

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Campus Virchow Klinikum, der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Identifikation von Risikofaktoren für Komplikationen nach operativ versorgter Malleolarfraktur

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Niklas Tuttle

aus Bamberg

Datum der Promotion: 04.06.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Abbildungsverzeichnis.....	4
2	Tabellenverzeichnis.....	5
3	Abkürzungsverzeichnis.....	6
4	Abstrakt / Abstract	7
5	Einleitung.....	9
5.1	Historischer Rückblick	9
5.2	Epidemiologie.....	10
5.3	Therapie der Malleolarfrakturen	12
5.4	Ziel der Arbeit.....	13
6	Material und Methoden.....	13
6.1	Ein- und Ausschlusskriterien	13
6.1.1	Zusammensetzung des Datensatzes und Einschlusskriterien	13
6.1.2	Ausschlusskriterien	14
6.1.3	Definition von Komplikationen.....	15
6.2	Verwendete Klassifikationen	15
6.2.1	Frakturklassifikation	15
6.2.2	Klassifikation des Weichteilschadens	17
6.3	Operationsverfahren und chirurgische Versorgung	17
6.4	Statistische Methoden	20
7	Ergebnisse	20
7.1	Epidemiologische Aspekte des Datensatzes.....	20
7.2	Erhobene Parameter	21
7.2.1	Auswertung nach Verletzungszeitpunkt.....	22
7.2.2	Frakturlokalisierung.....	22
7.2.3	Frakturtyp.....	23
7.2.4	Offene versus geschlossene Fraktur	24
7.2.5	Weichteilschaden und Transfixation	24
7.2.6	Syndesmoseninstabilität	25
7.2.7	Zeitlicher Verlauf des stationären Aufenthaltes.....	26
7.2.8	Nikotinabusus	27
7.2.9	ASA-Klassifikation.....	27
7.2.10	OP-Dauer	28
7.2.11	Elektive Implantatentfernung	28

7.3	Komplikationen.....	30
7.3.1	Allgemeines	30
7.3.2	Ossär assoziierte Reoperation (drei Fälle).....	32
7.3.3	Stationäre Wiederaufnahme zur IV-Antibiose (drei Fälle)	33
7.3.4	Weichteilassozierte Reoperation (18 Fälle).....	33
7.3.5	Genauere Betrachtung der B1-Frakturen.....	37
7.3.6	Genauere Betrachtung der Patienten mit Nikotinabusus	38
7.3.7	Genauere Untersuchung zur Volkmann-Fraktur	39
8	Diskussion.....	40
8.1	Aspekte der Komplikationen.....	40
8.1.1	Potentielle Risikofaktoren und Einordnung in die bestehende Literatur	40
8.1.2	Ossäre Komplikationen und Kritik an der Methodik ihrer Erhebung.....	44
8.1.3	B1-Frakturen.....	45
8.1.4	Volkmann-Fraktur	46
8.2	Syndesmosenverletzungen	47
8.3	Elektive Implantatentfernung	48
8.4	Evaluation der erhobenen Daten.....	49
8.4.1	Epidemiologischer Vergleich mit anderen Studien.....	49
8.4.2	Schwächen des Datensatzes.....	50
8.5	Fazit.....	51
9	Literaturverzeichnis	54
10	Eidesstattliche Versicherung.....	61
11	Lebenslauf	62
12	Danksagung.....	63

1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Frakturklassifikation nach Weber bzw. nach AO, modifiziert aus [19].....	16
Abbildung 2: Versorgung einer B1-Fraktur mittels interfragmentärer Zugschraube und 6-Loch-Drittelrohrplatte	18
Abbildung 3: Versorgung einer C2-Fraktur mit 7-Loch Drittelrohrplatte an der Fibula sowie Stellschraube und Zugschraubenosteosynthese am Innenknöchel.....	19
Abbildung 4: Anzahl der Operationen aufgeschlüsselt nach Jahr und Monat.....	22
Abbildung 5: Operationsdauer aufgeschlüsselt nach AO-Frakturtyp	28

2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Operationen mit Follow-Up-Anteil	21
Tabelle 2: Verteilung der Frakturtypen im ausgewerteten Kollektiv	23
Tabelle 3: Auswertung nach Anzahl betroffener Malleolarbestandteile	23
Tabelle 4: univariate Analyse des Zusammenhangs zwischen betroffenen Malleolarbestandteilen und ausgewählten Parametern	24
Tabelle 5: Zusammenhänge mit primärer Versorgung mit Fixateur externe	25
Tabelle 6: Darstellung aller mit Stellschrauben versorgten Frakturen nach Typ.....	26
Tabelle 7: Aufschlüsselung des Patientenkollektivs nach ASA-Score	27
Tabelle 8: multivariate Analyse potentieller Einflussfaktoren auf elektive Implantatentfernung	29
Tabelle 9: univariate Analyse von Zusammenhängen erhobener Parameter mit allgemeinen Komplikationen.....	32
Tabelle 10: multivariate Analyse des Zusammenhangs von Komplikationen mit in der univariaten Analyse signifikanten Parametern.....	32
Tabelle 11: Frakturtypverteilung der weichteilassozierten Komplikationen	34
Tabelle 12: Univariate Analyse der Zusammenhänge erhobener Parameter mit weichteilbedingten Revisionsoperationen.....	36
Tabelle 13: multivariate Analyse des Zusammenhangs von weichteilassozierten Reoperationen mit in der univariaten Analyse signifikanten Parametern.....	36
Tabelle 14: mikrobiologische Ergebnisse der bei der ersten Revision entnommenen Proben.....	37
Tabelle 15: multivariate Analyse des Zusammenhangs von Komplikationen mit o.g. Parametern.....	38
Tabelle 16: multivariate Analyse zum Zusammenhang von Komplikationen mit verschiedenen Parametern innerhalb des Kollektivs der Raucher	39
Tabelle 17: Univariate Analyse: Keine Volkmann Fraktur bzw. nicht adressierte Volkmann Fraktur (n=244) vs. adressierte Volkmann-Fraktur (n=27).....	40
Tabelle 18: Univariate Analyse: nicht adressierte Volkmann Fraktur (n=85) vs. adressierte Volkmann-Fraktur (n=27).....	40

3 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	.....	Abbildung
AMWF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften	
AO	.....	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ASA	.....	American Society of Anesthesiologists
BMI	.....	Body-Mass-Index
ESBL	.....	Extended-spectrum beta-lactamases
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems; Version 10	
KKE	.....	Korrelationskoeffizient
KI	.....	Konfidenzintervall
OP	.....	Operation
ORIF	.....	Open Reduction and Internal Fixation
OSG	.....	Oberes Sprunggelenk
SD	.....	Standardabweichung
Sig.	.....	Signifikanz
Tab.	.....	Tabelle

4 Abstrakt / Abstract

Deutsch:

Einleitung: Sprunggelenksfrakturen zählen zu den häufigsten Brüchen des Menschen. Aufgrund ihrer Häufigkeit wurde frühzeitig die Herausforderung einer adäquaten Behandlung erkannt. Die Therapie als solche unterliegt stetigem Wandel. Ziel dieser Arbeit ist, potenzielle Risikofaktoren für Komplikationen bei operierten Sprunggelenksfrakturen zu identifizieren.

Methodik: Es handelt sich um eine retrospektive Erhebung von operierten Malleolarfrakturen in fünf aufeinanderfolgenden Jahren innerhalb eines Krankenhauses. Insgesamt wurden 271 Fälle eingeschlossen, demographische und medizinische Parameter erhoben und statistisch ausgewertet.

Ergebnisse: In der Analyse der weichteilassozierten Komplikationen erreichten mehrere Parameter in der multivariaten Analyse das statistische Signifikanzniveau von $<0,05$. Besonders bemerkenswert ist die positive Korrelation eines späteren Operationszeitpunkts innerhalb einer Kalenderwoche mit der Komplikationsrate. Innerhalb des in sich vergleichbaren Kollektivs der nach AO als B1 klassifizierten Frakturen zeigte sich eine Korrelation zwischen Komplikationsrate und zunehmender Anzahl der eingewaschenen Chirurgen, welche knapp oberhalb des Signifikanzniveaus blieb.

Schlussfolgerung: Im Zuge des demographischen Wandels wird die Behandlung der Malleolarfraktur des geriatrischen Patienten in den kommenden Jahren in den Fokus der Forschung rücken. Überdies zeigt die Literaturrecherche, dass hauptsächlich patientenabhängige und demographische Parameter bei der Erforschung von Outcomes nach Sprunggelenksfrakturen erhoben und ausgewertet werden. Eine Akquirierung und Analyse von patientenunabhängigen Daten könnte Hinweise auf Risikokonstellationen für einen komplikativen Verlauf beherbergen.

English:

Introduction: Malleolar fractures are among the most common fractures in humans. Due to their frequency the difficulty of an adequate treatment was recognized early. The therapy of these fractures has been changing steadily. The aim of this study was to identify potential risk factors for complications in surgically treated ankle fractures.

Materials and methods: The study design was a retrospective analysis of surgically treated malleolar fractures over a period of five years within a single trauma center. In total, 271 cases were included and analyzed.

Results: Multiple parameters could be identified as independent correlators in soft-tissue complications. Remarkably, the weekday on which the surgery was performed seemed to have influence on the rate of complications. Within the AO-type B1-fractures there were indications that the number of scrubbed-in surgical personnel may have an influence on the rate of complications.

Conclusions: Demographic transition will put a spotlight on the research and treatment of malleolar fractures in elderly patients. Additionally, literature review shows that mainly patient-related and demographic parameters are being collected and examined for analyzing the outcomes of surgical procedures. Acquiring and analyzing patient-unrelated data may give indication about risk factors for complications after ankle surgery.

5 Einleitung

5.1 Historischer Rückblick

Der britische Chirurg Percival Pott beschrieb schon 1758 die Bimalleolarfraktur [1], weswegen sie im angloamerikanischen Raum noch heute gelegentlich unter diesem Namen firmiert. Der anschaulich geschriebene Artikel widmete sich auch der Luxation, durch die Sprengung der Malleolengabel ein häufiger Zustand dieser Verletzung. Potts erkannte bereits damals die Notwendigkeit einer schnellen Reposition, um ein funktionell möglichst gutes Ergebnis herzustellen. Er beschrieb den Versuch, die Gelenkstellung nach Reposition von Luxationsfrakturen mittels enger und zügelnder Verbände zu halten, ein Verfahren, welches häufig zu so ausgeprägten Druckstellen im Bereich des Innenknöchels führte, dass die Therapie abgebrochen werden musste. Dem Patienten blieb nach erneuter Luxation hier nur die Möglichkeit, unter Zuhilfenahme orthopädischen Schuhwerks mit der Deformität zu leben; im heutigen Zeitalter des externen Fixateurs schier unvorstellbare Zustände. In dem gelegentlichen Fall einer Weichteildurchspießung, die man heute als offene Fraktur bezeichnen würde, beschrieb Potts die nicht selten tödlich verlaufende konsekutive Weichteilinfektion, sofern dieser nicht durch präventive Amputation zuvorgekommen werde. Nicht unerwähnt bleiben jedoch gelegentliche spontane Heilungen.

In einer weiteren Publikation aus dem Jahre 1866 [2] beschreibt ein britischer Chirurg namens J. Hinder, der am Calcutta Nation Hospital im kolonialistisch besetzten Indien tätig ist, eine Verletzung, die man heutzutage als offene Bimalleolarfraktur beschreiben würde. Der Name des Patienten lautet Elybux, er ist ungefähr 30 Jahre alt und befindet sich zum Zeitpunkt des Ereignisses unter Alkohol- und Cannabiseinfluss. Zum Zustandekommen der Verletzung berichtet der Patient, dass er in einem Bordell mit einem Chinesen in Streit geraten war und daraufhin von diesem eine Treppe hinuntergestoßen wurde. Dass Elybux im Rahmen seiner Situation recht ruhig wirkt, wird durch den Autor als Folge der enormen Alkoholisierung, an die der Patient gewöhnt erscheint, erklärt. Schon bei Aufnahme wird dem Verletzten die Amputation seines Beines empfohlen, welche er vehement ablehnt. Es erfolgt am Aufnahmetag die Schienung der Verletzung sowie Applikation von Verbänden, Anordnung von Bettruhe, dem Patienten wird zudem Brandy in der Nacht gewährt. In den darauffolgenden Tagen verschlechtert sich der Zustand von Elybux (trotz des drei Mal täglich verabreichten Rums) zusehends, es entwickeln sich

Spannungsblasen, Weichteilgangrän und Fieber. Am 14. Tag kommt es zu einer arteriellen Blutung des Beines, woraufhin eine Amputation oberhalb des Knies vorgenommen wird. Doch auch diese kann dem Patienten nicht helfen, er verstirbt am 22. Tag nach dem Unfallereignis. Im selben Artikel beschreibt der Autor ein ähnliches Beispiel, in diesem Fall hatte sich der Patient die Verletzung, ebenfalls eine offene Bimalleolarfraktur, zugezogen, als eine Pferdekutsche über sein Bein gerollt war (der Autor merkt an, dass der Abdruck des Wagenrades auf dem Bein noch zu erkennen ist). Über den Patienten, Hajee Abdoolah, ist zu berichten, dass er ein etwa 40-jähriger körperlich starker Matrose muslimischen Glaubens ist, abstinent von Alkohol lebt und keine Vorerkrankungen hat. Auch ihm wird die Amputation empfohlen, er lehnt diese ebenfalls ab. Wie in dem ersten Fall auch erfolgt die Schienung des Beines und das Anbringen von Verbänden. Im Verlauf des Aufenthaltes kommt es zu einer erstaunlichen Genesung des Mannes, sodass er nach 52 Tagen mit nahezu wiederhergestellter Funktion seines Beines entlassen werden kann. Obwohl Hinder keine direkte Gegenüberstellung der Patienten vornimmt, so ist doch zu erkennen, dass er versucht, die unterschiedlichen Krankheitsverläufe durch die Lebensgewohnheiten der Patienten zu erklären. Noch heute widmet sich ein großer Teil der klinischen Forschung der Identifikation von Faktoren, welche den Krankheitsverlauf positiv und negativ beeinflussen könnten.

5.2 Epidemiologie

Die Malleolarfraktur gehört zu den häufigsten Frakturen des Menschen. In einer monozentrischen Studie aus Schottland erreichen die Malleolarfrakturen (nach distalen Radiusfrakturen, Metakarpalefrakturen, proximalen Femurfrakturen sowie Frakturen der Fingerphalanges) den fünften Rang [3]. Frauen scheinen geringgradig häufiger betroffen zu sein. Eine statistische Arbeit aus Australien bestätigt diese Beobachtung und nennt eine jährliche Inzidenz von 13,4/10.000 bei Männern und 14,7/10.000 bei Frauen [4]. Hier lag bei männlichen Personen die Malleolarfraktur auf Platz vier, hinter Brüchen im Bereich der Hand, Finger, des distalen Unterarmes und des Gesichts. Bei Frauen erreichten die Brüche des Sprunggelenks nach den Frakturen im Bereich des distalen Unterarmes und der Wirbelsäule sogar Platz drei. Besonders auffällig ist die Altersverteilung der jeweiligen Geschlechter. So kommt die Malleolarfraktur in dieser Publikation bei Männern im Alter von 20 bis 49 Jahren auf eine Inzidenz von 14,4/10.000. Sie liegt somit deutlich über der

der Frauen dieser Altersgruppe (10,1/10.000). Bei den Personen ab 50 Jahren kehrt sich dieses Verhältnis dramatisch um. So sind bei männlichen Patienten hier jährlich nur noch 10,1/10.000 Malleolarfrakturen zu verzeichnen. Frauen weisen in dieser Altersgruppe eine doppelt so große Häufigkeit auf (24,7/10.000), dies deckt sich auch mit dem Gesamttrend aller Frakturen. Der Einfluss des Alters auf die Frakturhäufigkeit im Bereich des oberen Sprunggelenks wird in einer weiteren Arbeit ebenfalls deutlich. Amin et al. Widmeten sich in einer Publikation von 2014 ausschließlich Frakturhäufigkeiten bei Personen ab 50 Jahren in einem Bezirk des US-amerikanischen Bundesstaats Minnesota [5]. Auch hier war die Rate an Malleolarfrakturen bei weiblichen Personen mit 33,1/10.000 mehr als doppelt so hoch wie bei den Männern (16,1/10.000). Hierbei scheinen Sprunggelenksbrüche eher den geriatrischen Patienten in besserem Allgemeinzustand zu treffen, möglicherweise erklärbar durch eine höhere körperliche Aktivität. Insgesamt ist die 1-Jahres-Mortalität selbst nach Bereinigung von potenziellen Einflussfaktoren in der multivariaten Analyse deutlich geringer als bei Schenkelhalsfrakturen. Auch im Vergleich zu der Gesamtpopulation aller stationären Aufnahmen geriatrischer Patienten weisen Männer und Frauen mit Malleolarfrakturen ein deutlich geringeres Risiko für ein Versterben innerhalb des ersten Jahres auf [6]. Bemerkenswert ist zudem auch, dass eine Arbeit bei einer Befragung zwei Jahre nach Operation einer Malleolarfraktur keine Unterschiede im Olerud-Molander-Ankle-Score (der die subjektive Einschätzung des Patienten seiner Fähigkeiten bezüglich seines Sprunggelenks misst) zwischen Über- und Unter-65-Jährigen fand. Zu folgern ist also, dass das Alter keinen Einfluss auf das subjektive Befinden nach einer Malleolarfraktur zu haben scheint, obwohl in dieser Publikation die Über-65-Jährigen eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für Komplikationen hatten [7].

Bei den jüngeren Patienten werden Sprunggelenksfrakturen häufig durch die hohe Beanspruchung, beispielsweise schnelle Richtungswechsel und Sprungbewegungen, wie sie in vielen Ballsportarten vorkommt, begünstigt. In Deutschland und in vielen anderen Ländern der Welt ist hier vor allem der Fußball zu nennen [8-11]. Sprunggelenksverletzungen von Profisportlern bleiben aufgrund ihrer enormen Häufigkeit zumeist nur im kollektiven Gedächtnis, wenn sie einen Ausfall für ein wichtiges Ereignis zur Folge haben. Zu erinnern ist hier an die Verletzungen von Michael Ballack (jeweils Teilrupturen des Ligamentum deltoideum und der vorderen Syndesmose) und Marco Reus (Teilruptur der

vorderen Syndesmose), welche 2010 bzw. 2014 deren Teilnahme an der Endrunde der Fußballweltmeisterschaft verhinderten.

Auch Volleyball [12], Handball und Basketball [8] bergen aufgrund ihres Bewegungsprofils ein hohes Risiko für Verletzungen im Sprunggelenkbereich. Im angloamerikanischen Raum birgt der American Football ein hohes Verletzungsrisiko [13].

5.3 Therapie der Malleolarfrakturen

Die adäquate Therapie der Malleolarfraktur bleibt ein umstrittenes Thema. Ein Übersichtsartikel von Donken et al. konnte 2012 keinen Vorteil der operativen gegenüber der konservativen (geschlossene Reposition und Immobilisation) Therapie oder umgekehrt zeigen [14]. Allerdings waren drei der vier eingeschlossenen Studien über 25 Jahre alt und durch methodische Mängel von begrenzter Aussagekraft.

Die Entscheidung, welche Therapiestrategie gewählt wird, scheint regionalen Unterschieden zu unterliegen. Die Literaturrecherche konnte keine Publikationen, welche die unterschiedlichen Praktiken zwischen den Ländern verglich, eruieren. Allerdings zeigten sich in einer Publikation aus den USA enorme Unterschiede zwischen einzelnen Regionen in Bezug auf die Therapie geriatrischer Malleolarfrakturen [15]. Die Arbeit wertete alle Brüche des Sprunggelenks in den Jahren 1998 bis 2001 bei Medicare-Versicherten aus. Die Daten sind äußerst repräsentativ, da es sich bei Medicare um die Pflichtversicherung aller Über-65-Jährigen handelt. So schwankt der Anteil der operierten Malleolarfrakturen je nach Region zwischen 14% und 72%. Dies ist insbesondere bemerkenswert, da in der Analyse Alter und Geschlecht als beeinflussende Faktoren herausgerechnet wurden. Auch die Dichte an orthopädisch-traumatologisch tätigen Chirurgen hatte keinen Einfluss auf die Operationsrate. Wenig überraschend sank mit zunehmendem Patientenalter sowie vermehrten Komorbiditäten der Anteil an Operationen an der Gesamtanzahl aller Malleolarfrakturen. Für den deutschen Beobachter ist überdies besonders erstaunlich, dass US-weit nur 11% der isolierten Fibulafrakturen einer operativen Versorgung zugeführt wurden.

Einzig bezüglich den Syndesmosenläsionen besteht Konsens darüber, dass diese bei Frakturen der Malleolen operativ stabilisiert werden sollten [16, 17]. Die Durchsicht der bestehenden Literatur, welche eine große Heterogenität in Bezug auf therapeutisches

Vorgehen und Outcome bei Sprunggelenksfrakturen erkennen ließ, zeigte die Notwendigkeit weiterer Forschung. Die vorliegende Arbeit untersucht in einem monozentrischen Setting retrospektiv über einen zusammenhängenden Fünfjahreszeitraum potenzielle Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen nach operativ stabilisierten Malleolarfrakturen.

5.4 Ziel der Arbeit

Neben den vielfach untersuchten und publizierten Faktoren, die das Outcome kurzfristig beeinflussen könnten, wurde in dieser Arbeit ein zusätzliches Augenmerk auf patientenunabhängige Risikofaktoren gelegt. Dies ist eine unerforschte und unterforschte Thematik im Bereich der Medizin. Gerade aufgrund des wachsenden ökonomischen Drucks sind die Umstände, unter denen chirurgische Arbeit erbracht wird, von zunehmender Bedeutung.

6 Material und Methoden

6.1 Ein- und Ausschlusskriterien

6.1.1 Zusammensetzung des Datensatzes und Einschlusskriterien

Der Datensatz setzt sich aus allen operativ versorgten Malleolarfrakturen der Jahre 2007 bis einschließlich 2011 am Campus Virchow Klinikum der Charité Universitätsmedizin Berlin zusammen. Das Campus Virchow Klinikum ist im TraumaNetzwerk der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) als überregionales TraumaZentrum zertifiziert. Die Akquirierung der Fälle wurde über die Suche der per ICD-10 kodierten Diagnose im klinikinternen Softwareprogramm CSP der Firma SAP vorgenommen. Im Einzelnen waren die gesuchten Diagnoseschlüssel wie folgt:

- S82.5 Fraktur des Innenknöchels
- S82.6 Fraktur des Außenknöchels
- S82.7 Multiple Frakturen des Unterschenkels
- S82.8- Frakturen sonstiger Teile des Unterschenkels

- S82.81 Bimalleolarfraktur
- S82.82 Trimalleolarfraktur
- S82.88 Frakturen sonstiger Teile des Unterschenkels
- S82.89 Fraktur des Unterschenkels, Teil nicht näher bezeichnet

Es wurde hierbei sowohl nach Aufnahme-, als auch nach OP-Diagnosen gesucht, um möglichst sensitiv geeignete Fälle zu erfassen. Fehlkodierungen, beispielsweise die Kodierung einer Pilon-tibiale-Fraktur als Malleolarfraktur und umgekehrt, wurden händisch aussortiert. Hier konnte in Zusammenschau von Verletzungsmechanismus, radiologischen Bildern (inkl. Schnittbildgebung), OP-Bericht sowie eingebrachten Osteosyntheseimplantaten in den allermeisten Fällen eine klare Diagnose gestellt werden. In den seltensten Fällen gelang dies nicht, daraufhin wurde eine fachärztliche Meinung eingeholt. Falls Zweifel an der Diagnose „Malleolarfraktur“ bestanden, so ging dieser Fall nicht in den Datensatz ein. Die Erhebung der Daten erfolgte über das klinikinterne Softwareprogramm CSP der Firma SAP, sowie über die in den Klinikarchiven eingelagerten Papier-Patientenakten. Radiologische Aufnahmen wurden über den Webviewer der Radiologiesoftware des Krankenhauses (Programm „Centricity“ der Firma GE Healthcare, Little Chalfont, Vereinigtes Königreich) angesehen. Alle Daten wurden von einer Person (dem Promovenden) erhoben. Insgesamt wurden 414 Fälle von monotraumatisch erworbenen Malleolarfrakturen gefunden. Final eingeschlossen wurden hierbei nur Fälle, in denen die Patienten eine Follow-Up Untersuchung erhalten hatten. Als Follow-Up wurde mindestens ein weiterer Besuch in der unfallchirurgischen Poliklinik des Krankenhauses nach Entlassung gewertet, ebenso ein weiterer stationärer Aufenthalt im Zusammenhang mit der erlittenen und versorgten Fraktur, beispielsweise im Rahmen einer Implantatentfernung oder Komplikation.

6.1.2 Ausschlusskriterien

Neben bereits zuvor erwähntem Ausschluss durch nicht wahrgenommene Follow-Up-Untersuchungen wurden zudem alle nicht monotraumatisch erlittenen Malleolarfrakturen, sowie zeitgleich beidseits aufgetretene OSG-Frakturen ausgeschlossen.

Weiterhin wurden alle pathologischen Frakturen exkludiert. Hierbei handelt es sich um Frakturen ohne adäquates Trauma, beispielsweise durch ossäre Metastasierung maligner Neoplasien oder gut- und bösartige Knochentumoren. Periimplantäre Frakturen bei

einliegendem Osteosynthesematerial wurden ebenfalls ausgeschlossen. In die genaue Erhebung gingen schlussendlich 271 Fälle ein.

6.1.3 Definition von Komplikationen

Durch die retrospektive Natur des Datensatzes und die dadurch häufig nicht sicher zu erfassenden Komplikationen (z.B. im Falle von prolongierter Wundheilung) wurde eine „harte“ Definition aufgestellt. Als Komplikation wurde gewertet, wenn innerhalb von 5 Jahren nach primärer osteosynthetischer Versorgung mindestens eines der folgenden Ereignisse zutraf:

1. stationäre Wiederaufnahme in Zusammenhang mit der erlittenen Verletzung
2. Notwendigkeit eines im Operationssaal zu versorgenden Zustands an dem operierten Knöchel, der in Zusammenhang mit der Primärverletzung steht

Zu erwähnen ist hierbei, dass die elektive Implantatentfernung nicht als Komplikation gewertet wurde. Die Dauer der Nachbeobachtung von 5 Jahren wurde bestimmt, um die Jahrgänge 2007 bis 2011 unter identischen Gesichtspunkten auswerten zu können. Für den Fall, dass die Komplikation im primären Aufenthalt auftrat und nach Entlassung kein Besuch zur Nachuntersuchung mehr in der ambulanten oder stationären Abteilung erfolgte, wäre dies dennoch als Follow-Up gewertet worden, womit der Fall eingeschlossen worden wäre. Dies traf aber in dem ausgewerteten Datensatz nicht zu.

6.2 Verwendete Klassifikationen

6.2.1 Frakturklassifikation

Die Frakturen wurden nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) eingeteilt. Hierbei handelt es sich um eine Weiterentwicklung der von Robert Danis (1880-1962) und Bernhard G. Weber (1927-2002) entwickelten Einteilung [18]. Diese separiert nach Höhe der Frakturlokalisierung an der Fibula: Eine Weber-A Fraktur hat ihre Frakturlinie distal (Syndesmose intakt), eine Weber-B Fraktur auf Höhe (Syndesmose potenziell rupturiert) und eine Weber-C-Fraktur proximal der Syndesmose

(Syndesmose obligatorisch rupturiert). Die AO übernahm diese Klassifikation und erweiterte sie, um Begleitverletzungen und Frakturmuster genauer definieren zu können (Abb.1).

Die Klassifikation der Frakturen in diesem Datensatz wurde mithilfe der radiologischen Bilder vorgenommen. Vereinzelt wurde intraoperativ ein von der zuvor radiologisch diagnostizierten Fraktur divergierendes Verletzungsmuster festgestellt, so zum Beispiel ein dorsales Tibiakantenfragment. Auch computertomographische Aufnahmen zeigten in Einzelfällen zusätzliche Frakturlokalisationen. In beiden Fällen führte dieser Erkenntnisgewinn zur Adaptation der erhobenen Klassifikation der Fraktur, gegebenenfalls sogar zum Ausschluss aus dem Datensatz (beispielsweise bei einer intraoperativ erkannten flake fracture des Talus).

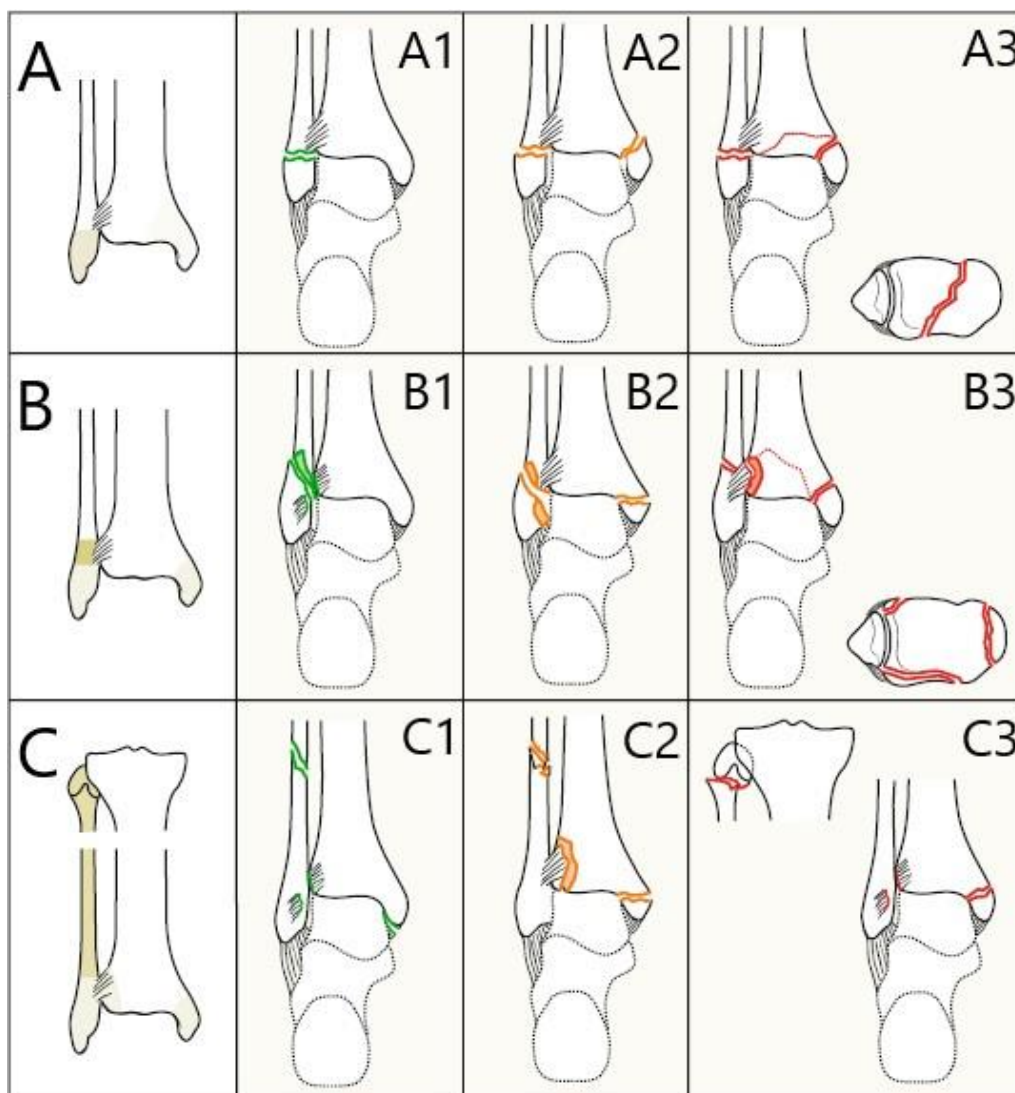


Abbildung 1 Frakturklassifikation nach Weber bzw. nach AO, modifiziert aus [19]

6.2.2 Klassifikation des Weichteilschadens

Die Klassifikation des Weichteilschadens erfolgte nach hausinternem Standard für geschlossene Frakturen nach Tscherny und Oestern [20], bei offenen Frakturen nach Gustilo und Anderson [21]. Herangezogen wurde hierbei immer der höchste Grad an Weichteilschaden, der zwischen Erstsichtung in der Rettungsstelle bis zur operativen Versorgung der Fraktur dokumentiert wurde, sofern diese Grade untersucher- oder zeitabhängig divergierten.

Nebenerkrankungen und Nikotinabusus wurden aus den Bögen der anästhesiologischen präoperativen Visite erhoben. Bei Unfallmechanismus wurde nach Niedrigenergie-Trauma, Hochenergie-Trauma (Sturz aus einer Höhe von > 1m), Verkehrsunfall, sowie direkter Gewalteinwirkung unterschieden.

6.3 Operationsverfahren und chirurgische Versorgung

Die osteosynthetische Versorgung erfolgte am Außenknöchel in allen Fällen mit dem hausinternen Standard. Für die Fraktur der Fibula sieht dieser zunächst eine (sofern möglich) anatomische Reposition und Halten dieser mit Kirschner-Drähten oder Frakturzangen vor. Falls machbar (bei horizontal verlaufendem Frakturspalt oder ausgeprägter Trümmerzone kann dieses Vorhaben oftmals nicht realisiert werden), wird nun eine interfragmentäre, orthogonal zum Frakturspalt verlaufende Zugschraube nach dem Gewinde Loch-Gleitloch Prinzip eingebracht. Anschließend erfolgt die weitere Stabilisierung mittels einer frakturüberbrückenden Drittelrohrplatte.

Sofern sich intraoperativ (Prüfung durch lateralwärts gerichteten Zug an der Fibula mit einem Einzinkerhaken unter Durchleuchtung) eine Syndesmoseninstabilität bestätigt, wird eine Stellschraube (zumeist durch ein Plattenloch) gesetzt. Diese wird proximal des distalen Tibiofibulargelenks eingebracht und verläuft im 30°-Winkel zur Frontalebene von laterodorsal nach medioventral, um die Gelenkebene des distalen Tibiofibulargelenks, welches durch die Syndesmosenverletzung instabil geworden ist, im rechten Winkel zu durchkreuzen. Die Verankerung erfolgt meist trikortikal, in seltenen Fällen (z.B. starke Osteoporose) kann eine quatkortikale Veränderung erwogen werden.

Falls eine Innenknöchelfraktur vorlag, war die Versorgungsstrategie nicht einheitlich, bedingt durch die oft unterschiedliche Morphologie der Fraktur. Angestrebt wurde das Einbringen von zwei interfragmentären Zugschrauben. In einigen Fällen war dies aufgrund der Frakturmorphologie nicht möglich. Beispiele hierfür sind atypische Bruchspalte (Schrägfrakturen), hierbei erfolgte in zwei Fällen die Versorgung mittels einer Plattenosteosynthese (X-Platte bzw. Kleeblattplättchens). Bei kleinen Fragmenten wurde oftmals eine Schraubenosteosynthese kombiniert mit einer Kirschnerdrahtosteosynthese vorgenommen, in einigen Fällen war nur die Einbringung von Kirschnerdrähten oder die konservative Therapie möglich.



Abbildung 2: Versorgung einer B1-Fraktur mittels interfragmentärer Zugschraube und 6-Loch-Drittelrohrplatte



Abbildung 3: Versorgung einer C2-Fraktur mit 7-Loch Drittelrohrplatte an der Fibula sowie Stellschraube und Zugschraubenosteosynthese am Innenknöchel

Bei Frakturen der dorsalen Tibia im Sinne eines knöchernen Ausrisses der hinteren Syndesmose, ist die Therapie von einer Vielzahl an Faktoren abhängig. Die wichtigste Rolle spielt hierbei die Größe des Fragments. Allerdings ist auch bei kleineren Volkmann-Fragmenten eine osteosynthetische Fixation zu erwägen, insgesamt bleibt die Entscheidung hierüber jedoch einzelfallabhängig. So spielen bei der Indikationsstellung und der Frage, wie die Versorgung stattzufinden hat, multiple Faktoren eine Rolle. Das Patientenalter, die Operationsdauer und die Weichteilsituation müssen ebenfalls in die Entscheidungsfindung miteinbezogen werden. Auch ob eine Versorgung mittels Zugschraube (von ventral und/oder dorsal eingebracht) oder die direkte Verplattung das bessere Outcome erbringt, ist anhand der momentanen Literatur nicht klar festzustellen. In der Praxis stellen sich kleine Volkmann-Fragmente oftmals bei Reposition der Fibulafaktur zufriedenstellend ein, woraufhin oftmals von einer Fixation abgesehen wird, insbesondere im Hinblick auf die häufig kritische Weichteilsituation. Letztendlich ist die Entscheidungsfindung für

die Therapiestrategie, vor allem bei kleineren Volkmann-Fragmenten, häufig eine intraoperative.

6.4 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels des Statistikprogramms SPSS Statistics (Version 24) der Firma IBM. Prozentwerte wurden hierbei auf eine Nachkommastelle gerundet.

Für die univariate Analyse der Zusammenhänge zwischen Komplikation und erhobenen Parametern wurden die Korrelationskoeffizienten nach Pearson (bei metrischen Variablen) oder nach Spearman (bei ordinalen Variablen) berechnet. Bei binären oder nominalen Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test angewendet. Zur Evaluation etwaiger Unterschiede zweier Gruppen hinsichtlich ihres Durchschnittsalters (oder anderer metrischer Variablen) wurde der Mann-Whitney-Test durchgeführt. Die multivariate Analyse wurde durch binäre logistische Regression realisiert. Als Signifikanzniveau für alle statistischen Tests wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% oder geringer, also ein p-Wert von $\leq 0,05$, festgesetzt.

7 Ergebnisse

7.1 Epidemiologische Aspekte des Datensatzes

Insgesamt wurden 271 Malleolarfrakturen von 271 Patienten ausgewertet. In 140 (51,7%) Fällen handelte es sich um Männer, 131 (48,3%) Fälle betrafen Patientinnen. Das Durchschnittsalter aller Patienten betrug 46,36 Jahre (Männer: 42,34 Jahre, Frauen: 50,65 Jahre) mit einer Verteilung von 18 bis 94 Jahre und einer Standardabweichung von 15,12. Das Durchschnittsalter der Männer (42,34; 18-72; SD 14,67) war deutlich geringer als das von Patientinnen (Mittelwert: 50,65 Jahre; 20-94; SD 14,46). Der Mann-Whitney-Test für die Mittelwertgleichheit wertete diesen Unterschied bei einem Z-Wert von -4,256 als signifikant ($p=0,000$).

Das nicht ausgewertete Kollektiv (monotraumatisch erlittene Malleolarfrakturen ohne Follow-Up Untersuchung) umfasste insgesamt 143 Fälle. Hierbei handelte es sich in 69 Fällen um Männer (48,3%) und in 74 Fällen (51,7%) um Frauen. Das mittlere Alter war mit 49,39 Jahren (20-99; SD 17,155) höher als bei den ausgewerteten Fällen. Auch hier war das durchschnittliche Alter der Patientinnen mit 54,82 (20-99; SD 17,598) höher als das der männlichen Operierten (Mittelwert 43,57; 20-85; SD 14,680), im Mann-Whitney-Test war auch hier ein signifikanter Zusammenhang zu sehen ($Z=-3,908$, $p=0,000$).

Der Unterschied im Altersdurchschnitt zwischen der ausgewerteten Gruppe mit Follow-Up und der nicht ausgewerteten Gruppe ohne Follow-Up war im Mann-Whitney-Test nicht signifikant ($Z=-1,607$; $p=0,108$). Der Geschlechterunterschied zwischen den Gruppen stellte sich mit einem Chi-Quadrat Wert von 0,435 ($p= 0,509$) ebenfalls als nicht signifikant dar.

Die Anzahl der Verletzungen unterlag zeitlichen Schwankungen. So kam es zu erheblich divergierenden Zahlen innerhalb des ausgewerteten 5-Jahresintervalls, sowohl was die Anzahl der Gesamtoperationen als auch den Anteil der Patienten mit Follow-Up betraf.

Jahr	Anzahl aller ORIFs	davon mit Follow-Up	Anteil mit Follow-Up
2007	95	55	57,9%
2008	77	50	64,9%
2009	83	61	73,5%
2010	101	66	65,3%
2011	58	39	67,2%
Gesamt	414	271	65,5%

Tabelle 1: Anzahl der Operationen mit Follow-Up-Anteil

Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das ausgewertete Kollektiv.

7.2 Erhobene Parameter

7.2.1 Auswertung nach Verletzungszeitpunkt

Auch innerhalb der Jahre kam es zu Schwankungen. Wie in Abbildung 4 ersichtlich kam es in den sogenannten kalten Monaten zu deutlich mehr operativen Versorgungen von Malleolarfrakturen.

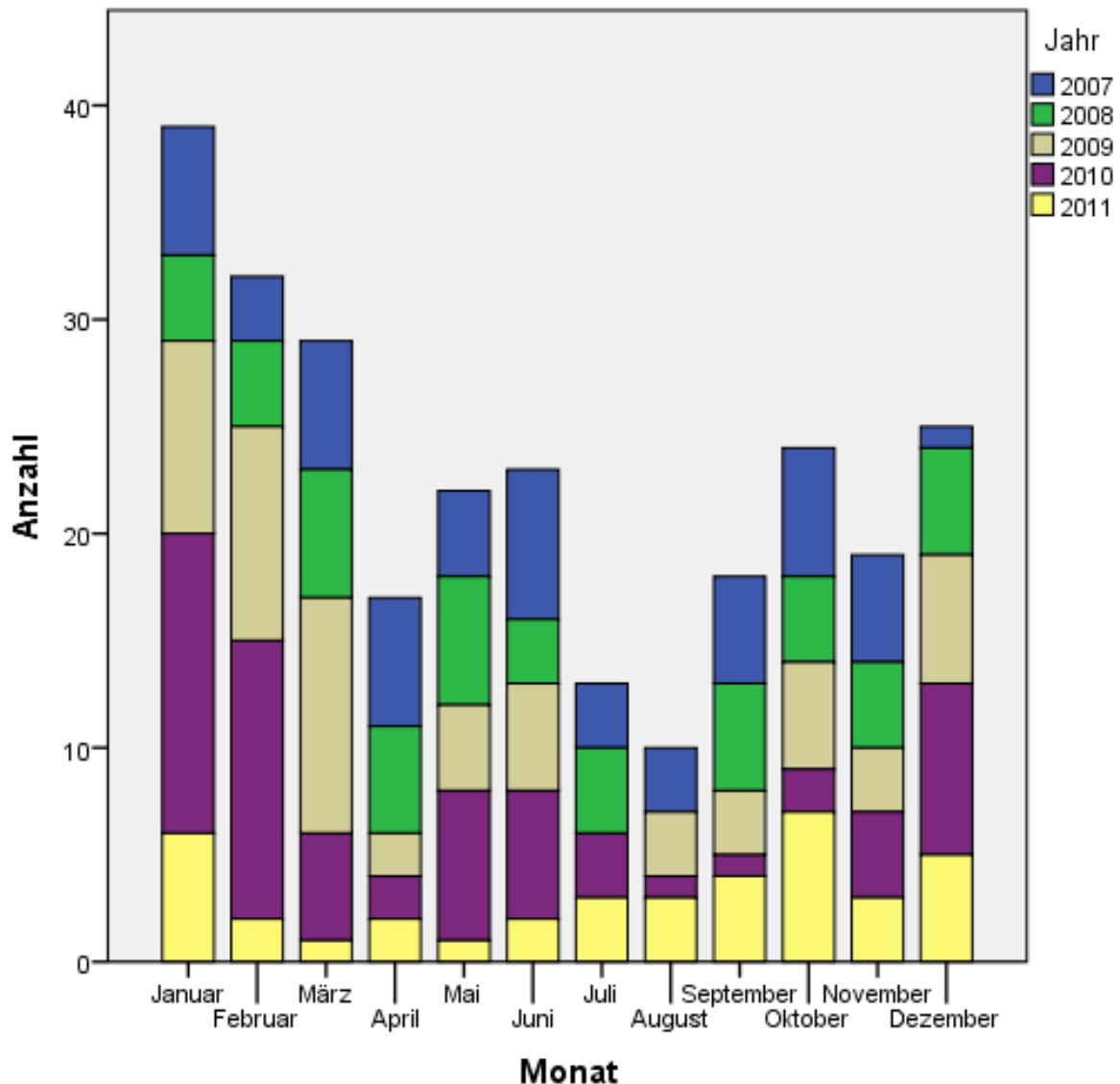


Abbildung 4: Anzahl der Operationen aufgeschlüsselt nach Jahr und Monat

7.2.2 Frakturlokalisierung

Insgesamt handelte es sich um 271 Frakturen; 149 davon (55,0%) betrafen das rechte Sprunggelenk, folglich war das linke Sprunggelenk in 122 Fällen (45,0%) verletzt. Der zahlenmäßige Unterschied zwischen den Seiten stellte sich mit einem Chi-Quadrat-Wert von 2,690 ($p=0,101$) als nicht signifikant dar.

7.2.3 Frakturtyp

Acht (3,0%) der Frakturen ließen sich nicht in die AO-Klassifikation der Malleolarfraktur einordnen. In sieben dieser Fälle handelte es sich um eine isolierte Fraktur der hinteren Tibiakante (Volkman-Fragment) mit Syndesmosenläsion, im anderen Fall hatte sich die Patientin eine Volkmann- und Innenknöchel-Fraktur ohne Beteiligung des lateralen Malleolus zugezogen. Die Klassifikation nach Weber ergab im ausgewerteten Kollektiv acht A-Frakturen (3,0%), 187 B-Frakturen (69,0%) und 66 C-Frakturen (24,3%). Die 264 Frakturen, die sich mittels AO-Klassifizierung kategorisieren ließen, hatten die in Tab. 2 ersichtliche Verteilung.

Frakturtyp	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Anzahl	4	4	0	87	24	76	25	24	17

Tab. 2: Verteilung der Frakturtypen im ausgewerteten Kollektiv

Tab. 3 zeigt die Aufschlüsselung der Frakturen nach Anzahl betroffener Malleolarbestandteile.

	Anzahl	Prozent
Unimalleolarfraktur	135	49,8
Bimalleolarfraktur	69	25,5
Trimalleolarfraktur	67	24,7
Gesamt	271	100,0

Tab. 3: Auswertung nach Anzahl betroffener Malleolarbestandteile

Bei den Unimalleolarfrakturen war in 124 Fällen die Fibula betroffen. Vier Mal trat eine isolierte Innenknöchelfraktur auf, eine isolierte Volkmann-Fraktur kam innerhalb dieses Datensatzes sieben Mal vor. Alle sieben isolierten dorsalen Tibiakantenfrakturen zeigten intraoperativ die Notwendigkeit der Implantation einer Stellschraube, wobei nur eines dieser Volkmann-Fragmente osteosynthetisch angegangen wurde (per Zugschraube).

Hierbei bestand innerhalb dieses Datensatzes kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Auftreten von Uni-, Bi- und Trimalleolarfrakturen. Auch

das Alter (jeweils als kontinuierliche Variable und gruppiert nach Über- und Unter-65-Jährigen) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Anzahl der betroffenen Malleolarbestandteile, wie sich in Tabelle 4 zeigt.

	Geschlecht	Patientenalter > 65 Jahre	Patientenalter
KKE (Spearman)	0,028	-0,068	-0,058
Signifikanz	0,674	0,261	0,341

Tabelle 4: univariate Analyse des Zusammenhangs zwischen betroffenen Malleolarbestandteilen und ausgewählten Parametern

7.2.4 Offene versus geschlossene Fraktur

Sieben von 271 Frakturen (2,58%) waren offen. Es handelte sich hierbei um eine A2-, zwei B3-, sowie vier C2-Frakturen. Innerhalb dieses Kollektivs wurden zwei der offenen Frakturen durch einen Verkehrsunfall verursacht: in einem Fall wurde der Patient als Fußgänger von einem Auto angefahren, im anderen kam es zu einer Kollision zwischen dem PKW des Patienten und einem LKW. Eine offene Fraktur kam durch ein direktes Trauma zustande, der Patient erlitt auf seiner Arbeitsstelle eine Überrollverletzung durch einen Gabelstapler. Die übrigen vier offenen Frakturen wurden durch eine niedrigenergetische Distorsion zu ebener Erde verursacht.

7.2.5 Weichteilschaden und Transfixation

Der bei geschlossenen Frakturen maximal klassifizierte Weichteilschaden nach Tscherne und Oestern war in 60 Fällen (22,7%) erstgradig, in 191 Fällen (72,3%) zweitgradig und in 13 Fällen (4,9%) drittgradig.

Von den insgesamt sieben offenen Frakturen wurde nach Gustilo und Anderson eine Fraktur als erstgradig, vier Frakturen als zweitgradig und zwei Frakturen als drittgradig offen klassifiziert.

Von den 271 Frakturen wurden 53 (19,7%) initial mittels Fixateur externe ruhiggestellt. Sechs der sieben offenen Frakturen wurden primär transfixiert. Für die 263 geschlossenen Frakturen wurde im Mann-Whitney-Test ein signifikanter Zusammenhang zwischen Weichteilschaden und primärer Transfixation ($Z=-4,633$, $p=0,000$) beschrieben. Weitere Parameter, die signifikant mit primärer externer Fixation korrelierten, sind in Tab. 5 aufgeführt.

Parameter	Korrelationskoeffizient n. Spearman (a) oder Pearson (b) oder Chi-Quadrat nach Pearson (c)	p-Wert
Alter	0,157 ^b	0,010
Luxation	84,781 ^c	0,000
Dauer zw. Zuzug der Fraktur und definitiver Osteosynthese	0,243 ^b	0,000
Dauer des stationären Aufenthaltes	0,597 ^b	0,000
Dauer zwischen definitiver Osteosynthese und Entlassung	0,424 ^b	0,000
Vorhandensein einer Volkmann-Fraktur	16,509 ^c	0,000
Körpergewicht	0,141 ^b	0,020

Tabelle 5: Zusammenhänge mit primärer Versorgung mit Fixateur externe

Bemerkenswert ist hier, dass das Körpergewicht signifikant mit der Rate an primärer externer Fixation korrelierte, der Body-Mass-Index jedoch nicht ($0,099$; $p=0,105$).

7.2.6 Syndesmoseninstabilität

Eine mittels intraoperativem Stresstest festgestellte Syndesmoseninstabilität betraf 78 Fälle (28,78%). Es wurde in allen Fällen die Stellschraubenimplantation als Mittel der Wahl zur Behandlung dieses Zustands vorgenommen. In 70 Fällen erfolgte im Schnitt nach 55,2 Tagen (40-111; SD 13,596) die Stellschraubenentfernung. Die Verteilung nach AO-Frakturtyp war hierbei wie in Tab. 6 ersichtlich.

	Anzahl	Prozent
Sonderfall	7	9,0
B2-Fraktur	2	2,6
B3-Fraktur	13	16,7
C1-Fraktur	19	24,4
C2-Fraktur	20	25,6
C3-Fraktur	17	21,8
Gesamt	78	100,0

Tabelle 6: Darstellung aller mit Stellschrauben versorgten Frakturen nach Typ

Bemerkenswerterweise wurden nur 56 von 68 C-Frakturen (82,3%) mittels Stellschraube versorgt. Zwar wurde jede C3-Fraktur schraubenosteosynthetisch stabilisiert, bei C1- und C2-Frakturen wurde kumulativ jedoch in 37 von 49 Fällen (75,5%) eine Stellschraube eingebracht, obwohl die Weber-Klassifikation bei C-Frakturen eine obligate Zerreißung der Syndesmose beschreibt. In den 12 Fällen, in denen bei C-Frakturen keine Stellschraube eingebracht wurde, erfolgte in je zwei Fällen die offene Naht der Syndesmose bzw. Zugschraubenosteosynthese eines Wagstaffe-Fragments. In einem Fall kam es zu einer Zugschraubenosteosynthese eines Tillaux de Chaput. Bei einem weiteren Patienten erfolgte die komplette K-Draht-Arthrodese des oberen Sprunggelenks.

Von den insgesamt 24 B2-Frakturen benötigten zwei eine Stellschraube (8,3%), bei den bei 76 B3 Frakturen insgesamt 13 (17,1%). Keine B1-Fraktur zeigte die Notwendigkeit einer Stellschraubenimplantation.

7.2.7 Zeitlicher Verlauf des stationären Aufenthaltes

Der stationäre Aufenthalt der Patienten betrug im Schnitt 10,3 (2-61; SD 7,1) Tage. Die osteosynthetische Ausversorgung fand im Schnitt 7,5 (0-22; SD 3,5) Tage nach dem Unfallereignis statt. Die durchschnittliche Zeit von der osteosynthetischen Ausversorgung bis zur Entlassung betrug 7,4 (1-61; SD 5,0).

7.2.8 Nikotinabusus

Der Datensatz zeigte eine im Vergleich zum Bundesdurchschnitt deutlich erhöhte Anzahl an Rauchern. So betrieben 125 der 271 (46,1%) Patienten Nikotinabusus.

Es bestand hierbei ein geschlechterspezifischer Unterschied. Bei den Männern rauchten 72 von 140 Patienten (51,4%), bei den Frauen nur 53 der 131 Patientinnen (40,5%). Allerdings war dieser Unterschied bei einem Chi-Quadrat-Wert von 3,278 nicht signifikant ($p=0,070$). Die durchschnittliche Menge der täglich konsumierten Zigaretten betrug 17,9 (SD 10,173).

Bemerkenswert war zudem der Altersunterschied zwischen Nichtrauchern (Mittelwert 49,4 Jahr; SD 16,258) und Rauchern (42,81 Jahre; SD 12,854). Dieser Altersunterschied war im Mann-Whitney-Test signifikant ($Z=-3,358$, $p=0,001$).

7.2.9 ASA-Klassifikation

Die Klassifikation nach ASA (American Society of Anesthesiologists) dient zur Einschätzung des präoperativen Gesundheitsstatus des zu operierenden Patienten. Die genaue Einteilung ist unten ersichtlich.

		Häufigkeit	Prozent
ASA	1	107	39,5
	2	140	51,7
	3	24	8,9
	4	0	0,0
	5	0	0,0
	6	0	0,0
	Gesamt	271	100,0

Tabelle 7: Aufschlüsselung des Patientenkollektivs nach ASA-Score

Wenig überraschend bestand eine starke Korrelation zwischen Alter und ASA-Score (0,478, $p=0,00$).

7.2.10 OP-Dauer

Die durchschnittliche OP-Dauer betrug für alle Eingriffe 110,9 (18-366, SD 51,7 Median 100) Minuten, unter Ausschluss der ausschließlich stellschraubenosteosynthetisch versorgten und daher zumeist deutlich kürzer dauernden Operation der Maisonneuve-Frakturen und Sonderfälle 112,9 (23-366, SD 51,7, Median 100) Minuten.

Die Aufschlüsselung der Operationsdauer nach Frakturtyp ist in Abb. 5 dargestellt.

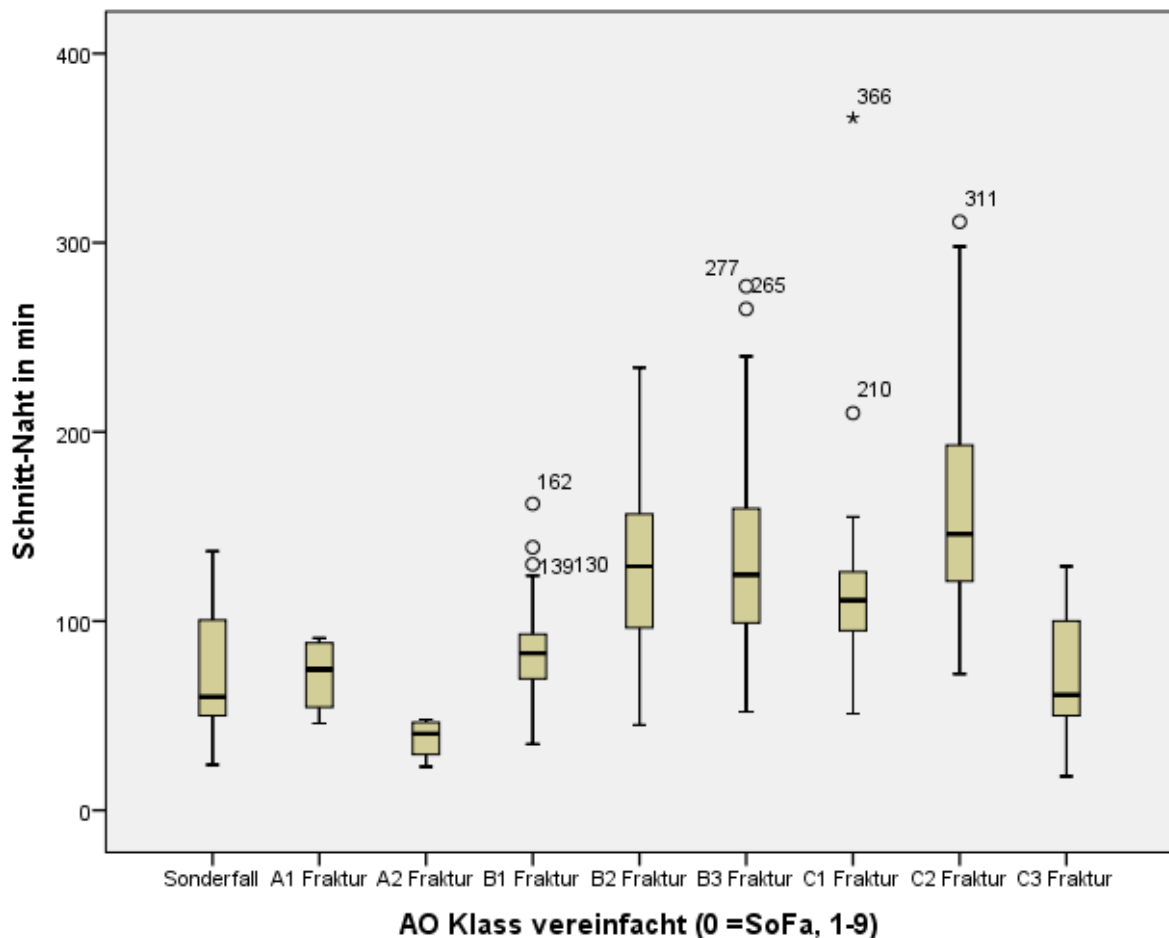


Abbildung 5: Operationsdauer aufgeschlüsselt nach AO-Frakturtyp

7.2.11 Elektive Implantatentfernung

Für die Auswertung der elektiven Implantatentfernung wurden alle Fälle ausgeschlossen, in denen der Patient bzw. die Patientin keine Plattenosteosynthese des lateralen Malleolus erhalten (z.B. Maisonneuve-Fraktur mit alleiniger Einbringung zweier Stellschrauben) hatte oder eine Komplikation auftrat. Diese Voraussetzung wurde in 216 Fällen (96 Frakturen links-, 120 rechtsseitig) erfüllt. Hierbei kam es in 61 Fällen (28,2%) zu einer

elektiven Implantatentfernung. Bei den rechts erlittenen Frakturen des eingeschlossenen Kollektivs kam es in 26 Fällen (21,7%) zur elektiven Implantatentfernung. Bei den linksseitig gelegenen Brüchen wurde dies in 35 (36,5%) Fällen durchgeführt. Dieser erhebliche Unterschied wurde mittels eines Wertes von 5,758 im Chi-Quadrat-Test als signifikant ($p=0,016$) validiert. In der univariaten Analyse nicht signifikant für eine erhöhte Wahrscheinlichkeit der elektiven Implantatentfernung war weibliches Geschlecht, auch wenn sich Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang ergaben ($p=0,10$). Das Alter der Patienten korrelierte nur in sehr geringem Ausmaß mit der Rate an Metallentfernungen ($-0,087$; $p=0,202$).

Des Weiteren korrelierte die Größe der Drittelrohrplatte (bemessen nach der Anzahl der Löcher) positiv mit der Rate an elektiven Implantatentfernungen (Korrelationskoeffizient nach Spearman $,158$, $p=0,020$). Zudem korrelierte der BMI mit einem Wert von $-0,201$ ($p=0,003$) negativ zur Rate an Metallentfernungen, ein zunehmender Body-Mass-Index bedeutet also eine geringere Wahrscheinlichkeit zur elektiven Osteosynthesematerialreplantation. Das Vorliegen einer vaskulären Erkrankung korrelierte mit $-0,152$ ($p=0,025$) ebenso wie das Vorliegen einer kardialen Vorerkrankung mit $-0,145$ ($p=0,033$) signifikant negativ mit einer Implantatentfernung. Die multivariate Analyse in Form einer logistischen Regression unter Einschluss aller o.g. Parameter ergab in Tab. 8 dargestelltes Ergebnis für die resultierenden Odds Ratios. In diesem Modell waren weibliches Geschlecht und zunehmende Plattengröße mit einer signifikant höheren Wahrscheinlichkeit der elektiven Implantatentfernung assoziiert.

	Odds Ratio (mit 95% KI)	Sig.
Geschlecht	2,046 (1,002 – 4,178)	0,049
Alter bei ORIF	0,982 (0,957 – 1,007)	0,156
Plattengröße Außenknöchel	1,598 (1,176 – 2,173)	0,003
Linksseitige Fraktur	0,549 (0,289 – 1,042)	0,067
BMI	0,929 (0,855 – 1,010)	0,086
Vaskuläre Erkrankung	0,000 (0,000)	0,999
Herzerkrankung	0,000 (0,000)	0,999

Tabelle 8: multivariate Analyse potentieller Einflussfaktoren auf elektive Implantatentfernung

7.3 Komplikationen

7.3.1 Allgemeines

Insgesamt gab es per der im Methodikteil aufgestellten Definition 24 Komplikationen bei 271 Fällen (8,9%), welche sich in 3.3.2-3.3.4 dargelegte Gruppen einteilen ließen. Komplikationen, die zwar erhoben werden sollten, aber in dem Datensatz nicht auftraten, waren Implantatdislokation, Pseudarthrose und Chronisches regionales Schmerzsyndrom.

Faktoren, deren Korrelation mit dem Auftreten von Komplikationen im Allgemeinen geprüft wurden, sind in Tab. 10 dargestellt. Grau hinterlegt sind hierbei signifikante Zusammenhänge.

Parameter	KKE nach Spearman (a), Pearson (b) oder Chi² nach Pearson (c)	Sig.
Weibliches Geschlecht	1,053 ^c	0,305
Alter	0,161 ^b	0,008
Linksseitige Fraktur	0,890 ^c	0,345
Dauer des primären stationären Aufenthaltes	0,210 ^b	0,001
Dauer zw. Zuzug der Fraktur und definitiver Osteosynthese	-0,014 ^b	0,817
Dauer zwischen definitiver Osteosynthese und Entlassung	0,255 ^b	0,000
AO-Frakturtyp	11,573 ^c	0,171
Offene Fraktur	10,291 ^c	0,001
Weichteilschaden (nur geschlossene Frakturen)	0,105 ^a	0,088
Plattengröße (nur bei plattenosteosynthetisch versorgten AK-Frakturen)	0,098 ^a	0,130
Volkman-Fraktur	0,694 ^c	0,405
Stellschraubenimplantation	0,184 ^c	0,668
Primäre externe Fixation	3,176 ^c	0,075
Luxation	2,726 ^c	0,099
Anzahl frakturierter Malleolarbestandteile	0,069 ^a	0,256
Schnitt-Naht Zeit	-0,015 ^b	0,812
Dauer seit Arbeitsbeginn des chirurgischen Personals	0,016	0,793
OP an Freitag, Samstag oder Sonntag	7,688	0,006
Student am Tisch	0,508 ^c	0,476
Anzahl Personen am Tisch	0,052 ^a	0,396
Blutsperre	-0,020 ^c	0,737
Body-Mass-Index	0,130 ^b	0,033
Körpergewicht	0,117 ^b	0,054
ASA	0,123 ^a	0,042
Nikotinabusus	0,001 ^c	0,976

Herzerkrankung	7,717 ^c	0,005
Arterielle Hypertonie	8.029 ^c	0,005
Vaskuläre Erkrankung	0,190 ^c	0,663
Diabetes Mellitus	0,539 ^c	0,463
Verzögerte Therapieeinleitung	1,505 ^c	0,471

Tabelle 9: univariate Analyse von Zusammenhängen erhobener Parameter mit allgemeinen Komplikationen

Die in der univariaten Analyse signifikanten Parameter wurden (unter Ausschluss von „Dauer des primären stationären Aufenthaltes“ und „Zeit zwischen definitiver Osteosynthese und Entlassung“) einer multivariaten Analyse mittels binärer logistischer Regression unterzogen. In dieser Analyse, die in Tab. 10 zu sehen ist, erreichten allerdings nur zwei Parameter statistische Signifikanz.

	Odds Ratio (mit 95% KI)	Sig.
Alter bei ORIF	1,018 (0,982 – 1,054)	0,331
ASA Score	1,058 (0,443 – 2,529)	0,899
Herzerkrankung	2,642 (0,655 – 10,663)	0,172
Fraktur offen/geschlossen	13,014 (2,387 – 70,948)	0,003
Arterielle Hypertonie?	2,001 (0,610 – 6,559)	0,252
Operation an Freitag, Samstag oder Sonntag	4,166 (1,635 – 10,620)	0,003

Tabelle 10: multivariate Analyse des Zusammenhangs von Komplikationen mit in der univariaten Analyse signifikanten Parametern

7.3.2 Ossär assoziierte Reoperation (drei Fälle)

Die drei ossär assoziierten Reoperationen gliederten sich wie folgt.

Fall 1: Ein bei initialer osteosynthetischer Versorgung 52 Jahre alter Mann mit linksseitiger C2-Fraktur unterzog sich 1059 Tage nach dem ersten Eingriff einer Arthrodesse des

oberen Sprunggelenks mit Spongiosaplastik aufgrund einer höhergradigen posttraumatischen Arthrose.

Fall 2: Ein bei initialer osteosynthetischer Versorgung 48 Jahre alter Mann mit B1-Fraktur zog sich 88 Tage nach dem ersten Eingriff bei einem erneuten Distorsionsereignis eine periimplantäre C1-Fraktur zu. Diese erforderte eine Implantatentfernung mit konsekutiver Re-Osteosynthese der Fibula sowie zusätzliche Schraubenosteosynthese der medialen Tibia.

Fall 3: Ein bei initialer osteosynthetischer Versorgung 41-jähriger Mann mit rechtsseitig erlittener C2-Fraktur unterzog sich 664 Tage nach dem ersten Eingriff einer Syndesmosenrevision mit Arthrolyse des medialen Facettengelenks bei posttraumatischer Arthrose.

7.3.3 Stationäre Wiederaufnahme zur IV-Antibiose (drei Fälle)

Hierbei erfolgte die Wiedervorstellung nach Entlassung aufgrund gestörter Wundheilung und fortwährender oder erneut aufgetretener Sekretion. Unter dieser Therapie sistierten die Beschwerden und es kam zur Wundkonsolidierung und Entlassung ohne die Notwendigkeit einer Reoperation.

7.3.4 Weichteilassozierte Reoperation (18 Fälle)

7.3.4.1 Allgemeines

Einer der Fälle trat im primären stationären Aufenthalt auf, die restlichen 17 Fälle erforderten eine weitere stationäre Aufnahme. Der Median der Dauer von der primären osteosynthetischen Ausversorgung bis zur ersten Reoperation betrug 47 Tage (Range: 21-1723 Tage). Im Median wurden innerhalb dieses Kollektivs zwei Revisionsoperationen notwendig (Range: 1-7).

In einem Fall stellte sich eine Patientin vier Jahre und acht Monate nach der primären Ausversorgung mit einer generalisierten Infektion wieder vor. Bei ihr konnte ein initial angestrebtes extremitätenerhaltendes Verfahren nicht durchgeführt werden, sodass schlussendlich die offene Unterschenkelamputation, mit darauffolgender Vakuumverbands-Therapie und finaler Stumpfbildung nach insgesamt sechs Eingriffen nötig wurde. Die betroffene Patientin litt zum Zeitpunkt des Auftretens an einem metastasierten malignen Melanom, es bestand florider Nikotinabusus sowie ein Diabetes mellitus Typ 2. In Anbetracht der Vorerkrankungen und dem großen Abstand zur primären

osteosynthetischen Versorgung ist am ehesten von einer hämatogenen Streuung der nachgewiesenen Keime (*Streptococcus agalacticae* & *Bacillus cereus* im Wundabstrich) bei Bakteriämie auf dem Boden der Immunkompromittierung auszugehen.

Die Verteilung nach Frakturtyp innerhalb dieser Komplikationsgruppe lässt sich in Tab. 11 ersehen.

Frakturtyp	Anzahl
B1	7
B2	3
B3	4
C2	4

Tabelle 11: Frakturtypverteilung der weichteilassozierten Komplikationen

In 15 der 18 Fälle (83,3%) wurde eine Implantatentnahme notwendig, wobei in keinem dieser Fälle nach Weichteilkonsolidierung eine erneute Osteosynthese vorgenommen wurde. In zehn Fällen (55,6%) wurde eine Vakuumverbandstherapie zur Konditionierung des Wundbettes durchgeführt. Die Möglichkeit des sekundären Wundverschlusses mittels Naht konnte in zwölf Fällen (66,7%) realisiert werden. In fünf Fällen (27,8%) war dies nicht möglich, sodass auf eine plastische Deckung mittels Vollhaut oder Mesh-Graft zurückgegriffen wurde. Eine Deckung mittels Lappenplastik wurde innerhalb des ausgewerteten Intervalls nicht notwendig.

Bis auf den oben geschilderten Fall der generalisierten Infektion mit konsekutiver Amputation war in allen Fällen der Außenknöchel der Manifestationsort der Komplikation.

7.3.4.2 Zusammenhänge zwischen erhobenen Parametern und weichteilbedingten Revisionen

Tabelle 12 stellt Zusammenhänge zwischen weichteilbedingter Revisionsoperation und erhobenen Parametern dar, Signifikanz wird hierbei durch graue Hinterlegung symbolisiert.

<u>Parameter</u>	<u>KKE nach Spearman (a), Pearson (b) oder Chi² nach Pearson (c)</u>	<u>Sig.</u>
Weibliches Geschlecht	4,404 ^c	0,036
Alter	0,131 ^b	0,031
Linksseitige Fraktur	3,651 ^c	0,056
Dauer des primären stationären Aufenthaltes	0,228 ^b	0,000
Dauer zw. Zuzug der Fraktur und definitiver Osteosynthese	0,006 ^b	0,925
Dauer zwischen definitiver Osteosynthese und Entlassung	0,289 ^b	0,000
AO-Frakturtyp	9,169 ^c	0,328
Offene Fraktur	15,198 ^c	0,000
Weichteilschaden (nur geschlossene Frakturen)	0,084 ^a	0,173
Plattengröße (nur bei plattenosteosynthetisch versorgten AK-Frakturen)	0,080 ^a	0,219
Volkman-Fraktur	0,508 ^c	0,476
Stellschraubenimplantation	1,381 ^c	0,240
Primäre externe Fixation	0,828 ^c	0,363
Luxation	1,996 ^c	0,158
Anzahl frakturierter Malleolarbestandteile	0,050 ^a	0,408
Schnitt-Naht Zeit	-0,022 ^b	0,722
Dauer seit Arbeitsbeginn des chirurgischen Personals	0,025 ^a	0,680
OP an Freitag, Samstag oder Sonntag	3,387 ^c	0,049
Student am Tisch	1,490 ^a	0,222
Anzahl Personen am Tisch	0,104 ^a	0,088
Blutsperre	0,475 ^c	0,491
Body-Mass-Index	0,064 ^b	0,296
Körpergewicht	0,034 ^b	0,581
ASA	0,097 ^a	0,112
Nikotinabusus	0,022 ^c	0,882

Herzerkrankung	6,843 ^c	0,009
Arterielle Hypertonie	1,716 ^c	0,190
Vaskuläre Erkrankung	1,290 ^c	0,256
Diabetes Mellitus	1,391 ^c	0,238
Verzögerte Therapieeinleitung	2,648 ^c	0,266

Tabelle 12: Univariate Analyse der Zusammenhänge erhobener Parameter mit weichteilbedingten Revisionsoperationen

Die hier statistisch signifikanten Parameter wurden wie in 3.3.1 einer multivariaten Analyse unterzogen, deren Ergebnis sich in Tab. 13 wiederfindet.

	Odds Ratio (mit 95% KI)	Sig.
Geschlecht	4,786 (1,317 – 17,392)	,017
Alter bei ORIF	1,006 (0,969 – 1,045)	,751
Fraktur offen/geschlossen	39,313 (5,730 – 269,707)	,000
OP an Freitag, Samstag oder Sonntag	3,716 (1,255 – 11,008)	,018
Herzerkrankung	6,891 (1,500 – 31,662)	,013

Tabelle 13: multivariate Analyse des Zusammenhangs von weichteilassozierten Reoperationen mit in der univariaten Analyse signifikanten Parametern

7.3.4.3 Keimspektrum

Bei allen Revisionsfällen aufgrund einer Wundheilungsstörung wurden intraoperativ mikrobiologische Proben entnommen, deren nähere Aufschlüsselung unten erfolgt.

Kein Keimnachweis	4
1 Keim im Abstrich	9
- Grampositiv	8
- Gramnegativ	1
Mehrere Keime im Abstrich	5
- Ausschließlich grampositiv	1
- Ausschließlich gramnegativ	0
- Mischflora	4

Tabelle 14: mikrobiologische Ergebnisse der bei der ersten Revision entnommenen Proben

Der häufigste nachgewiesene Keim war *Staphylococcus aureus*, der sich insgesamt in acht Fällen nach Bebrütung zeigte, was 44,4% der operativ revidierten Komplikationen entspricht. Dies bedeutet auch, dass in zwei Dritteln (66,7%) der Fälle, in denen ein Keimnachweis gelingen konnte, ein *Staphylococcus aureus* beteiligt war. Sechs dieser Fälle waren Monoinfektionen. In einem Fall war der angezüchtete *Staphylococcus aureus* multiresistent.

Der einzige weitere multiresistente Keim, der im Wundabstrich gesichert werden konnte, war ein *Escherichia coli* vom Typ ESBL, welcher zugleich auch die einzige Monoinfektion mit einem gramnegativen Erreger innerhalb des ausgewerteten Kollektivs darstellte.

7.3.5 Genauere Betrachtung der B1-Frakturen

In dem Kollektiv der B1-Frakturen, in dem Datensatz mit 87 Fällen (siehe Tabelle 2) das mit Abstand am häufigsten vorkommende Verletzungsmuster, kam es insgesamt zu acht Weichteilkomplikationen (sieben Reoperationen, eine stationäre Wiederaufnahme). Bemerkenswert hierbei war der Fakt, dass es in den 29 Fällen, in denen zwei chirurgisch

tätige Personen am Operationstisch standen, zu keiner einzigen Weichteilkomplikation kam.

Dies bedeutet, dass alle acht Weichteilkomplikationen Teil des Kollektivs von 58 Fällen (dies entspricht exakt zwei Dritteln der B1-Frakturen) in denen drei oder mehr Personen am Operationstisch standen. Im Chi-Quadrat-Test zeigte sich dieser Unterschied bei einem Wert von 4,405 bei einem p-Wert von 0,036 als signifikant.

Die durchschnittliche Operationsdauer unterschied sich hierbei zwischen den komplikationsfreien (82,5) und komplikationsbehafteten (92,5) Fällen um ungefähr 10 Minuten. Dieser Unterschied zeigte sich im Mann-Whitney-Test als signifikant ($Z=2,133$, $p=0,033$). Durch die Teilnahme von mehr als zwei chirurgisch tätigen Personen an der Operation bei der Operation von B1-Frakturen kam es zu keiner Verkürzung der Operationsdauer, die Mittelwerte unterschieden sich nur geringfügig (zwei Personen am Tisch: 82,0 Minuten, SD 23,3; drei oder mehr Personen am Tisch: 84,2, SD 22,1) und nicht signifikant ($Z=0,405$, $p=0,685$).

In den Fällen, in denen drei oder mehr Personen am Tisch standen, spielte es hinsichtlich der Komplikationsrate keine Rolle, ob es sich bei einer der eingewaschenen Personen um einen Studenten handelte. Bei den Operationen ohne studentische Teilnahme kam es in 2 von 12 Fällen (16,7%) zu einer Weichteilkomplikation, diese Rate zeigte sich bei studentischer Teilnahme mit sechs Komplikationen in 46 Fällen (13,0%) sogar etwas geringer, jedoch bestand hier keine Signifikanz ($p=0,746$) im Chi-Quadrat-Test.

7.3.6 Genauere Betrachtung der Patienten mit Nikotinabusus

Nikotinabusus als solcher konnte in diesem Datensatz sowohl in der univariaten Analyse (siehe Tab. 9 und 12) als auch in der logistischen Regression (Tab. 15) unter Einbeziehung des Alters (aufgrund des in 4.2.8 als signifikant dargestellten Altersunterschieds zwischen Rauchern und Nichtrauchern) nicht als Risikofaktor für Komplikationen identifiziert werden.

	Odds Ratio (mit 95% KI)	Sig.
Alter	1,042 (1,011 – 1,074)	0,008
Nikotinabusus	1,384 (0,561 – 3,413)	0,480

Tabelle 15: multivariate Analyse des Zusammenhangs von Komplikationen mit o.g. Parametern

Innerhalb des 125 Patienten umfassenden Kollektivs der Raucher bestand eine Korrelation zwischen der täglich konsumierten Zigarettenmenge und dem Auftreten von Weichteilkomplikationen (Pearson-Koeffizient 0,180; $p=0,045$). Zudem bestand eine Korrelation von 0,167 mit der Dauer des primären stationären Aufenthaltes, welche knapp oberhalb des Signifikanzniveaus blieb (0,059). Des Weiteren korrelierte die Menge des Nikotinkonsums stark mit dem Alter (0,313; $p=0,000$) und ASA-Score (0,355; $p=0,000$). In der multivariaten Analyse war die täglich gerauchte Zigarettenmenge kein signifikanter Risikofaktor für Komplikationen.

	Odds Ratio (mit 95% KI)	Sig.
Alter bei ORIF	1,123 (1,036 – 1,217)	,005
Konsumierte Zigaretten pro Tag	1,061 (0,992 – 1,135)	,083
ASA Score	1,079 (0,267 – 4,356)	,915

Tabelle 16: multivariate Analyse zum Zusammenhang von Komplikationen mit verschiedenen Parametern innerhalb des Kollektivs der Raucher

7.3.7 Genauere Untersuchung zur Volkmann-Fraktur

Eine Fraktur der hinteren Tibiakante, eine sogenannte Volkmann-Fraktur wurde in 112 Fällen (41,3%) beschrieben. 27 dieser Fälle (24,1%) wurden osteosynthetisch stabilisiert. Alle osteosynthetisch adressierten Volkmann-Frakturen innerhalb des ausgewerteten Kollektivs wurden per Zugschraube stabilisiert.

In 21 Fällen erfolgte die Zugschraubenosteosynthese von ventral, in sechs Fällen von dorsal.

In 3.3.1 und 3.3.4 wurde dargestellt, dass das Vorhandensein einer Volkmann-Fraktur kein Risikofaktor für weichteilbedingte Revisionen bzw. Komplikationen im Allgemeinen darstellt.

Tabelle 17 zeigt, dass eine osteosynthetische Versorgung einer Volkmann-Fraktur kein Risikofaktor für Komplikationen darstellte. Im Gegenteil, die Komplikationsraten waren in der Gruppe der verschraubten Volkmann-Frakturen unterhalb des Durchschnitts, auch wenn diese Ergebnisse keine Signifikanz aufwiesen.

	Odds Ratio (mit 95% KI)	Chi ² n. Pearson	Sig.
Komplikation	0,807 (0,178 – 3,364)	0,078	0,78
Weichteilbedingte Revision	0,514 (0,066 – 4,018)	0,418	0,52

Tabelle 17: Univariate Analyse: Keine Volkmann Fraktur bzw. nicht adressierte Volkmann Fraktur (n=244) vs. Adressierte Volkmann-Fraktur (n=27)

Betrachtet man das Kollektiv der 112 Volkmann-Frakturen an sich, so lässt sich auch innerhalb dieser Gruppe kein signifikanter Zusammenhang zwischen Komplikation bzw. weichteilbedingter Revision und Verschraubung ausmachen

	Odds Ratio (mit 95% KI)	Chi ² n. Pearson	Sig.
Komplikation	1,053 (0,200 – 5,553)	0,004	0,95
Weichteilbedingte Revision	0,615 (0,069 – 5,510)	0,192	0,66

Tabelle 18: Univariate Analyse: nicht adressierte Volkmann Fraktur (n=85) vs. Adressierte Volkmann-Fraktur (n=27)

8 Diskussion

8.1 Aspekte der Komplikationen

8.1.1 **Potentielle Risikofaktoren und Einordnung in die bestehende Literatur**

Sowohl diese Arbeit, als auch die Literaturrecherche zeigen, dass es bei Malleolarfrakturen keine singuläre Hauptursache für einen komplikationsbehafteten Verlauf gibt.

8.1.1.1 **Alter**

Der in dieser Arbeit identifizierte Risikofaktor Alter findet auch in anderen Publikationen Eingang [22, 23], auch wenn nicht alle Arbeiten diese These stützen [24]. Insbesondere im Hinblick auf den demographischen Wandel sind hier weitere Untersuchungen von großer Relevanz, um den geriatrischen Patienten bestmöglich behandeln zu können. Die konventionelle Drittelrohrplattenosteosynthese geht mit einem nicht unerheblichen Hautschnitt über der Fibula einher, bei fast allen Wundheilungsstörungen dieses Datensatzes

war der laterale Malleolus betroffen. Es gibt Bestrebungen, die Osteosynthese der Fibula minimalinvasiver zu gestalten. Zu nennen sind hierbei die perkutane Drittelrohrplattenimplantation [25] und die intramedulläre Nagelung der Fibula [26]. Das letztere Verfahren scheint insbesondere bei der Vermeidung von Wundheilungsstörungen und Infektionen vielversprechend zu sein. Selbstverständlich erkaufte man den Vorteil des minimalinvasiven Zugangswegs mit der schlechteren Übersicht über die Frakturverhältnisse, was dazu führen könnte, dass die Reposition im Vergleich zur Plattenosteosynthese weniger anatomisch gelingt.

8.1.1.2 Nikotinabusus

Überraschend ist, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Komplikationsrate machte, ob der Patient Nikotinabusus betrieb oder nicht. Sowohl in der uni- als auch in der multivariaten Analyse unter Einschluss des Alters (aufgrund des signifikant geringeren Durchschnittsalters der Raucher in unserem Datensatz) konnte kein Zusammenhang postuliert werden. Es gibt sowohl Arbeiten, die Nikotin als Risikofaktor für Komplikationen ausmachen [27]. Gleichzeitig haben mehrere Arbeiten Zigarettenkonsum nicht als signifikanten Faktor für Komplikationen determinieren können [22, 28]. Es besteht hier weiterer Untersuchungsbedarf, allerdings ist es schwierig Nikotin aufgrund der bei Rauchern häufigen Komorbiditäten als unabhängigen Risikofaktor zu identifizieren.

8.1.1.3 Weibliches Geschlecht

In der Literaturrecherche zu dieser Arbeit ergab sich nur eine Quelle, die weibliches Geschlecht als potentiellen Risikofaktor identifizierte, hierbei allerdings auch nur in der univariaten Analyse [22]. Die Autoren erklärten dies am ehesten mit dem höheren Altersdurchschnitt der weiblichen Verletzten. Verallgemeinernd kann man davon ausgehen, dass Malleolarfrakturen bei Männern eher die jüngere (häufig im Rahmen von Sportunfällen), bei Frauen die ältere Population betreffen, eine These, die sowohl durch diese Arbeit, als auch durch die Literatur [22, 29] unterstützt wird. Die Mehrheit der ausgewerteten Arbeiten konnten keinen unabhängigen Zusammenhang zwischen Komplikationsrate und Geschlecht herstellen [23, 30, 31]. Dennoch ist ein Fokus auf den geriatrischen weiblichen Patienten zu legen, da diese eben zwei unabhängige Risikofaktoren der Osteoporose vereinigen [32] und eine verminderte Knochendichte zumindest kurzfristig mit

schlechteren klinischen Outcomes nach Osteosynthese bei Malleolarfrakturen assoziiert ist [33].

8.1.1.4 Diabetes mellitus

In der univariaten Analyse war die Rate an weichteilbedingten Revisionsoperationen bei Diabetikern über drei Mal so hoch wie bei den Nicht-Diabetikern. Allerdings war die Zahl der Diabetiker mit 15 innerhalb des Datensatzes im Verhältnis zu anderen Arbeiten sehr gering, sodass hier keine statistische Signifikanz erreicht werden konnte. Mehrere Arbeiten unterstützen die These, dass Diabetes einen Risikofaktor für Wundinfektionen nach offener Reposition und interner Fixation einer Malleolarfraktur darstellt [28, 34, 35]. Besonderes Augenmerk sollte zudem auf eine konsequente antidiabetische Therapie gelegt werden, um das Risiko von Komplikationen nicht noch weiter zu aggravieren [36].

8.1.1.5 Offene Fraktur

Trotz der mit einer Anzahl von sieben geringen Menge an offenen Frakturen in diesem Datensatz, erreichte dieser Parameter sowohl in uni- als auch in der multivariaten Analyse statistische Signifikanz als Risikofaktor für Komplikationen im Allgemeinen und weichteilbedingte Reoperationen. Die Rate an offenen Frakturen lag mit 2,58% innerhalb des Rahmens der ausgewerteten Literatur, die Raten zwischen 1,9% und 6,6% nennt [28, 31, 37]. Dass offene Frakturen am Knöchel ein Risikofaktor für Komplikationen sind, gilt als gesichert [23, 28]. Durch das Freiliegen der Knochen ist ein Keimeintritt mit späterer Kompromittierung des Gewebes deutlich wahrscheinlicher.

8.1.1.6 Wochentag der Operation

Während der Zeitpunkt der Operation innerhalb eines Tages keine Rolle zu spielen scheint, ist der signifikante Anstieg der Komplikationsrate sowohl in der uni- als auch in der multivariaten Analyse, falls die Operation am Freitag bzw. am Wochenende durchgeführt wurde, durchaus bemerkenswert. Die einzigen Arbeiten, die sich in der Literatur mit dem Zusammenhang zwischen Operationszeitpunkt und Komplikationsrate bei Osteosynthesen fanden, beschäftigten sich mit hüftgelenksnahen Frakturen [38-40]. Übertragbar sind die Ergebnisse hierbei allerdings nicht, da es sich bei der Ausversorgung einer

Malleolarfraktur um eine andere Dringlichkeitsstufe handelt. Auch wenn die Untersuchung des Einflusses des Operationsdatums elektiver Eingriffe auf das Outcome Gegenstand mehrerer teils großer epidemiologischer Studien ist, fehlt hier die spezifische Untersuchung elektiver osteosynthetischer Eingriffe [41-43]. Zudem ist der untersuchte Endpunkt zumeist die Mortalität. Die größte Studie zu der Thematik, welche 4,1 Millionen Patientenfälle retrospektiv auswertete, kam zu dem Schluss, dass man von einer signifikant höheren Mortalität bei Operationen, die am Ende der Woche durchgeführt werden, ausgehen kann [43]. Allerdings verbieten sich hieraus konkrete Schlussfolgerungen in Bezug auf diese Arbeit aufgrund der unterschiedlichen Endpunkte (Mortalität vs. Komplikation). Nichtsdestotrotz bleibt der Einfluss des Wochentags ein Parameter, der insbesondere für elektive traumatologische Eingriffe in Zukunft näher untersucht werden sollte, wie es beispielsweise Lagergren et al. Spezifisch für Ösophaguskarzinom-Ops durchgeführt haben [44, 45].

Es ist durchaus möglich, dass eine chirurgisch tätige Person zum Ende einer Arbeitswoche hin weniger ausgeruht ist und ihre Arbeit dementsprechend unkonzentrierter verrichtet. Denkbar wäre beispielsweise eine Kontamination des sterilen Operationsbereichs durch unachtsames Verhalten mit der Folge des Einbringens von Mikroben in die Wunde. Zu evaluieren ist zudem der potenzielle ökonomische Einfluss auf die Entscheidungsfindung, Operationen mit noch suspekten Weichteilbefunden noch vor dem Wochenende durchzuführen, um eine kürzere Belegung des Krankenhauses zu erreichen. Auch die Leistung des Instrumentierungs- oder Reinigungspersonals ist ein potentieller Einflussfaktor. Der Nachweis konkreter Kausalitäten dürfte sich aufgrund der zahlreichen in Betracht zu ziehenden Einflussfaktoren als schwierig erweisen. Nichtsdestotrotz besteht die Notwendigkeit, die möglichen Ursachen dieses Komplikationsanstiegs zu evaluieren, um langfristig ein besseres Ergebnis für die Patienten zu erreichen.

8.1.1.7 Keimspektrum

Im Vergleich zur ausgewerteten Literatur ergeben sich große Parallelen hinsichtlich des Mikrobennachweises zu anderen Arbeiten. In dieser Arbeit gelang es in 77,8% der Revisionsoperationen einen Keimnachweis zu erbringen, bei den ausgewerteten Vergleichsarbeiten waren es 84,6% [34] bzw. 80,0% [46]. Insbesondere Staphylokokken (hier vor allem *Staphylokokkus aureus*) scheinen, wie auch in dieser Arbeit, die relative Mehrheit der Infektionen zu verursachen [34, 37, 46]. Als weitere typische Keime werden in eben genannten Quellen coliforme Bakterien, *Pseudomonas aeruginosa* und *Proteus mirabilis*

ausgemacht. Infektionen mit coliformen Bakterien betrafen innerhalb dieser Auswertung vier Fälle, *Pseudomonas aeruginosa* und *Proteus mirabilis* kamen jeweils einmal vor. Die größte Arbeit zu dem Thema geht in zwei Dritteln der Fälle von einer Mono-, in einem Drittel von einer Multiinfektion aus, dies deckt sich mit den Zahlen dieser Erhebung (64,3% zu 35,7%) [37]. Als relevanter Unterschied konnte ermittelt werden, dass keine der zu Mikrobiologie ausgewerteten Arbeiten eine Streptokokkenbesiedlung der Wunde erwähnte, allerdings wurden sie in diesem Datensatz vier Mal identifiziert, zwei hiervon im Rahmen einer Monoinfektion.

Weitere Untersuchungen sind hier notwendig, um Charakteristika zu Patienten oder Frakturtypen zu identifizieren, die mit bestimmten Keimbesiedlungen einhergehen. Hieraus könnte sich eine Empfehlung zur empirischen antibiotischen Behandlung bis zum endgültigen Keimnachweis ableiten lassen.

Zudem sollte aufgrund der zunehmenden Häufigkeit von multiresistenten Erregern regelmäßig die kalkulierte antimikrobielle Therapie im Hinblick auf Ihre Wirksamkeit überprüft werden. Freilich ist hierzu eine sorgfältige Probengewinnung durch Biopsien und Abstriche im Falle eines Verdachts notwendig. In der mikrobiologisch immer komplexer werdenden Welt ist außerdem ein interdisziplinärer Ansatz, so zum Beispiel durch Einbeziehung von Krankenhaushygienikern und Infektiologen, bei der Bekämpfung von Wundinfektionen wünschenswert.

8.1.2 Ossäre Komplikationen und Kritik an der Methodik ihrer Erhebung

Überraschend ist in dem ausgewerteten Kollektiv die geringe Anzahl ossär assoziierter Reoperationen. Insgesamt trat dieser Fall nur drei Mal auf, zwei Fälle hiervon betrafen Eingriffe bei manifester posttraumatischer Arthrose. Zu bedenken hierbei ist, dass die operative Arthrosetherapie zumeist erst in höheren Krankheitsstadien erwogen wird. Die Arthrose des Sprunggelenks ist deutlich seltener als die des Hüft- oder Kniegelenks [47, 48], gleichzeitig scheinen traumatische Ursachen eine größere Rolle zu spielen, in einer großen Erhebung wurde der Anteil der posttraumatischen Ursachen an der Gesamtrate von Sprunggelenksarthrosen mit 70% beziffert [49]. Eine retrospektive Kohortenstudie von Horisberger et al. Wertete 141 Fälle von hochgradiger Sprunggelenksarthrose aus, 75 (53,1%) der Patienten hatten hierbei eine Malleolarfraktur erlitten [48]. Die durchschnittliche Latenz zwischen Malleolarfraktur und hochgradiger Arthrose in dieser Arbeit

lag allerdings bei 20,9 Jahren, was darauf hinweist, dass das determinierte Nachbeobachtungsintervall von 5 Jahren in diesem Datensatz zur konsequenten Beobachtung diesbezüglicher Krankheitsbilder zu kurz ist, auch wenn andere Untersuchungen deutlich kürzere Zeiträume nennen [50]. So bleibt es bei derart gelagerten Zeiten schwierig, genaue Zahlen bezüglich des Auftrittsrisikos einer posttraumatischen Arthrose zu nennen.

Ebenso denkbar ist der „Verlust“ von Komplikationen dieser Art dadurch, dass die Patienten bei Auftreten von Beschwerden am operierten Sprunggelenk nicht die medizinischen Dienste der initial behandelnden Institution in Anspruch nehmen, sondern sich vielmehr bei niedergelassenen Orthopäden und Unfallchirurgen oder in anderen Kliniken vorstellen. Insgesamt lässt sich also aus den Ergebnissen schließen, dass sich aus dem Datensatz keine belastbaren Aussagen bezüglich ossärer Komplikationen treffen lassen. Ein geeigneteres Design zur Erfassung solcher Ereignisse wäre eine prospektive Beobachtungsstudie mit regelmäßiger Einbestellung der Patienten zur Nachuntersuchung über einen längeren Zeitraum. Auch hier wäre jedoch aufgrund von Wohnortwechsel, Nichtwahrnehmung von Nachuntersuchungen (insbesondere bei beschwerdefreien) Patienten und nicht zuletzt der oftmals langen Dauer zwischen Fraktur und Auftreten einer Arthrose die große Möglichkeit einer statistischen Verzerrung gegeben.

8.1.3 B1-Frakturen

Die genaue Betrachtung des in sich vergleichbaren Kollektivs der B1-Frakturen weist darauf hin, dass die Anzahl von Personen, die die Operation durchführen, einen Einfluss auf die Komplikationsrate haben könnte. Logisch erscheint, dass mit zunehmender Anzahl an chirurgischem Personal die Möglichkeiten einer Kontamination steigen. Zunächst geschieht dies direkt durch die zunehmende Anzahl von Armen im sterilen Bereich. Gleichzeitig steigt durch das limitierte Platzangebot am Operationstisch auch die Gefahr der Kontamination untereinander. Wenn sich durch mehr als zwei chirurgisch tätige Personen die Operationszeit wie in diesem Datensatz nicht verkürzt, sollte man – gemäß der Maßgabe „so viel wie nötig, so wenig wie möglich“ – erwägen, auf das Einwaschen einer dritten oder gar vierten Person zu verzichten. Es ist angesichts von sieben weichteilasoziierten Komplikationen innerhalb dieses Datensatzes des Weiteren zu überlegen, ob nicht ein zunehmender Teil der B1-Frakturen konservativ behandelbar sein könnte. Die multizentrische CROSSBAT-Studie (Combined Randomised and Observational Study)

zeigte, dass ein operatives Vorgehen kurzfristig keinen Vorteil gegenüber einem konservativen Therapieprozedere bei B1-Frakturen mit keinem oder geringem talaren Shift hat [51]. Eingeschlossen in diese Studie wurden Personen zwischen 18 und 65 Jahren. Überdies traten in der Gruppe der operativ versorgten B1-Frakturen signifikant mehr Komplikationen auf. Langfristige Nachbeobachtungen sind hier vonnöten und könnten hier zu einer Änderung des Therapiealgorithmus führen. Allerdings ist aufgrund der oben genannten Latenzzeit zwischen Unfallereignis und dem Entstehen einer posttraumatischen Arthrose, welche eben oftmals Jahrzehnte beträgt, nicht mit schnellen Ergebnissen zu rechnen.

8.1.4 Volkmann-Fraktur

Bei der isolierten Volkmann-Fraktur handelt es sich um eine seltene Diagnose, die größte Untersuchung dieser Verletzungsentität mit einer Anzahl von nur 25 Fällen nennt einen Anteil von 1% an allen Malleolarfrakturen [52]. Auffällig in dieser Untersuchung ist, dass elf der Verletzungen durch das Ausrutschen auf Schnee oder Glatteis zustande kamen.

Das Fragment als solches muss aufgrund der oftmals kleineren Größe nicht zwingend fixiert werden. Allerdings scheint eine häufige Instabilität der Syndesmose vorzuliegen, so wurden in allen sieben Fällen in dieser Untersuchung die Implantation einer Stellschraube vorgenommen. Aufgrund der Seltenheit besteht die Gefahr, die Verletzung zu übersehen, insbesondere falls es sich um ein kleines Volkmann-Fragment handelt [53]. Hierdurch könnte auch eine Syndesmosenläsion als Begleitverletzung einer adäquaten Therapie entgehen. Eine weitere Schwierigkeit in der Diagnose dieser Verletzung besteht darin, dass ein Abriss der dorsalen Tibiakante in den üblichen konventionell-radiologischen Bildern (Sprunggelenk seitlich und anterior-posterior in 15° Innenrotation) leicht übersehen werden kann. In einer 2015 publizierten Studie ließen Gonzalez et al. Fünf zertifizierte Fuß- und Sprunggelenkschirurgen die Beteiligung der dorsalen Tibiakante anhand von Röntgenbildern evaluieren [54]. Hier wurde eine Verletzung in 13% übersehen, die diagnostische Genauigkeit ließ sich jedoch auf 100% steigern, wenn den Untersuchern eine seitliche Aufnahme in Außenrotation vorgelegt wurde. Eine weitere vorstellbare Fehlerquelle könnte darin bestehen, dass ein Volkmann-Fragment als eine distale Tibiafraktur, insbesondere von den Typen AO 43B1.1 und B2.1, verkannt wird und somit eine Evaluation der Syndesmosenstabilität ausbleibt. Als wertvoll könnte sich hier eine suffiziente Anamneseerhebung herausstellen, da Malleolarverletzungen eher von niedrigerenergetischen Gewalteinwirkungen und distale Unterschenkelfrakturen meist durch

ein höherenergetisches Trauma (insbesondere axiale Stauchung z.B. nach Sturz aus größerer Höhe) verursacht werden.

Die Therapie einer posterioren Malleolarfraktur ist ein kontrovers diskutiertes Thema. Es gibt keine feste Richtlinie, ab welcher Größe eine Absprengung der hinteren Tibiagelenkfläche osteosynthetisch adressiert werden sollte [55], in dem Krankenhaus, aus dem diese Daten stammen, geht man bei einer Beteiligung von mehr als einem Viertel der Gelenkfläche dazu über, das Fragment zu adressieren. Evers et al. Wiesen allerdings in einer Kadaverstudie nach, dass selbst bei kleinen Frakturen eine Fixation des Fragments für eine physiologischere Druckbelastung innerhalb des Gelenks sorgt als es die konservative Behandlung tut. Momentan läuft eine randomisierte klinische Studie, die die operative und konservative Therapie bei Fragmenten, welche weniger als 25% der Gelenkfläche ausmachen, gegenüberstellt [56]. Es ist wahrscheinlich, dass die Gefahr für eine Arthrose mit zunehmender Größe des posterioren Fragments steigt [57]. In den letzten Jahren ist man dazu übergegangen, zunehmend die direkte Visualisierung des Fragments mit konsekutiver Fixierung, meist per Platte anzustreben. Diese hat sich sowohl in Kadaver- als auch Computersimulationsstudien stabiler als die ventrale oder dorsale Zugschraubenosteosynthese erwiesen [58]. In dieser retrospektiven Untersuchung wurden das Volkmann-Dreieck bei osteosynthetischer Versorgung stets per Zugschraube adressiert. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass eine Volkmann-Fraktur, unabhängig davon, ob sie aufgrund der Fragmentgröße osteosynthetisch stabilisiert werden muss oder nicht, keinen Einfluss auf die Infektionsrate zu haben scheint.

8.2 Syndesmosenverletzungen

Bemerkenswert ist, dass ein Viertel der C1- und C2-Frakturen intraoperativ keine Notwendigkeit einer Stellschraubenimplantation zeigten. Das Credo, dass jede Weber-C-Fraktur mit einer obligaten Zerreißung der Syndesmose einhergeht, lässt sich im Licht dieser Ergebnisse infrage stellen. Retrospektiv ist schwierig zu beurteilen, ob in den 12 Fällen, in denen bei C-Frakturen keine Stellschraube eingebracht wurde, keine Syndesmosenverletzung vorlag oder der operierende Chirurg im Stresstest trotz Syndesmosenverletzung keine behandlungsbedürftige Instabilität erkannte. Dass letzteres möglich sein kann, dafür spricht eine Kadaverstudie von Solari et al., die zu dem Ergebnis kam, dass bei intaktem Ligamentum deltoideum und suffizienter Innen- und

Außenknöchelosteosynthese bis zu 73% der Stabilität im Vergleich zu vor der Verletzung erreicht werden [59]. Zudem ist es trotz intraoperativer Durchleuchtung möglich, dass Syndesmosenverletzungen aufgrund geringer Sensitivität der Tests übersehen werden [60]. Auch klinische Tests sind für die Detektion einer Syndesmoseninstabilität nicht ausreichend genau [16, 61, 62]. Die Schnittbildgebung zur Evaluation von Syndesmosenläsionen sollte erwogen werden [16, 63]. Ein weiterer neuer Test zur Evaluation von Verletzungen der Syndesmose ist der sogenannte Chertsey-Test, bei dem intraoperativ ein Kontrastmittel in den Gelenkspalt injiziert wird [64, 65]. Es bestehen erste vielversprechende Ergebnisse, allerdings ist hier eine weitere Validierung vonnöten. Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass es weiterer Forschung bedarf, um die Implantation von Stellschrauben bei bestimmten Typen von C-Frakturen auf ihre Notwendigkeit hin zu überprüfen, schließlich führt diese auch zumeist zu einem Folgeeingriff (in Form der Stellschraubenentfernung), der Komplikationen mit sich führen kann [66]. Die Stellschraubenentfernung als solches bleibt ein weiteres kontrovers diskutiertes Thema, zurzeit läuft die sogenannte RODEO-Studie (Routine versus on demand removal of the syndesmotic screw), die die routinemäßige Stellschraubenentfernung mit der Stellschraubenentfernung auf Patientenwunsch hin vergleicht [67]. Selbst die Stellschraube an sich wird in Bezug auf Effektivität und finanzielle Kosten seit dem Aufkommen der Tightrape-Fixation zunehmend infrage gestellt [68, 69].

8.3 Elektive Implantatentfernung

Die elektive Implantatentfernung wird nach knöcherner Konsolidierung der Fraktur zumeist frühestens nach einem Jahr durchgeführt. Eine generelle Explantation des Osteosynthesematerials wird in den Deutschen Leitlinien nicht empfohlen [70]. Im Fall der Malleolarfrakturen ist insbesondere am Außenknöchel die Weichteildeckung relativ gering, häufig empfinden Patienten es als störend, dass die Drittelrohrplatte palpabel oder gar sichtbar ist. Die Implantatentfernung als solches wird weltweit sehr unterschiedlich gehandhabt und beurteilt [71], oftmals spielen lokale Gegebenheiten, beispielsweise bezüglich der Erstattung der Kosten des Eingriffs eine Rolle. Vom Patienten berichtete Beschwerden sollten in jedem Fall ernstgenommen werden, da es Hinweise gibt, dass die Metallentfernung Funktion und subjektives Befinden positiv beeinflusst [72-74]. Die AMWF-Leitlinie zur Metallentfernung nennt als einen Punkt, der für Materialexplantation

spricht, den „Wunsch des Patienten“ [70]. Gerade angesichts der vagen Ausdrucksweise ist hier eine umfangreiche Aufklärung des Patienten über Chancen und Risiken des Eingriffs äußerst wichtig, um dem Patienten im Rahmen des Shared Decision Making zur für ihn bestmöglichen Option zu führen. Zwar verliefen alle elektiven Implantatentfernungen innerhalb des ausgewerteten Zeitraums komplikationsfrei, allerdings bestehen immer Operationsrisiken durch anästhesiologische Komplikationen, Infektionen oder Refraktur.

Weibliches Geschlecht war in diesem Datensatz in der multivariaten Analyse mit einer doppelt so hohen Wahrscheinlichkeit der Materialentfernung assoziiert, ein Trend, der auch in der größten Studie zu diesem Thema berichtet wurde [75]. Logisch erscheint, dass die Größe der Platte eine Rolle zu spielen scheint, steigt doch mit zunehmender Lochanzahl die Chance, eine umliegende Gewebestruktur zu irritieren. Ein weiterer Erklärungsansatz könnte hier die für beide Geschlechter universell zu verwendende Drittelrohrplatte liefern. Aufgrund der durchschnittlich kleineren Fibula und größeren anatomischen Nähe potentiell irritabler Weichteilstrukturen ist es denkbar, dass sich Personen weiblichen Geschlechts eher vom Osteosynthesematerial gestört fühlen.

8.4 Evaluation der erhobenen Daten

8.4.1 Epidemiologischer Vergleich mit anderen Studien

Die Spanne des Durchschnittsalters in der vom Studiendesign ähnlichen Literatur reichte von 38,6 bis 56,0 Jahren, der Durchschnitt für das Alter in dieser Studie lag mit 46 Jahren relativ mittig in diesem Bereich. In diesen Untersuchungen reichte die Stichprobengröße von 50 bis 57.183 Patienten [22, 23, 28, 29, 31, 37, 76, 77]. Zwei Untersuchungen merkten an, dass ein Altersunterschied zwischen den männlichen und weiblichen Verletzten bestand, eine Beobachtung, die man auch in dieser Datenanalyse machen konnte [22, 29]. Nur in einer anderen Erhebung außer dieser stellten die männlichen Patienten die Mehrheit dar [22]. Gleichzeitig war diese Arbeit von Kelly et al. Auch die Erhebung mit dem geringsten Durchschnittsalter. Des Weiteren ist zu bemerken, dass diese Arbeit nur operierte Malleolarfrakturen auswertete. Da man bei älteren Patienten aufgrund von Komorbiditäten und eines höheren perioperativen Risikos häufiger ein konservatives Therapieprocedere einschlägt, ist damit zu rechnen, dass das Durchschnittsalter aller

Patienten mit Malleolarfraktur höher liegt. Insgesamt lag der Frauenanteil in o.g. Quellen zwischen 37,7% und 63,0%. Als am repräsentativsten kann man die große, mittels Datenbankrecherche erstellte Erhebung von SooHoo et al. Werten, diese nennt ein Durchschnittsalter von 51 Jahren und den Anteil der Frauen mit 63,0% [23].

Auch eingangs genannte epidemiologische Studien kommen zu dem Ergebnis, dass Frauen häufiger von Malleolarfrakturen betroffen sind. Die Abweichungen könnten sich durch die unterschiedlichen Charakteristika des untersuchten Kollektivs ergeben, in einer durchschnittlich älteren Gesellschaft, wäre demnach der Anteil der Frauen deutlich größer, da diese im fortgeschrittenen Alter ein zunehmendes Risiko für Malleolarfrakturen aufweisen [4, 5]. Auch Betrachtungen der Ethnie, welche in den USA häufig miterhoben wird, könnten einen Zugewinn an Erkenntnis bringen, bestehen doch große Unterschiede bezüglich des Frakturrisikos, so haben dunkelhäutige Personen eine deutlich geringere Inzidenz der Brüche im Bereich des Sprunggelenks [15]. Im Hinblick auf die zunehmend multikulturelle Gesellschaft Deutschlands ist hier weitere Forschung vonnöten, jedoch sollte diese in Anbetracht der deutschen Geschichte mit großer Sorgfalt und ohne vorschnelle Mutmaßungen durchgeführt werden.

In Bezug auf die jahreszeitlichen Schwankungen der Anzahl versorgter Frakturen ergab die Recherche zwei Publikationen, welche die Rolle des Wetters untersuchten und hierbei eine deutliche Steigerung der Fallzahl bei kälteren Temperaturen, wobei hier vor allem auch die Beschaffenheit des Untergrundes (Eisglätte, Schneefall, etc.) eine Rolle zu spielen scheint [78, 79].

8.4.2 Schwächen des Datensatzes

Insgesamt offenbart der Datensatz einige Schwächen. So beträgt der Anteil der Patienten mit mindestens einer Nachfolgeuntersuchung nur 65,5 Prozent. Über die Patienten, welche nicht zur Nachuntersuchung erschienen und dementsprechend nicht ausgewertet wurden, kann keine definitive Aussage getroffen werden. Das ausgewertete Kollektiv unterschied sich in Alter oder Geschlechterverteilung nicht signifikant von den nicht ausgewerteten Patienten. Das Auslassen einer Nachfolgeuntersuchung kann unterschiedlichste Ursachen haben. Denkbar sind unter anderem ein Wohnortwechsel oder ein Versterben des Patienten. Auch wenn es wahrscheinlich erscheint, dass Patienten mit Komplikationen wie beispielsweise einer Wundheilungsstörung sich im ursprünglich behandelnden Krankenhaus bzw. dessen Ambulanz wiedervorstellen, kann nicht

ausgeschlossen werden, dass diese ein anderes Krankenhaus aufsuchen und somit Komplikationen dem ausgewerteten Kollektiv entgehen. Eine weitere Hypothese zum „Verlust“ von nicht nachuntersuchten Patienten ist, dass der zufriedene Patient ohne jegliche Beschwerden mit höherer Wahrscheinlichkeit keine Nachfolgeuntersuchung wahrnimmt als der unzufriedene Patient mit fortwährenden Schmerzen, die er ärztlich begutachten lassen möchte. Empirisch kann man davon ausgehen, dass letzterer Fall die relative Mehrheit im Kollektiv der „verlorenen“ Patienten darstellt, insofern ist durchaus denkbar, dass die Rate an Komplikationen innerhalb des ausgewerteten Datensatzes deutlich zu hoch ausfällt. Da Komplikationen in den Studien recht heterogen erhoben werden; so zählen manche Studien eine Lungenembolie [23] oder endokrine Ursachen hierzu [29]; fällt hier der Vergleich am leichtesten, wenn man sich auf die operativ revidierten Wundheilungsstörungen beschränkt. In dieser Erhebung wurden in 6,6% ein chirurgisches Debridement aufgrund einer Wundheilungsstörung notwendig, diese Rate lag innerhalb des Rahmens der ausgewerteten Literatur, die Werte von 1,1% bis 6,8% angibt [23, 27, 28, 30, 37, 77, 80]. Ginge man davon aus, dass alle nicht zum Follow-Up erschienenen Patienten komplikationsfrei blieben, entspräche diese Rate 4,4% der Fälle.

Weitere Verzerrungen sind auch bei den elektiven Implantatentfernungen denkbar. Hier ist es durchaus möglich, dass dem ausgewerteten Kollektiv Fälle entgangen sind, da sich Patienten in anderen Krankenhäusern der Materialexplantation unterzogen.

Da innerhalb dieses Datensatzes nur operierte Fälle ausgewertet wurden, fehlt die Vergleichsmöglichkeit zu den konservativ therapierten Malleolarfrakturen.

Generell bestehen natürlich die Schwächen einer retrospektiven Erhebung. Kausalzusammenhänge sind so nicht sicher ableitbar. Zudem ist man gezwungen, mit der erfolgten Dokumentation zu arbeiten. Prospektive Studien können aufgrund der vorgefertigten Fragestellungen in der Regel mit genaueren Erhebungen arbeiten.

8.5 Fazit

Trotz aller oben genannten Schwächen kann man die Daten dieser Erhebung als repräsentativ werten, da sie sowohl in epidemiologischen Parametern als auch in der Komplikationsrate innerhalb des Rahmens der gesichteten Literatur liegen.

Durch das Design dieser Studie und die hieraus resultierende wahrscheinliche Nichterfassung des Großteils der posttraumatischen Arthrosen kann der in der Literatur postulierte Zusammenhang zwischen posttraumatischer Arthrose und dorsaler Tibiakantenfraktur sowie anderen Parametern nicht adäquat untersucht werden. Die Zugschraubennosteosynthese scheint in puncto Sicherheit ein adäquates Verfahren zu sein. In dieser Studie erhobene patientenbezogene Risikofaktoren deckten sich nur teilweise mit denen der Literatur. Bei der recht geringen Fallzahl bestimmter Krankheitsbilder oder Patientenmerkmale ist es selbst bei einem wahrscheinlichen Zusammenhang schwierig, statistische Signifikanz zu erreichen.

Die Malleolarfraktur ist als eine der häufigsten Frakturen des Menschen ein enorm erforschtes Gebiet der Unfallchirurgie. Während die Osteosynthese der Fibula per Drittelrohrplatte beim nicht-geriatrischen Patienten weltweit herrschender Konsens ist, bleibt die Diskussion bei der Behandlung von Syndesmosenverletzungen oder posterioren Tibiafrakturen offen. Der Grund hierfür mag am ehesten in der langen Latenzzeit zwischen Verletzung und dem Auftreten der mit diesen beiden Entitäten vergesellschafteten posttraumatischen Arthrose liegen, ein Umstand, der tragfähige Studien enorm erschwert.

Besonders die gesteigerte Komplikationsrate zum Ende der Woche hin sollte Anlass dazu geben, weitere Forschung zu betreiben, um potentielle Ursachen zu evaluieren. Generell findet sich in der Literatur ein enormes Übergewicht zugunsten von Untersuchungen zu patientenbezogenen Risikofaktoren. Die Ergebnisse dieser Studie könnten einen Anstoß dazu liefern, zunehmend auch den Einfluss von Umgebungsfaktoren (Arbeitsdauer des Personals, Wochentag der Operation, Personenanzahl innerhalb des Operationsaals, etc.) zu untersuchen. Diesbezügliche Arbeiten könnten gerade in der heutigen Krankenhauslandschaft, die zunehmend ökonomischen Zwängen unterworfen ist, der Patientensicherheit dienen.

Insbesondere im Hinblick auf das durch den demografischen Wandel zunehmende Durchschnittsalter der Bevölkerung in Deutschland muss sich der Unfallchirurg der Zukunft auf einen zunehmenden Anteil geriatrischer Knöchelfrakturen einstellen. Gerade bei älteren Menschen ist es notwendig, die Osteosyntheseverfahren möglichst sicher und schonend zu gestalten, da Alter in diversen Untersuchungen (auch dieser) ein unabhängiger Risikofaktor für Komplikationen bei Malleolarfrakturen ist. Der Trend, dass ältere

Patienten zunehmend körperlich aktiv bleiben (und sich hierbei auch verletzen), könnte den Altersdurchschnitt zu operierenden Patienten mit Malleolarfrakturen weiter anheben, ein Umstand, dem durch konsequente Forschung an Diagnostik, operativer Therapie und Nachbehandlung Sorge getragen werden sollte.

9 Literaturverzeichnis

- 1 Some few general remarks on fractures and dislocations by Percival Pott. Clin Orthop Relat Res 1963. 7-9.
- 2 Hinder J. Two Cases of Compound Fracture of Both Bones of the Leg, Involving the Ankle Joint; in One Death, and One Recovery. Ind Med Gaz 1866. 3:63-64.
- 3 Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. Injury 2006. 8:691-7.
- 4 Pasco JA, Lane SE, Brennan-Olsen SL, Holloway KL, Timney EN, Bucki-Smith G, Morse AG, Dobbins AG, Williams LJ, Hyde NK, Kotowicz MA. The Epidemiology of Incident Fracture from Cradle to Senescence. Calcif Tissue Int 2015. 6:568-76.
- 5 Amin S, Achenbach SJ, Atkinson EJ, Khosla S, Melton LJ, 3rd. Trends in fracture incidence: a population-based study over 20 years. J Bone Miner Res 2014. 3:581-9.
- 6 Hsu RY, Lee Y, Hayda R, DiGiovanni CW, Mor V, Bariteau JT. Morbidity and Mortality Associated with Geriatric Ankle Fractures: A Medicare Part A Claims Database Analysis. J Bone Joint Surg Am 2015. 21:1748-55.
- 7 Anderson SA, Li X, Franklin P, Wixted JJ. Ankle fractures in the elderly: initial and long-term outcomes. Foot Ankle Int 2008. 12:1184-8.
- 8 Fong DT, Man CY, Yung PS, Cheung SY, Chan KM. Sport-related ankle injuries attending an accident and emergency department. Injury 2008. 10:1222-7.
- 9 Luciano Ade P, Lara LC. Epidemiological study of foot and ankle injuries in recreational sports. Acta Ortop Bras 2012. 6:339-42.
- 10 Fong DT, Hong Y, Chan LK, Yung PS, Chan KM. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. Sports Med 2007. 1:73-94.
- 11 Robertson GA, Wood AM, Aitken SA, Court Brown C. Epidemiology, management, and outcome of sport-related ankle fractures in a standard UK population. Foot Ankle Int 2014. 11:1143-52.
- 12 Eerkes K. Volleyball injuries. Curr Sports Med Rep 2012. 5:251-6.
- 13 Lievers WB, Adamic PF. Incidence and Severity of Foot and Ankle Injuries in Men's Collegiate American Football. Orthop J Sports Med 2015. 5:2325967115581593.

- 14 Donken CC, Al-Khateeb H, Verhofstad MH, van Laarhoven CJ. Surgical versus conservative interventions for treating ankle fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2012. 8:Cd008470.
- 15 Koval KJ, Lurie J, Zhou W, Sparks MB, Cantu RV, Sporer SM, Weinstein J. Ankle fractures in the elderly: what you get depends on where you live and who you see. *J Orthop Trauma* 2005. 9:635-9.
- 16 Rammelt S, Obruba P. An update on the evaluation and treatment of syndesmotic injuries. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2015. 6:601-14.
- 17 Sipahioglu S, Zehir S, Isikan UE. Syndesmotic screw fixation in tibiofibular diastasis. *Niger J Clin Pract* 2018. 6:692-697.
- 18 Weber BG. *Die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes*. Verlag Hans Huber. Bern. 1966. 51-52.
- 19 Müller-Mai C, Ekkernkamp A. *Frakturen: Klassifikation und Behandlungsoptionen*. Springer Berlin Heidelberg. 2010.
- 20 Tscherne H, Oestern HJ. Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen. *Unfallheilkunde* 1982. 3:111-5.
- 21 Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976. 4:453-8.
- 22 Kelly EG, Cashman JP, Groarke PJ, Morris SF. Risk factors for surgical site infection following operative ankle fracture fixation. *Ir J Med Sci* 2013. 3:453-6.
- 23 SooHoo NF, Krenek L, Eagan MJ, Gurbani B, Ko CY, Zingmond DS. Complication rates following open reduction and internal fixation of ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2009. 5:1042-9.
- 24 Ovaska MT, Madanat R, Makinen TJ. Predictors of Postoperative Wound Necrosis Following Primary Wound Closure of Open Ankle Fractures. *Foot Ankle Int* 2016. 4:401-6.
- 25 Saxena A, Yun A. Percutaneous Plating of Weber B Fibular Fractures. *J Foot Ankle Surg* 2017. 2:366-370.
- 26 White TO, Bugler KE, Appleton P, Will E, McQueen MM, Court-Brown CM. A prospective randomised controlled trial of the fibular nail versus standard open reduction and internal fixation for fixation of ankle fractures in elderly patients. *Bone Joint J* 2016. 9:1248-52.

- 27 Ovaska MT, Makinen TJ, Madanat R, Vahlberg T, Hirvensalo E, Lindahl J. Predictors of poor outcomes following deep infection after internal fixation of ankle fractures. *Injury* 2013. 7:1002-6.
- 28 Miller AG, Margules A, Raikin SM. Risk factors for wound complications after ankle fracture surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2012. 22:2047-52.
- 29 Xu HL, Liu LM, Li X, Zhang DY, Fu ZG, Wang TB, Zhang PX, Jiang BG, Shen HL, Wang G, Wang GL, Wu XB. Multicenter follow-up study of ankle fracture surgery. *Chin Med J (Engl)* 2012. 4:574-8.
- 30 Olsen LL, Moller AM, Brorson S, Hasselager RB, Sort R. The impact of lifestyle risk factors on the rate of infection after surgery for a fracture of the ankle. *Bone Joint J* 2017. 2:225-230.
- 31 Thangarajah T, Prasad PS, Narayan B. Surgical site infections following open reduction and internal fixation of ankle fractures. *Open Orthop J* 2009. 56-60.
- 32 Center JR. Fracture Burden: What Two and a Half Decades of Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study Data Reveal About Clinical Outcomes of Osteoporosis. *Curr Osteoporos Rep* 2017. 2:88-95.
- 33 Warner SJ, Garner MR, Fabricant PD, Lorich DG. Bone density correlates with clinical outcomes after ankle fracture fixation. *Arch Orthop Trauma Surg* 2018.
- 34 Korim MT, Payne R, Bhatia M. A case-control study of surgical site infection following operative fixation of fractures of the ankle in a large U.K. trauma unit. *Bone Joint J* 2014. 5:636-40.
- 35 Zaghoul A, Haddad B, Barksfield R, Davis B. Early complications of surgery in operative treatment of ankle fractures in those over 60: a review of 186 cases. *Injury* 2014. 4:780-3.
- 36 Wukich DK, Joseph A, Ryan M, Ramirez C, Irrgang JJ. Outcomes of ankle fractures in patients with uncomplicated versus complicated diabetes. *Foot Ankle Int* 2011. 2:120-30.
- 37 Ovaska MT, Makinen TJ, Madanat R, Huotari K, Vahlberg T, Hirvensalo E, Lindahl J. Risk factors for deep surgical site infection following operative treatment of ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2013. 4:348-53.
- 38 Sobolev B, Guy P, Sheehan KJ, Bohm E, Beaupre L, Morin SN, Sutherland JM, Dunbar M, Griesdale D, Jaglal S, Kuramoto L. Hospital mortality after hip fracture surgery in relation to length of stay by care delivery factors: A database study. *Medicine (Baltimore)* 2017. 16:e6683.

- 39 Nijland LMG, Karres J, Simons AE, Ultee JM, Kerkhoffs G, Vrouwenraets BC. The weekend effect for hip fracture surgery. *Injury* 2017. 7:1536-1541.
- 40 Nandra R, Pullan J, Bishop J, Baloch K, Grover L, Porter K. Comparing mortality risk of patients with acute hip fractures admitted to a major trauma centre on a weekday or weekend. *Sci Rep* 2017. 1:1233.
- 41 Zare MM, Itani KM, Schiffner TL, Henderson WG, Khuri SF. Mortality after nonemergent major surgery performed on Friday versus Monday through Wednesday. *Ann Surg* 2007. 5:866-74.
- 42 Kork F, Spies C, Conrad T, Weiss B, Roenneberg T, Wernecke KD, Balzer F. Associations of postoperative mortality with the time of day, week and year. *Anaesthesia* 2018.
- 43 Aylin P, Alexandrescu R, Jen MH, Mayer EK, Bottle A. Day of week of procedure and 30 day mortality for elective surgery: retrospective analysis of hospital episode statistics. *Bmj* 2013. f2424.
- 44 Lagergren J, Mattson F, Lagergren P. Weekday of oesophageal cancer surgery in relation to early postoperative outcomes in a nationwide Swedish cohort study. *BMJ Open* 2016. 5:e011097.
- 45 Lagergren J, Mattsson F, Lagergren P. Weekday of Esophageal Cancer Surgery and Its Relation to Prognosis. *Ann Surg* 2016. 6:1133-7.
- 46 Ovaska MT, Madanat R, Honkamaa M, Mäkinen TJ. Contemporary demographics and complications of patients treated for open ankle fractures. *Injury* 2015. 8:1650-5.
- 47 Huch K, Kuettner KE, Dieppe P. Osteoarthritis in ankle and knee joints. *Semin Arthritis Rheum* 1997. 4:667-74.
- 48 Horisberger M, Valderrabano V, Hintermann B. Posttraumatic ankle osteoarthritis after ankle-related fractures. *J Orthop Trauma* 2009. 1:60-7.
- 49 Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard GM, Huff T, Hayes A, Buckwalter JA, Amendola A. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *Iowa Orthop J* 2005. 44-6.
- 50 Ray R, Koohnejad N, Clement ND, Keenan GF. Ankle fractures with syndesmotic stabilisation are associated with a high rate of secondary osteoarthritis. *Foot Ankle Surg* 2017.

- 51 Mittal R, Harris IA, Adie S, Naylor JM. Surgery for Type B Ankle Fracture Treatment: a Combined Randomised and Observational Study (CROSSBAT). *BMJ Open* 2017. 3:e013298.
- 52 Neumaier Probst E, Maas R, Meenen NM. Isolated fracture of the posterolateral tibial lip (Volkman's triangle). *Acta Radiol* 1997. 3:359-62.
- 53 Ozler T, Guven M, Onal A, Ulucay C, Beyzadeoglu T, Altintas F. Missed isolated posterior malleolar fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2014. 3:249-52.
- 54 Gonzalez O, Fleming JJ, Meyr AJ. Radiographic assessment of posterior malleolar ankle fractures. *J Foot Ankle Surg* 2015. 3:365-9.
- 55 van den Bekerom MP, Haverkamp D, Kloen P. Biomechanical and clinical evaluation of posterior malleolar fractures. A systematic review of the literature. *J Trauma* 2009. 1:279-84.
- 56 Verhage S, van der Zwaal P, Bronkhorst M, van der Meulen H, Kleinveld S, Meylaerts S, Rhemrev S, Krijnen P, Schipper I, Hoogendoorn J. Medium-sized posterior fragments in AO Weber-B fractures, does open reduction and fixation improve outcome? the POSTFIX-trial protocol, a multicenter randomized clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2017. 1:94.
- 57 Drijfhout van Hooff CC, Verhage SM, Hoogendoorn JM. Influence of fragment size and postoperative joint congruency on long-term outcome of posterior malleolar fractures. *Foot Ankle Int* 2015. 6:673-8.
- 58 Anwar A, Zhang Z, Lv D, Lv G, Zhao Z, Wang Y, Cai Y, Qasim W, Nazir MU, Lu M. Biomechanical efficacy of AP, PA lag screws and posterior plating for fixation of posterior malleolar fractures: a three dimensional finite element study. *BMC Musculoskelet Disord* 2018. 1:73.
- 59 Solari J, Benjamin J, Wilson J, Lee R, Pitt M. Ankle mortise stability in Weber C fractures: indications for syndesmotomic fixation. *J Orthop Trauma* 1991. 2:190-5.
- 60 Pakarinen H, Flinkkila T, Ohtonen P, Hyvonen P, Lakovaara M, Leppilahti J, Ristiniemi J. Intraoperative assessment of the stability of the distal tibiofibular joint in supination-external rotation injuries of the ankle: sensitivity, specificity, and reliability of two clinical tests. *J Bone Joint Surg Am* 2011. 22:2057-61.
- 61 Sman AD, Hiller CE, Rae K, Linklater J, Black DA, Nicholson LL, Burns J, Refshauge KM. Diagnostic accuracy of clinical tests for ankle syndesmosis injury. *Br J Sports Med* 2015. 5:323-9.

- 62 Sman AD, Hiller CE, Refshauge KM. Diagnostic accuracy of clinical tests for diagnosis of ankle syndesmosis injury: a systematic review. *Br J Sports Med* 2013. 10:620-8.
- 63 Yuen CP, Lui TH. Distal Tibiofibular Syndesmosis: Anatomy, Biomechanics, Injury and Management. *Open Orthop J* 2017. 670-677.
- 64 Boyd RP, Nawaz SZ, Khaleel A. A new assessment for syndesmosis injury - The 'Chertsey test'. *Injury* 2016. 6:1293-6.
- 65 Pepe M, Kocadal O, Gunes Z, Calisal E, Ceritoglu K, Aktekin CN. A Radiographic Dye Method for Intraoperative Evaluation of Syndesmotic Injuries. *Foot Ankle Int* 2017. 12:1380-1386.
- 66 Andersen MR, Frihagen F, Madsen JE, Figved W. High complication rate after syndesmotic screw removal. *Injury* 2015. 11:2283-7.
- 67 Dingemans SA, Birnie MFN, Sanders FRK, van den Bekerom MPJ, Backes M, van Beeck E, Bloemers FW, van Dijkman B, Flikweert E, Haverkamp D, Holtslag HR, Hoogendoorn JM, Joosse P, Parkkinen M, Roukema G, Sosef N, Twigt BA, van Veen RN, van der Veen AH, Vermeulen J, Winkelhagen J, van der Zwaard BC, van Dieren S, Goslings JC, Schepers T. Routine versus on demand removal of the syndesmotic screw; a protocol for an international randomised controlled trial (RODEO-trial). *BMC Musculoskelet Disord* 2018. 1:35.
- 68 Chen B, Chen C, Yang Z, Huang P, Dong H, Zeng Z. To compare the efficacy between fixation with tightrope and screw in the treatment of syndesmotic injuries: A meta-analysis. *Foot Ankle Surg* 2017.
- 69 Ramsey DC, Friess DM. Cost-effectiveness analysis of syndesmotic screw versus suture button fixation in tibiofibular syndesmotic injuries. *J Orthop Trauma* 2018.
- 70 Willett K, Keene DJ, Mistry D, Nam J, Tutton E, Handley R, Morgan L, Roberts E, Briggs A, Lall R, Chesser TJ, Pallister I, Lamb SE. Close Contact Casting vs Surgery for Initial Treatment of Unstable Ankle Fractures in Older Adults: A Randomized Clinical Trial. *Jama* 2016. 14:1455-1463.
- 71 Hanson B, van der Werken C, Stengel D. Surgeons' beliefs and perceptions about removal of orthopaedic implants. *BMC Musculoskelet Disord* 2008. 73.
- 72 Williams BR, McCreary DL, Chau M, Cunningham BP, Pena F, Swiontkowski MF. Functional Outcomes of Symptomatic Implant Removal Following Ankle Fracture Open Reduction and Internal Fixation. *Foot Ankle Int* 2018. 1071100718757719.

- 73 Williams AA, Witten DM, Duester R, Chou LB. The benefits of implant removal from the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Am* 2012. 14:1316-20.
- 74 Jung HG, Kim JI, Park JY, Park JT, Eom JS, Lee DO. Is Hardware Removal Recommended after Ankle Fracture Repair? *Biomed Res Int* 2016. 5250672.
- 75 Naumann MG, Sigurdson U, Utvag SE, Stavem K. Incidence and risk factors for removal of an internal fixation following surgery for ankle fracture: A retrospective cohort study of 997 patients. *Injury* 2016. 8:1783-8.
- 76 Ashton F, Hamid K, Sulieman S, Eardley W, Baker P. Factors Influencing patient experience and satisfaction following surgical management of ankle fractures. *Injury* 2017. 4:960-965.
- 77 Sun Y, Wang H, Tang Y, Zhao H, Qin S, Xu L, Xia Z, Zhang F. Incidence and risk factors for surgical site infection after open reduction and internal fixation of ankle fracture: A retrospective multicenter study. *Medicine (Baltimore)* 2018. 7:e9901.
- 78 Jantzen C, Jorgensen HL, Thomsen MT, Riis T, Sommer B, Duus BR, Lauritzen JB. Daily number of fractures is associated with road temperature in an urban area. *Dan Med J* 2014. 3:A4794.
- 79 O'Neill BJ, Kelly EG, Breathnach OC, Keogh P, Kenny PJ, O'Flanagan SJ. The effect of inclement weather on ankle fracture management in an Irish trauma unit. *Ir J Med Sci* 2013. 3:397-401.
- 80 Matson AP, Morwood MP, Peres Da Silva A, Cone EB, Hurwitz SR, Zura RD. Obese Patients Have Fewer Wound Complications Following Fixation of Ankle Fractures. *Foot Ankle Spec* 2017. 5:435-440.

10 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Niklas Tuttle, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Identifikation von Risikofaktoren für Komplikationen nach operativ versorgter Malleolarfraktur“ (Identification of risk factors for complications after operatively treated malleolar fractures) selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

11 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Danksagung

Herrn PD Dr. med. Serafim Tsitsilonis und Herrn PD Dr. med. Sebastian Manegold danke ich für Übernahme der Betreuung dieser Arbeit, das allzeit offene Ohr und die hilfreichen Ratschläge, die für die Erstellung dieser Arbeit essentiell waren.

Meinen aktuellen und ehemaligen Chefs Univ.-Prof. Dr. med. Carsten Perka, Univ.-Prof. Dr. med. Ulrich Stöckle, PD Dr. med. Sven Märdian und Univ.-Prof. Dr. med. Michael Schütz danke ich für die Möglichkeit, am Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie meine Ausbildung durchlaufen zu dürfen.

Henning, Jennifer und Kai danke ich für den stetigen Ansporn. Cellina danke ich für ihren Rückhalt in den vergangenen Jahren.

Größter Dank und tiefe Verbundenheit gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, für die immerwährende Unterstützung in allen Lebenslagen!