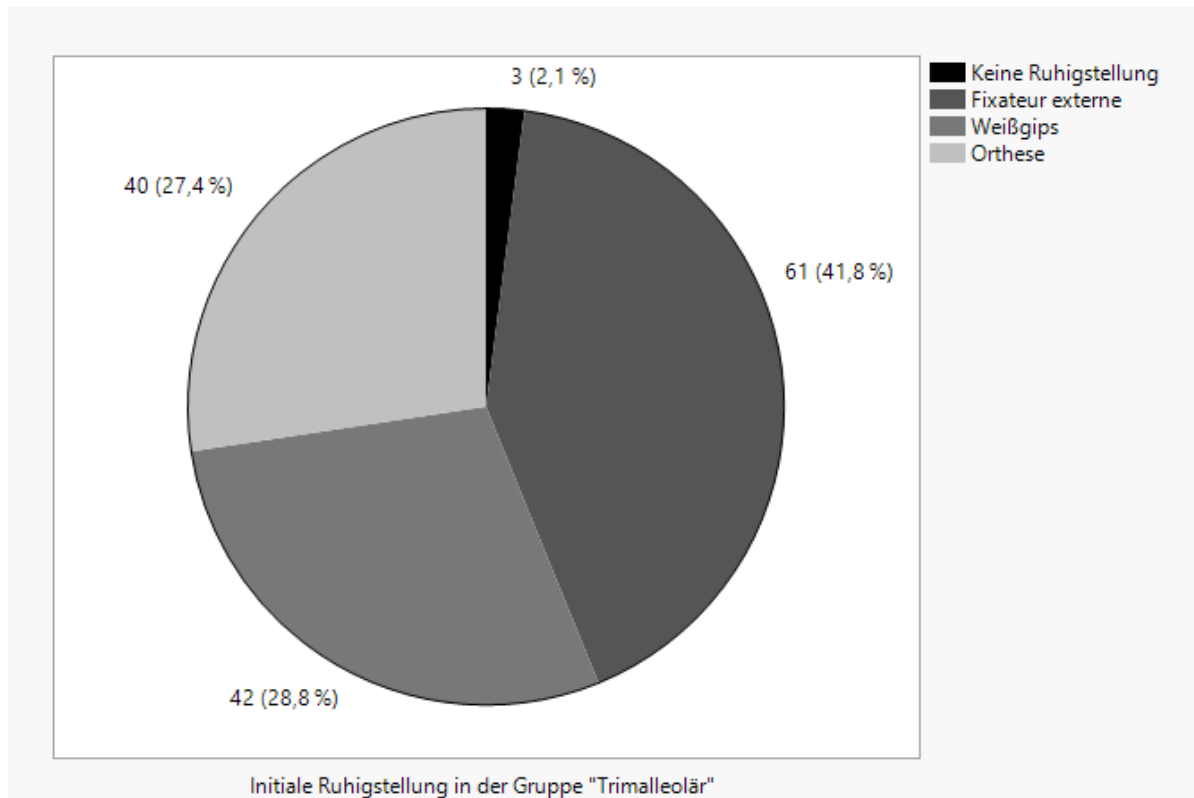


Abbildung 9: Verteilung der Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe "Trimalleolär"

Bei drei Patienten, darunter zwei mit einer (sub)luxierten Fraktur wurde die verletzte Extremität nicht ruhiggestellt: ein Patient erhielt bereits bei initialer Vorstellung in einem externen Krankenhaus eine Kompartmentspaltung mit Anlage einer VAC-Therapie, in zwei Fällen wurde initial keine Fraktur diagnostiziert und daher auch keine Ruhigstellung eingeleitet.

Die mediane Zeit bis zur primären (operativen) Versorgung betrug einen Tag, die bis zur Ausversorgung betrug sieben Tage. Die mediane Krankenhausverweildauer betrug zwölf Tage.

(Sub)Luxierte Frakturen

Betrachtet man nur die 127 (sub)luxierten Frakturen welche ruhig gestellt wurden, erhielten vierzig Patienten einen Weißgips, 28 eine Orthese und 59 einen Fixateur externe. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse hinsichtlich der Reluxationsereignisse, Zeit bis zur primären Versorgung, Ausversorgung und Krankenhausverweildauer (siehe auch Abb. 10, 11, 12 und 13) sowie die Raten an angestregten Weichteilen bzw. Wundheilungsstörungen differenziert nach dem Ruhigstellungsverfahren dargestellt.

Tabelle 4: Trimalleoläre und initial (sub)luxierte Frakturen

	Gips	Orthese	Fixateur externe	Gesamt
Anzahl gesamt	40	28	59	127
Reluxation (%)	18 (45,0)	16 (57,4)	3 (5,1)	37 (29,1)
Zeit bis prim. Versorgung (d) ¹	3; 0 - 6	2,5; 1 - 6,75	0; 0 - 0	1; 0 - 4
Zeit bis Ausversorgung (d) ¹	6; 5 - 8,75	6; 4 - 9,75	8; 6 - 11	7; 5 - 10
Krankenhausverweildauer (d) ¹	10; 8 - 13	11; 8 - 15	14; 12 - 21	12; 9 - 17
angestregte Weichteile	6	6	17	29
Wundheilungsstörung	1	1	18	20

¹Median, 1. Quartil - 3. Quartil

Bezüglich der Zeit bis zur primären (operativen) Versorgung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen einer Ruhigstellung durch Gips bzw. Orthese nachgewiesen werden ($t(43)=0,97$, $p=0,34$), ebenso bezüglich der Zeit bis zur Ausversorgung ($t(54)=-0,15$, $p=0,88$) und der Krankenhausverweildauer ($t(49)=0,83$, $p=0,41$).

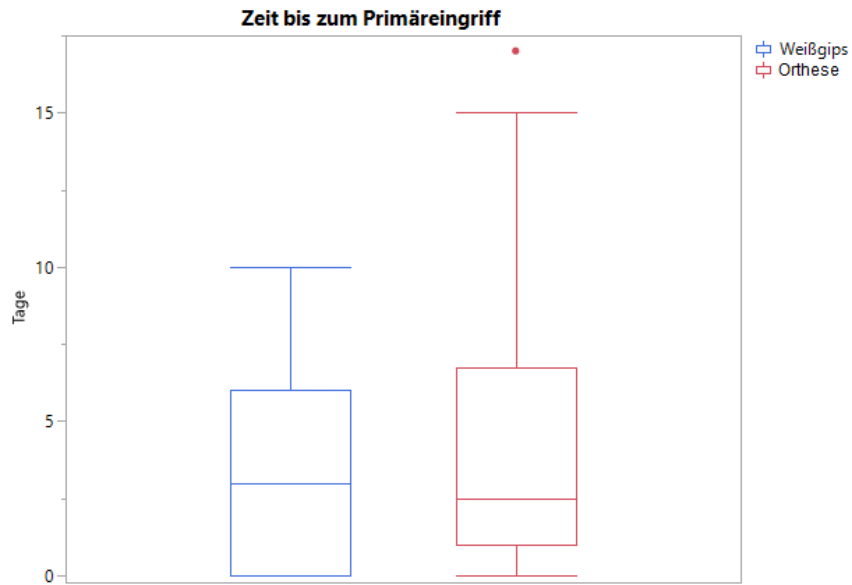


Abbildung 10: Vergleich der Zeit bis zum Primäreingriff bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Tri-malleolär“.

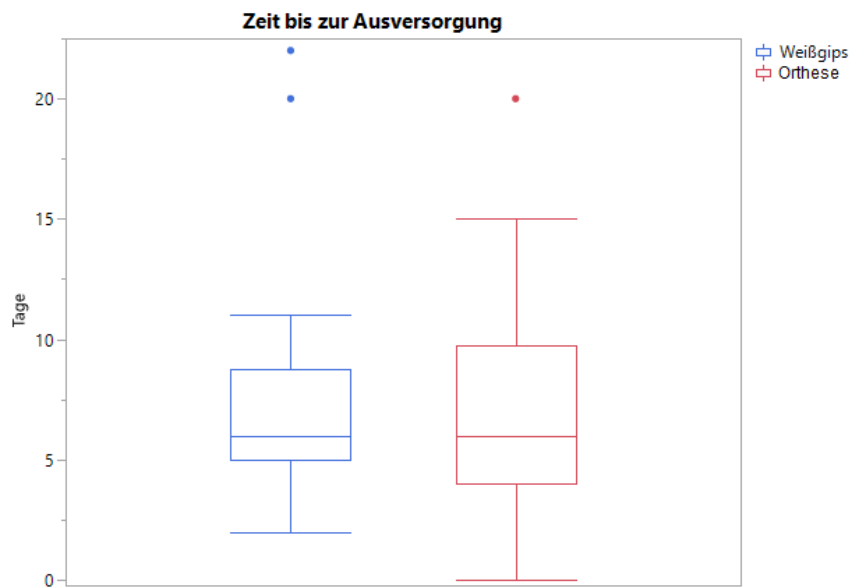


Abbildung 11: Vergleich der Zeit bis zur Ausversorgung bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Tri-malleolär“.

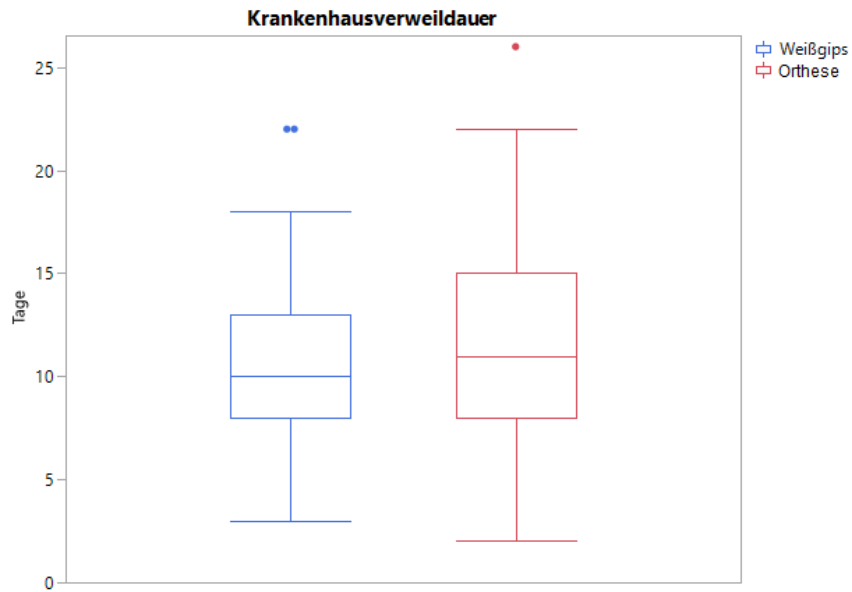


Abbildung 12: Vergleich der Krankenhausverweildauer bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Trimalleolär“.

Hinsichtlich der Relaxationrate konnte ebenso kein signifikanter Unterschied zwischen einer Ruhigstellung durch Gips bzw. Orthese nachgewiesen werden ($\chi^2(1, N=68)=0,97$, $p=0.32$).

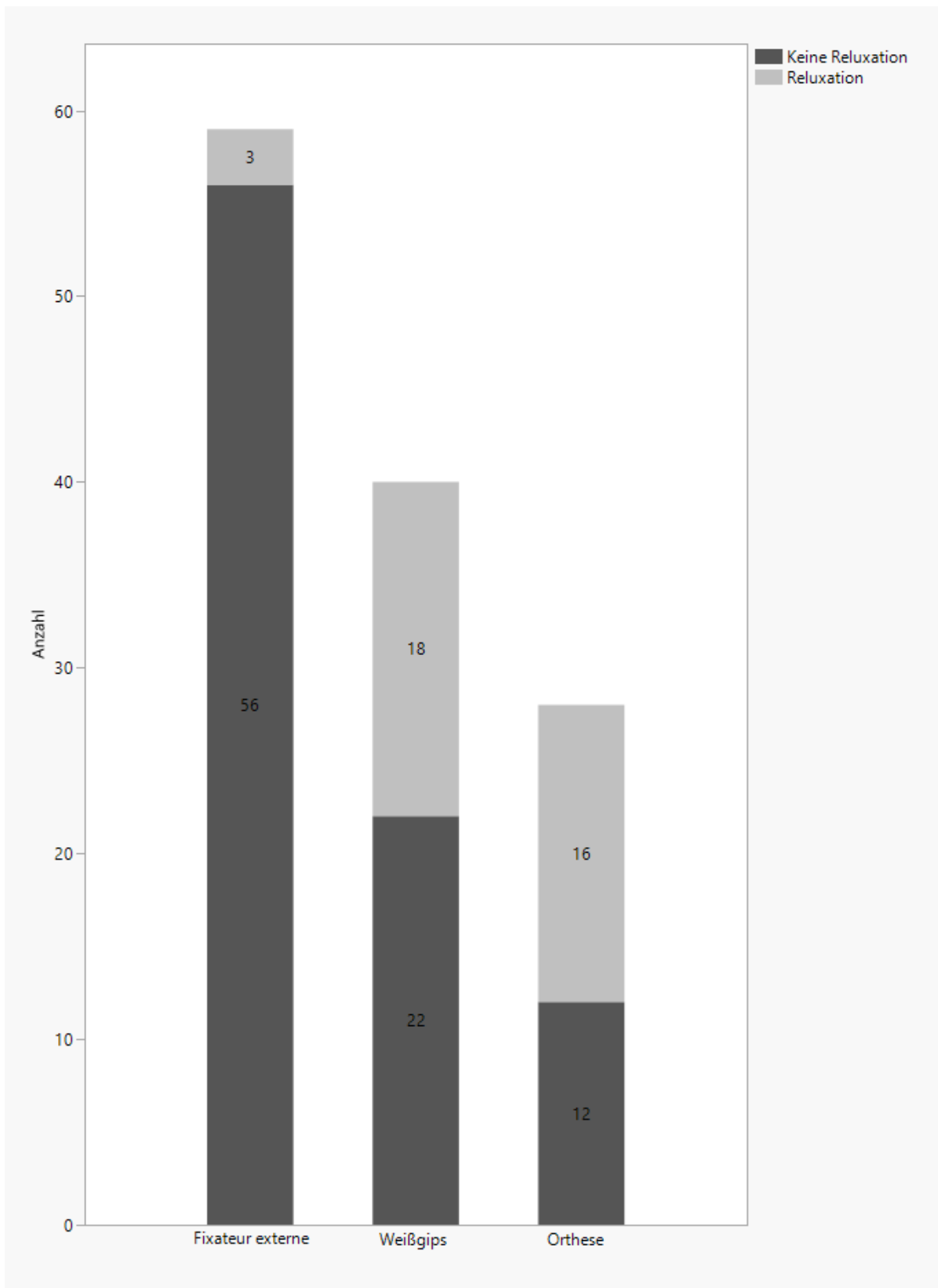


Abbildung 13: Relaxationsraten getrennt nach Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe "Trimalleolär"

Betrachtet man die Rate an präoperativ angestregten Weichteilen, lässt sich auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen ($\chi^2(1, N=68)=0,47$, $p=0.49$), Gleiches gilt für die Rate an während des stationären Aufenthaltes aufgetretenen Wundheilungsstörungen ($\chi^2(1, N=68)=0,07$, $p=0.8$).

3.3 Gruppe “Bimalleolär stabil“

Insgesamt wurden 18 Patienten der Gruppe “Bimalleolär stabil“ zugeordnet, zehn davon waren männlich und acht weiblich. Das durchschnittliche Alter betrug $42,9 \pm 17,8$ Jahre mit einer Spannweite von 18 - 77 Jahren. Der durchschnittliche BMI betrug $25,4 \pm 2,7$ kg/m². An relevanten Nebenerkrankungen gab ein Patient einen Diabetes mellitus, drei eine art. Hypertonie und keiner eine KHK an. Fünf Patienten waren Raucher und zwei gaben relevanten Alkoholkonsum an. Von den 18 Patienten wiesen 13 eine initial (sub)luxierte Fraktur auf.

Bezüglich der Ruhigstellung wurden fünf Patienten direkt mit einem Fixateur externe versorgt, vier Patienten erhielten einen Weißgips und neun eine Orthese. Die mediane Zeit bis zur primären (operativen) Versorgung betrug zwei Tage, die bis zur Ausversorgung sechs einhalb Tage. Die mediane Krankenhausverweildauer betrug elf Tage.

(Sub)Luxierte Frakturen

Aus der Gruppe der 13 initial (sub)luxierten Frakturen erhielten fünf primär einen Fixateur externe, vier wurden mit einem Weißgips und vier mit einer Orthese versorgt. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse hinsichtlich der Reluxationsereignisse, Zeit bis zur primären Versorgung, Ausversorgung und Krankenhausverweildauer sowie die Raten an angestregten Weichteilen bzw. Wundheilungsstörungen differenziert nach dem Ruhigstellungsverfahren dargestellt. Bei einer Patientin konnte das Datum der Entlassung aus stationärer Behandlung nicht eruiert werden, es konnte daher keine Krankenhausverweildauer berechnet werden.

Tabelle 5: Bimalleoläre Frakturen mit stabiler Syndesmose und initialer (sub)Luxation

	Gips	Orthese	Fixateur externe	Gesamt
Anzahl gesamt	4	4	5	13
Reluxation (%)	2 (50,0)	2 (50,0)	0 (0,0)	4 (30,8)
Zeit bis prim. Versorgung (d) ¹	2; 0,25 - 4,5	3; 0 - 9,75	0; 0 - 0,5	0; 0 - 4
Zeit bis Ausversorgung (d) ¹	7; 3,5 - 15	5; 4 - 9,75	13; 5 - 17,5	6; 4 - 15
Krankenhausverweildauer (d) ¹	18; 11,5 - 20,75	9; 4,25 - 10	22,5; 11,75 - 34	12,5; 10 - 20,75
angestrengte Weichteile	1	0	1	2
Wundheilungsstörung	0	0	0	0

¹Median, 1. Quartil - 3. Quartil

Aufgrund der kleinen Gruppengröße (n=13) wurden keine statistischen Testverfahren angewendet.

3.4 Gruppe "Bimalleolär instabil"

Von allen 657 Patienten wurden 169 der Gruppe "Bimalleolär instabil" zugeordnet, davon waren 89 männlich und achtzig weiblich. Das durchschnittliche Alter lag bei 52,1 ± 17 Jahren, der jüngste Patient war 21 und der Älteste 89 Jahre alt (siehe Abb. 14).

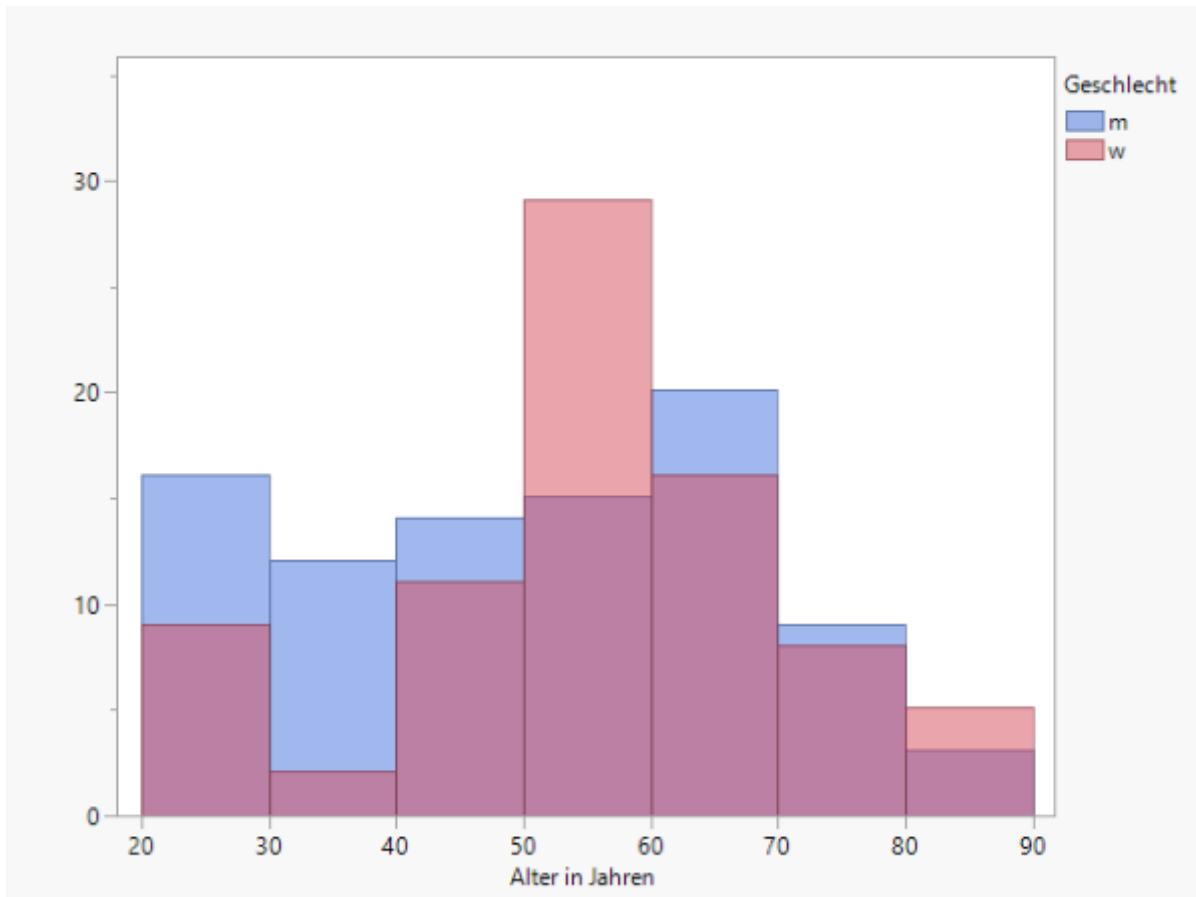


Abbildung 14: Altersverteilung in der Gruppe “Bimalleolär instabil“

Der durchschnittliche BMI betrug $27,9 \pm 5,2 \text{ kg/m}^2$. Von 14 Patienten wurde ein Diabetes mellitus, von vier eine KHK und von 51 eine art. Hypertonie angegeben. 46 Patienten waren Raucher, 18 gaben relevanten Alkoholkonsum an. Von den insgesamt 169 Patienten präsentierten sich 111 mit einer initial (sub)luxierten Fraktur.

Zur Ruhigstellung erhielten 59 Patienten primär einen Fixateur externe, 33 einen Weißgips und siebzig eine Orthese. Bei 6 Patienten konnte das Ruhigstellungsverfahren nicht eruiert werden, bei einem Patienten wurde die Fraktur bis zur Ausversorgung nicht ruhig gestellt (diese fand am Abend des Unfalltages, aber nicht unmittelbar nach dem Eintreffen in der Klinik statt, weshalb der Patient nicht aus der Studie ausgeschlossen wurde). Eine graphische Darstellung dieser Verteilung zeigt Abb 15.

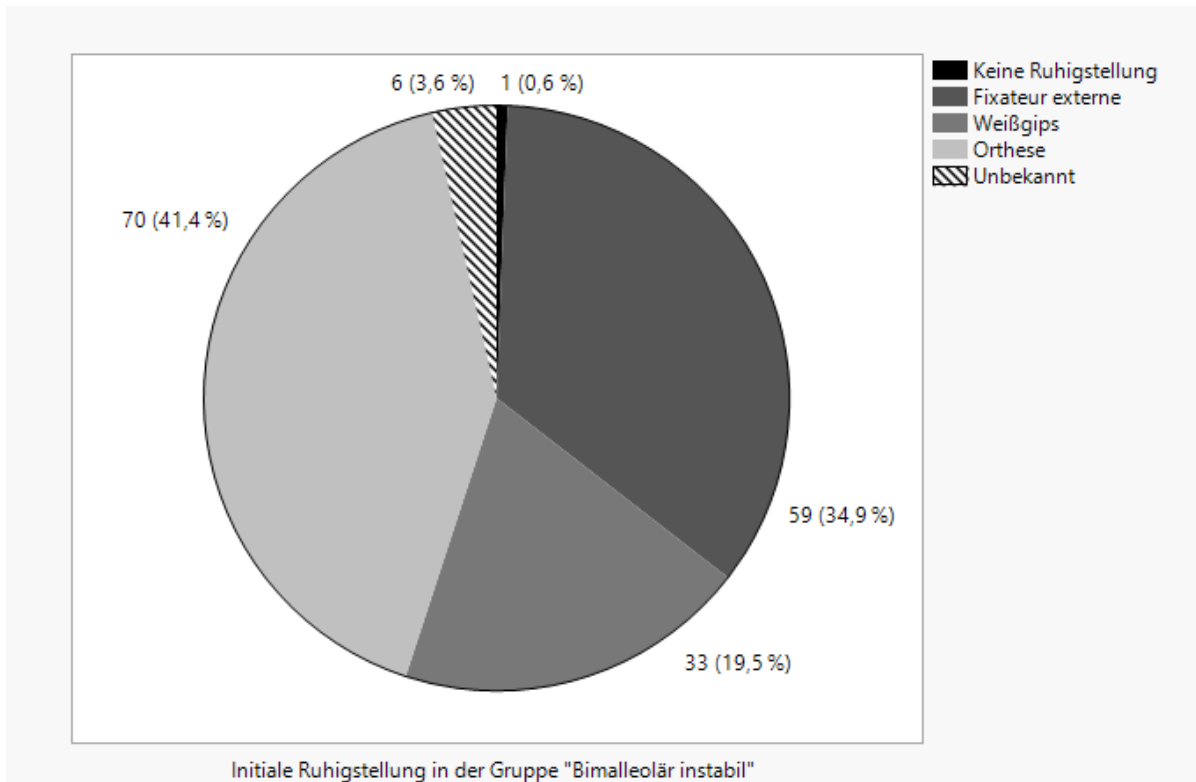


Abbildung 15: Verteilung der Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe "Bimalleolär instabil"

Die mediane Zeit bis zur primären (operativen) Versorgung betrug drei Tage, die bis zur Ausversorgung sechs Tage. Die mediane Krankenhausverweildauer betrug zehn Tage, wobei bei einem Patienten kein Datum der Entlassung aus der stationären Behandlung erurierbar war.

(Sub)Luxierte Frakturen

Von den 111 Patienten mit initial (sub)luxierter Fraktur wurden 52 direkt mit einem Fixateur externe, 28 mit einem Weißgips und 27 mit einer Orthese versorgt. Bei einem Patienten wurde die Fraktur nicht ruhiggestellt (s.o.), bei drei Patienten war das Ruhigstellungsverfahren unbekannt. In Tabelle 6 sind die Ergebnisse hinsichtlich der Relaxationsereignisse, Zeit bis zur primären Versorgung, Ausversorgung und Krankenhausverweildauer sowie die Raten an angestregten Weichteilen bzw. Wundheilungsstörungen differenziert nach dem Ruhigstellungsverfahren dargestellt. Die Patienten ohne

bzw. mit unbekannter Ruhigstellung wurden dabei nicht betrachtet.

Tabelle 6: Bimalleoläre Frakturen mit instabiler Syndesmose und initialer (sub)Luxation

	Gips	Orthese	Fixateur externe	Gesamt
Anzahl gesamt	28	27	52	111
Relaxation (%)	12 (42,9)	12 (44,4)	2 (3,8)	26 (23,4)
Zeit bis prim. Versorgung (d) ¹	3,5; 1 - 6,75	3; 1 - 6	0; 0 - 0	0; 0 - 4
Zeit bis Ausversorgung (d) ¹	7; 5 - 9	5; 4 - 7,5	7; 5,25 - 13	6; 5 - 9
Krankenhausverweildauer (d) ¹	11; 9 - 12,75	9,5; 7 - 14	15; 10 - 20	12; 9 - 16
angestrengte Weichteile	0	4	18	22
Wundheilungsstörung	6	4	17	27

¹Median, 1. Quartil - 3. Quartil

Hinsichtlich der Zeit bis zur primären (operativen) Ausversorgung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden konservativen Ruhigstellungsverfahren nachgewiesen werden ($t(50)=-0,09$, $p=0,93$), ebenso bezüglich der Zeit bis zur Ausversorgung ($t(51)=-1,02$, $p=0,31$) und der Krankenhausverweildauer ($t(27)=0,84$, $p=0,41$). Dies ist graphisch in Abb. 16, 17 und 18 nachzuvollziehen, wobei ein Patient mit einer Krankenhausverweildauer von 107 Tagen und einer Ruhigstellung mittels Orthese aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht im Boxplot als Ausreißer dargestellt ist. Die hohe Verweildauer dieses Falls ergab sich aufgrund von Begleitverletzungen, schwerem Weichteilschaden und Dekubiti sowie Wundheilungsstörungen, welche nicht auf die hier betrachtete Fraktur zurückzuführen sind.

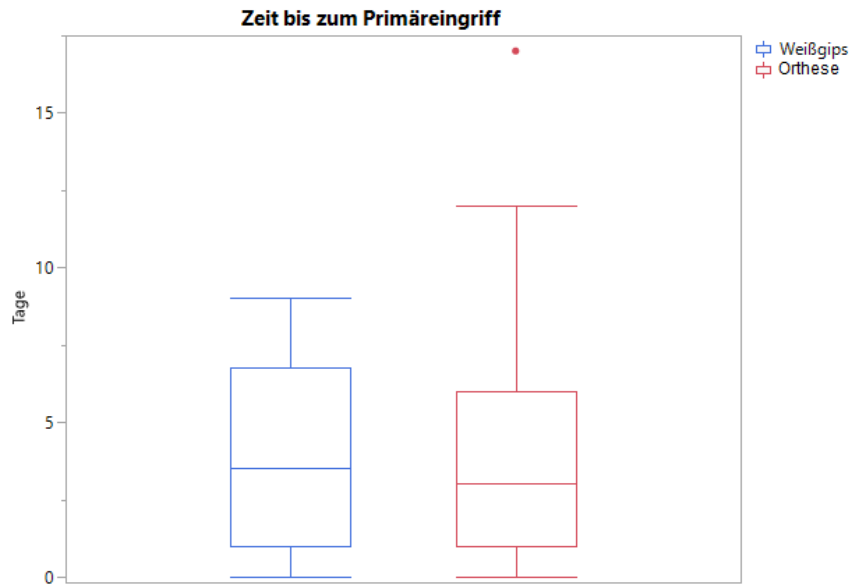


Abbildung 16: Vergleich der Zeit bis zum Primäreingriff bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Bimalleolär instabil“.

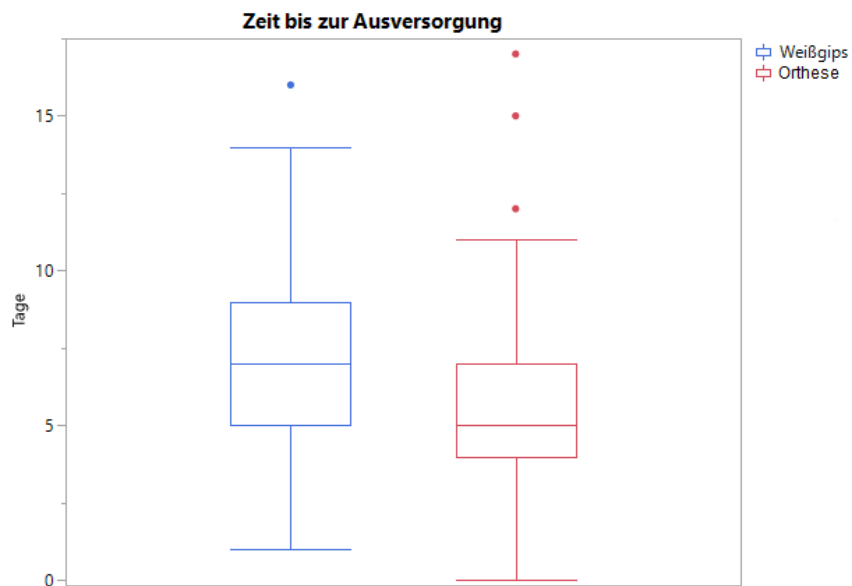


Abbildung 17: Vergleich der Zeit bis zur Ausversorgung bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Bimalleolär instabil“.

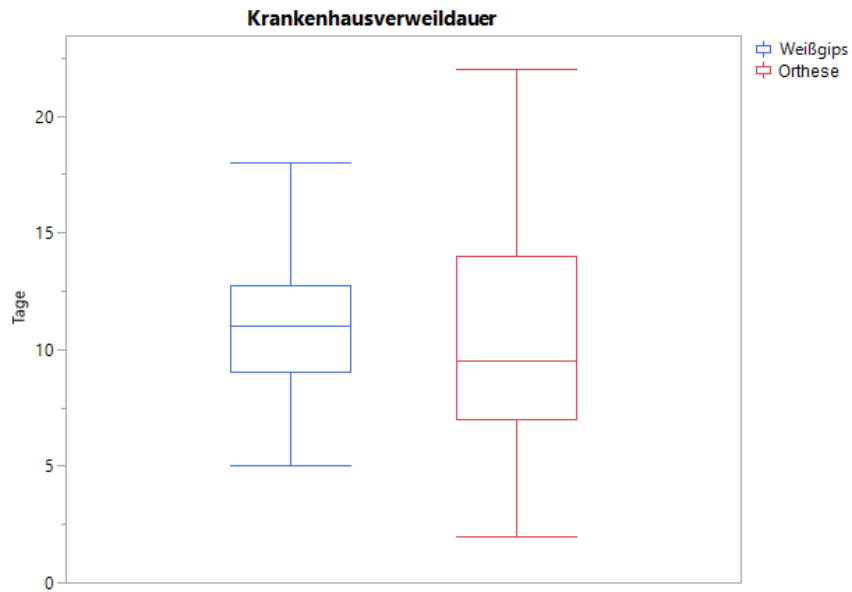


Abbildung 18: Vergleich der Krankenhausverweildauer bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Bimalleolär instabil“.

Betrachtet man die Relaxationraten (siehe dazu auch Abb. 19), konnte kein signifikanter Unterschied zwischen einer Ruhigstellung durch Gips bzw. Orthese nachgewiesen werden ($\chi^2(1, N=55)=0,01, p=0,9$).

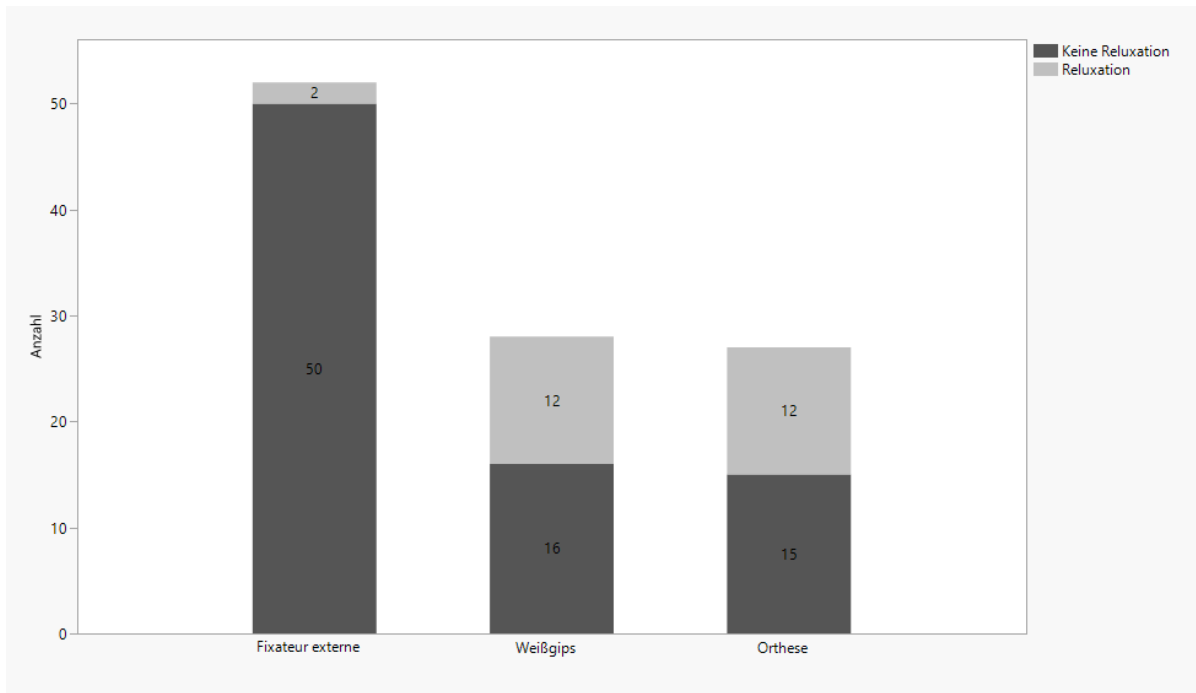


Abbildung 19: Relaxationsraten getrennt nach Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe “Bimalleolär instabil“

Hinsichtlich der Raten an angestregten Weichteilen konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (fisher exact test, $p=0,11$), gleiches gilt für die Rate an Wundheilungsstörungen (fisher exact test, $p=0,73$).

3.5 Gruppe “Sonstige“

Es wurden insgesamt 324 Patienten der Gruppe “Sonstige“ zugeordnet, wovon 184 männlich und 140 weiblich waren. Das durchschnittliche Alter betrug $46,6 \pm 17,5$ Jahre (siehe dazu auch Abb. 20), der durchschnittliche BMI $26,9 \pm 4,9$ kg/m².

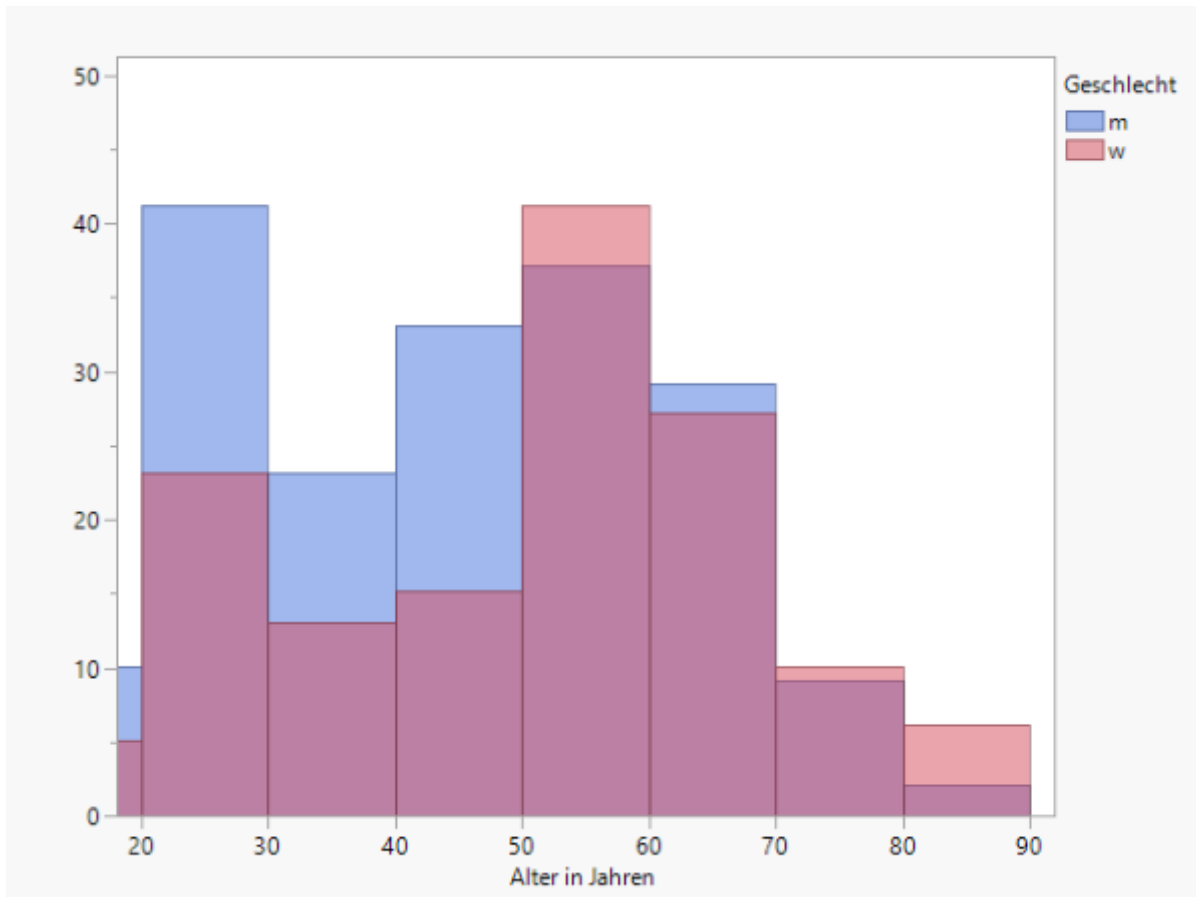


Abbildung 20: Altersverteilung in der Gruppe “Sonstige“

14 Patienten gaben einen Diabetes mellitus, sieben eine KHK und 66 eine art. Hypertonie an. Bei vier Patienten gab es keine Informationen über relevante Nebenerkrankungen. Insgesamt 72 Patienten waren Raucher und 36 gaben relevanten Alkoholkonsum an. Es präsentierten sich 95 Patienten mit einer initial (sub)luxierten Fraktur, bei drei Patienten konnte aufgrund von fehlender Bildgebung keine Aussage über den initialen Zustand der Fraktur gemacht werden.

Von insgesamt 324 Patienten wurden 51 direkt mit einem Fixateur externe versorgt, 33 erhielten einen Weißgips und 211 eine Orthese. Bei 23 Patienten blieb das initiale Ruhigstellungsverfahren unbekannt, sechs erhielten keine Ruhigstellung (siehe Abb. 21).

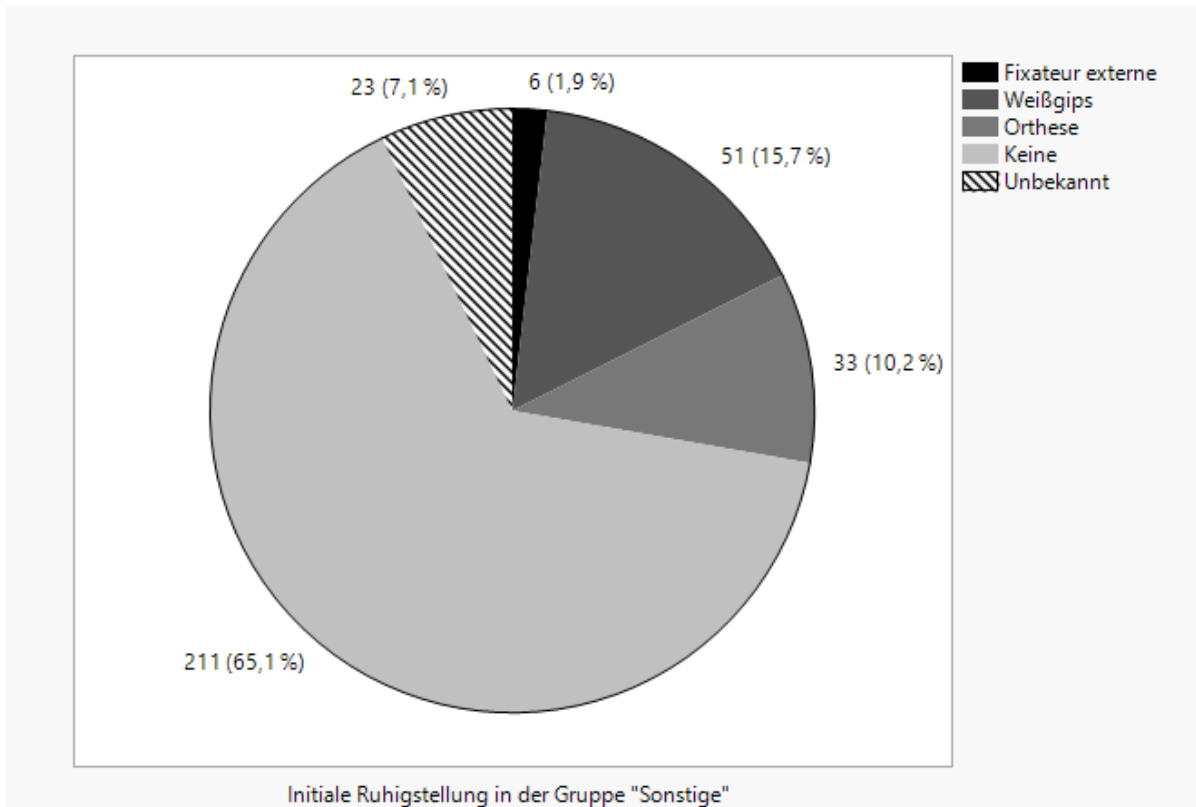


Abbildung 21: Verteilung der Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe "Sonstige"

Die mediane Zeit bis zur primären (operativen) Versorgung betrug sechs Tage, die bis zur Ausversorgung sieben Tage. Die mediane Krankenhausverweildauer betrug drei Tage, wobei bei drei Patienten kein Datum der Entlassung aus stationärer Behandlung bekannt war.

(Sub)Luxierte Frakturen

Bezüglich der Ruhigstellung der (sub)luxierten Frakturen erhielten 42 einen Fixateur externe, 19 einen Weißgips und 28 eine Orthese. Bei drei Patienten wurde die Fraktur nicht ruhiggestellt, bei ebenfalls drei Patienten waren darüber keine Informationen verfügbar. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse hinsichtlich der Reluxationsereignisse, Zeit bis zur primären Versorgung, Ausversorgung und Krankenhausverweildauer sowie die Raten an angestregten Weichteilen bzw. Wundheilungsstörungen differenziert nach dem Ruhigstellungsverfahren dargestellt. Die Patienten ohne bzw. mit unbekannter Ruhigstellung

wurden dabei nicht betrachtet.

Tabelle 7: Sonstige Frakturen mit initialer (sub)Luxation

	Gips	Orthese	Fixateur externe	Gesamt
Anzahl gesamt	19	28	42	89
Reluxation (%)	4 (21,1)	4(14,3)	1(2,38)	9(10,1)
Zeit bis prim. Versorgung (d) ¹	4; 3 - 7	5; 2,25 - 7	0; 0 - 0	1; 0 - 5
Zeit bis Ausversorgung (d) ¹	5; 4-9	5,5; 3,25 - 7	11; 7 - 15	7; 5 - 13
Krankenhausverweildauer (d) ¹	7; 2 - 115	3,5;2 - 10	21; 13,5 - 26,5	11; 3 - 20,75
angestrengte Weichteile	1	2	10	13
Wundheilungsstörung	0	0	7	7

¹Median, 1. Quartil - 3. Quartil

Hinsichtlich der Zeit bis zur primären (operativen) Ausversorgung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden konservativen Ruhgstellungsverfahren nachgewiesen werden ($t(26)=-0,51$, $p=0,61$), ebenso bezüglich der Zeit bis zur Ausversorgung ($t(26)=-0,84$, $p=0,41$) und der Krankenhausverweildauer ($t(44)=-0,05$, $p=0,96$). Dies wurde graphisch in Abb. 22, 23 und 24 dargestellt. Hierbei wurden sowohl bei der Zeit bis zum Primäreingriff als auch bei der Zeit bis zur Ausversorgung aus Gründen der Übersichtlichkeit zwei Aufreiser entfernt: ein Patient mit einer initialen Weißgips-Versorgung wurde erst nach 64 Tagen, einer mit Orthese erst nach 43 Tagen operiert und direkt ausversorgt. Diese Zeitverzögerung entstand im ersten Fall dadurch, dass der Patient bis zu einer Ausversorgung der Fraktur mittels Arthrodesese eine Ruhigstellung zuerst wie bereits erwähnt im Gips und dann sekundär in der Orthese erhielt; im zweiten Fall aufgrund dessen, dass der Patient erst 34 Tage nach dem initialen Trauma zur Abklärung in der Klinik vorstellig wurde.

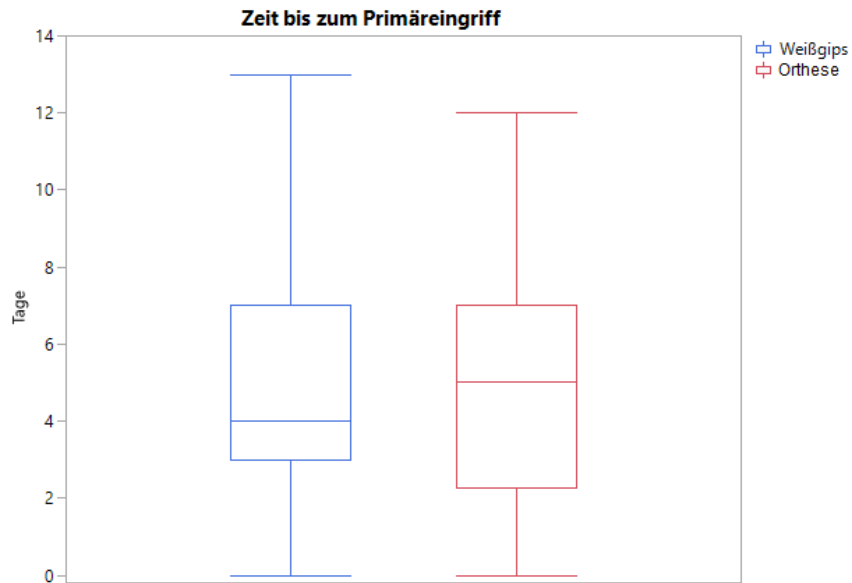


Abbildung 22: Vergleich der Zeit bis zum Primäreingriff bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Sonstige“.

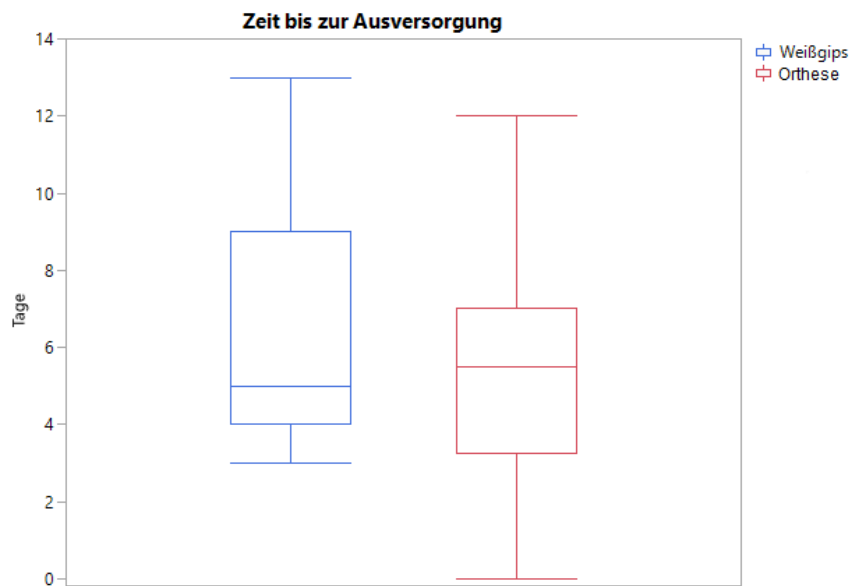


Abbildung 23: Vergleich der Zeit bis zur Ausversorgung bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Sonstige“.

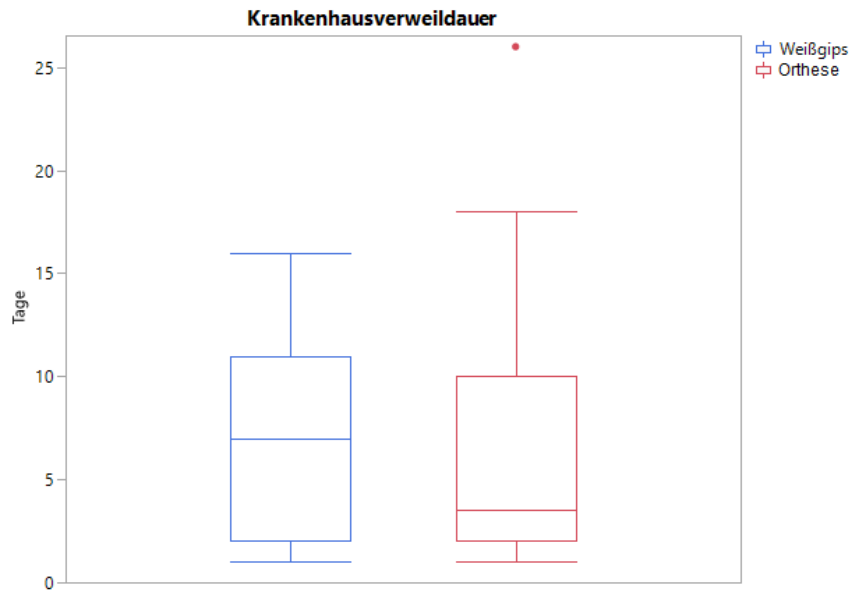


Abbildung 24: Vergleich der Krankenhausverweildauer bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Sons-tige“.

Bezüglich der Relaxationrate konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen einer Ruhigstellung durch Gips bzw. Orthese nachgewiesen werden (fisher exact test, $p=0,7$). Eine graphische Darstellung dazu bietet Abb. 25.

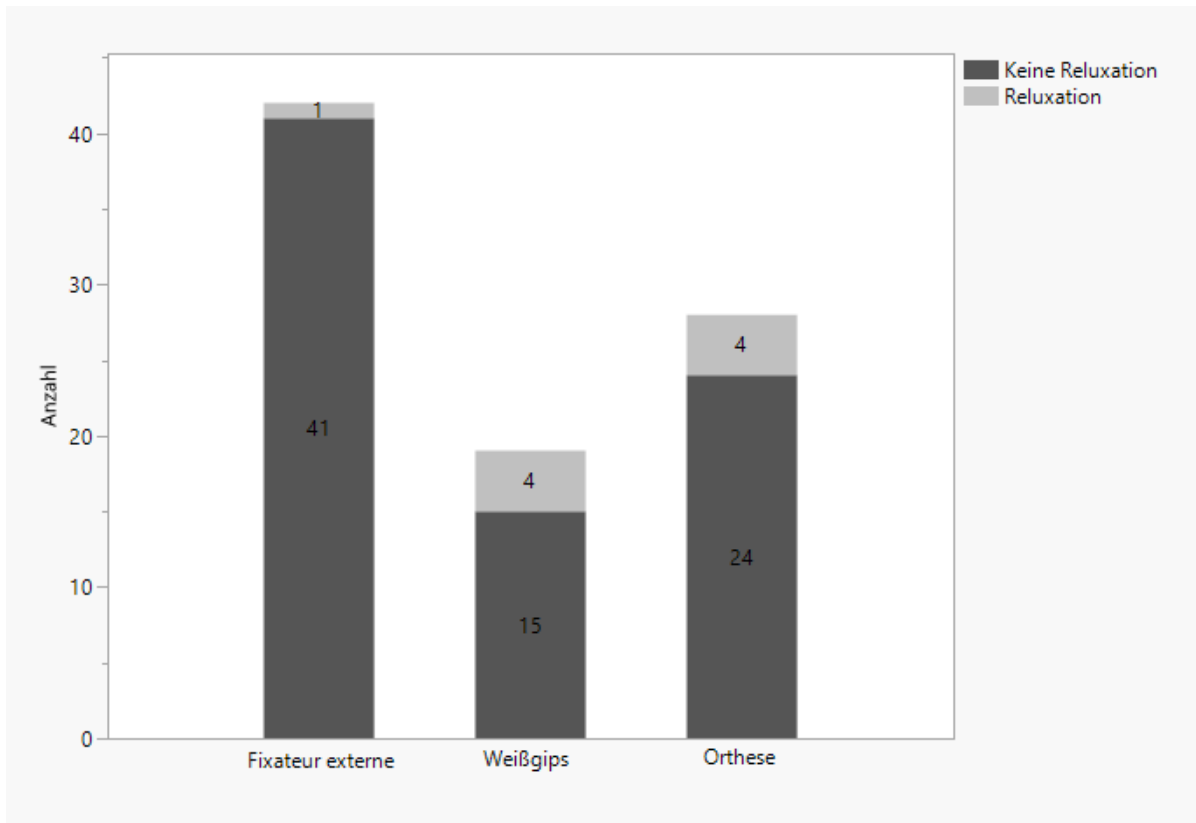


Abbildung 25: Relaxationsraten getrennt nach Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe “Sonstige“

Gleiches gilt für die Rate an angestregten Weichteilen (fisher exact test, $p=1,0$). Wundheilungsstörungen traten in dieser Gruppe bei keinem Patienten mit konservativer Ruhigstellung auf.

3.6 Zusammenfassung

- Es konnten 657 Patienten als Studienpopulation betrachtet werden. Anhand der Frakturklassifikation wurden vier Subgruppen (Trimalleolar, Bimalleolar stabil, Bimalleolar instabil, Sonstige) gebildet, welche jeweils mit geeigneten statistischen Methoden hinsichtlich der Fragestellung untersucht wurden. Hierbei entsprach die Verteilung der Patienten auf die jeweiligen Gruppen den zu erwartenden Häufigkeiten.
- 175 Patienten erhielten als initiale Ruhigstellung einen Fixateur externe, bei 29 konnte keine Information zur initialen Ruhigstellung erhoben werden, die restlichen 453 wurden mit einer Orthese oder einem Weißgips versorgt.
- In den Gruppen “Trimalleolär“, “Bimalleolär instabil“ und “Sonstige“ konnten abhängig von der Art des konservativen Ruhigstellungsverfahrens keine signifikanten Unterschiede in der Zeit bis zum Primäreingriff sowie bis zur Ausversorgung und in der Krankenhausverweildauer festgestellt werden. Analog dazu bestanden in keiner der genannten Gruppen signifikante Unterschiede bezüglich der Relaxationsrate, der Rate an präoperativ angestregten Weichteilen oder postoperativen Wundheilungsstörungen.
- Zur Gruppe “Bimalleolär stabil“ konnten lediglich 13 Patienten zugeordnet werden, aufgrund der geringen Anzahl wurde auf statistische Auswertungen verzichtet.

4 Diskussion

4.1 Studienlage

Trotz ausgiebiger Literaturrecherche konnten bisher keine Studien ausfindig gemacht werden, welche sich dem Vergleich von Ruhigstellungsverfahren im präoperativen Setting analog der hier vorliegenden Untersuchungen widmen. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die epidemiologische Signifikanz von Frakturen des oberen Sprunggelenkes bemerkenswert. Nichtsdestotrotz liegen zur vergleichenden Einordnung zahlreiche Publikationen vor, die in unterschiedlicher Weise die Gegenüberstellung von Ruhigstellungsverfahren im postoperativen Setting betrachten. Wie bereits an früherer Stelle erwähnt existiert eine Studie von Stöckle *et al.* (Cast immobilization versus vacuum stabilizing system. Early functional results after osteosynthesis of ankle joint fractures), welche im postoperativen Setting eine Überlegenheit der Vacuumorthese gegenüber konventioneller Ruhigstellung mittels Weißgips hinsichtlich des funktionellen Outcomes postuliert [47]. Lehtonen *et al.* veröffentlichten im Jahre 2003 einen Artikel (Use of a cast compared with a functional ankle brace after operative treatment of an ankle fracture), der sich für die Gleichwertigkeit beider Methoden in dieser Hinsicht ausspricht; wird hier jedoch eine Tendenz zu mehr Komplikationen im Sinne von Wundheilungsstörungen in der Gruppe der Orthesen diskutiert. Eine aktuelle Publikationen aus dem Jahre 2024 von Baji *et al.* (Use of removabal support boot versus cast for early mobilisation after ankle fracture surgery: cost-effectiveness analysis and qualitative findings of the Ankle Recovery Trial (ART)) spricht sich bezüglich Kosteneffektivität ebenfalls für Gleichwertigkeit aus.

Im Folgenden sollen die aus der hier durchgeführten Studie vorliegenden Ergebnisse hinsichtlich verschiedener Aspekte im Kontext dieser und anderer vergleichbarer Arbeiten kritisch diskutiert werden.

4.2 Material und Methoden

Für diese Arbeit wurde ein monozentrisches, retrospektives Studiendesign gewählt und mittels Controlling und Selektionskriterien die Studienpopulation selektiert. Es ist an-

zumerken, dass der Fakt einer retrospektiven, nicht randomisierten Studie wie hier durchgeführt einige Einschränkungen mit sich bringt. Bei der Datenerhebung musste sich ausschließlich auf Bildgebung, die Einschätzung und die klinische Dokumentation der Untersuchenden verlassen werden. Hier zeigten sich deutliche Unterschiede in der Ausführlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Dokumentation, so dass sich teils fehlende Daten aufgrund nicht aufzufindender Informationen ergaben. Die Frakturklassifikation, welche die Grundlage für die Zuordnung der Patienten zu den in der Studie betrachteten Frakturgruppen bildete, wurde bei der Datenerhebung anhand der bildgebenden Befunde festgelegt. Dies diente dazu, eine möglichst einheitliche Einschätzung und höhere Reliabilität durch lediglich einen, konstanten Beurteilenden zu gewährleisten. Es zeigten sich teils Abweichungen von der initial von den Erstuntersuchenden festgelegten Einschätzungen. An dieser Stelle kann nicht ausgeschlossen werden, dass es aufgrund einer niedrigen Interrater-Reliabilität durch verschiedenen Sichtweisen und Beurteilungen der Erstuntersuchenden bei weiteren erhobenen Daten zu einer Informationsbias kam. Des weiteren oblag die initiale Ruhigstellung wie bereits erwähnt keinem randomisierenden Verfahren, sondern der Entscheidung und somit eventuell auch der Präferenz des Versorgenden. Dies schränkt die Vergleichbarkeit der Ergebnisse insofern ein, als dass hier möglicherweise ein Selektionsbias vorliegt. Zudem ergaben sich so teils bemerkenswerte Unterschiede in der Gruppengröße (vgl. bspw. Tab. 3, Ruhigstellung bimalleolär-stabiler Frakturen: 33 im Weißgips vs. siebenzig im VacoPed-Stiefel).

Andere Autoren wie beispielsweise Stöckle *et al.* oder Franke *et al.* (The dynamic vacuum orthosis: a functional and economical benefit?) haben sich für ein prospektiv-randomisiertes Vorgehen entschieden, größere Studien nutzen auch einen multizentrisch-randomisierten Ansatz. Hiermit kann ein deutlich höheres Evidenzlevel erreicht werden; gilt doch nach Angabe des gemeinsamen Bundesausschusses für verfahrenstechnische und methodische Anforderungen an die Bewertung einer Untersuchungs- u. Behandlungsmethoden für eine retrospektive vergleichende Studie lediglich Evidenzlevel III, während eine randomisierte klinische Studie bereits Level Ib erreicht [16].

Die erhobenen Parameter und die genutzten statistischen Tests waren dennoch zielfüh-

rend zur Beantwortung der vorher festgelegten Fragestellungen. Der Effekt der diskutierten Limitationen auf die Studienergebnisse kann als vernachlässigbar gering eingeschätzt werden, trotzdem sollte bei weiterführenden Untersuchungen zugunsten der Evidenz ein prospektiv-randomisiertes Studiendesign gewählt werden.

4.3 Studienpopulation

Wie in der Einleitung bereits erläutert, ist der Literatur zufolge die häufigste Unterform der OSG-Fraktur die isolierte Fraktur der Fibula auf Höhe der Syndesmose [7]. Dies hat sich in den hier ausgewerteten Daten gezeigt: 186 Patienten der Gruppe “Sonstige“ (insg. 324) wiesen eine isolierte Weber-B-Fraktur auf und stellen damit den größten Anteil dar. Ebenso werden die beiden epidemiologischen Häufigkeitsgipfel (Männer unter dreißig Jahre und Frauen über sechzig Jahre [1]) annähernd übereinstimmend abgebildet, wobei der Hauptanteil der Frauen in der hier betrachteten Studienpopulation geringfügig jünger war. Es kann somit und auch in Anbetracht der anderen ausgewerteten Parameter davon ausgegangen werden, dass die Studienpopulation eine repräsentative Stichprobe der Grundgesamtheit darstellt. Mit insgesamt 657 eingeschlossenen Patienten betrachtet diese Studie eine vergleichsweise hohe Anzahl an Patienten für eine lediglich monozentrische Erhebung. Lehtonen *et al.* untersuchten 100 Patienten mit instabiler und/oder luxierter Weber-A oder Weber-B Fraktur [29], andere monozentrische Studien wurden lediglich mit 40 [47] oder 27 Patienten [14] durchgeführt.

Erwähnenswert ist, dass die Einschlusskriterien der Studie großzügig gewählt wurden. Dies ergab zum Einen den Vorteil einer großen Studienpopulation, ist aber hinsichtlich einer großen Varianz innerhalb der betrachteten Patienten kritisch zu hinterfragen. Beispielsweise wurden sowohl polytraumatisierte/mehrfachverletzte Patienten als auch Patienten mit isolierten OSG-Frakturen in den gleichen Gruppen betrachtet, sobald die gleiche Fraktur vorlag. Hieraus ergeben sich große Unterschiede hinsichtlich z.B. der Krankenhausverweildauer, welche vermutlich nicht oder nicht ausschließlich auf das Ruhigstellungsverfahren zurückzuführen sind. Eine engere Wahl der Teilnehmer zulasten der Gruppengröße, aber zugunsten der besseren Vergleichbarkeit sollte bei weiteren

Studien diskutiert werden. Hierdurch kann die Validität der Studie ggf. erhöht werden.

4.4 Ergebnisse

Es bleibt letztlich die Frage zu diskutieren, welches Verfahren nun im präoperativen Setting bevorzugt eingesetzt werden soll. Anhand der statistischen Auswertungen ergeben sich in keiner Gruppe signifikante Unterschiede der beiden konservativen Methoden zur Ruhigstellung. Rein auf die betrachteten Endpunkte reduziert kann also bisher keinem Verfahren der klare Vorzug gegeben werden. Allerdings gibt es im klinischen Alltag weitere Aspekte, die nicht außer Acht zu lassen sind.

4.4.1 Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit

Zum einen kann der wirtschaftliche Aspekt betrachtet werden. Angenommen, ein Patient mit einer höhergradigen Fraktur wird zur präoperativen Ruhigstellung stationär aufgenommen, erfolgt die Vergütung des stationären Falles in Höhe der entsprechenden Fallkostenpauschale zuzüglich der Zuschläge gemäß Krankenhausentgeltgesetz (KHEntgG) und ist somit - abgesehen von speziell definierten Zusatzentgelten - unabhängig von den Materialkosten. Um genauere vergleichende Überlegungen hinsichtlich eines möglichen finanziellen Unterschiedes zu tätigen, zeigt sich die hier betrachtete Studienpopulation in ihren Diagnosen, Prozeduren und Verweildauern zu heterogen. Jedoch lässt sich vermuten, dass sich bei Patienten mit ähnlichen Verletzungen, deren Aufenthalt jeweils innerhalb der vorgesehenen Verweildauern liegt, kein finanzieller Unterschied ergeben wird. Baji *et al.* haben dies in ähnlicher Form untersucht: es existiert eine aktuelle Publikation aus dem Jahre 2024, welche luftgestützte Orthesen gegenüber konventionellem Gips mitunter hinsichtlich der Kosteneffizienz bzw. der finanziellen Belastung für das Gesundheitssystem betrachtet. Dabei ergibt sich aus dieser in England durchgeführten multizentrischen Arbeit im Endeffekt lediglich ein vernachlässigbar kleiner Unterschied in den Kosten, weshalb sich nach den Autoren bei der Entscheidung auf die Präferenzen von Patienten und Behandlern gestützt werden kann. Zur Vergleichbarkeit ist zu sagen, dass die Autoren ein enger selektiertes Patientenkollektiv eingeschlossen haben, so wur-

den beispielsweise alle Patienten mit Komorbiditäten, offenen Frakturen und schlechten Hautverhältnissen im Operationsgebiet ausgeschlossen. Auch sind die Annahmen zu den Kosten aufgrund der unterschiedlichen Gesundheitssysteme nicht eins zu eins auf Deutschland übertragbar [4].

Was die Lebensdauer der eingesetzten Materialien angeht ist zu sagen, dass eine Orthese nach Abnahme an den Hersteller zurückgesendet werden kann und Teile davon aufbereitet und wieder verwendet werden können; die Kosten dafür trägt der Hersteller und die Orthese fungiert, beispielsweise bei der Firma OPED, nur als Mietobjekt [32]. Hinsichtlich Nachhaltigkeit ist sie so klar dem Gips überlegen, welcher nach Aufsagen und Abnahme entsorgt werden muss. Selbst wenn nach der operativen Versorgung weiterhin die Ruhigstellung mit einem Weißgips erfolgen soll, muss dieser neu angelegt und ggf. im Verlauf auch erneuert werden. Dies sorgt für erneuten Aufwand und Materialkosten und Personalbindung.

4.4.2 Patienten-, und Anwenderzufriedenheit

Bezüglich der Integration in den Arbeitsablauf lässt sich sagen, dass wie bereits erwähnt die Anlage des Stiefels als Erstversorgung deutlich schneller und unkomplizierter ist als die Anlage eines Weißgips und bei richtiger Lage des Fuß im Stiefel zuverlässiger ein Winkel von 90 ° im OSG gewährleistet werden kann. Eine, maximal zwei Pflegekräfte werden hierzu benötigt. Für die korrekte Anlage eines Weißgips sind sowohl im Idealfall drei Pflegekräfte als auch das Wissen um die richtige Anlage nötig. Auch die präoperative Abnahme der Orthese gestaltet sich einfacher, da z.B. keine Gipssäge im OP benötigt wird. Dies könnte ein Aspekt sein, welcher sowohl die Zuverlässigkeit der Ruhigstellung unabhängig vom Anlegenden als auch die Zufriedenheit des Anwenders im Sinne des Pflegepersonals erhöht.

Ebenfalls nicht zu Vernachlässigen ist die Patientenzufriedenheit. Der entscheidende Vorteil einer Orthese liegt hier in der Möglichkeit zum Öffnen und zur Anpassung an sich eventuell verändernde Weichteilverhältnisse (beispielsweise Schwellungszustände). Ebenso kann das Innenfutter ausgetauscht und gewaschen werden, was den Komfort mögli-

cherweise erhöht. Der Fuß kann theoretisch zur Körperpflege erreicht und zumindest abgewaschen oder eingecremt werden, was insbesondere in der älteren Population möglicherweise einen Vorteil darstellt (vulnerabelere Hautverhältnisse bei z.B. Diabetikern, Patienten mit chronisch venöser Insuffizienz (CVI)). Sollten sich relevante Weichteilkomplikationen wie z.B. bei offenen Frakturen oberflächliche Wundinfektionen ergeben, können diese lokal therapiert und der Stiefel danach wieder verschlossen werden. Lehtonen *et al.* und Baji *et al.* haben in ihren Studien jeweils auch Erhebungen zur Patientenzufriedenheit durchgeführt, wobei sich kein bzw. ein leichter Vorzug für die Orthese ergeben hat [29, 4]. Bei Franke *et al.* zeigte sich die untersuchte Patientenzufriedenheit hinsichtlich Komfort und Schmerz in der Orthesen-Gruppe signifikant besser [14].

4.4.3 Komplikationen

Diese Flexibilität kann allerdings auch zu Lasten einer konsequenten und sicheren Immobilisation gehen, sollte der Patient beispielsweise durch fehlende Compliance oder falsche/fehlende Information die Orthese präoperativ abnehmen. Ein Weißgips ermöglicht lediglich die Weichteilbeurteilung durch ein ggf. eingesägtes Fenster und muss, sollten sich relevante Änderungen der Weichteilverhältnisse ergeben, komplett neu angelegt werden. Auch ist keine Hautpflege möglich, was sich beispielsweise durch Juckreiz negativ für den Patienten niederschlagen kann. Die Ruhigstellung ist bei gutem Sitz möglicherweise zuverlässiger und unabhängig von der Compliance gesichert, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass sowohl der gute Sitz und der optimale Winkel im OSG nicht immer gewährleistet werden können und möglicherweise vom Anleger abhängig sind. Lehtonen *et al.* zeigten in ihrem Artikel eine leichte, allerdings nicht signifikante Tendenz zu mit der Wunde assoziierten Komplikationen (beispielsweise Wundinfekte oder Nahtdehiszenzen) in der Gruppe der mit einer Orthese versorgten Patienten [29]. Die Metaanalyse von Thomas *et al.* (Early mobilization of operatively fixed ankle fractures: a systematic review) berichtet insgesamt über eine signifikant höhere Rate an Wundinfektionen in der Gruppe der Patienten, welchen eine frühfunktionelle Mobilisation durch eine Orthesen-Ruhigstellung ermöglicht wurde; jedoch zeigt keine der eingeschlossenen

Studien eine so hohe Rate an Infekten wie von Lehtonen *et al.* beschrieben [50].

Es ergaben sich in der hier vorliegenden Studie keine signifikanten Unterschiede in der Rate der Wund-, und Weichteilkomplikationen präoperativ, allerdings zeigt sich der betrachtete Zeitraum bis zur operativen Ausversorgung bei den meisten Patienten auch sehr kurz (wenige Tage) und es wurden keine vulnerableren Patientengruppen (wie solche mit Vorerkrankungen) gesondert betrachtet. Hier bietet sich eine Gelegenheit, in Zukunft weitere Untersuchungen spezifisch an selektierteren Patientengruppen durchzuführen. Zudem muss bezüglich der Rate an postoperativ auftretenden Wundheilungsstörungen angemerkt werden, dass das Ruhigstellungsverfahren nach der Operation nicht erfasst wurde. Es kann also nicht wirklich diskutiert werden, ob das Auftreten einer Wundheilungsstörung mit dem prä- oder vielleicht auch dem postoperativen Ruhigstellungsverfahren korreliert. Lediglich der Schluss, dass generell ein verschwindend geringer Teil der untersuchten Patienten solche Komplikationen im Verlauf gezeigt hat, ist zulässig.

Als mögliche, relevante Komplikation kann des weiteren auch eine Reluxation unter Ruhigstellung auftreten; hierbei zeigt sich bei den durchgeführten Auswertungen ebenfalls kein Verfahren dem anderen überlegen. Betrachtet man die Anlage eines Weißgipses in der Notaufnahme, muss Folgendes diskutiert werden: die Anlage erfolgt durch mehrere Pflegefachkräfte, welche im Umgang mit dem Material und den Besonderheiten und Anforderung an einen korrekten Gips vertraut sein müssen. Dies erfordert zum einen eine Schulung über das Verfahren und zum Anderen steigt die Verlässlichkeit der richtigen Anlage mit zunehmender Erfahrung. Die Ruhigstellung mittels Orthese erfordert weniger Personal, weniger Geschick und ist schneller und unkomplizierter zu lernen. Zudem erfordert sie weniger Compliance hinsichtlich des Patienten, da sie schneller geht und beispielsweise kein Ruhighalten des Beins bis zu Aushärtung der Gipsbinden nötig ist. Diese Überlegungen berechtigen die Frage, ob die Ursache einer Reluxation im Gips nicht auch durch die inkorrekte Anlage oder fehlende Compliance bedingt sein kann.

4.4.4 funktionelles Outcome

Alle zur Einordnung betrachteten Arbeiten vergleichen beide Ruhigstellungsverfahren im postoperativen Setting und beschäftigen sich großteils mit dem funktionellen Outcome nach operativer Versorgung und Ruhigstellung. Hier liegt im Gegensatz zum Gips der relevante Unterschied darin, dass die Vacuum-Orthese zu frühfunktioneller Mobilisation beispielsweise kurzzeitig abgenommen werden kann und über individuelle Einstellungen zur limitierten Bewegungsfreigabe verfügt. Von Stoeckle *et al.* wurden vierzig Patienten mit geschlossener OSG-Fraktur als Monotrauma in einer randomisierten, prospektiven Studie hinsichtlich Funktion im OSG und unteres Sprunggelenk (USG) sowie der postoperativen Muskelatrophie im Vergleich zur gesunden Gegenseite betrachtet (sechs Wochen und drei Monate postoperativ). Auch wenn die Untersuchungen bereits zwischen 1996-1997 durchgeführt wurden, gibt es kaum nennenswerte Neuerungen der Ruhigstellungsverfahren und somit keinen Anhalt auf erloschene Signifikanz der Ergebnisse. Es zeigte sich, dass die Orthesen-Gruppe signifikant bessere funktionelle Ergebnisse hatte (Dorsal-, sowie Plantarflexion) als die Patienten, welche einen Weißgips erhielten. Auch beschreiben die Autoren bereits den höheren Komfort der Orthesen und beispielsweise auch die Möglichkeit zur besseren bildgebenden Kontrolle aufgrund der Röntgendurchlässigkeit der Stiefel. Dies könnte ein relevanter Aspekt auch für die präoperative Versorgung sein, beispielsweise zur Kontrolle auf Relaxation [47]. Idem dazu geben Untersuchungen von anderen Autoren Anhalt darauf, dass dieser Punkt der frühfunktionellen Mobilisation die Patienten schneller zurück zur Arbeitsfähigkeit bringt und möglicherweise das Auftreten einer tiefen Beinvenenthrombose verringert [50]. Auch in der vorliegenden Studie von Franke *et al.* zeigt sich eine deutlich bessere Plantarflexion nach Versorgung und Mobilisation mit einer Vacuum-Orthese verglichen mit Ruhigstellung im Gips [14]. Anzumerken ist, dass dies eine sehr kleine Studie mit lediglich 27 eingeschlossenen Patienten ist, womit die Aussagekraft dieser Ergebnisse sehr eingeschränkt ist. In einer Metaanalyse mit neun eingeschlossenen Arbeiten zeigt sich die vorbeschriebenen Vorteile ebenfalls in einem 6-Wochen-Intervall postoperativ, allerdings ergaben sich in keiner Studie nach einem Jahr signifikante Unterschiede im funktionellen Out-

come [50]. Lehtonen *et al.* zeigten hingegen keinen signifikanten Unterschied der beiden Ruhigstellungsverfahren hinsichtlich Funktionalität und Rückkehr zur Arbeitsfähigkeit auch in einem kurzen postoperativen Zeitraum [29]. Ebenso existiert eine multizentrische Studie von Kearney *et al.* aus dem Jahre 2021, welche an 20 Krankenhäusern in England Untersuchungen durchführte und letztendlich 16 Wochen postoperativ keinen Unterschied hinsichtlich Funktion zwischen Orthese und Ruhigstellung mittels Gips feststellen konnte [28]. Es kann also hinsichtlich dieses Aspektes keinem Verfahren sicher der Vorzug gegeben werden. Zu beachten ist zudem, dass in all diesen Untersuchungen auch zusätzliche Faktoren eine Rolle spielen (Möglichkeit zur Aufbelastung, frühfunktionelle Mobilisation und Beübung etc.) und möglicherweise das Outcome beeinflussen.

4.5 Ausblick

Bisher gibt es keine direkt vergleichbaren Studien zu der hier dargestellten Fragestellung und somit zeigt sich die Evidenzlage dünn. Es ergibt sich daraus und aus den oben beschriebenen Überlegungen aber Anhalt darauf, dass weitere Untersuchungen, ggf. mit anderem Studiendesign empfehlenswert sind. Bisher kann in Zusammenschau der vorliegenden Literatur in ähnlichem Kontext keinem Ruhigstellungsverfahren einheitlich der Vorzug gegeben werden. Da die OSG-Fraktur eine epidemiologisch für das Gesundheitssystem relevante Verletzung darstellt, sollte die Chance genutzt werden, deren Versorgung zu optimieren. Selbst wenn auch in weiteren Projekten das klinische Outcome betrachtend keine signifikante Überlegenheit eines Verfahrens festgestellt werden kann, so kann dann möglicherweise zu Gunsten der Wirtschaftlichkeit, Umwelt oder Personal- und Patientenzufriedenheit ein Verfahren präferiert werden. Hierzu sollten diese Aspekte weiter untersucht werden.

5 Zusammenfassung

In dieser retrospektiven Studie zur präoperativen Ruhigstellung von Frakturen des oberen Sprunggelenks konnten insgesamt 657 Patienten untersucht werden, welche als Studienpopulation eine gute Abbildung der Grundgesamtheit boten. Aufgeteilt in vier Subgruppen je nach Art der Verletzung wurden jeweils epidemiologische Aspekte betrachtet. Anschließend wurden gesondert und getrennt nach Art des konservativen Ruhigstellungsverfahrens vergleichende statistische Tests bezüglich Zeit bis zur primären Versorgung, Ausversorgung und der Krankenhausverweildauer sowie Reluxationsrate, Weichteilkomplikationen und Wundheilungsstörungen durchgeführt. Hierbei wurde eine Immobilisation mittels klassischem Weißgips der Verwendung einer Vacuumorthese gegenübergestellt. Es zeigte sich in keiner der Subgruppen eine Überlegenheit eines Verfahrens hinsichtlich der betrachteten Parameter: sowohl die Rate an Reluxation und damit Notwendigkeit einer Korrektur der Ruhigstellung mittels Fixateur externe als auch die Raten an Weichteilkomplikationen unterschieden sich nicht signifikant. Ebenfalls ergaben sich bezüglich der Zeit bis zur Möglichkeit einer operativen Ausversorgung und der gesamten Krankenhausverweildauer keine signifikanten Differenzen. Allerdings liegen mehrere Überlegungen vor, nach welchen bei fehlender medizinischer Überlegenheit möglicherweise trotzdem einem Verfahren der Vorzug gegeben werden kann - hier ergibt sich die Möglichkeit zu weiteren Studien bspw. hinsichtlich Anwender-, und Patientenzufriedenheit sowie Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Es existieren zudem mehrere patientenabhängige und auch -unabhängige Aspekte (beispielsweise die Fähigkeit des Anwenders zur Korrekten Anlage eines Weißgips), deren Einfluss auf die Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden kann. Aufgrund der epidemiologischen Signifikanz von Sprunggelenksfrakturen sowie der bisher reduzierten Evidenzlage aufgrund von fehlenden vergleichbaren Studien bietet sich hier die Gelegenheit, in modifiziertem und erweitertem Studiendesign weitere Betrachtungen dieser und ähnlicher Fragestellungen durchzuführen.

Abbildungsverzeichnis

1	Knöcherne Anatomie des OSG [44]	8
2	Ottawa ankle rules [46]	13
3	Algorithmus zur Beurteilung der OSG-Aufnahme [18]	14
4	Frakturklassifikation nach Danis-Weber [54]	16
5	Frakturklassifikation nach AO [15]	17
6	Flowchart zur Selektion der Studienpopulation	31
7	Altersverteilung der Studienpopulation, nach Geschlecht getrennt	34
8	Altersverteilung in der Gruppe “Trimalleolär“	38
9	Verteilung der Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe “Trimalleolär“	39
10	Vergleich der Zeit bis zum Primäreingriff bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Trimalleolär“.	41
11	Vergleich der Zeit bis zur Ausversorgung bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Trimalleolär“.	41
12	Vergleich der Krankenhausverweildauer bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Trimalleolär“.	42
13	Relaxationsraten getrennt nach Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe “Trimalleolär“	43
14	Altersverteilung in der Gruppe “Bimalleolär instabil“	46
15	Verteilung der Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe “Bimalleolär instabil“	47
16	Vergleich der Zeit bis zum Primäreingriff bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Bimalleolär instabil“.	49
17	Vergleich der Zeit bis zur Ausversorgung bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe “Bimalleolär instabil“.	49

18	Vergleich der Krankenhausverweildauer bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe "Bimalleolär instabil".	50
19	Relaxationsraten getrennt nach Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe "Bimalleolär instabil"	51
20	Altersverteilung in der Gruppe "Sonstige"	52
21	Verteilung der Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe "Sonstige"	53
22	Vergleich der Zeit bis zum Primäreingriff bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe "Sonstige".	55
23	Vergleich der Zeit bis zur Ausversorgung bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe "Sonstige".	55
24	Vergleich der Krankenhausverweildauer bei (sub)luxierten Frakturen zwischen Ruhigstellung im Gips bzw. Orthese innerhalb der Gruppe "Sonstige".	56
25	Relaxationsraten getrennt nach Ruhigstellungsverfahren in der Gruppe "Sonstige"	57

Tabellenverzeichnis

1	Ein-, und Ausschlusskriterien	30
2	Übersicht der erhobenen Parameter in der Gesamtpopulation und nach Frakturgruppen getrennt	35
3	Ruhigstellung nach Frakturgruppen getrennt	37
4	Trimalleoläre und initial (sub)luxierte Frakturen	40
5	Bimalleoläre Frakturen mit stabiler Syndesmose und initialer (sub)Luxation	45
6	Bimalleoläre Frakturen mit instabiler Syndesmose und initialer (sub)Luxation	48
7	Sonstige Frakturen mit initialer (sub)Luxation	54

Literatur

- [1] Mona Abbara-Czardybon u. a. *Fuß und Sprunggelenk*. Expertise Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag, 2021. ISBN: 978-3-13-201751-1. DOI: 10.1055/b006149527.
- [2] Rene Aigner. *Alterstraumatologie*. 1. Auflage. Georg Thieme Verlag, 2016. ISBN: 978-3-13-177191-9.
- [3] A. Alonso, L. Khoury und R. Adams. „Clinical tests for ankle syndesmosis injury: reliability and prediction of return to function“. In: *0190-6011* 27.4 (1998), S. 276–284. ISSN: 0190-6011. DOI: 10.2519/jospt.1998.27.4.276.
- [4] Petra Baji u. a. „Use of removable support boot versus cast for early mobilisation after ankle fracture surgery: cost-effectiveness analysis and qualitative findings of the Ankle Recovery Trial (ART)“. In: *BMJ open* 14.1 (2024), e073542. DOI: 10.1136/bmjopen-2023-073542.
- [5] Jan Bartoníček. „Early history of operative treatment of fractures“. In: 130.11 (2010), S. 1385–1396. DOI: 10.1007/s00402-010-1082-7.
- [6] Jan Bartoníček u. a. „Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures“. In: 135.4 (2015), S. 505–516. DOI: 10.1007/s00402-015-2171-4.
- [7] Andreas Baumann. „Konservative Therapie bei Frakturen des oberen Sprunggelenks“. In: *0177-5537* 124.3 (2021), S. 175–180. ISSN: 0177-5537. DOI: 10.1007/s00113-021-00960-5.
- [8] Sebastian Felix Baumbach und Hans Polzer. „Sprunggelenksfrakturen“. In: *1611-7859* 16.06 (2021), S. 631–644. ISSN: 1611-7859. DOI: 10.1055/a-1377-7464.
- [9] M. Beck und T. Mittlmeier. „Spezielle Probleme und Sptfolgen nach OSG-Fraktur“. In: *1436-6274* 6.S04 (2004), S408–S416. ISSN: 1436-6274. DOI: 10.1007/s10039-003-0805-1.

- [10] Eric M. Black u. a. „Role of preoperative computed tomography scans in operative planning for malleolar ankle fractures“. In: 34.5 (2013), S. 697–704. DOI: 10.1177/1071100713475355.
- [11] Shannon David u. a. „Validation of the Ottawa Ankle Rules for Acute Foot and Ankle Injuries“. In: 25.1 (2016), S. 48–51. DOI: 10.1123/jsr.2014-0253.
- [12] enovis. „Produktinformation Aircast airselect elite walker“. In: (2024). URL: <https://www.enovis-medtech.de/AIRCAST-AIRSELECT-Elite-Walker> (besucht am 27.12.2024).
- [13] M. Frank, K. Bauwens und A. Ekkernkamp. „Frakturen des oberen Sprunggelenkes“. In: 38.10 (2009), 981–94, quiz 995–6. DOI: 10.1007/s00132-009-1497-4.
- [14] Jochen Franke u. a. „The dynamic vacuum orthosis: a functional and economical benefit?“ In: 0341-2695 32.2 (2008), S. 153–158. ISSN: 0341-2695. DOI: 10.1007/s00264-006-0306-5.
- [15] G5. „Müller AO Classification of Fractures - Long Bones“. In: (). URL: https://iorg.co.in/wp-content/uploads/2013/12/mueller_ao_class.pdf (besucht am 27.12.2024).
- [16] GBA. „Informationsblatt: Verfahrenstechnische und methodische Anforderungen an die Bewertung einer Untersuchungs- u. Behandlungsmethode“. In: (2025). URL: https://www.g-ba.de/downloads/17-98-3562/Infoblatt_methodische-Anforderungen_2013-10-10.pdf (besucht am 01.05.2025).
- [17] Rene Gerlach u. a. „Temporizing cast immobilization is a safe alternative to external fixation in ankle fracture-dislocation while posterior malleolar fragment size predicts loss of reduction: a case control study“. In: 23.1 (2022), S. 698. DOI: 10.1186/s12891-022-05646-6.
- [18] Hans Goost u. a. „Fractures of the ankle joint: investigation and treatment options“. In: 111.21 (2014), S. 377–388. DOI: 10.3238/arztebl.2014.0377.

- [19] Ren Grass u. a. „Frakturen des oberen Sprunggelenks Klassifikation und operative Standardversorgung“. In: *1436-6274* 5.0 (2003), s272–s276. ISSN: 1436-6274. DOI: 10.1007/s10039-002-0693-9.
- [20] Mohamad J. Halawi und Michael P. Morwood. „Acute Management of Open Fractures: An Evidence-Based Review“. In: 38.11 (2015), e1025–33. DOI: 10.3928/01477447-20151020-12.
- [21] N. Harrasser u. a. „Arthrose des oberen Sprunggelenks“. In: 46.7 (2017), S. 625–638. DOI: 10.1007/s00132-017-3435-1.
- [22] Philippe Hernigou. „History of external fixation for treatment of fractures“. In: *0341-2695* 41.4 (2017), S. 845–853. ISSN: 0341-2695. DOI: 10.1007/s00264-016-3324-y.
- [23] Andreas Hirner und Kuno Weise, Hrsg. *Chirurgie*. 2., überarb. Aufl. Thieme electronic Book Library. Thieme, 2008. ISBN: 978-3-13-130842-9. DOI: 10.1055/b-002-21518. URL: <https://eref.thieme.de/ebooks/825869>.
- [24] Luckshmana Jeyaseelan u. a. „Outcomes of posterior malleolar fixation in ankle fractures in a major trauma centre“. In: *0020-1383* 52.4 (2021), S. 1023–1027. ISSN: 0020-1383. DOI: 10.1016/j.injury.2020.12.006.
- [25] J. Joseph u. a. „Compartment syndrome following isolated ankle fracture“. In: *0341-2695* 24.3 (2000), S. 173–175. ISSN: 0341-2695. DOI: 10.1007/s002640000128.
- [26] Konrad Kamin u. a. „Fixateur externe: temporäre Fixation und Weichteilmanagement am oberen Sprunggelenk“. In: 32.5 (2020), S. 421–432. DOI: 10.1007/s00064-020-00677-5.
- [27] P. Kannus u. a. „Increasing number and incidence of low-trauma ankle fractures in elderly people: Finnish statistics during 1970-2000 and projections for the future“. In: *8756-3282* 31.3 (2002), S. 430–433. ISSN: 8756-3282. DOI: 10.1016/s8756-3282(02)00832-3.

- [28] Rebecca Kearney u. a. „Use of cast immobilisation versus removable brace in adults with an ankle fracture: multicentre randomised controlled trial“. In: *BMJ (Clinical research ed.)* 374 (2021), n1506. DOI: 10.1136/bmj.n1506.
- [29] Hannu Lehtonen u. a. „Use of a cast compared with a functional ankle brace after operative treatment of an ankle fracture. A prospective, randomized study“. In: *0021-9355* 85.2 (2003), S. 205–211. ISSN: 0021-9355. DOI: 10.2106/00004623-200302000-00004.
- [30] M. Müller-Gerbl. „Anatomie und Biomechanik des oberen Sprunggelenks“. In: 30.1 (2001), S. 3–11. DOI: 10.1007/s001320050567.
- [31] Hans Wolfram Neumann. *AE-Manual der Endoprothetik*. Springer, 2011. ISBN: 978-3-642-14885-9. URL: <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=884864>.
- [32] OPED. „Produktinformation VacoPed“. In: (2024). URL: <https://oped.de/produkte/product-vacoped> (besucht am 27.12.2024).
- [33] Ossur. „Produktinformation Rebound Air Walker“. In: (2024). URL: <https://www.ossur.com/de-de/orthetik/fuss-and-sprunggelenk/rebound-air-walker> (besucht am 27.12.2024).
- [34] L. Özokyay, G. Muhr und F. Kutscha-Lissberg. „Anerkannte Indikationen zur konservativen Frakturbehandlung“. In: *1436-6274* 6.S1 (2004), S76–S78. ISSN: 1436-6274. DOI: 10.1007/s10039-004-0867-8.
- [35] S. Rammelt, R. Grass und H. Zwipp. „Sprunggelenkfrakturen“. In: *0177-5537* 111.6 (2008), 421–37, quiz 438. ISSN: 0177-5537. DOI: 10.1007/s00113-008-1460-6.
- [36] S. Rammelt, H. Zwipp und T. Mittlmeier. „Therapie der sprunggelenksluxationsfrakturen vom pronationstyp“. In: 25.3 (2013), 273–91, quiz 291–3. DOI: 10.1007/s00064-013-0235-6.
- [37] S. Rammelt u. a. „Anatomie, Biomechanik und Klassifikation der Sprunggelenkfrakturen“. In: *1436-6274* 6.S04 (2004), S384–S392. ISSN: 1436-6274. DOI: 10.1007/s10039-003-0804-2.

- [38] Stefan Rammelt, Hrsg. *Fuß- und Sprunggelenkchirurgie*. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Thieme, 2021. ISBN: 978-3-13-241983-4. URL: https://eref.thieme.de//ebooks/cs_16616879.
- [39] Stefan Rammelt u. a. „Frakturen der lateralen Tibiavorderkante : Der vierte Knöchel“. In: *0177-5537* 124.3 (2021), S. 212–221. ISSN: 0177-5537. DOI: 10.1007/s00113-021-00959-y.
- [40] J. Recum u. a. „Frische Verletzung des OSG“. In: *1436-6274* 8.S1 (2006), S14–S19. ISSN: 1436-6274. DOI: 10.1007/s10039-006-1110-6.
- [41] Adnan Saithna u. a. „The influence of timing of surgery on soft tissue complications in closed ankle fractures“. In: *1633-8065* 19.7 (2009), S. 481–484. ISSN: 1633-8065. DOI: 10.1007/s00590-009-0455-5.
- [42] Hanns-Peter Scharf u. a., Hrsg. *Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2., korrigierte Auflage. Elsevier Urban & Fischer, 2011. ISBN: 978-3-437-24401-8.
- [43] Tim Schepers u. a. „The timing of ankle fracture surgery and the effect on infectious complications; a case series and systematic review of the literature“. In: *0341-2695* 37.3 (2013), S. 489–494. ISSN: 0341-2695. DOI: 10.1007/s00264-012-1753-9.
- [44] Michael Schünke, Erik Schulte und Udo Schumacher. *Prometheus LernAtlas der Anatomie - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag and Thieme, 2011. ISBN: 978-3-13-139524-5. DOI: 10.1055/b-004-134445. URL: https://eref.thieme.de/ebooks/866308#/ebook_866308_SL8243813.
- [45] James P. Stannard, Andrew H. Schmidt und Philip J. Kregor. *Spezielle Unfallchirurgie*. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, 2020. ISBN: 978-3-13-147352-3. URL: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:24-epflicht-1929487>.
- [46] I. Stiell. „Ottawa ankle rules“. In: *0008-350X* 42 (1996), S. 478–480. ISSN: 0008-350X.

- [47] U. Stöckle u. a. „Gipsruhigstellung versus Vakuumstützsystem. Frühfunktionelle Ergebnisse nach Osteosynthese von Sprunggelenksfrakturen“. In: *0177-5537* 103.3 (2000), S. 215–219. ISSN: 0177-5537. DOI: 10.1007/s001130050525.
- [48] Ulrike Szeimies, Axel Stäbler und Markus Walther, Hrsg. *Bildgebende Diagnostik des Fußes und Sprunggelenks*. 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, 2020. ISBN: 978-3-13-240800-5. URL: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:24-epflucht-1931275>.
- [49] Direk Tantigate u. a. „Timing of Open Reduction and Internal Fixation of Ankle Fractures“. In: 12.5 (2019), S. 401–408. DOI: 10.1177/1938640018810419.
- [50] Gethin Thomas, Helen Whalley und Chetan Modi. „Early mobilization of operatively fixed ankle fractures: a systematic review“. In: *Foot & ankle international* 30.7 (2009), S. 666–674. ISSN: 1071-1007. DOI: 10.3113/FAI.2009.0666.
- [51] D. B. Thordarson u. a. „The effect of fibular malreduction on contact pressures in an ankle fracture malunion model“. In: *0021-9355* 79.12 (1997), S. 1809–1815. ISSN: 0021-9355. DOI: 10.2106/00004623-199712000-00006.
- [52] S. Vetter, P. Grützner und J. Franke. „Die Therapie der OSG-Fraktur“. In: *1611-7859* 7.06 (2013), S. 467–484. ISSN: 1611-7859. DOI: 10.1055/s-0032-1324884.
- [53] Alice Wichelhaus und Thomas Mittlmeier. „OSG-Frakturen Weber-B/C: was ist Standard?“ In: *0178-1715* 30.02 (2015), S. 66–75. ISSN: 0178-1715. DOI: 10.1055/s-0034-1383218.
- [54] Mohammad Abdul Hafidz Yakob, Sa Jamaludin und K. Pande. „Observer variation in ankle fracture classification amongst orthopaedic surgeons in Brunei Darussalam“. In: (2014). URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Observer-variation-in-ankle-fracture-classification-Abdul-Yakob/f842bc0731876adfef5cf7909a8fcb97f26e0b36>.
- [55] Guang H. Yim und Joseph T. Hardwicke. „The Evolution and Interpretation of the Gustilo and Anderson Classification“. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 100.24 (2018), e152. DOI: 10.2106/JBJS.18.00342.

- [56] H. Zwipp u. a. „Arthrodesen - Pseudarthrosen am Sprunggelenk. Die fehlgeschlagene Arthrodesen“. In: *0009-4722* 70.11 (1999), S. 1216–1224. ISSN: 0009-4722. DOI: 10.1007/s001040050773.

Erklärung zum Eigenanteil

Die vorliegende Arbeit wurde an der BG Unfallklinik Tübingen unter der Betreuung von Prof. Dr. med. Tina Histing durchgeführt. Das Konzept der Studie wurde gemeinsam mit Hr. Dr. med. Alexander Zimmermann, Hr. Dr. med. Maximilian Menger, Fr. Dr. med. Marie Reumann und Fr. PD Dr. med. Mika Rollmann erarbeitet, welche im Verlauf an der Betreuung der Studie beteiligt waren und mir mit wertvollen Ratschlägen zur Seite standen. Ebenfalls erfolgte eine Korrektur des Manuskripts durch Fr. Dr. Reumann und Fr. PD Dr. Rollmann. Die Erstellung und Ausgabe der Patientenliste, aus denen die Studienpopulation selektiert wurde, erfolgte dankenswerterweise über das Controlling der BG Unfallklinik Tübingen. Die Literaturrecherche, Datenerhebung, statistische Auswertung und Anfertigung des Manuskripts erfolgte selbstständig von mir. Ich versichere, das Manuskript selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den

Danksagung

An dieser Stelle gilt mein herzlicher Dank

- Fr. Prof. Dr. med Histing, Fr. PD Dr. med. Rollmann, Fr. Dr. med. Reumann und den Herren Dres. Zimmermann und Menger für die unkomplizierte und niederschwellige Zusammenarbeit sowie die stets offenen Ohren für meine Fragen.
- dem Controlling der BG Unfallklinik Tübingen für die freundliche Unterstützung und schnelle und übersichtliche Bereitstellung der Daten.
- Fr. Feng vom Institut für klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie für die statistische Beratung.
- “meinem“ OP-Team der Steinlachlinik Mössingen - ihr habt mich nie den Glauben an mich, meine chirurgische Karriere und das erfolgreiche Beenden dieser Arbeit verlieren lassen. Danke für 6 Jahre gemeinsames Meistern aller Höhen und Tiefen und eure Begleitung auf meinem Weg vom Haken zum Skalpell - und darüber hinaus.