

Diplomarbeit

**Postoperative computertomographische Kontrolle von Sprunggelenken
nach Stellschraubenapplikation am verletzten Sprunggelenk**

eingereicht von

Wolfgang Winterheller

Geb.Dat.: 26.03.1987

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor(in) der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Unfallkrankenhaus Graz

unter der Anleitung von

Prof. Dr. Mag. Franz-Joseph Seibert

Handwritten signature of Wolfgang Winterheller in black ink.

Graz, 31.01.2013

Eidesstattliche Erklärung

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

*Loggany
Unterheller*

Graz, am 31.01.2013

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit wird in dieser Arbeit nur das Maskulinum verwendet, womit selbstverständlich beide Geschlechter gemeint sind.

Vorwort

Verletzungen am Sprunggelenk sind häufig, die Versorgung dieser Verletzung ist ausgereift und wird regelmäßig angewandt. Im Rahmen einer operativen Versorgung wird das Ergebnis mittels Röntgenaufnahmen intra- und postoperativ kontrolliert. Manchmal muss im Rahmen von Nachkontrollen wegen auftretender Schmerzen festgestellt werden, dass die Gelenksstellung nicht adäquat wiederhergestellt werden konnte. Eine genauere Alternative zum Standardröntgen stellt die Computertomographie dar. Dieses bildgebende Verfahren erlaubt eine detaillierte Beurteilung der Knochenverhältnisse. Es gibt jedoch speziell für das Sprunggelenk keine eindeutige Messpunktanleitung, mit der ein Operationserfolg postoperativ feststellbar ist. Diese Tatsache war die Motivation für diese Arbeit. Es sollte eine einfache, klare und ubiquitär einsetzbare Anleitung kreiert werden, um damit die Möglichkeit zu schaffen, postoperativ Gelenksfehlstellungen frühzeitig herauszufiltern. Dies würde zur frühzeitigen Behandlung mit konservativen oder operativen Mitteln führen, was die Gefahr einer Arthroseentstehung reduzieren und für den Patienten eine erhöhte Lebensqualität bedeuten würde.

Unter Mithilfe von unfallchirurgischen und radiologischen Fachärzten wurde diese Anleitung entwickelt und im Rahmen einer Studie anhand von 80 Fällen angewandt sowie mit statistischen Hilfsmitteln geprüft und interpretiert.

In dieser Arbeit lesen Sie die Auseinandersetzung mit dem Thema Sprunggelenk, Versorgung von Luxationsfrakturen und die Abhandlung der innovativen Messtechnik, mit der der Operationserfolg mittels Computertomographie nachuntersuchbar wird.

Danksagung

Die Erstellung einer praktischen Arbeit auf diesem Niveau wäre mir ohne die Unterstützung einer ganzen Reihe von Personen nicht möglich gewesen.

Vor allem möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Betreuer Ao.Univ.-Prof. Dr. Mag. Franz-Joseph Seibert für das Vertrauen in mich und für seine ständige selbstlose Unterstützung bedanken. Er hat mich mit seinem großen Fachwissen durch die Zeit der Diplomarbeit begleitet und hat sich immer Zeit für hilfreiche Gespräche und Anregungen genommen.

Bei Frau Dr. Ulrike Schneider bedanke ich mich für Ihre Mithilfe und Ihr großes fachliches Wissen, das mich bei der Erstellung der Messpunkte wesentlich unterstützt hat.

Ein weiteres Dankeschön gilt dem an der Studie beteiligten Personal im UKH Graz, insbesondere Frau Monika Hohenbruck, Frau Petra Hubmann, Herrn Dr. Matthias Fritz und Herrn Oberarzt Dr. Heinz Neugebauer.

Ein großes Dankeschön möchte ich meinem Vater OA Dr. Martin Nußmüller aussprechen, der nicht nur meine Begeisterung für Medizin entfacht und mein Studium finanziert hat, sondern auch während der Ausarbeitung der Diplomarbeit meine Fragen jederzeit mit beeindruckendem Fachwissen und großer Erfahrung detailliert beantwortet hat und weder Zeit noch Mühen gescheut hat um ein reibungsloses Vorankommen der Arbeit zu garantieren.

Meiner Mutter möchte ich für ihre finanzielle Unterstützung und das Korrekturlesen danken.

Ein besonderer Dank gilt meiner Ehefrau Cornelia, durch deren andauernde liebevolle Unterstützung das Medizinstudium erst möglich war und meinen Schwiegereltern Ulrike und Manfred die mich aufgerichtet haben, wenn es einmal an Motivation gemangelt hat.

Vielen Dank auch meinen Schwägern Michael und Julian, die mir bei der englischen Übersetzung und bei der Formatierung geholfen haben.

Ebenso möchte ich mich auch bei Frau DI Riedl und Herrn Prof. Dr. Haas und Thomas Georgi bedanken, die mir bei der statistischen Auswertung geholfen haben.

Schließlich möchte ich mich bei Frau Dr. Judith Samonigg bedanken, die mir in der Anfangsphase bei der Literaturrecherche geholfen hat und mir weitere Informationen zukommen ließ.

Zusammenfassung

Einleitung und Fragestellung:

Als Gelenksfraktur bedarf eine Verletzung des oberen Sprunggelenkes mit Beteiligung des distalen tibiofibularen Gelenks einer anatomische Reposition um eine posttraumatische Arthrose zu vermeiden.

Es ist zu vermuten, dass durch das konventionelle Röntgen postoperativ eine nicht ausreichende anatomische Reposition des oberen Sprunggelenkes häufig übersehen und somit eine unnötig hohe Anzahl an Arthrosen riskiert wird.

Zur Zeit gibt es keine genaue Definition oder Empfehlung, ab welchem Maß der Syndesmosenfehlstellung eine operative Revision angezeigt ist.

Ziel der retrospektiven Untersuchung war es, Messpunkte im computertomographischen Bild zu finden, die aussagekräftig genug sind, um im Seitenvergleich (gesunde versus operierte Seite) die Sprunggelenksanatomie postoperativ beurteilen zu können und anhand von 80 Fällen erste Erfahrungen für dieses Untersuchungsverfahren zu sammeln.

Methodik und Patientencharakteristika:

Es wurden postoperative CT-Bilder von 80 Patienten untersucht, die zwischen Jänner 2011 und August 2012 im Unfallkrankenhaus Graz der AUVA im Rahmen der Versorgung nach einer Luxationsfraktur des oberen Sprunggelenkes die Implantation einer Stellschraube benötigten. In der retrospektiven, monozentrischen und offenen Studie wurden verschiedene Abstände des Sprunggelenkes erörtert und gemessen. Die Messpunkte wurden nach bestem Wissen und Gewissen festgelegt, da in der Literatur keine vergleichbaren Punkte zu finden sind. Die Auswertung erfolgte über den Vergleich der gesunden, nicht operierten mit der verletzten, operierten Seite. Inkludiert wurden Patienten über 18 Jahre, welche ein gesundes Vergleichssprunggelenk aufwiesen.

Ergebnisse:

Im Unfallkrankenhaus Graz wurden im Zeitraum von Jänner 2011 bis August 2012 328 Personen nach einer Verletzung am oberen Sprunggelenk operiert. Davon wurden 138 mit einer Stellschraube versorgt. 80 Fälle erfüllten die Kriterien (postoperatives Vergleichs- CT mit Einverständnis der Patienten, über 18 Jahre und mit gesundem Vergleichssprunggelenk) und konnten in die Studie eingeschlossen werden.

Es konnten signifikante Unterschiede beim Vergleich des operierten und nicht operierten Sprunggelenkes festgestellt werden. Die zwei proximalen Malleolus medialis-Talus Abstände und die zwei distalen Malleolus lateralis-Talus Abstände, sowie der mediale Fibula-Tibia Abstand auf Syndesmosenhöhe erbrachten signifikante Unterschiede.

Zusammenfassung:

Die einseitige intraoperative Beurteilung erscheint unter dem Bildwandler kaum ausreichend. Wir empfehlen die computertomographische Messung nach unserer Methode. Damit können postoperativ an den relevanten Punkten Abstände ermittelt werden, um im Seitenvergleich ein Einschätzen des Operationserfolges und eine Aussage für eine notwendige Revision zu tätigen.

Abstract

Background

If the ankle joint is not anatomically reconstructed or the syndesmosis not tightened enough, it is possible that a posttraumatic arthrosis develops. We assumed, that with a conventional postoperative x- ray minimal malreductions can not be identified reliably, causing false interpretations of anatomical positions, leading to a higher risk of arthrosis.

In current research and daily practice we could not find an exact or even common definition or recommendation giving the necessary insight to systematically decide whether or not an operative revision should be performed.

The target of this retrospective study was to create measuring points in the computed tomography, which are significant enough, to evaluate the position of the ankle in comparison to the contralateral healthy ankle.

Methods

The conducted study took place at the AUVA Unfallkrankenhaus Graz. Between January 2011 an August 2012 CT images of 80 patients, who got a syndesmotic screw implanted as part of their treatment, were reviewed.

In the retrospective, monocentric and open study different measuring points were nominated and used for the measurement for the distances needed for the comparison. The nomination of the chosen points was the result of an interdisciplinary assessment between experts in the field of trauma surgery and radiology, due to the lack of systematically defined and described measuring points in professional literature.

The comparative analysis was conducted using the contralateral non operated ankle of each respective patient.

Results

During the timeframe of the study 328 patients underwent an operative treatment after an injury to one of their ankles. 138 of these patients were supplied with a syndesmotic screw during treatment of which 80 patients could be identified as fulfilling the necessary inclusion criterias (age over 18, no pregnancy, no injury on the contralateral ankle and informed content for CT-evaluation) and were admitted to the research.

Conducting the research it was possible to find significant differences between the healthy and the operated ankle with the nominated measuring points. The two proximal distances of malleolus medialis – talus and the two distal distances of malleolus lateralis - talus as well as the medial distance of the fibula – tibia in the syndesmotic level provide significant differences.

Conclusion

Differences between the compared measurements were in a very narrow range of only a few millimeter, proving that intraoperative adaption is very difficult. However it was shown that the measuring points should be used when conducting a postoperative check, giving helpful insights to whether or not the operation was a success causing anatomical recovery or if an operative revision is needed.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Anatomie des oberen Sprunggelenks	2
3. Frakturmechanismus	5
3.1. Klassifikationen und Unfallmechanismus.....	5
3.2. WEBER-Klassifikation.....	7
4. Diagnostik.....	9
4.1. Klinische Tests zur Untersuchung der Gabelstabilität = Syndesmose	9
4.2. Diagnostik und bildgebende Verfahren bei Sprunggelenksverletzungen	9
4.2.1. Röntgenuntersuchung.....	9
4.2.2. Computertomographie	11
4.2.3. Andere bildgebende Untersuchungsverfahren und Untersuchungstechniken	12
5. Therapie.....	13
5.1. Operative Behandlung	13
5.1.1. Allgemeinbemerkung	13
5.2. Sprunggelenksfrakturen.....	14
5.2.1. Allgemeininformation	14
5.3. Versorgung	14
5.4. Operative Versorgung von Sprunggelenksfrakturen	16
5.4.1. Allgemeine Informationen	16
5.4.2. Operative Zugangswege bei Sprunggelenksfrakturen	16
Lateraler Zugang	16
Medialer Zugang	17
5.4.3. Versorgungsalgorithmus	19
Typ A.....	19
Typ B.....	19

Typ C.....	20
5.5. Stellschraube.....	21
5.5.1. Die Indikation zur Einbringung einer Stellschraube	21
5.5.2. Postoperative Komplikationen nach Stellschraubenversorgung	23
5.6. Indirekte Stabilisierung.....	23
5.7. Volkmann-Dreieck / „hintere Schale“	24
5.8. Versorgung des Innenknöchels	25
5.9. Weichteilbeteiligung	26
5.10. Nachbehandlung.....	26
6. Komplikationen	28
7. Metallentfernung	29
7.1. Stellschraubenentfernung.....	29
8. Arthrose des oberen Sprunggelenkes	30
9. Patienten und Methoden.....	33
9.1. Einschlusskriterien.....	33
9.2. Ausschlusskriterien.....	33
9.3. Datenerhebung	33
9.3.1. Patientenbezogene Daten	33
9.4. Datenschutz.....	34
9.5. Radiologische Untersuchung	34
9.6. Auswertung.....	35
9.7. Allgemeine Messpunktanleitung	36
10. Ergebnisse.....	42
10.1. Allgemeine Ergebnisse	42
10.2. Untersuchung mittels Patientenakten und Röntgenbildern	44
10.3. Untersuchung mittels Computertomographie.....	45
10.4. Ergebnisse der Talus-Malleolus – Abstände und Syndesmose.....	47
11. Diskussion	52

11.1. Mögliche Probleme und Lösungen sowie ergänzende Gedanken bei der Messung.....	52
11.1.1. Lagerung im CT	52
11.1.2. Messungen auf der Höhe der Malleolen:	52
11.1.3. Messungen auf Syndesmosenhöhe.....	54
11.1.4. Messung in der Syndesmosenmitte	55
11.1.5. Messung der vorderen Syndesmosenweite – fibulaseitig	56
11.1.6. Messung der hinteren Syndesmosenweite	57
11.1.7. Überprüfung auf freie Knochenfragmente in der Incisur	58
11.1.8. Überprüfung bezüglich Gelenksflächenstufen in der Incisur	58
11.1.9. Überprüfung bezüglich Gelenksflächenstufe der Tibiahinterkante	58
11.1.10. Gelenksflächenstufe am Malleolus medialis	59
11.2. Zusammenfassung	59
12. Glossar und Abkürzungen	I
13. Abbildungsverzeichnis	II
14. Literaturverzeichnis.....	IV
Anhang 1: Fallbeispiel 1 - Stellschraubenrevision	VIII
Anhang 2: Fallbeispiel 2 – Stellschraubenrevision	XVI
Anhang 3: Statistische Auswertung der Messpunkte und Differenzen	XXIV
Anhang 4: Gepaarter t-Test der Differenzen	XXVI
Anhang 5: Wilcoxon-Test	XXVIII
Anhang 6: Differenzen der Auswertung außerhalb des Bereichs minus 1 und plus 1 (gelb markiert)	XXIX

1. Einleitung

Verletzungen des oberen Sprunggelenkes werden an unfallchirurgischen Abteilungen häufig behandelt. Verrenkungsbrüche werden fast ausschließlich operativ versorgt, meist mit Schrauben- oder Plattenosteosynthese kombiniert mit einer Stellschraube zur Sicherung bei insuffizientem Gabelschluss. Ein gerissenes Syndesmosenband kann kaum suffizient genäht werden. Knöcherne tibiale oder fibulare Ausrissverletzungen können bei größeren Fragmenten ausreichend mittels Schraubenosteosynthese oder selten transossären Nähten fixiert werden. In der Literatur finden sich zur Sicherung von ligamentären Verletzungen vor allem die Stellschraubenversorgung. Aber auch Syndesmosenhaken als auch Nahtfixierungen mittels Tight rope (Arthrex ®) werden beschrieben. Diese Techniken sind ausgereift und versprechen in der Regel eine gute Ausheilung. Eine aktuelle Studie von Naqvi et al. besagt, dass sie mit der Tight Rope Versorgung sogar bessere Ergebnisse als mit der Stellschraube erzielen konnten (1).

Trotzdem kann es bei unzureichender Gelenkwiederherstellung nach einiger Zeit, je nach Verletzungsschwere und den Begleitumständen, zu Abnützungen der Gelenkfläche im oberen Sprunggelenk kommen (posttraumatische Arthrose) (2).

Aus diesem Grund bemühten wir uns über das bildgebende Verfahren der Computertomographie sinnvolle Messpunkte zu erarbeiten und diese im Seitenvergleich bei 80 Patienten zu überprüfen. Ziel war es herauszufinden, ob und wieviel sich die Gelenkanatomie nach der Operation verändert hat. Wir versuchten Grenzwerte herauszufinden, ab welchen eine operative Revision empfohlen werden kann.

Wir hoffen damit eine Basis zu schaffen, um in Zukunft Absolutwerte festlegen zu können, die definitiv eine Indikation zur Reoperation anzeigen, um der Gefahr einer sekundären Arthrose entgegenzuwirken.

2. Anatomie des oberen Sprunggelenkes

Das obere Sprunggelenk setzt sich aus den Knochen der Tibia, Fibula und dem Talus zusammen. Es ist ein Scharniergelenk und erlaubt eine 50° Plantarflexion und 20° Dorsalextension.

„Tibia und Fibula sind im distalen tibiofibularen Gelenk durch die Syndesmosis tibiofibularis miteinander verbunden; sie ist kein Gelenk, obwohl eine geringe Bewegung der beiden Knochen gegeneinander dann eintritt, wenn bei der Dorsalflexion des Fußes der breite Teil der Trochlea tali in die Gabel des Unterschenkelknochens gelangt“ (3).

Die oben erwähnte Gabel, zusammengesetzt aus dem Malleolus lateralis der Fibula und dem Malleolus medialis der Tibia, umgreifen den Talus wie eine Zange und geben dem Gelenk dadurch nach lateral und medial Halt. Die Tibia bildet an der distalen Verbindungsstelle die Incisura fibularis, in die sich die Fibula hineinlegt. Gehalten wird diese Verbindung durch den Syndesmosenbandkomplex. Dieser ist zusammengesetzt aus den Ligamenta tibiofibulare anterius, posterius und interosseum (Verstärkung der Membrana interossea cruris), die sich in dem Kanal mit ihren Zügeln fächerförmig zwischen der Tibia und der Fibula ausspannen. Weiters wird die Verbindung nach proximal über die Membrana interossea cruris, einem straffen Bindegewebe, fixiert. In der Literatur finden sich auch kontroverse Hinweise, dass das Ligamentum tibiofibulare posterius als zweigeteilt angesehen werden kann. Hierbei würden die tiefen Anteile des hinteren Bandes eine eigene als Ligamentum tibiofibulare transversum benannte Struktur bilden (4). Die Syndesmose wird auch so beschrieben: „Diese Syndesmose besteht aus zwei kurz oberhalb des Gelenkspalt liegenden, von medial proximal nach lateral distal ziehenden Bandverbindungen, dem vorderen und hinteren Syndesmosenband und einer zwischen Tibia und Fibula liegenden, dreieckförmigen Faserplatte, der eine Puffer- und Stabilitätsfunktion zugeschrieben und die auch als Lig. interosseum bezeichnet wird“ (5).

Das 2 cm breite und 2 cm lange Ligamentum tibiofibulare anterius verläuft distal, lateral und dorsal vom Tuberculum anterius tibiae zum vorderen Höcker der Fibula. Das Ligamentum tibiofibulare posterius mit einer ähnlichen Breite wie das Lig. tibiofibulare anterius zieht eher waagrecht vom Tuberculum posterius der Tibia zum Tuberculum posterius fibulae. „Die korrekte Lage der Knochen zueinander auf dieser Höhe ist von größter Bedeutung bei traumatischen

Sprengungen der Knöchelgabel, da hier das biomechanisch bedeutsame Ligamentum tibiofibulare interosseum mit seinen kurzen, kräftigen Fasern die distale Fibula gegen die Tibia stabilisiert“ (6). Dieses Zwischenknochenband stellt eine distale Fortsetzung der Membrana interossea dar. Es liegt in unterschiedlicher Ausprägung etwa einen Querfinger oberhalb der Incisura fibularis tibiae.

Das Ligamentum tibiofibulare transversale zählt man zum kaudalen Anteil des Ligamentum tibiofibulare posterius. Die zwischen Tibia und Fibula ausgespannte Membrana interossea läuft in die Ligamenta talofibularia anterius und posterius aus (7).

Die Gelenksfläche des Talus, die rollen- oder walzenförmig erscheint, erlaubt eine freie Bewegung des Fußes nach dorsal und plantar „und trägt zur Sicherung der aufrechten Körperhaltung bei“ (8).

Die Gelenksfläche des Talus wird in die Facies malleolaris medialis, der Facies malleolaris lateralis und der Facies superior der Trochlea tali eingeteilt.

Der laterale und mediale Anteil der Rolle haben unterschiedliche Krümmungsradien und durch die unterschiedliche Breite vollführt dieses Gelenk eine besondere, komplex erscheinende Bewegung aus. Der vordere Durchmesser der Rolle ist nämlich um 5-6 mm breiter als der hintere. „Artikuliert bei Dorsalextension (Unterschenkel und Fuß nähern sich, z.B. in Hockstellung) der breitere, vordere Teil der Trochlea tali mit der Malleolengabel, sind die Syndesmosenbänder straff gespannt und die knöcherne Sicherung ist besonders groß“ (8). Bei normalem Stand oder gar bei Plantarflexion artikuliert der hintere weniger breite Anteil der Talusrolle mit der Malleolengabel und lässt dadurch ein Spiel im oberen Sprunggelenk entstehen (7).

Zusätzlich verstärken auch die Seitenbänder des oberen Sprunggelenkes die Stabilität der Syndesmose:

Lateraler Bandapparat:

- Ligamentum talofibulare anterius
- Ligamentum talofibulare posterius
- Ligamentum calcaneofibulare

Medialer Bandapparat:

- Ligamentum deltoideum:
 - Pars tibiotalaris anterior
 - Pars tibiotalaris posterior
 - Pars tibionavicularis
 - Pars tibiocalcanea

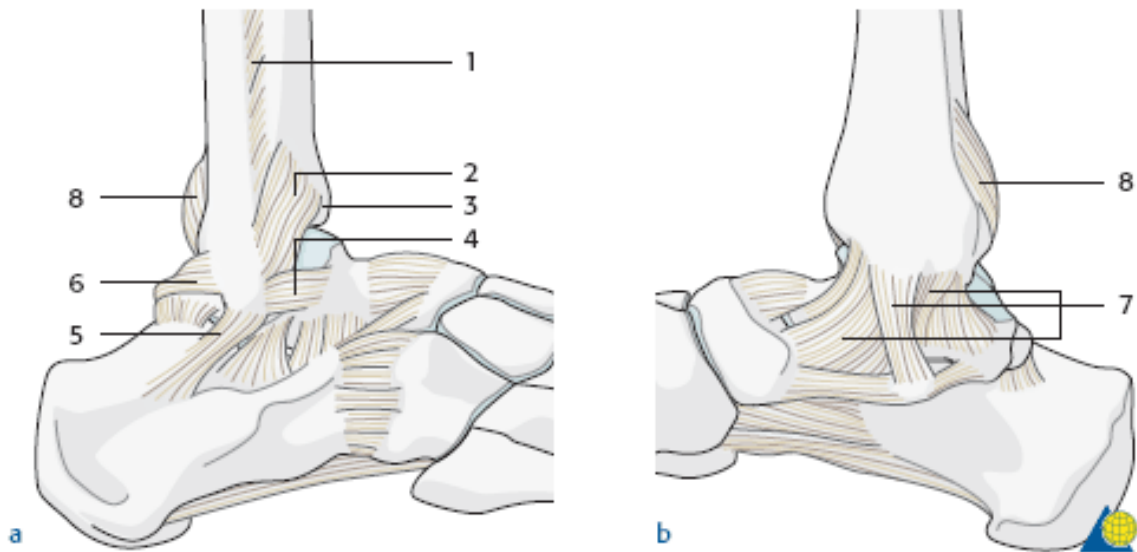


Abbildung 1 The collateral Ligaments

a The lateral collateral ligament complex (4–6).

- 1 Interosseous membrane.
- 2 Anterior tibiofibular ligament.
- 3 Anterior tibial tubercle (tubercle of Tillaux-Chaput).
- 4 Anterior talofibular ligament.
- 5 Calcaneofibular ligament.
- 6 Posterior talofibular ligament.

b The medial collateral ligament complex (deltoid ligament)

- 7 Deltoid ligament.
- 8 Posterior tibiofibular ligament.

„Die fibularen Kollateralbänder sind in ihrer Gesamtheit schwächer als der Innenbandapparat und wesentlich anfälliger für Rupturen beim Vertreten des Fußes“ (6).

3. Frakturmechanismus

Ruchholtz et al. sagen in ihrem Lehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie essentials (9), dass das „Sprunggelenk nach dem Knie das am zweithäufigsten betroffene Gelenk“ ist.

„Ursache können sowohl hochenergetische Traumen, die in der Regel mit schwerer Weichteilschädigung einhergehen, als auch Traumen mit niedriger Verletzungsenergie sein. Zu den hochenergetischen Verletzungsmechanismen zählen Sturz aus der Höhe und Verkehrsunfälle, welche häufig zu komplexen Verletzungen der distalen Tibiagelenksfläche (Pilon tibiale sowie der distalen Tibiaepiphyse) führen. Niederenergetische Verletzungsmechanismen werden eher durch Schlag oder Stoß im Rahmen von Sportverletzungen, z.B. beim Skifahren (10) beobachtet“ (11).

„Knöchelbrüche entstehen in über 80% der Fälle durch einen Luxationsmechanismus, welcher durch einen Fehltritt oder Sturz mit dem betreffenden Fuß ausgelöst wird. Dezelerationstraumata im Rahmen von Verkehrsunfällen stellen etwa 10% der Fälle. Durch direkte Gewalteinwirkung werden weniger als 5% der Malleolarfrakturen ausgelöst (12)“ (6).

„Ursache dieser Verletzung sind Knick-/Rotationsbewegungen des Rückfußes gegenüber dem Unterschenkel, häufig durch ein einfaches „Vertreten“ und ohne Gewalteinwirkungen“ (5).

3.1. Klassifikationen und Unfallmechanismus

Lauge – Hansen schaffte es, durch experimentelle Nachstellung von Unfällen am Leichnam die Dynamik von Sprunggelenksverletzungen herauszufinden. Er entdeckte dabei, dass immer einer von fünf Abläufen ein bestimmtes Verletzungsmuster bewirkt. Reduziert sich die verletzende Kraft, bewirkt dies eine Unvollständigkeit des Gesamtbildes.

1.) Supinations-Eversions-Fraktur:

Bei diesem Vorgang wirkt die Kraft auf den supinierten Fuß nach lateral, was den Fuß außenrotieren lässt. Je nach Stärke der Kraft bewirkt das zuerst eine Ruptur des Ligamentum tibiofibulare anterius, anschließend eine charakteristische Spiralfraktur der Fibula, dann eine

Tibiahinterkantenfraktur und schließlich auch einen Bruch des Malleolus medialis oder Riss des dortgelegenen Lig. deltoideum.

2.) Supinations-Adduktions-Fraktur:

Dabei wirkt die Kraft auf den supinierten Fuß nach medial, was wiederum je nach Kraftabstufung einen Riss der Ligamenta talofibulare anterius und calcaneofibulare bewirkt, oder gleich eine Fraktur des Malleolus lateralis meist auf Höhe des tibiotalaren Übergangs zustande kommt. Schließlich kann auch der Malleolus medialis vertikal brechen.

3.) Pronations-Abduktions-Fraktur:

Dabei wird der in Pronation befindliche Fuß von der Kraft Richtung lateral getroffen, was zu einer Ruptur des Lig. deltoideum oder Fraktur des Malleolus medialis führt. Bei Fortschreiten der Krafteinwirkung kommt es zur Ruptur der Syndesmosenbänder, bei möglichen gleichzeitigen Abbrüchen der ventralen und dorsalen tibialen Tuberkel. Schließlich kann es auch zu supramalleolären Brüchen der Fibula auf Höhe der Syndesmose kommen.

4.) Pronations-Eversions-Fraktur:

Der pronierte Fuß wird dabei von der verletzenden Kraft nach außen rotiert. Dabei entsteht ein Bruch des Malleolus medialis oder Ruptur des Lig. deltoideum, anschließend kommt es zum Abreißen des Lig. tibiofibulare anterius und der Membrana interossea zwischen Fibula und Tibia. Des Weiteren bricht dabei die Fibula supramalleolär, auch hohe Frakturen am proximalen Ende (Maisonneuve-Fraktur) sind dabei nicht selten. Bei weiterer Krafteinwirkung kommt ein Bruch der Tibiahinterkante hinzu.

5.) Pronations-Dorsalflexions-Fraktur

Dabei wirkt die Kraft von unten, zum Beispiel beim Sprung aus der Höhe, was einen Bruch des Malleolus medialis, der Tibiavorderkante und Horizontalfraktur der Fibula und noch komplexere Verletzungen hervorrufen kann. (13)

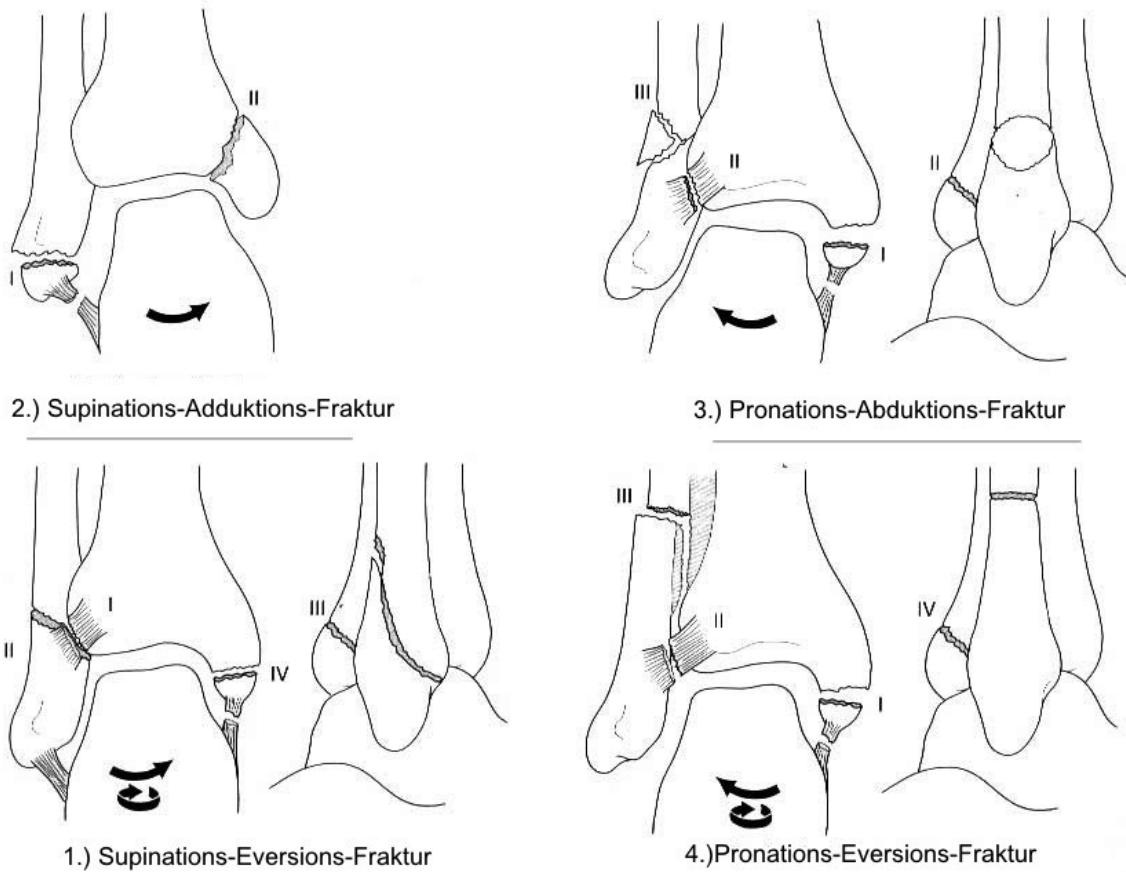


Abbildung 2 Lauge-Hansen Frakturmechanismus

3.2. WEBER-Klassifikation

Weber hat im Jahre 1966 eine Klassifikation erstellt, die abhängig von Fraktur und oder Bandruptur eine einfache Einteilung der Verletzungen erlaubt. Hier die grundlegende Einteilung: (11)

- Typ A: Malleolenbrüche mit Fibulafraktur distal der Syndesmosenbänder
- Typ B: Malleolenbrüche mit Fibulafraktur in Höhe der Syndesmosenbänder und
- Typ C: Malleolenbrüche mit Fibulafraktur proximal der Syndesmosenbänder

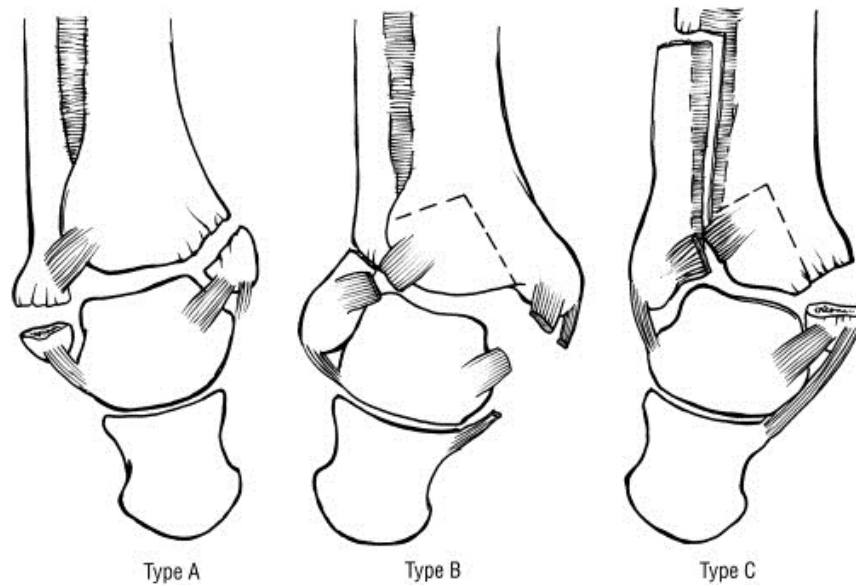


Abbildung 3 Weber Klassifikation

Die Typ A Läsion ist eine Supinations-Adduktions-Verletzung. Es kann dabei am lateralen Malleolus zu einer Kapsel-Band-Zerrung, einer Ruptur der Bänder oder zu einem knöchernen Ausriss kommen. Der mediale Malleolus kann unbeschädigt bleiben oder vom Talus abgebrochen werden. Bei diesem Verletzungsmuster bleibt das Syndesmosenband stets intakt.

Die Frakturtypen B und C sind Pronationsverletzungen. Dementsprechend geschehen dort die umgekehrten Verletzungsmuster wie bei Weber A, nämlich die Zugkraft mit Bandrupturen medial und Scherkräfte mit Malleolenfraktur lateral.

Beim Typ B rupturiert das Syndesmosenband gelegentlich, nachdem der Außenknöchel auch unterhalb der Syndesmose brechen kann. Beim Typ C reißt das Syndesmosenband immer, da die Bruchlinie über der Syndesmose ansetzt und das Bruchstück nun komplett abgeschert und somit der Bandapparat völlig durchtrennt wird. (5,11)

4. Diagnostik

In diesem Kapitel werden klinische Untersuchungen sowie bildgebende Verfahren besprochen.

4.1. Klinische Tests zur Untersuchung der Gabelstabilität = Syndesmose

- Fricktest: Nachdem das Knie 90° gebeugt und der Fuß aus der Neutralstellung mit fixiertem Unterschenkel außenrotiert wurde (Gabel wird durch Rotation auseinandergedrängt), gibt der Patient bei Irritationen des tibiofibularen Gelenks Schmerzen über der vorderen und hinteren Syndesmose an.
- Dorsalextensions-Kompressionstest: Der Patient klagt über Schmerzen im Bereich der Syndesmose, wenn das Wadenbein in der Mitte des Unterschenkels gegen das Schienbein gedrückt wird, während der Fuß dorsalextendiert wird.
- Palpationstest: beim Druckschmerz über der vorderen Syndesmose positiv.

Einen großen Stellenwert bei der klinischen Untersuchung hat der Daumendruck auf die Syndesmose. Druckschmerzhaftigkeit zeigt bei Tibiaschaft- und Fibulafrakturen auf eine distale tibiofibuläre Gelenksbeteiligung und Syndesmosenruptur an, weshalb man bereits so mit einer Weber C Fraktur rechnen kann (7).

4.2. Diagnostik und bildgebende Verfahren bei Sprunggelenksverletzungen

Sman et al. empfiehlt nach einer aktuellen Literaturstudie die Durchführung einer Bildgebung zur Diagnose einer Syndesmosenverletzung, da eine klinische Untersuchung alleine dafür nicht ausreicht (14).

4.2.1. Röntgenuntersuchung

Durch eine klinische Untersuchung kombiniert mit einer Standardröntgenaufnahme a.p mit 15° Innenrotation des Unterschenkels - auch Mortise-view genannt - und seitlich kann die Diagnose einer Fraktur bereits gut gestellt werden. Die anteroposteriore Röntgenaufnahme bei 20° innenrotiertem

Fuß zeigt ideale Einsicht auf das distale Tibiofibulargelenk (siehe Abbildung 4: links: Röntgenaufnahme bei 20° Innenrotation).

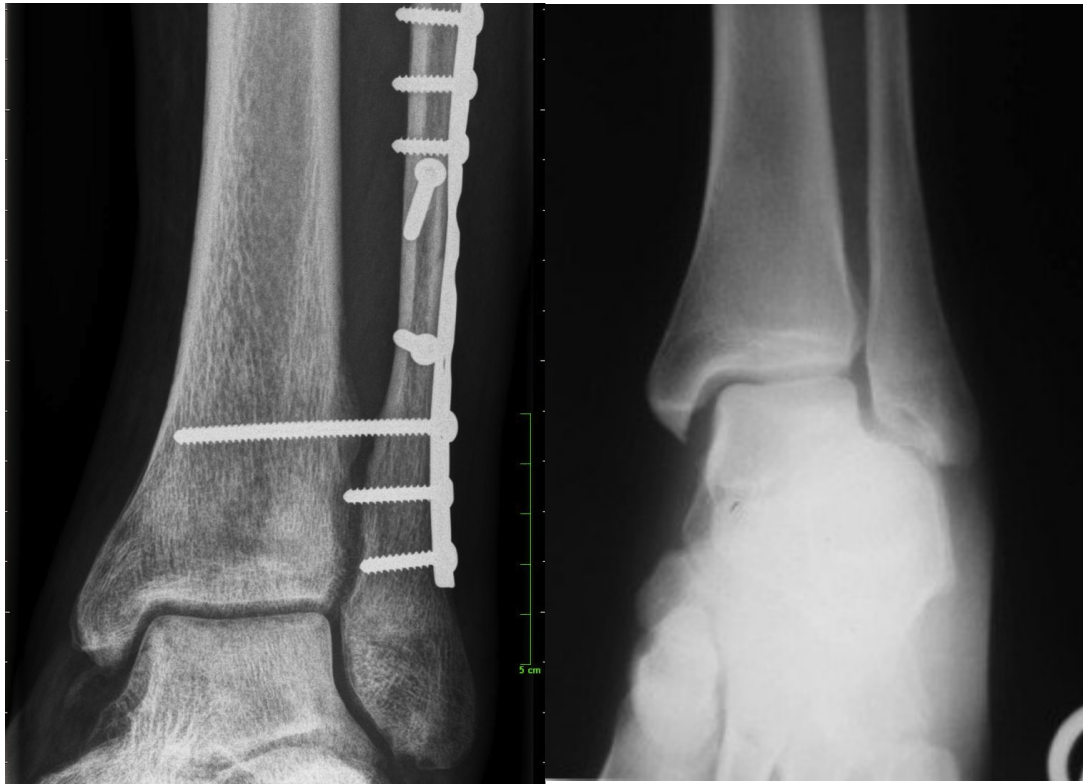


Abbildung 4: links: Röntgenaufnahme bei 20° Innenrotation, rechts: Stressaufnahme mit lateralen Talusschub

1985 beschrieben de Souza et al. (15) eine anatomische Gelenkwiederherstellung bei einer verbleibenden Verschiebung beider Malleoli von 2mm.

Boldin et al. (7) empfehlen „im Seitenvergleich den Abstand zwischen lateralem Rand des Tuberculum posterius tibiae und medialem Rand der Fibula 1 cm oberhalb der distalen Tibiagelenkfläche (Espace claire nach Chaput (16)) zu bestimmen. Ein Abstand < 6 mm gilt als normal. Zusätzlich kann auch die mediale Gabelweite (medial clear space) 1 cm unterhalb der distalen Tibiagelenkfläche bestimmt werden. Dabei gelten Werte > 4 mm als pathologisch.“ Eine aktuelle Studie von Murphy et al. befürworten bei auffälligen medial clear space - Weiten in Röntgenaufnahmen einen Vergleich der kontralateralen Seite anzustellen, um anatomische Variationen ausschließen zu können (17).

Bei Schmerzen im Bereich des Malleolus medialis ist eine Aufnahme der ganzen Länge der Fibula unumgänglich, da es aufgrund des oben beschriebenen

Frakturmechanismus zu einer Maisonneuve-Fraktur kommen kann, die beim konventionellen Sprunggelenksröntgen unentdeckt bleiben würde. (7,18)

Bestehen Zweifel über eine Verletzung der Syndesmose, kann auch eine Syndesmosenstressaufnahme erfolgen. Dabei wird der Rückfuß abduziert, während der Unterschenkel tibialseitig ohne die Fibula fixiert wird. Im Seitenvergleich zeigt sich dann medial ein erweiterter Gelenksspalt aufgrund des Öffnens des distalen Tibiofibulargelenks. (Abbildung 4: links: Röntgenaufnahme bei 20° Innenrotation, rechts: Stressaufnahme mit lateralen Talusschub)

Scharf et al. (5) meinen 2008 in ihrem Lehrbuch der Orthopädie und Unfallchirurgie, dass eine Röntgenaufnahme a.p und seitlich für das Erkennen und Klassifizieren der Fraktur meist ausreicht.

Ein um 15° nach innen rotierter Fuß ist bei der Röntgenaufnahme notwendig, um die Sicht in den fibulotalaren Gelenksspalt zu erreichen. Schrägaufnahmen mit 45° Einneigung dienen der Beurteilung der Syndesmosenansätze am Tubercule de Chaput. (7)

4.2.2. Computertomographie

Diese radiologische Bildgebung erlaubt präoperativ angewandt als Schnittbildverfahren, je nach Schnittdicke sehr exakte Aussagen. Sie hilft im Zweifelsfall zur genauen OP-Planung. Oft zeigt erst das CT zusätzliche Frakturen (hintere Tibiakante), Impressionen, Gelenkstufen oder freie Fragmente. Szyszkowitz beschreibt, dass erst eine präoperative Untersuchung mittels CT eine sichere Einteilung und Klassifikation erlaubt und damit eine zielstrebige Behandlungsstrategie möglich macht. Ergänzend kann auch eine 3D-Rekonstruktion oder ein Kunststoffpräparat bei der Planung behilflich sein. Franke et al. befürworten nach ihrer Studie 2012 ebenso die intraoperative 3D-Bildgebung oder zumindest die postoperative Kontrolle mit dem Computertomographen. (19)

Des Weiteren erlaubt sie postoperativ eine gute Kontrolle von Fibulastellung, Syndesmosenspaltweite, Fibuladorsion und -verkürzung. Boldin et al. (7) meinen 2004 zu einer postoperativen Stellungskontrolle: „Beurteilung des Syndesmosenspalt in der frontalen Rekonstruktion bei einer Schichtdicke von

wenigstens 1,5 mm sowie qualitative Beurteilung der Fibulartorsion und –verkürzung im Seitenvergleich.“

2005 haben schon Schwarz und Köfer (20) empfohlen, die Beurteilung des Operationserfolgs bei Stellschraubenapplikation nicht alleine durch das Röntgenbild zu tätigen. Bei Unklarheiten empfehlen sie den Einsatz des Computertomographen.

Auch Sagi et al. (21) beschreiben nach einer 2 Jahres Follow-up-Studie 2012, dass ein Open-Reduction Verfahren der Syndesmose zu einer eindeutigen niedrigeren Rate an Fehlpositionen führt und empfehlen ebenfalls die postoperative CT-Kontrolle.

4.2.3. Andere bildgebende Untersuchungsverfahren und Untersuchungstechniken

MRT und Angiographie bleiben besonderen Fragestellungen vorbehalten. Laut Boldin et al. (7) dient die Magnetresonanztomographie zur Beurteilung von allen relevanten Bandstrukturen und der Knorpelsituation. Occulte Frakturen sind damit gut aufzudecken und die Magnetresonanztomographie verfügt über eine hohe Sensitivität. Das bestätigen auch Muhle et al. In einer Studie aus 2012 beschreiben sie eine exzellente Sicht auf die Syndesmosenbandstrukturen, je nach Fragestellung in Plantar- und Dorsalflexion. (22,23)

Hermans et al. (24) weisen 2012 speziell darauf hin, dass nach akutem Trauma mittels Magnetresonanztomographie eine präzisere Aussage von Syndesmosenbandverletzungen in 45° Schrägaufnahmen gelingen als mit axialer Schichtführung.

Die Sonographie spielt in der Akutdiagnostik eher eine untergeordnete Rolle. Das Röntgen, Frakturmuster und die Palpation geben bei der klinischen Untersuchung schon entscheidende Hinweise auf Bandschädigungen. Des Weiteren werden diese Bandverletzungen intraoperativ bei Weber B und C Frakturen ohnehin inspiziert.

Die gehaltene Aufnahme mit Supination für simple, frische, fibulare Verletzungen und Schublade werden nicht mehr empfohlen, da sie wegen Leitungsblockade des N. fibularis oder Infiltration intraartikulär falsch negative Ergebnisse liefern.(5,7,11)

5. Therapie

„Alle Frakturen und Bandrupturen des oberen Sprunggelenkes sind somit Gelenksverletzungen und bedürfen einer entsprechend präzisen Rekonstruktion, da Verwerfungen und Defekte der Gelenksflächen und Instabilitäten der Gelenksführung an diesem hoch belasteten Gelenk posttraumatisch Arthrosen auslösen. Schon eine Lateralverschiebung des Talus von 1mm verkleinert nach experimentellen Untersuchungen die Kontaktfläche zwischen Pilon und Talus um bis zu 50%“ (5).

Boldin et al. (7) beschreiben folgendes: Eine „Verbreiterung der tibiofibulären Bandhaft um 1 mm zieht eine Verringerung der belasteten tibiotalaren Kontaktfläche um 52,5% nach sich (25) und führt zu einem instabilen oberen Sprunggelenk und einer Inkongruenzarthrose (26)“.

5.1. Operative Behandlung

5.1.1. Allgemeinbemerkung

Optimal wäre die operative Behandlung akut nach klinischer und radiologischer Abklärung. Da aber oft die lokalen Weichteilverhältnisse oder der Allgemeinzustand oder auch simple organisatorische Umstände (kein akuter OP-Platz verfügbar) zu tragen kommen, muss primär eine geschlossene Reposition und Ruhigstellung im Unterschenkelgips erfolgen, damit Fehlstellungen und eine somit entstehende zusätzliche Belastung der Weichteile verhindert werden. „Als Faustregel gilt, dass ein operativer Eingriff innerhalb der ersten 6 Stunden oder dann nach dem 6. Tag erfolgen kann“ (5).

Ist eine Weichteilschwellung nach dem 4. Tag noch immer vorhanden, spricht das für eine neuerliche Luxation im Sprunggelenk. Da eine definitive Versorgung noch nicht möglich ist, muss zur Sicherung einer geschlossenen Reposition als stabilisierende temporäre Maßnahme eine transartikuläre Bohrdrahtfixation (temporäre Transfixation) erfolgen. Alternativ kommt eine Stabilisierung mittels Fixateur externe zur Anwendung. Diese kann rein tibiotarsal oder triangulär angelegt werden und bis zur Weichteilentspannung bis zur definitiven Versorgung verbleiben. (23) Selten ist zu diesem Zeitpunkt eine Plattenosteosynthese des

Außenknöchels möglich. Die operative Versorgung des Innenknöchels kann später, bei entspannter Weichteilsituation durchgeführt werden.

Bei der definitiven operativen Versorgung sollte das Kniegelenk beim am Rücken liegenden Patienten leicht gebeugt auf einen Sandsack o.ä. gelagert werden, was die Wadenmuskulatur entspannt. (5,11)

5.2. Sprunggelenksfrakturen

5.2.1. Allgemeininformation

Damit das Sprunggelenk korrekt funktionieren kann, benötigt es eine physiologisch korrekte Gelenkanatomie. Sollte das nicht der Fall sein und sich die Gelenksgabel durch Verletzung und anschließende konservative oder operative Versorgung um 1 mm erweitern, bedeutet das einen Gelenksflächenverlust von 50%. (11). Dies würde zu einer unphysiologischen Fehlbelastung und in weiterer Folge zu einer posttraumatischen Arthrose des Gelenkes führen. Genauso wie bei einer Fraktur können auch unzureichende Spannungszustände im Bandapparat zu diesem Zustand führen.

Zu den häufigsten Ursachen einer posttraumatischen Arthrose zählt die Luxationsfraktur. Durch einen Schaden des Außenknöchels wird der Talus instabil und drängt sich wie ein Keil, angezogen von den Muskelgruppen, zwischen Schien- und Wadenbein und dehnt die Gelenksgabel auf. Diese Aufdehnung oder Ruptur der Syndesmosenbänder bleibt auch nach operativer Versorgung der knöchernen Komponenten bestehen. Dementsprechend ist nach solch einem Unfallmechanismus die Versorgung mit Stellschraube unerlässlich, damit der Gabelschluss gesichert ist. Somit kann eine mögliche unphysiologische Belastung mit folgender posttraumatischer arthrotischer Veränderung verhindert werden.

5.3. Versorgung

„Zwischen ungenügendem Repositionsergebnis und sekundärer Arthrose besteht eine fast vollständige Korrelation“ (11).

Eine aktuelle Studie aus 2012 von Donken et al. (28) beschreibt fehlende ausreichende Evidenz, ob eine konservative oder operative Versorgung von Sprunggelenksfrakturen einen besseren Einfluss auf das Langzeitoutcome der Patienten haben.

Generell kann man eine nicht verschobene Fraktur gut konservativ behandeln, solange dieser Zustand aufrecht bleibt. Es zeigte sich jedoch, dass bei korrekt reponierten konservativ versorgten Typ A und Typ B - Brüchen nur jeder zweite bis vierte in der versorgten Stellung bleibt. (29)

Eine gute und ausreichende konservative Therapie ist nur bei Weber A- und B-Frakturen gegeben, die kaum disloziert sind, wobei primär reponierte Typ B-Frakturen tendenziell eher dislozieren und dann sekundär operativ versorgt werden müssen.

Zur Verhinderung von Haut und - Weichteilschäden ist die primäre Reposition von Luxationsfrakturen schon am Unfallort durch Laien oder Rettungsdienst von großer Wichtigkeit. Denn es drohen Gefäßschäden und damit Ischämien im Weichteilmantel, was in weiterer Folge zu Wundheilungsstörungen führen kann. Denn durch die dorsale Luxation drückt die Schienbeinvorderkante auf die umliegende Haut oder durchdringt diese im Sinne einer offenen Fraktur. Neben einer Schmerztherapie durch den Notarzt ist ein sogenannter Stiefelgriff angezeigt. Die Reposition erfolgt in Rückenlage mit gebeugtem Knie, damit sich die Wadenmuskulatur mit Achillessehne entspannen kann und eine möglichst kraftlose Reposition mit Einrenkung gelingt. Die Ferse des verletzten Beines wird mit der einen Hand ergriffen, die andere fixiert den Unterschenkel dabei dorsal und supramalleolar. Das luxierte Gelenk wird gegen den Muskelzug leicht auseinandergezogen und in annähernd anatomische Stellung gebracht. Die Druckstelle kann sich entspannen. Das Gelenk ist so zu halten, bis es mittels pneumatischer oder Vakuumbeinschiene vom Rettungsdienst für den Transport stabilisiert wird. Vorteile dieses Manövers sind neben der Weichteilschonung eine resultierende Schmerzlinderung nach der Reposition und bessere Beurteilungsmöglichkeiten im klinischen Röntgen.

Im Krankenhaus wird nach Durchführung der klinisch-radiologischen Untersuchung der Unterschenkel eventuell nach neuerlicher notwendiger Reposition mit einer Gipsschiene versorgt. Offene Stellen müssen vor dem Anlegen des Gipses mit sterilem Verbandsmaterial abgedeckt werden.

Der Gips muss wegen der drohenden Schwellung gespalten und die Reposition mittels Röntgen kontrolliert werden. Sollte das Röntgenbild einen neuerliche Verkippung anzeigen, empfehlen Rüter et al. (5) „eine rasche und definitive Versorgung“.

Sollte eine sofortige Operation nicht möglich sein, verbleibt der Patient bis zur definitiven Versorgung im Spaltgips (Algorithmus UKH Graz).

Eine Relaxation im Gipsverband im Rahmen der klinischen Kontrollen muss nach Reposition mittels perkutan eingebrachter Kirschner-Drähte stabilisiert werden. Diese werden über Talus und Calcaneus in die Tibia eingebracht und sollten die Vorderkante durchstoßen, damit einerseits für guten Halt gesorgt ist, andererseits können gegebenenfalls bei Bruch die Drähte leicht wieder entfernt werden. Eine Alternative dazu ist die Versorgung mittels Fixateur externe, wobei je eine Schraube meist medial in die Tibia, Calcaneus und Metatarsus eingebracht wird und diese durch Rohre verbunden werden. Gute Hygienemaßnahmen sind absolutes Muss bei dieser Versorgung.

Beide Maßnahmen ermöglichen eine vorbereitende Weichteilpflege und sind prinzipiell nur bis zur definitiven operativen Versorgung vorgesehen. (5,11)

5.4. Operative Versorgung von Sprunggelenksfrakturen

5.4.1. Allgemeine Informationen

„An der Weichteilbehandlung ist ein wirklich guter Operateur zu erkennen: eine fehlerhafte Osteosynthese lässt sich bei Bedarf korrigieren, bei geschädigten nekrotischen Weichteilen hingegen ist das Schicksal des Sprunggelenkes oft besiegelt“ (11).

5.4.2. Operative Zugangswege bei Sprunggelenksfrakturen

Szyszkowitz beschreibt einen medialen und lateralen Zugangsweg, um Innen- und Außenknöchel operativ versorgen zu können.

Lateraler Zugang

Durch den Zugang am Außenknöchel erreicht man sehr gut Bandstrukturen der Fibula, vordere Syndesmosenstrukturen, Tibiavorderkante und die anterolaterale Talusrolle. Der Hautschnitt wird dabei am Hinterrand des Wadenbeins um den Malleolus lateralis nach vorne geschwungen und läuft in Richtung Basis des Os metatarsale V aus. Man kann die Länge des Zugangs dem Verletzungsausmaß anpassen.

Besonders Acht geben muss man dort auf den N. peroneus superficialis, der zumeist medial der vorderen Syndesmosenbänder in der Subcutis verläuft und dort die Region sensibel versorgt. Um sich eine Sicht auf die Syndesmosenregion

zu schaffen, muss nach dem Hautschnitt die quergefaserte Fascia cruris mit der Schere durchtrennt und diese mit der Sehne des M. extensor digitorum longus zur Seite verlagert werden. Durch deutliches zur-Seite-Bringen der Muskelfascie verhindert man auch Verwechslungen mit rupturierten Syndesmosenbandstrukturen. Zumeist erscheint dann laut Szyszkowitz ein Ramus perforans der Arteria peronea in unterschiedlicher Dicke über der Syndesmosenregion. Durch die vorsichtige Schonung oder definitive Ligatur verhindert man große Hämatomate postoperativ.

„Um Einblick in das obere Sprunggelenk zu erhalten wird ein schmaler Muskelhaken distal des vorderen Syndesmosenbandes nach vorne eingesetzt, so gelangt man in den Winkel zwischen Tibia, Talusrolle und Knöchelvorderkante, danach wird durch Supination der vordere Gelenksabschnitt von lateral einsehbar“ (11).

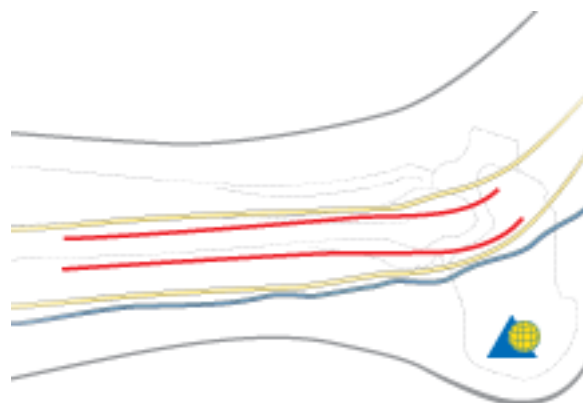


Abbildung 5: Lateraler Zugang

Medialer Zugang

Über den Zugang beim Innenknöchel erreicht man dagegen gut die inneren Seitenbänder und Brüche der Schienbeinhinterkante. Über einen hockeyschlägerartigen Schnitt um den Malleolus medialis gelangt man unter Schonung der V. saphena magna in die Tiefe. „Isolierte Innenknöchelbrüche werden von einem direkten Längsschnitt aus über dem Innenknöchel dargestellt“ (11).

Rupturierte Ligg. laciniata (Faserverstärkung der Fascia cruris) können mit dem Lig. deltoideum verwechselt werden, welches aber erst nach der Spaltung der

Fascie an den Tag tritt. Durch das Aufspreizen der Hautincision erlangt man eine gute Sicht auf den medialen Anteil der Talusvorderkante. „Bei Innenknöchelbrüchen muss diese Gelenksecke dargestellt werden“ (11).

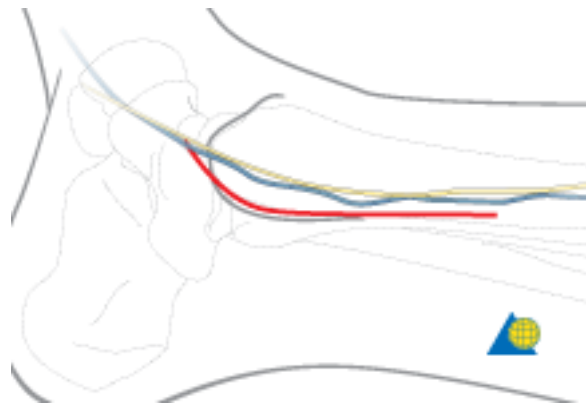


Abbildung 6: Medialer Zugang

Bei dorsalen Schalenbrüchen gelangt man über den Hautschnitt zur Sehnenscheide des M. tibialis posterior, die gespalten wird, um unter der Knochenhaut in die Tiefe zu den Bruchstücken zu gelangen. Strukturen, auf die hier besonders geachtet werden muss, sind der N. tibialis und die A. tibialis posterior. Diese und weitere begleitende Gefäß-Nerven Strukturen empfiehlt Szyszkowitz (11) mit dem Hohmann-Hebel vorsichtig zur Seite zu bringen. Um bei der subperiostalen Präparation zum Volkmannndreieck eine bessere Mobilisation der Weichteile zu erreichen, legt man eine Rolle unter die Ferse.

Optional besteht die Möglichkeit bei lateralen Keilabbrüchen der Tibia den Zugang lateral der Achillessehne zu wählen, wobei eine Darstellung des N. suralis dessen Beschädigung verhindern kann. Dieser Zugang ist allerdings nur in Bauch - oder Seitenlage sowie mit angewinkelter Hüfte und Knie möglich. Deswegen wird dieser Zugang auch eher bei Zweitoperationen eingesetzt, weil primär die Versorgung der Malleolen und Syndesmose im Vordergrund steht und diese beim dorsalen Zugang nicht eingesehen werden können.

5.4.3. Versorgungsalgorithmus

1. Osteosynthese des Außenknöchels bzw. der Fibula.
2. Osteosynthese von Volkmann- Dreieck und Innenknöchel.
3. Stellschraube und Bandnähte

Durch die Versorgung und Reposition des Außenknöchels mit der hinteren Schale wird meist ein gutes Repositionsergebnis erreicht, was auch eine weitere zusätzliche Versorgung erleichtert.

Szyskowitz beschreibt, dass bei starker Subluxation und bei Verdacht des Verrutschens der M. tibialis posterior- Sehne in den medialen Gelenkspalt eine Bandnaht des Lig. deltoideum indiziert ist.

Versorgung des Außenknöchels

Typ A

Die Außenknöchelspitze wird unter Schonung der Bandursprünge dargestellt. Supiniert man den Fuß, erlangt man Einsicht in den Gelenksflächenbereich. Dieser kann gesäubert werden und größere Knorpelteile können mit Fibrinkleber refixiert werden. Größere Knorpelabbrüche des Talus werden mit resorbierbaren Schrauben befestigt. Nachdem man die Fibulafragmente wieder reponiert hat, stabilisiert man diese mittels Zuggurtung. Große Malleolarteile refixiert man mit einer Zugschraube, wobei das Gewinde im proximalen Anteil des Wadenbeins zu liegen kommen sollte. Mit einer Stabilitätsüberprüfung und Durchleuchtung wird die Operation beendet.

Typ B

Sollten es die Knochenstruktur und die Fragmentlängen zulassen, wird hierbei der Bruch mit Zugschrauben oder einer Drittelrohrplatte versorgt. Hier empfiehlt es sich auch genügend große Zugänge zu wählen, um das volle Ausmaß der Verletzung einsehen zu können und speziell durch Außenrotation des Fußes den Zustand der Syndesmosenbänder zu untersuchen. Dabei sollte die Gelenksfläche auch durch Spülung gereinigt werden.

Vorerst erfasst man das distale und proximale Fibulabruchstück jeweils mit einer Zacke der Repositionszange. Durch Stiefelgriff des Fußes, gleich der Erstversorgung, erreicht man zuerst eine Überkorrektur. Durch die Rückstellung des Fußes in die Normalposition entspannt sich Muskulatur und Gewebe und erlaubt die anatomisch korrekte Anpassung des Malleolus lateralis. Mittels zwei bis drei Kleinfragmentschrauben schafft man die definitive Fixation. Die Einbringungsrichtung verläuft immer senkrecht zur Frakturebene, meist von vorne, oder bei weiter anterior liegenden Frakturlinien auch von dorsal. Es werden 2,7 mm oder 3,5 mm Kortikalisschrauben verwendet, 4 mm Spongiosaschrauben nur in spongiösen Bereichen.

Bei weichen, osteoporotischen Knochenverhältnissen wird bei Verwendung einer 3,5 mm Kortikalisschraube lediglich 2mm vorgebohrt und anschließend das Gewinde geschnitten.

Besonders bei horizontalen Bruchlinien empfiehlt sich eine Anbringung einer Drittelrohrplatte als Neutralisationsplatte und Zusatzstabilisierung, da eine einzelne Zugschraube die nötige Stabilität nicht sicher garantieren kann. Diese Platten werden möglichst dorsolateral angelegt und der Malleolenform angepasst. Durch das Biegen der Plattenendstücke nach medial erreicht man bei osteoporotischen Knochen einen besseren Halt (Krallenplatte).

Szyszkowitz empfiehlt die Bohrung der Syndesmosenstellschraube in einem unbesetzten Loch der Platte mit einem 30° Winkel nach vorne, knapp oberhalb der Syndesmosenbandstrukturen. Knöcherne Bandausrisse in diesem Bereich werden mit der Backhausklemme oder Spickdraht vorfixiert und dann mit einer Spongiosalochschraube oder durch transossäre Naht endgültig befestigt.

Typ C

Hauptaugenmerk bei diesen Luxationsbrüchen liegt auf der optimalen Anpassung der Fibulalänge und Rekonstruktion der tibiofibularen Bandverbindungen.

Distale Begleitbrüche der Fibula werden wie bei der Versorgung von Typ B mittels Zugschraube oder Drittelrohrplatte durchgeführt. Dabei wird entweder die Platte proximal mit einer Schraube fixiert und das distale Fibulafragment durch Zug angepasst oder primär am distalen Fibulabruchstück eine Schraube eingedreht und mit der Sprezzange die Dislokation bzw. Verkürzung behoben. Bei multiplen Bruchstücken kann auch eine temporäre Fixation mittels Cerclagen oder

resorbierbaren Fadennähten hilfreich sein. „Bei langstreckigen Frakturen führt die Manipulation der Fragmente zu einer weitgehenden Weichteildenudierung, weshalb hier das Prinzip der Überbrückungsosteosynthese zur Anwendung kommt“ (11).

Bei direkter Reposition von Trümmerfrakturen ist ein Auffüllen der Bereiche mit Spongiosa aus distaler oder proximaler Tibia indiziert.

Eine Studie aus dem Jahr 2011 von R. Mohammed et al. (30) beschreibt auch gute Erfolge bei der alleinigen Versorgung der Syndesmose bei Weber C-Frakturen ohne Plattenosteosynthese oder dergleichen, sofern die Fibulalänge wiederhergestellt und die Syndesmose anatomisch geschlossen werden konnte.

5.5. Stellschraube

Die Aufgabe einer Syndesmosenstellschraube liegt in der Fixierung der Fibula und Tibia in anatomisch korrektem Abstand, wenn die Bänder nach einem Trauma beschädigt und der Gabelschluss nur mehr insuffizient vorhanden ist. Nach der Osteosynthese muss aber zuerst abgewogen werden, ob eine Stellschraube notwendig ist. Dies gelingt durch Inspektion und Entfalten der gelegentlich eingeschlagenen Fasern im tibiofibularen Gelenkspalt. Eine locker geknüpft U-Naht ist möglich, weitere Nahtbemühungen sollten aber unterlassen werden, damit die Durchblutung der Bandstümpfe geschont wird. Die Sicherung der Gabelweite ist nur mit einer Stellschraube zu erreichen.

5.5.1. Die Indikation zur Einbringung einer Stellschraube

Ist der Abstand zwischen den beiden Unterschenkelknochen beim Zug der Fibula nach lateral (mit einem Einzinkerhaken, oder durch passive Pronations-Außenrotationsbewegung des Fußes), darf der Abstand nicht mehr als 2 mm betragen. 2009 besagte eine Kadaverstudie von Stoffel et al. (31), dass der laterale Stresstest dem Außenrotationstest überlegen ist. Eine neue Studie von Pakarinen et al. (32) aus dem Jahr 2011 besagt jedoch, dass die Sensitivität dieser Tests unzureichend ist, intraoperativ eine Instabilität der Syndesmose festzustellen. Ebenso stellt ein anteriorer (der mittels Daumendruck getestet wird) und posteriorer Bewegungsspielraum über 2 mm die Indikation für eine Stellschraubenapplikation dar. „Erfahrungsgemäß werden Stellschrauben von unerfahrenen Operateuren zu oft bzw. ohne echte Indikation eingesetzt“ (11).

Laut Szyszkowitz et al. (11) kann man grundsätzlich sagen, dass eine Weber B-Fraktur mit medialer Beteiligung selten, eine Weber C- Fraktur aber beinahe immer Anlass für eine Stellschraubenapplikation gibt. Ist eines der beiden distalen Syndesmosenbänder unverletzt oder wurde ein knöcherner Syndesmosenbandausriss verschraubt, reicht das gegen ein Klaffen der Tibia und Fibula aus.

Die Verschraubung sollte 2 cm (33) oberhalb des tibiotalaren Gelenkspaltes, bei einer indirekten Stabilisierung mit einer 4,5mm-Großfragment-Kortikalisschraube, bei einer direkten Fibulaosteosynthese mit einer 3,5 mm-Kleinfragmentcorticalisschraube durchgeführt werden, wobei auf eine Perforation durch der medialen und lateralen Corticales der Tibia und Fibula geachtet werden muss, da beim Bruch der Schraube das Entfernen der Stücke erleichtert wird. Generell ist bei der Schraubenwahl auf die Größe der Fibula zu achten, um nicht durch eine zu große Schraube die Fibula zusätzlich zu frakturieren.

Kukreti et al. (34) beschreiben, dass es bezogen auf Widerstand gegen Malrotationen keinen Unterschied beim Einbringen der Stellschraube transsyndesmal oder suprasyndesmal gibt. Miller et al. (35) jedoch meinen in einer älteren Studie, dass die beste Fixation und Schutz vor Verlagerung in der Höhe 5 cm proximal des tibialen Plafond gegeben ist. Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) empfiehlt die Stellschraubeneinbringung proximal des Syndesmosenbandkomplexes. Laut AO- Manual (36) sollte die Syndesmosenstellschraube knapp oberhalb der Syndesmose platziert werden.

Rüter et al. beschreiben den Verlauf der Schraube „in der Frontalebene horizontal, in der Koronarebene unter 30° von fibulodorsal nach tibialventral“ (34). Sollte trotz der Stellschraubenapplikation ein Spiel im tibiofibularen Gelenk vorhanden sein, muss eine weitere Stellschraube, 2 cm proximal der ersten, eingebracht werden.

Die Stellschraube darf die Sprunggelenksgabel keinesfalls komprimieren. Eine Kongruenz des oberen Sprunggelenkes ohne Stufenbildung muss intraoperativ mittels Bildwandler im a.p. Strahlengang bei Innenrotation kontrolliert werden. Bestehen Zweifel an einer ausreichenden Reposition respektive einer korrekten Schraubenlage, ist postoperativ die Computertomographie nach wie vor Mittel der Wahl. Mit den neuen bildgebenden Verfahren wäre auch an eine intraoperative

3D-Kontrolle zu denken um gegebenenfalls eine Korrektur noch intraoperativ durchführen zu können.

Nach der Studie von Naqvi et al. aus 2012 ist bei Syndesmosenverletzungen die Versorgung mit Tight Rope (Arthrex ®) der Versorgung mit Stellschraube überlegen (1). Schepers (37) bestätigte zwar ein ähnliches Outcome zwischen Tight Rope und der Stellschraube, jedoch würde die Versorgung mittels Tight Rope zu früheren Indikationen für eine Sekundärbehandlung führen. Die eigenen Erfahrungen bezüglich Tight Rope sind eher schlecht. Sie kann kaum die Verkürzung bei Maisonneuve-Verletzungen halten, bzw. die Blättchen oder der geknüpften Faden tragen bei zarten Weichteilen stark auf. (5,7,11)

5.5.2. Postoperative Komplikationen nach Stellschraubenversorgung

Zu den postoperativen Komplikationen gehören Stellschraubenbrüche, die gehäuft im Rahmen der Nachbehandlung ohne Gipsruhigstellung auftreten können. Bruchstücke der Metallschraube können wandern und Irritationen von Gefäßen und Nerven verursachen. Deswegen strebt man auch die Verankerung der Stellschraube in vier Corticales an, da dies bei Bruch eine leichtere Entfernung der Schraubenteile erlaubt. Ansonsten ist ein Belassen oder sogar Ausbohren der Teile notwendig. (7)

5.6. Indirekte Stabilisierung

Sie wird nach Maisonneuve-Frakturen angewendet. Mit der Backhausklemme wird die Fibula nach distal gezogen und mit gleichzeitigem Daumendruck sowie Rotation in die korrekte anatomische Stellung gebracht und auf Höhe der Syndesmose mit einem Kirschner-Draht zwischenzeitig fixiert. Eine anschließende Kontrolle mittels Durchleuchtung ist notwendig, um die Fibulalänge und den korrekten Gabelschluss zu kontrollieren. Anschließend wird unter starker Innenrotation des Unterschenkels die Bohrung für die Syndesmosen-schraube durchgeführt. Dies entspricht einer Ausrichtung der Schraube nach ventral von ca. 30° - 45°. Dadurch wird ein Abgleiten an der glatten Tibiahinterkante verhindert. Dabei wird der Bohrer 2-3 cm proximal der Syndesmose angesetzt. Je nach verwendeter Schraubengröße (Groß- oder Kleinfragment-Kortikalisschraube) wird ein Bohrer mit 2,5 oder 3,2 mm Durchmesser verwendet. Es muss darauf geachtet werden, dass beim Gewindeschneiden die Fibula nicht aus der Incisur

herausgedrängt wird. Dies kann passieren, wenn der Gewindeschneider oder die Stellschraube nicht ins vorgebohrte Loch an der Tibia gedreht wird. Man kontrolliert dies am besten, indem man die Finger während des Drehens auf das vordere Syndesmosenband legt.

Die Stellschraube darf nur wenig angezogen werden, um eine unnötige Kompression zu vermeiden. Das Anziehen der Schraube geschieht in Neutralstellung des Fußes, wobei sie bei festem Sitz wieder eine halbe Umdrehung gelockert wird (persönliche Mitteilung OA Dr. Martin Nußmüller). Eine Naht des Syndesmosenbandes ist nicht notwendig, es sollte lediglich in Faserrichtung ausgestrichen werden. (11)

5.7. Volkmann-Dreieck / „hintere Schale“

Zumeist stammen Bruchstücke an der Tibiahinterkante -hintere Schale genannt- von Ausrissen des Ligamentum tibiofibulare posterius. 1/3 aller Malleolarfrakturen zeigen ein solches Frakturmuster. (5,38) Die Größe dieser Bruchstücke wird oft auch durch die schräge Bruchlinienverlaufsform unterschätzt. Wegen der Gelenksbeteiligung sollte die exakte Größe, Lage und Dislokation des Fragmentes über eine CT-Untersuchung evaluiert werden.

Nimmt der Knochenkeil in der seitlichen Ansicht mehr als 25 % der Gelenksfläche ein, bezeichnet man es definitionsgemäß als Volkmann-Dreieck. Dieses muss durch Schraubenosteosynthese versorgt werden, was zu einer verbesserten Stabilität im distalen Tibiofibulargelenk führt und oft auch eine Stellschraubenapplikation unnötig macht. Die Verschraubung erfolgt normalerweise indirekt über den vorderen Zugang nach Einrichtung in Längszug bzw Dorsalextension über Ligamentotaxis der hinteren Kapsel, Durchleuchtungskontrolle und temporärer Kirschnerdrahtfixierung. Sollte das Bruchstück sehr weit medial liegen, kann auch eine direkte Verschraubung über den bereits bestehenden medialen Zugang angestrebt werden. Damit die indirekte Verschraubung ausreichend hält, muss das Gewinde im Fragment gut verankert sein. Dies erreicht man durch das Ansetzen der Schraube 10 mm oberhalb des Gelenks und einer leichten Kippung nach distal. „Um den Zugschraubeneffekt zu erzielen, muss das Gewinde jenseits der Fraktur, d.h. vollständig im Keil liegen. Deshalb verwendet man bei großen Fragmenten große Spongiosaschrauben mit kurzem Gewinde mit Unterlagscheiben oder zwei bis drei kleine

Spongiosaschrauben, welchen Beilagscheiben unterlegt werden. Reicht der Keil weit nach proximal, wird zusätzlich oberhalb eine kleine Zugschraube eingebracht“ (11).

Damit die Sicht der intraartikulären Abbruchstelle bei der Durchleuchtung nicht durch die Drittelrohrplatte verhindert wird, wird empfohlen, den Außenknöchel zuerst mit Zugschrauben zu fixieren, dann das Volkmann-Dreieck zu versorgen und erst im Anschluss die Platte zu applizieren. Ebenso empfiehlt es sich auch ergänzend etwaige Bandnähte durchzuführen, um diese nicht bei nachträglicher Veränderung der Bruchstücklage zu lockern und damit unbrauchbar zu machen. (5,11)

5.8. Versorgung des Innenknöchels

Es ist notwendig den Übergangsbereich der vorderen Tibiaunterkante und dem Innenknöchel - die Gelenkseeke - genau darzustellen, „da der scharfe vordere Spieß des Innenknöchelfragments stets der beste Anhaltspunkt zur Reposition ist“ (11).

Die Bruchstücke werden vor der Reposition auseinandergezogen um sie zu säubern. Die mediale Talusfläche wird auf „Flakes“ sowie Impressionen der distalen Tibiagelenksfläche untersucht, die bei maximaler Supination des Talus beim Unfallhergang entstehen. Diese entstandenen Impressionen (=eingedrückte Gelenksanteile) werden gehoben und mit Spongiosa unterfüttert

Der gebrochene Innenknöchel wird mit der Backhausklemme fixiert, bis er mittels Zugschraube von distal oder Zuggurtung endgültig versorgt ist. Sollte der seltene Fall einer „reverse fracture“ eingetreten sein, bei der die Abbruchkante nach distal medial verläuft, wird die Verschraubung von proximal durchgeführt.

Man reponiert mögliche kleine Frakturstücke und nach temporärer Fixation bringt man kleine Spongiosaschrauben ein oder behilft sich mit Cerclagen. Bei großen Bruchstücken werden meist zwei kleine Spongiosa- oder Lochschrauben verwendet. Um das Einsinken der Schraubenköpfe bei osteoporotischem Knochen zu verhindern, empfiehlt sich die Verwendung von Beilagscheiben.

Ein abschließendes Röntgenbild in zwei Ebenen ist obligat. Die Wunden werden gespült und medial sowie lateral eine Saugdrainage eingelegt. Die Haut wird mit atraumatischen Nähten verschlossen, Fascien bleiben jedoch offen, um einem Kompartmentsyndrom und einer Nekrose vorzubeugen. Herrscht große Spannung

auf den Hauträndern werden diese mit resorbierbaren Intrakutannähten geschlossen oder temporär ein VAC-System appliziert. (11)

5.9. Weichteilbeteiligung

Bei offenen Frakturen, die sich oft mit einer querverlaufenden Wunde am Innenknöchel präsentieren, ist ein zurückhaltendes Wunddebridement mit Spülung durch die Jet-Lavage und Antibiotikaverabreichung durchzuführen, um einer Infektion vorzubeugen. Etwaige in den Bruchspalt eingeschlagenen Band- oder Periostreste oder Sehnen müssen zurückverlagert werden. Die laterale Osteosynthese mit Platte sollte eher zurückhaltend oder maximal dorsal angestrebt werden, damit der Weichteilmantel zusätzlich geschont wird.

Bei Trümmerfrakturen oder osteoporotischen Knochenverhältnissen kann man eine anatomische Reposition des Außenknöchels mit 2 Spickdrähten auf Höhe der Syndesmose durchführen. Die Versorgung einer Innenknöchelfraktur kann bei schlechten Weichteilbedingungen auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden, um in der Zwischenzeit die Weichteilverhältnisse mittels Vacuum Assisted Closure Therapy (=VAC) zu verbessern. Zum Verschließen von großen Weichteildefekten dienen Nahlappenplastiken, „in Ausnahmefällen gestielte Muskellappen (medial der M. Abductor hallucis und lateral der M. Abductor digiti minimi (39)) bzw. freie Lappen“ (11). Von Verschiebe- oder Rotationslappen zum primären Wundverschluss ist wegen der erhöhten Komplikationsrate abzuraten.

(11)

5.10. Nachbehandlung

Unmittelbar nach der Operation ist das Anlegen eines Unterschenkelgipses oder einer dorsalen Unterschenkelgipslette in Neutralstellung zur Spitzfußprophylaxe anzuraten. Dem Patienten wird empfohlen Dorsalextensionübungen mit dem operierten Fuß durchzuführen. Ein Unterschenkelgips sollte nach Nahtentfernung für 6 Wochen ohne Gehhilfe getragen werden. „Trägt ein Volkmann-Dreieck ein Drittel oder mehr der Tibiagelenkfläche, ist auch nach stabiler Verschraubung eine Teilbelastung von 15 kg für sechs Wochen zu empfehlen, da es unter Vollbelastung auch im Gips zu Redislokationen kommen kann“ (11).

Stellschrauben werden ambulant wenige Tage nach der Gipsabnahme in Lokalanästhesie entfernt, Platten und Verschraubungen frühestens nach einem Jahr. (11)

6. Komplikationen

„Indikationen zu frühen Korrekturen von objektiv (Rö, CT) nicht zufriedenstellenden Rekonstruktionen nach Pilon-oder Knöchelfrakturen sollen bei guten Haut- und Weichteilverhältnissen großzügig gestellt werden“ (11).

- Kompartmentsyndrom: entstehen bei zu langen Blutsperrzeiten, Nachblutungen, starker Hochlagerung oder zu engem Spaltgips. Bei Verdacht muss eine engmaschige Kontrolle des Unterschenkelkompartments, des Tarsaltunnels und Fußkompartments erfolgen. Diese Komplikation bedarf einer raschen Entlastung durch Fasziotomie.
- Hämatome sollten rasch entleert und ausgespült werden, wobei man den intraoperativen Zugang wählt und die Nähte entfernt. Zusätzlich ist eine antibiotische Therapie anzuraten sowie eine Saugdrainage mit 2-tägiger Ruhigstellung.
- Lokale Hautnekrosen entstehen meist durch das Trauma selbst, aber auch durch die notwendigen Hautinzisionen und zu starker Hebelwirkung beim Einsatz von Haken und großvolumigen Plattenrekonstruktionen. Stellt sich vor der Operation bereits ein Verletzungsareal mit schlechten Hautveränderungen dar, soll möglichst zuerst die Fibula ohne pneumatische Blutsperrre rekonstruiert werden, um erst im Anschluss bei der Versorgung der Tibia, wenn überhaupt nötig, eingesetzt zu werden. Die Blutsperrre sollte nicht länger als zwei Stunden eingesetzt werden. Bereits oberflächliche und tiefe, infizierte Stellen müssen großzügig, zum Teil bis zum Knochen abgetragen werden. Leider ist nicht selten eine Arthrodesse des Sprunggelenkes, oder in ausgewählten Fällen sogar eine Amputation notwendig.

„Die in der Regel schon durch das Trauma verursachten Knorpelquetschungen führen sehr oft zu unvermeidlichen Knorpelnekrosen und damit zu einer oft schmerzhaften posttraumatischen Arthrose mit sekundär kaum zu vermeidenden Subluxationen, welche die Arthrodesse des OSG oder die Implantation einer Sprunggelenkprothese erforderlich machen“ (11).

7. Metallentfernung

Bei beschwerdefreien Patienten belässt man die Implantate, bei jüngeren Patienten entfernt man häufig die störende Fibulaplatte, Schrauben belässt man, wobei eine Entfernung des Metalles generell nicht vor Abschluss des ersten postoperativen Jahres in Betracht gezogen werden sollte. (9)

7.1. Stellschraubenentfernung

Es bestehen nach wie vor kontroverse Aussagen über die Entfernung von Syndesmosenstellschrauben.

Eine Grazer Studie (Samonigg) (40) kommt zu folgendem Schluss: „Die routinemäßige Stellschraubenentfernung nach sechs bis acht Wochen ist zu hinterfragen. Aus unserer Studie ergaben sich keine signifikanten Ergebnisse, die das Entfernen gegenüber dem Belassen der Schraube vorziehen. Es muss individuell nach dem Patienten, dem Frakturtyp, seinen Vorerkrankungen, seinem Aktivitätslevel vor der Verletzung und seinem Alter und Wunsch, eine angepasste Vorgangsweise gewählt werden.“

Die Stellschraube „muss nach 6 Wochen entfernt werden“ (41), sagt ein Lehrbuch. Laut AO-Manual (36) sollte die Schraube 6-8 Wochen nach Implantation entfernt werden, noch vor Erreichen der normalen Belastung. Ausnahmen stellen rein ligamentäre Verletzungen dar. Hier sollte die Stellschraube 10-12 Wochen belassen werden.

Eine aktuelle Literaturstudie von Schepers (42) aus dem Jahr 2011 zeigt, dass Patienten, denen die Stellschraube entfernt wurde, ein gleiches Outcome haben wie Patienten mit Stellschraubenbruch oder Lockerung. Ebenso sagt er, dass die Stellschraubenentfernung nicht vor 8-12 Wochen vorgenommen wird.

8. Arthrose des oberen Sprunggelenkes

Üblicherweise entwickelt sich eine Arthrose im Sprunggelenk erst in höherem Alter, dennoch kann es posttraumatisch auch früher dazu kommen.

Dabei spielen berufliche und sportliche Faktoren eine große Rolle. Den entscheidendsten Einfluss jedoch hat der Knorpelschaden selbst, der vor allem bei Gelenksfrakturen entsteht. Abriebprodukte vom Knorpel lassen eine reaktive Entzündung der Gelenksinnenhaut (aktivierte Arthrose) (43) entstehen, die neuerlich zu einem Abbau des Knorpels führt. In einer Studie aus 2009 von Horisberger et al. (2) ist die posttraumatische Entzündung abhängig vom Frakturtyp, der Schwere der Verletzung, dem Heilungsprozess, dem Auftreten von Komplikationen und patientenbezogene Faktoren wie das Alter. Schlussendlich finden sich die radiologischen Zeichen der Gelenkspaltverschmälerung als Zeichen der Arthrose. Man unterscheidet Instabilitätsarthrose und Inkongruenzarthrose.

Die Beschwerden der Arthrose entstehen beim Gehen und Stehen und sistieren in Ruhe (Belastungsschmerz).

Die klinische Untersuchung zeigt meist:

- Gelenksschwellung
- Bewegungseinschränkung
- Druck- und Bewegungsschmerz
- Gangbehinderung
- Krepitation

Das Röntgenbild zeigt subchondrale Zysten und osteophytäre Randleisten. Diese Osteophyten können auch die Gelenkkapsel einklemmen und ein Impingementsyndrom verursachen, was zu stechenden Schmerzen führen kann.

Die Behandlung bei Arthrosen im Sprunggelenksbereich ist primär konservativ. Da es viele Ursachen für diese Gelenksabnützung gibt, kann man auch keine einheitliche Behandlungsstrategie empfehlen. Erste Allgemeinmaßnahmen sind:

- Gewichtsabnahme
- Reduktion übermäßiger Belastung der betroffenen Gelenke,

- Mäßige, aber regelmäßige Bewegung und Belastung der betroffenen Gelenke

[Aufzählung wörtlich übernommen (Wirth & Zichner, 2002, S. 622) (6)]

Begleitende medikamentöse Therapien sind Verabreichung von NSAR und COX2-Hemmer. Mitunter sind intraartikuläre Injektionen mit Glukokortikoiden ratsam. Optional möglich ist auch orthopädisches Schuhwerk, welche die Beweglichkeit im Gelenk einschränken und dadurch eine übermäßige Belastung im Sprunggelenk reduzieren.

Die operative Therapie ist erst anzustreben, wenn alle konservativen Therapien ausgeschöpft sind und der Schmerz unkontrollierbar wird. Folgende operative Verfahren sind möglich:

- Gelenkdébridement,
- Gelenkrekonstruktion,
- Bandrekonstruktion,
- Gelenkdistraktion,
- Korrekturosteotomie,
- Arthrodesen,
- Endoprothesen.

[Aufzählung Wörtlich übernommen aus (Wirth & Zichner, 2002, S. 622) (6)]

Um die Gefahr einer postoperativen Arthrose bei Sprunggelenksinstabilität zu minimieren und deutlich zu verzögern ist aktuell das sogenannte „Broström Procedure“ (44) eine gute operative Möglichkeit. Dabei wird das Ligamentum talofibulare anterius durchtrennt, gerafft und mit nichtresorbierbaren Nähten wieder straff verschlossen.

Eine laterale Bandrekonstruktion mittels Periostlappen bei chronischer Gelenksinstabilität hat laut einer Studie aus 1997 von Rudert et al. (45) auch sehr gute Ergebnisse geliefert.

Eine andere Möglichkeit bei chronischer Instabilität ist die laterale Rekonstruktion mit einem Lappen des Retinaculum extensorum. Dieses Vorgehen hat in einer

aktuellen Studie von Tourné et al. (46) nach 11 Jahren Follo- up-Untersuchungen die besten Ergebnisse geliefert.

9. Patienten und Methoden

Im Unfallkrankenhaus Graz der AUVA wurden im Zeitraum unserer Untersuchungsreihe 328 Patienten am oberen Sprunggelenk operiert, 138 bekamen wegen einer rupturierten Syndesmose eine Stellschraubenversorgung. Insgesamt konnten 80 Patienten in die Untersuchung aufgenommen werden, welche alle Einschlusskriterien erfüllten (siehe Kap. 10.1 Einschlusskriterien). Die restlichen 58 wurden wegen fehlender CT- Vergleichsaufnahmen, generell fehlender CT- Untersuchung, Alter unter 18 Jahre, fehlender „informed consent“ oder Schwangerschaft nicht in die Untersuchung inkludiert.

Unsere Studie ist retrospektiv, deskriptiv und monozentrisch.

9.1. Einschlusskriterien

Voraussetzung für die Aufnahme in unsere klinische Studie waren folgende Kriterien:

- Patienten im Alter von 18 bis 90 Jahren mit erfolgter Stellschraubenimplantation nach Luxationsfraktur des OSG.
- Aufklärung der Routinemaßnahmen im Rahmen der Visite und der Nachuntersuchungen.
- Computertomographische postoperative Bildgebung des gesunden und operierten Sprunggelenks zum Vergleich.

9.2. Ausschlusskriterien

Als Ausschlusskriterien wurde festgelegt:

- Schwangerschaft (zu große Strahlenbelastung für das Ungeborene).
- Unvollständigkeit der Datensätze.

9.3. Datenerhebung

9.3.1. Patientenbezogene Daten

Persönliche Daten, wie Geburtsdatum, und Informationen zu den operativen Versorgungungen wurden aus den elektronischen Akten des Unfallkrankenhauses Graz der AUVA entnommen. Die für die Studie notwendige Computertomographie wurde meist postoperativ stationär oder im Rahmen der ambulanten

Nachuntersuchung durchgeführt, sodass die Patienten nicht eigens ins Krankenhaus bestellt werden mussten.

Die Patientenfallnummern wurden von einzelnen Ärzten des Unfallkrankenhauses Graz gesammelt. Das gesammelte Patientengut war operativ mittels Stellschraube versorgt worden und wurde postoperativ mittels Computertomographie nachuntersucht. Die Patientenaufklärung erfolgte im Rahmen der Visiten oder der Nachuntersuchungen.

Über die Patientenfallnummern wurden aus den elektronischen Akten Daten zur Identifikation erhoben (Name, Geburtsdatum, Geschlecht, Seite des operierten Sprunggelenkes).

Die Patientendaten selbst und die CT- Bilder wurden auf Einschlusskriterien überprüft und ausgewertet. Zur Messung wurden frei gewählte Parameter unter der Mithilfe von Radiologen festgelegt und für die Auswertung herangezogen.

9.4. Datenschutz

Um die Anonymität der Patienten während der Studie zu wahren, entschieden wir uns für zwei getrennte Listen. Eine zur Identifizierung der Patienten mit einer fortlaufenden Fallzahl, kombiniert mit dem krankenhausspezifischen Patientencode, dem Vornamen, dem Nachnamen, Geschlecht und Alter. Eine zweite anonymisierte Liste mit der fortlaufenden Fallzahl und den Messungen, die zur Bearbeitung in unserer Studie herangezogen werden konnten.

9.5. Radiologische Untersuchung

Im Rahmen der postoperativen Versorgung wurden die Patienten, welche in die Studie eingeschlossen werden konnten, noch im Rahmen der stationären oder auch bei der ersten ambulanten Nachkontrolle mittels Computertomographie an beiden oberen Sprunggelenken untersucht. Die angestrebte Schichtdicke betrug 1 mm oder darunter. War jedoch aufgrund einer anderen Fragestellung eine kleinere Schichtdicke gefordert, korrigierten wir bei der Auswertung diesen Unterschied durch Multiplikation auf 2mm.

Neben den Abstandsmessungen zwischen den Malleolen und dem Talus sowie der Syndesmose wurde auch eine Beschreibung der tibialen und fibularen Gelenksfläche auf Höhe der Syndesmose durchgeführt. Des weiteren wurden die Verschiebung der Fibula nach anterior oder posterior gemessen, Fragmente,

sowie Brüche in der Incisur und der Tibiahinterkante gesucht. Auch Brüche des Malleolus medialis wurden auf anatomische Reposition geprüft. Weiters wurde die Anzahl der Stellschrauben dokumentiert und wieviele Corticales von diesen gefasst wurden.

Zudem ergänzten wir unsere Daten mit der klassischen Auswertung eines Röntgenbildes des Sprunggelenkes in der ap-Aufnahme. Es wurde darauf geachtet eine postoperative Aufnahme, zeitnahe zum CT, zu wählen. Dabei wurde auf einen subjektiv korrekten Gabelschluss der Tibia und Fibula und eine symmetrisch- ausgewogene Stellung des Talus und die korrekte Lage der sogenannten Weber-Nase geachtet. Des Weiteren wurden in den Standardröntgenaufnahmen quantitativ der Espace-claire (47) ermittelt und der mediale Abstand zwischen den Gelenksflächen des Talus und des Malleolus medialis tibiae. Beim Espace claire wurde ein maximaler Abstand von 6 mm und beim medialen Gelenksabstand ein Maximum von 4 mm als Grenzwert angenommen (47). Wurden postoperativ Abstände über diese Maxima hinaus entdeckt, wurden die Ergebnisse mit den Auswertungen der Computertomographie verglichen, ob sich dort auch eine auffallende Differenz der Gelenks und Syndesmosenabstände zeigte.

9.6. Auswertung

Nachdem es bei computertomographischen Untersuchungen noch keine einheitliche Messpunktanleitung für das obere Sprunggelenk und die Syndesmose gibt, um Vergleiche und Aussagen zu tätigen, mussten neue Messpunkte kreiert werden. Die Messpunkte mussten allgemein auffindbar und nachvollziehbar für Messungen heranziehbar sein. Ein weiterer Gedanke war, dass diese Messpunkte auch über die nationalen Grenzen hinaus eingesetzt werden, um vergleichende Messungen der Syndesmose und Gabelstellung in größerer Zahl anstellen zu können.

Als Motivation dafür sahen wir das Fehlen einer einheitlichen Aussage, ab welchen Gelenksflächenabständen die Gefahr einer sekundären Arthrose besteht und ab welchen Messgrößen es gegebenenfalls zu einer Reoperation kommen sollte.

Man entschied sich für mehrere Punkte zwischen den Malleolen und dem Talus. Zwei mehr auf der lateralen Seite, da der Malleolus medialis kürzer als der Malleolus lateralis ist.

9.7. Allgemeine Messpunktanleitung

Die anatomischen Begriffe stammen aus dem Prometheus Lernatlas (Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat) (8).

Die computertomographischen Bilder wurden mit dem Somatom Definition AS (128 Zeiler) der Firma Siemens erstellt. Es wurde keine spezielle Bildbearbeitungssoftware verwendet .

Wir gehen von einer Schichtdicke des CT-Bildes von 2 mm (5 Schichten= 10mm aus). Möglicherweise variiert die Schichtdicke aufgrund der krankenhauses internen Aufnahme der Schnittbilder oder Fragestellung, wo eine feinere Aufnahme notwendig war. Dementsprechend sollte man die Anzahl der ausgezählten Schichten aufrechnen, um auf das Ergebnis der Grundüberlegung zu gelangen. (Beispiel: Schichtdicke= 0,6 mm. Bei ungeraden Ergebnissen zählt der Wert, der unserem am nächsten liegt).

Grundlegende Information:

Besonders bei parallelen Gelenksverläufen ist die Entscheidung, auf welcher Höhe die Messung durchgeführt wird, einfach. Aufgrund der individuellen Gelenkanatomien und -variationen mit Gelenksbuchten und -spitzen sowie knöchernen Ausziehungen durch Bänder (vor allem im Syndesmosenbereich), strebt man die Messung an einer durchschnittlich parallelen und gleichmäßigen Stelle an. Sollte sich direkt in unseren Messempfehlungsgebieten eine solche Variation befinden, verlegt man die Messung an einen neutraleren Punkt (nach anterior oder posterior), plant aber die vergleichende Messung am anderen Sprunggelenk, so gut es geht, an derselben Stelle.

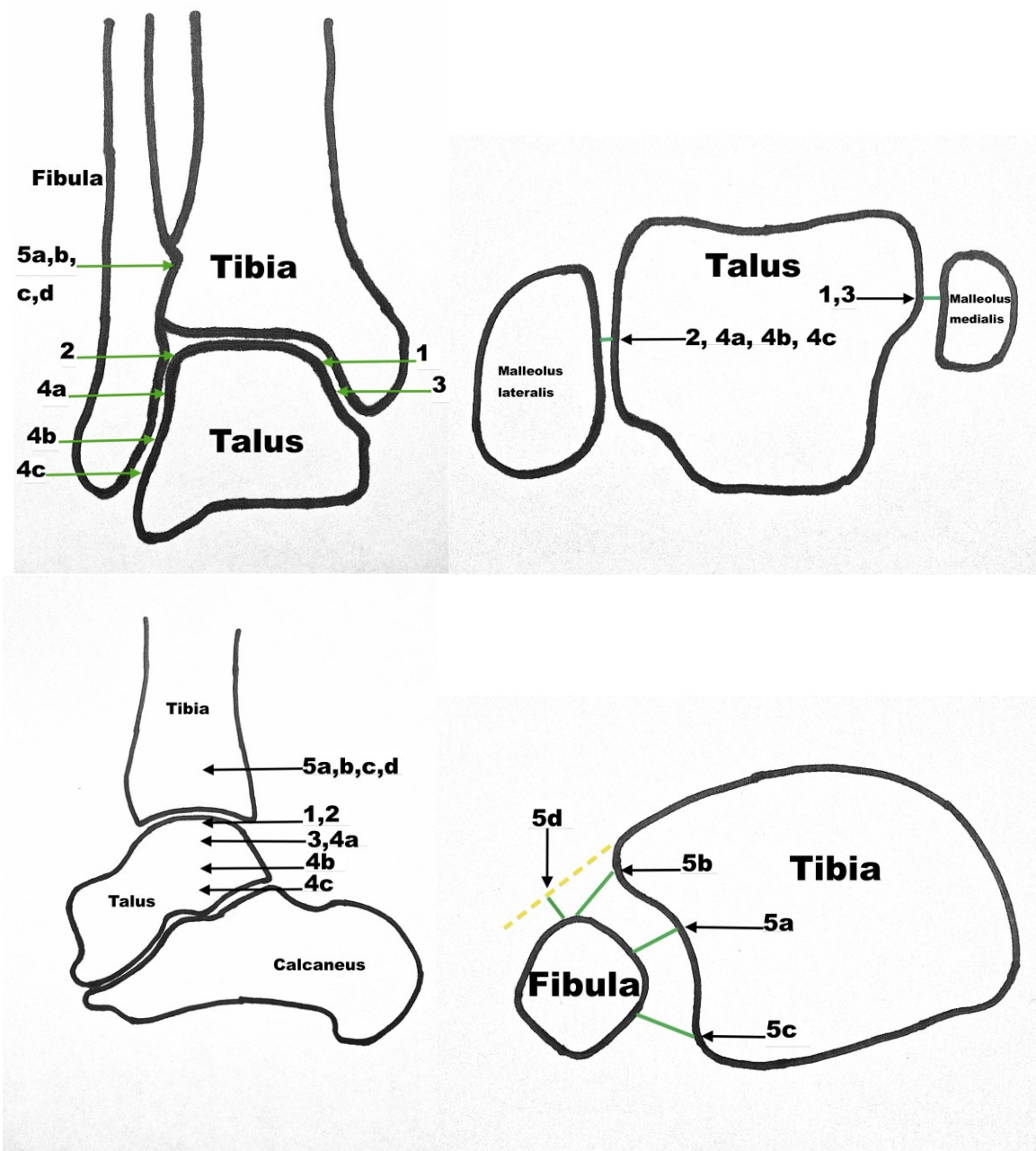


Abbildung 7: Topographie der Messpunkte

1.) Medialer Talusplateau-Malleolus Abstand (1) :

Man stellt das Sprunggelenk in axialer Schicht dar und geht mit den Bildern bis zu der Schicht, an der man das ganze Gelenksplateau des Talus komplett dargestellt sieht und der Talus die gesamte Sprunggelenksgabel ausfüllt. In dieser Schicht nimmt man die Messung mittig zwischen der Corticalis des Talus und der Corticalis des Malleolus medialis (normal auf normal) vor (siehe Abbildung 8).

2.) Lateraler Talusplateau-Malleolus Abstand (2):

Man geht gleich vor wie bei Punkt 1; nun misst man aber zwischen der Corticalis des Talus und der Corticalis des Malleolus lateralis (normal auf normal [siehe Abbildung 8]).

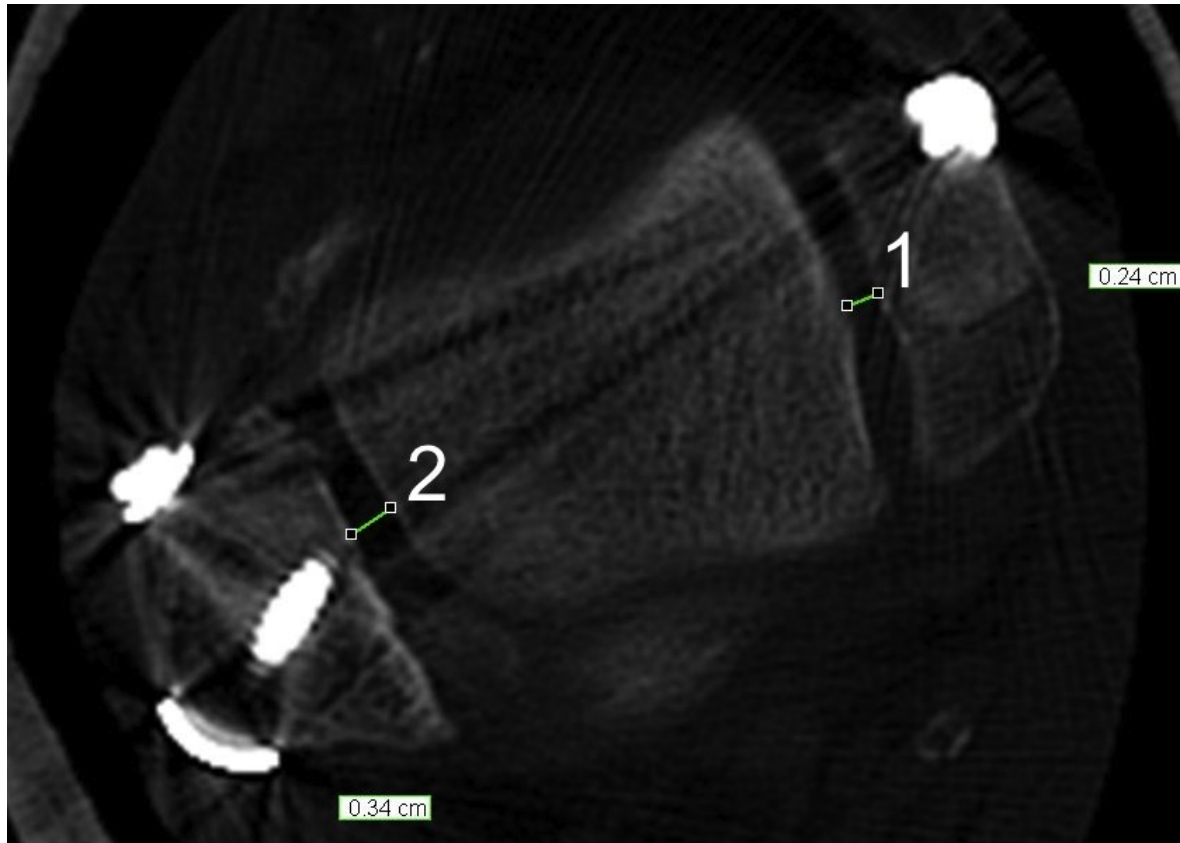


Abbildung 8: gut sichtbares Talusplateau mit medialer (1) und lateraler (2) Messung

3.) Facies malleolaris medialis tali – Malleolus medialis - Abstand (3):

Ausgehend von der Schicht in den Punkten 1 und 2 gehen wir 2 Schichten (= 4mm) nach distal und führen dieselbe Messung durch wie bei Punkt 1.

4.) Facies malleolaris lateralis tali – Malleolus lateralis - Abstand (4a,b,c):

Wiederum ausgehend von der Schicht aus Punkt 1 und 2 verfolgen wir die Schichten nach distal zur 2. Schicht (= 4mm), 5. Schicht (=10 mm) und 7. Schicht (=14mm) und führen dort jeweils die Messung wie in den vorherigen Punkten beschrieben durch (siehe Abbildung 9).

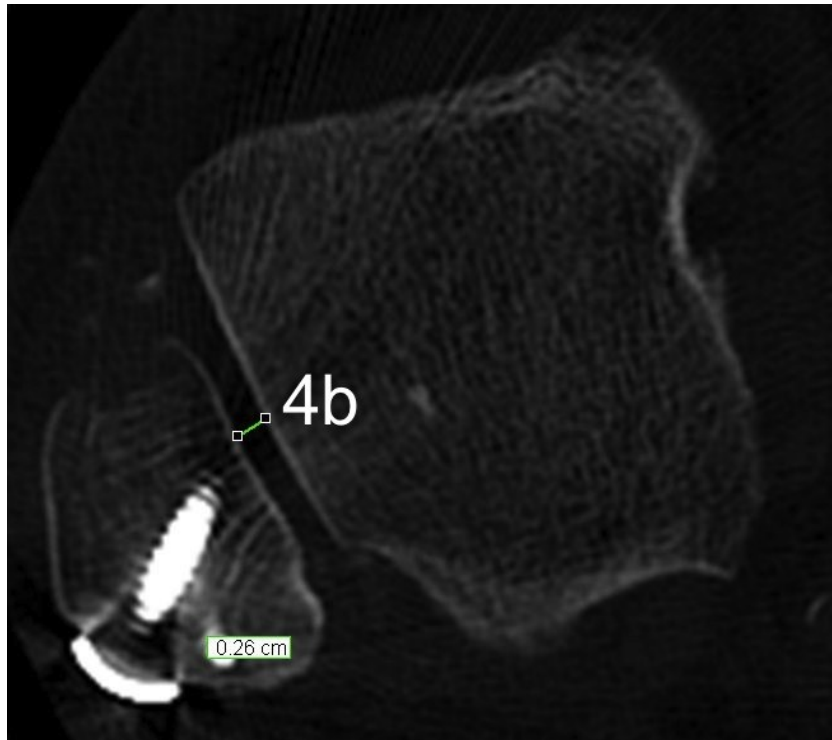


Abbildung 9: Laterale Messung (4b)

5.) Syndesmosenweite (5a,b,c) :

Man stellt sich wiederum die axialen Schichtbilder des CTs dar. Ausgehend von der Facies articularis inferior tibiae geht man 5 Schichten (=10mm) nach cranial.

- 5a.) Zentral: Man sucht sich die Incisur der Tibia und ermittelt zentral der Knochenkonkavität den Abstand zur Fibula (normal auf normal).
- 5b.) Anterior: Von der vorderen Gelenknase der Tibia, wo die Konkavität in die Konvexität wechselt (höchster Punkt der Gelenknase), zur Fibulavorderkante findet die Messung statt.
- 5c.) Posterior: Da der Messpunkt der Fibula individuell sehr variabel erkannt werden kann, versuchten wir ihn mittels Hilfslinien genau festzulegen: man produziert zuerst eine Gerade (G1), die an der Tibia sowohl die vordere als auch die hintere Gelenknase an der Stelle touchiert, wo wiederum die Konkavität in die Konvexität wechselt. Parallel zu dieser Linie wird eine zweite Gerade (G2) produziert, die durch den Messpunkt an der Fibula aus Punkt 5b geht. Dort wo diese eben gezeichnete Gerade die Hinterkante der Fibula schneidet, nimmt

man den Messpunkt der Fibula an. Nun wird der Abstand zwischen dem eben ermittelten Punkt und dem Schnittpunkt an der hinteren Gelenkknase der Tibia gemessen (siehe Abbildung 10).

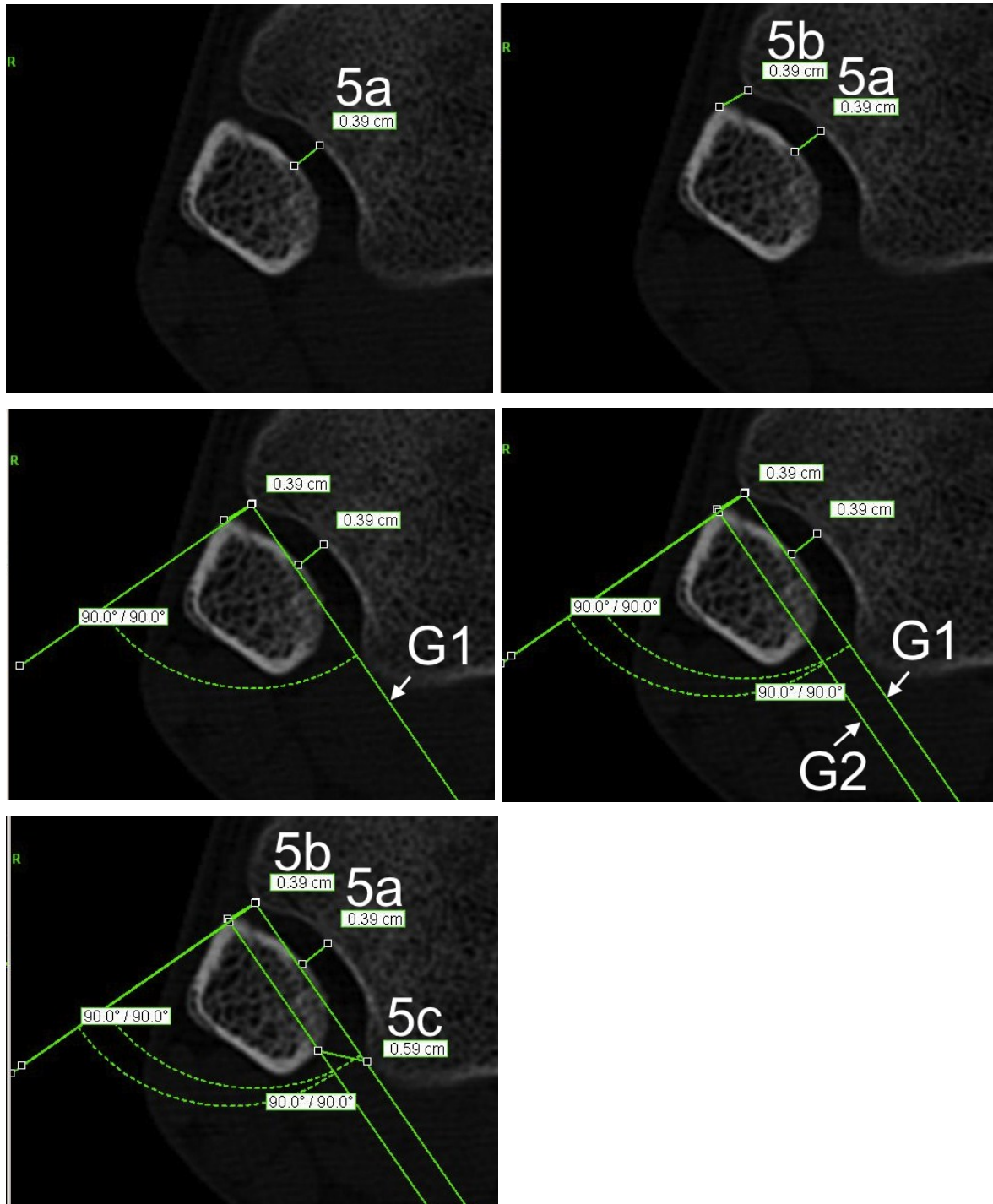


Abbildung 10: komplette Messabfolge auf Syndesmosenhöhe (5a,b,c)

6.) Fibula in Incisur (5d):

Man bleibt bei der axialen Bildarstellung aus Punkt 5. Die Gerade, welche die 2 Gelenkknasen schneidet, wird belassen. Im 90° Winkel dazu wird

durch den vorderen Messpunkt an der Tibia eine Gerade gelegt. Es wird der Abstand der eben gezeichneten Gerade zum vordersten Spitz der Fibula gemessen. Im Seitenvergleich wird dann durch dieselbe Messung am gesunden Sprunggelenk ermittelt, um welche Größe die Stellung der Fibula an der operierten Seite variiert.

7.) Fragment in der Incisur:

In axialer Darstellung wird die gesamte Höhe der Incisur auf freie Knochenfragmente durchgescrollt.

8.) Gelenksflächenstufen:

Es werden folgende Stellen nach Gelenksflächenstufen untersucht:

- I. Incisur: axiale Darstellung
- II. Tibiahinterkante: sagittale Darstellung
- III. Innenknöchel: coronale Darstellung

9.) Syndesmosenstellschraube:

Es wird die korrekte Lage der Stellschraube evaluiert und die Anzahl der Corticales ermittelt, die von der Stellschraube durchbrochen wird (4 oder 3).

10. Ergebnisse

10.1. Allgemeine Ergebnisse

Im Zeitraum von Jänner 2011 bis zum August 2012 wurden im Unfallkrankenhaus Graz der AUVA 328 Personen nach einer Verletzung am oberen Sprunggelenk operiert. Davon wurden 138 mit einer Stellschraube versorgt. Nach der Bestätigung durch die Ethikkommission wurde mit der Sammlung der Patienten begonnen, die nach einer Stellschraubenversorgung ein CT im Zuge der Nachuntersuchung durchgeführt wurde. Insgesamt wurden 204 Frakturen nach einer Sprunggelenksfraktur einem computertomographischen Bildgebungsverfahren unterzogen. Davon konnten wir 80 Fälle in die Studie einschließen. 124 fielen aus der Studie, da entweder nur das operierte Sprunggelenk untersucht, keine Stellschraube appliziert worden war oder aus anderen Gründen (z.B.: Alter).

Das mittlere Alter der Patienten, die in die Studie eingeschlossen worden sind 48,6 (48,57). Von den 80 Patienten waren 47 männlich, 33 weiblich.

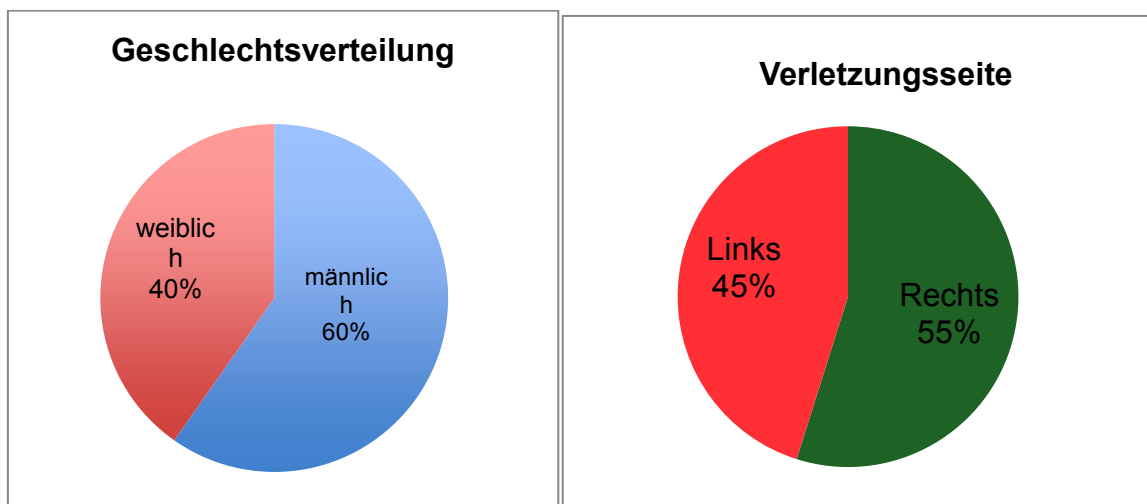


Abbildung 11: Geschlechterverteilung und Verletzungsseite

Von diesen 80 Patienten verletzten sich 55% am rechten Sprunggelenk und 45% am linken (siehe Abbildung 11).

Bezogen auf das Geschlecht verletzten sich 55% der weiblichen Patienten an der linken Seite. Bei den männlichen Patienten war es genau umgekehrt, da verletzten

sich 61% auf der rechten Seite. Dennoch ist dieses Ergebnis sehr ausgeglichen und zeigt keine Verletzungstendenz bezogen auf das Geschlecht sowie die Seite.

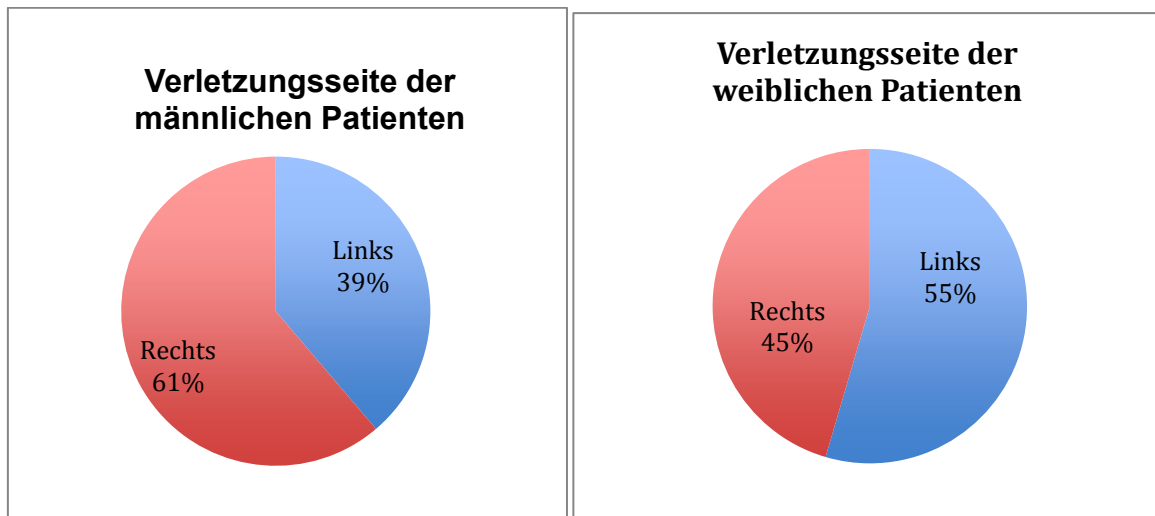


Abbildung 12: Verletzungsseite aufs Geschlecht bezogen

Beim Alter zeichneten sich zwei leichte Gipfel ab. Die meisten Verletzungen waren zwischen dem 40. und 49. Lebensjahr anzutreffen, ein zweiter Gipfel fand sich in der Altersgruppe zwischen 60 und 69. Diese Gipfel sind ebenso anzutreffen, wenn man alleine die weiblichen Patienten betrachtet. Bei den männlichen Patienten steigt die Verletzungshäufigkeit bis zum 50. Lebensjahr an, um dann wieder kontinuierlich abzufallen.

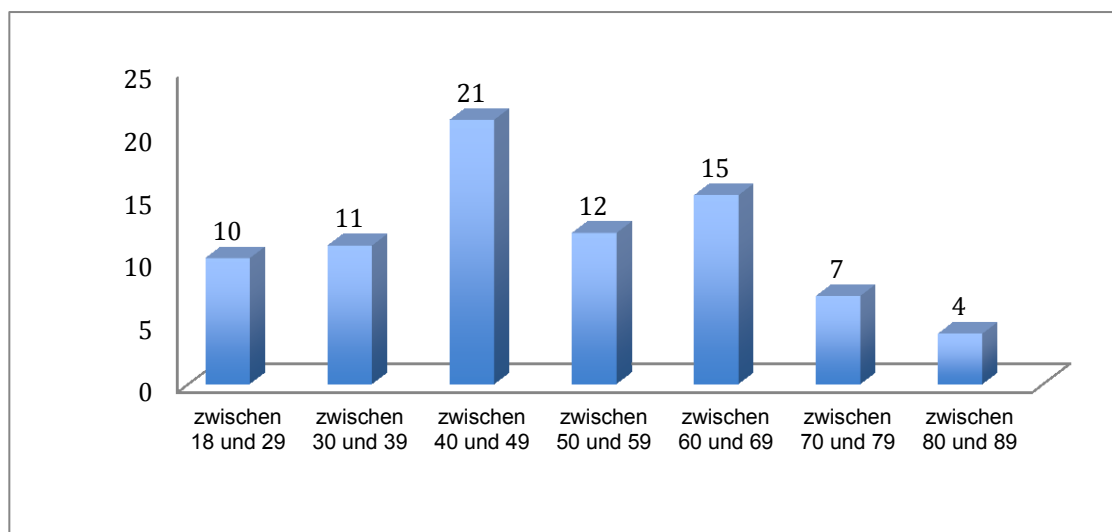


Abbildung 13: Altersverteilung

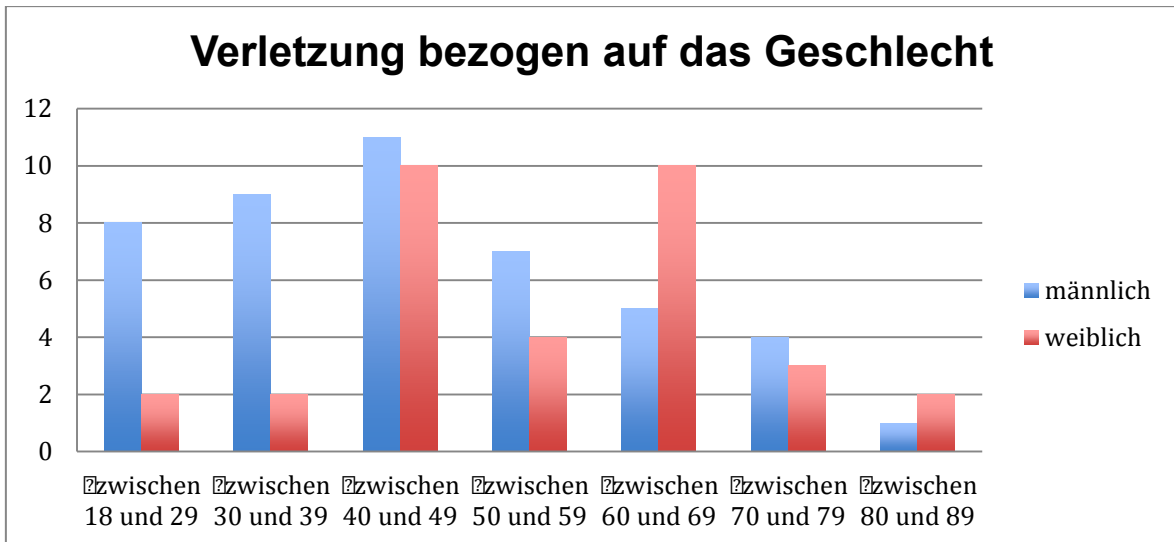


Abbildung 14: Verletzung bezogen auf das Geschlecht

10.2. Untersuchung mittels Patientenakten und Röntgenbildern

Bei den insgesamt 328 Patienten, die während unseres Untersuchungszeitraums operiert wurden, wurden 138 Mal eine oder mehrere Stellschrauben verwendet (siehe Abb. 15, links). Es wurde weder ein Syndesmosenhaken noch ein Tight rope (Arthrex ®) verwendet.

Unter dem gesamten Patientengut wurden 10 Mal eine Weber A Fraktur, 212 Mal eine Weber B Fraktur und 75 Mal eine Weber C Fraktur (inklusive Maisonneuve) diagnostiziert. Die restlichen 31 Operationen waren Pilonfrakturen oder isolierte Frakturen des Malleolus medialis ohne Maisonneuve (siehe Abb. 15, rechts).

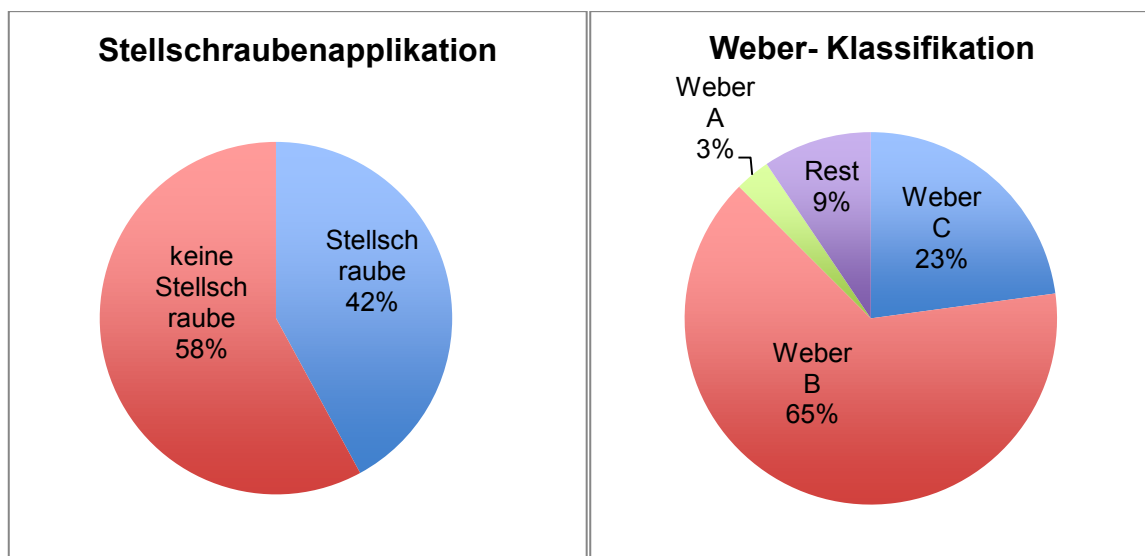


Abbildung 15: Stellschraubenapplikation und Weber- Klassifikation

Bezogen auf die Weber- Klassifikation wurden in folgender Anzahl Stellschrauben appliziert:

- Weber B: 73 Stellschrauben bei 212 Patienten (34%)
- Weber C: 58 Stellschrauben bei 75 Patienten (77%)
- Rest: 6 Stellschrauben bei 31 Patienten (19%)

Besonders möchten wir auf das Verhältnis der eingebrachten Stellschrauben bei Weber B- Frakturen hinweisen. Denn hier ist die Einbringung von der subjektiven Einschätzung des Operateurs abhängig.

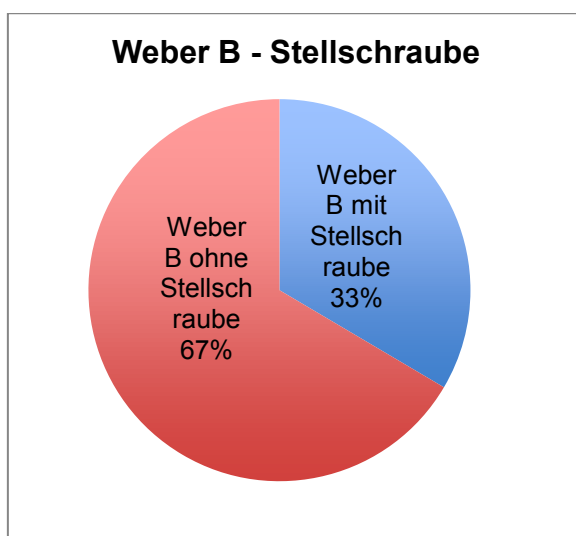


Abbildung 16: Weber B mit Stellschraubenapplikation

10.3. Untersuchung mittels Computertomographie

Erwähnenswert ist die Auswertung, ob die Stellschraube beide Corticales der Fibula und Tibia durchbricht. Dies wird in den allgemeinen operativen Leitlinien empfohlen, um erstens bessere Stabilität zu garantieren und zweitens bei einem möglichen Bruch der Schraube, die Fragmente von tibial oder fibular leicht entfernen zu können.

Die Auswertung der Studie hat aber gezeigt, dass 41% der applizierten Stellschrauben nur drei Corticales durchbrochen haben. Dies ergibt sich oft intraoperativ, da die Kleinfragmentkortikalisschrauben ab 40 mm nur in 5 mm Schritten geliefert werden. Eine Alternative zu der oben beschriebenen Leitlinie ist auch die Einbringung einer zweiten Stellschraube, um die notwendige Stabilität zu gewährleisten. Das wurde bei 10% durchgeführt. Insgesamt wurden 58%

leitliniengerecht mit einer Stellschraube durch 4 Corticales versorgt oder mit Zweitschrauben, mit Durchbrechung von 3 oder 4 Corticales.

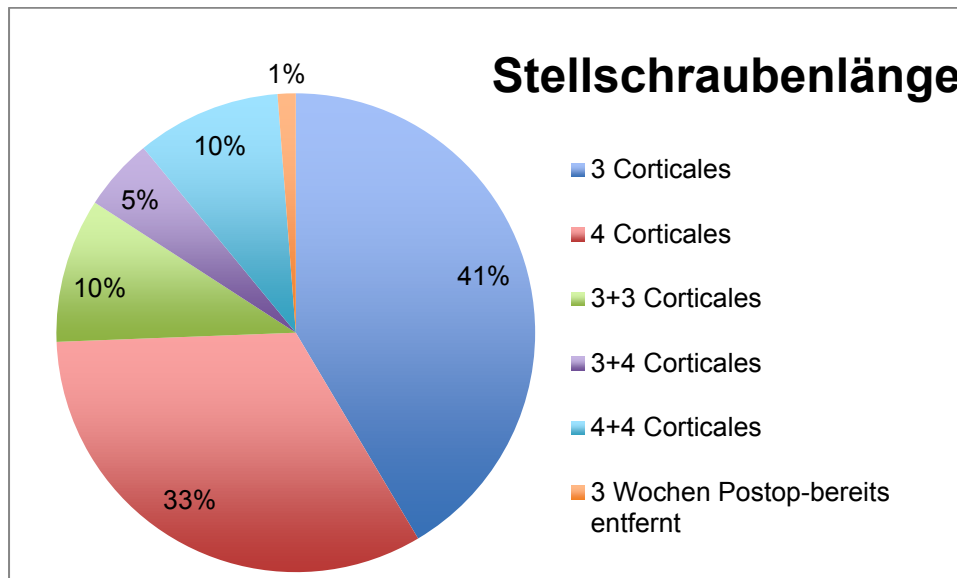


Abbildung 17: Stellschraubenlänge (eigene Auswertung)

Wir untersuchten mittels Computertomographie, ob sich ein Knochenfragment in der Incisur befand. Bei 4 Fällen waren es knöcherne Bandausrisse, aber auch Fragmente, die von der Stellschraubenimplantation herrührten, konnten die Ursache dafür sein. (siehe Abbildung 18)

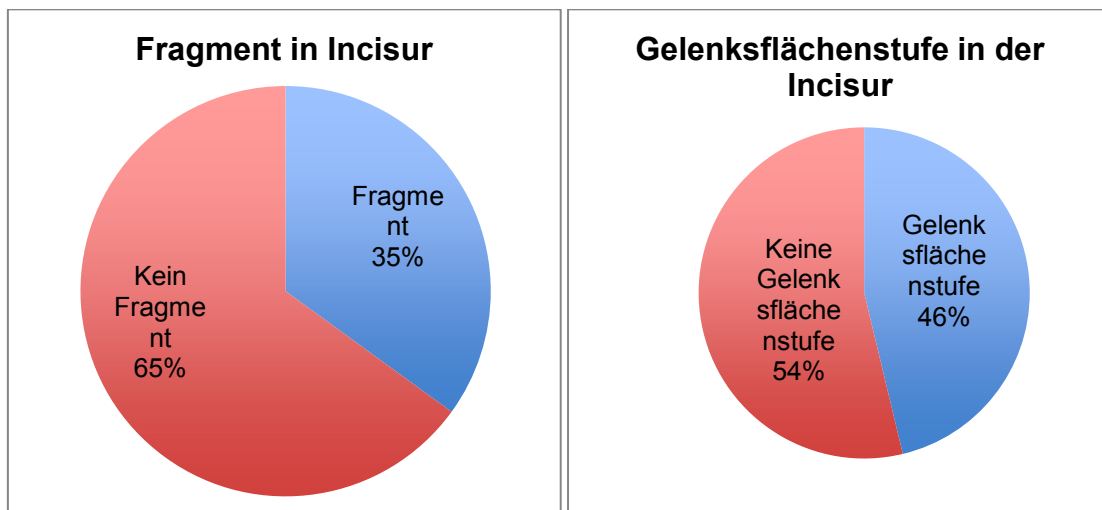


Abbildung 18: Fragment in Incisur und Gelenksflächenstufe in Incisur

Häufiger jedoch kam es in unserer Studie zu Gelenksflächenstufen der Tibia. Diese betrafen oft die hintere Gelenksnase der Incisur und traten entweder als hintere Schale oder als Volkmannsches Dreieck auf.

Auch Frakturen der Tibiahinterkante außerhalb der Incisur kamen bei unseren Untersuchungen zahlreich vor. Mehr als 2/3 der untersuchten Patienten zeigten entweder knöcherne Bandausrisse die in diese Summe eingezählt wurden, bis hin zu großen, bereits oben erwähnten, Schalen oder Volkmannsdreieckbrüchen (siehe Abbildung 19).

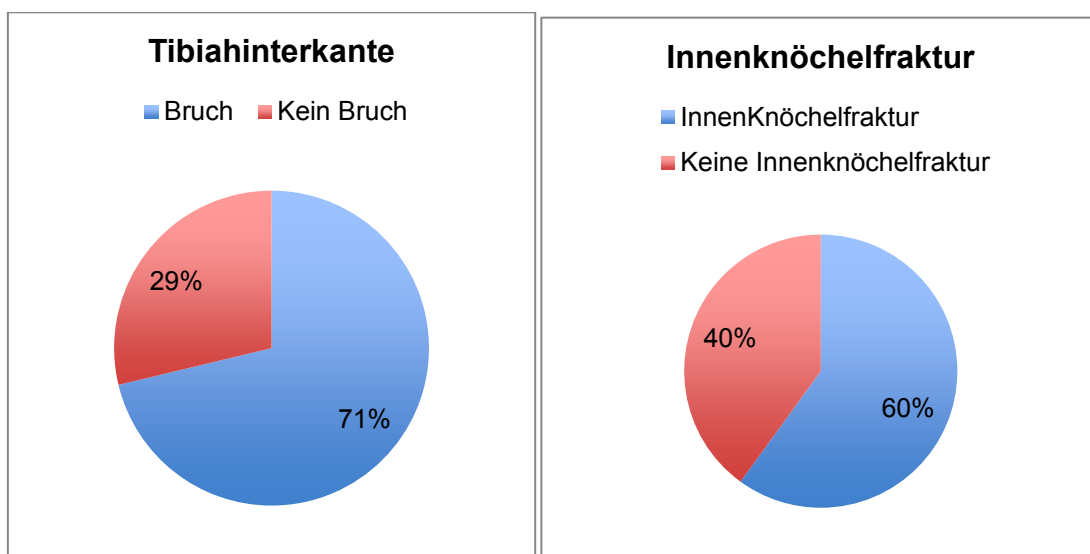


Abbildung 19: Fraktur der Tibiahinterkante und Fraktur des Innenknöchels

Es fanden sich in unserem Kollektiv zu 60% eine begleitende Fraktur des Innenknöchels (siehe Abbildung 19).

10.4. Ergebnisse der Talus-Malleolus – Abstände und Syndesmose

Die Patientenpopulation von 80 Patienten, die alle erforderlichen Kriterien erfüllten, um in die Studie eingeschlossen zu werden, untersuchten wir nach der weiter oben angeführten Anleitung. (siehe Kapitel 10.7)

Da wir Unterschiede in der Anatomie zwischen dem unverletzten Sprunggelenk und dem postoperativen Sprunggelenk, nach versuchter anatomischer Rekonstruktion suchten, gaben wir die Werte als Differenzen an. Nachdem wir

angenommen hatten, dass postoperativ die Gabelstellung weiter sein wird, wurde die Differenz der Abstände zwischen operierter und nichtoperierter Seite errechnet. Diese Differenzen wurden auf Normalverteilung überprüft, woraufhin die operierte und die nichtoperierte Seite bei bestehender Normalverteilung im verbundenen T-Test und bei fehlender Normalverteilung mit dem Wilcoxon-Test verglichen werden konnte ($\text{Sigma} < 0,05$).

Es konnten unterschiedliche Signifikanzen für die einzelnen Messhöhen dargestellt werden:

- 1.) **Medialer Talusplateau-Malleolus Abstand (1): signifikanter Unterschied**
- 2.) Lateraler Talusplateau-Malleolus Abstand (2): kein signifikanter Unterschied
- 3.) **Facies malleolaris medialis – Malleolus medialis Abstand (3): signifikanter Unterschied**
- 4.) Facies malleolaris lateralis – Malleolus lateralis Abstand (4a): kein signifikanter Unterschied
- 5.) **Facies malleolaris lateralis – Malleolus lateralis Abstand (4b): signifikanter Unterschied**
- 6.) **Facies malleolaris lateralis – Malleolus lateralis Abstand (4c): signifikanter Unterschied**
- 7.) **Syndesmosenweite zentral (5a): signifikanter Unterschied**
- 8.) Syndesmosenweite anterior (5b): kein signifikanter Unterschied
- 9.) Syndesmosenweite posterior (5c): kein signifikanter Unterschied
- 10.) Fibula in Incisur (5d): kein signifikanter Unterschied

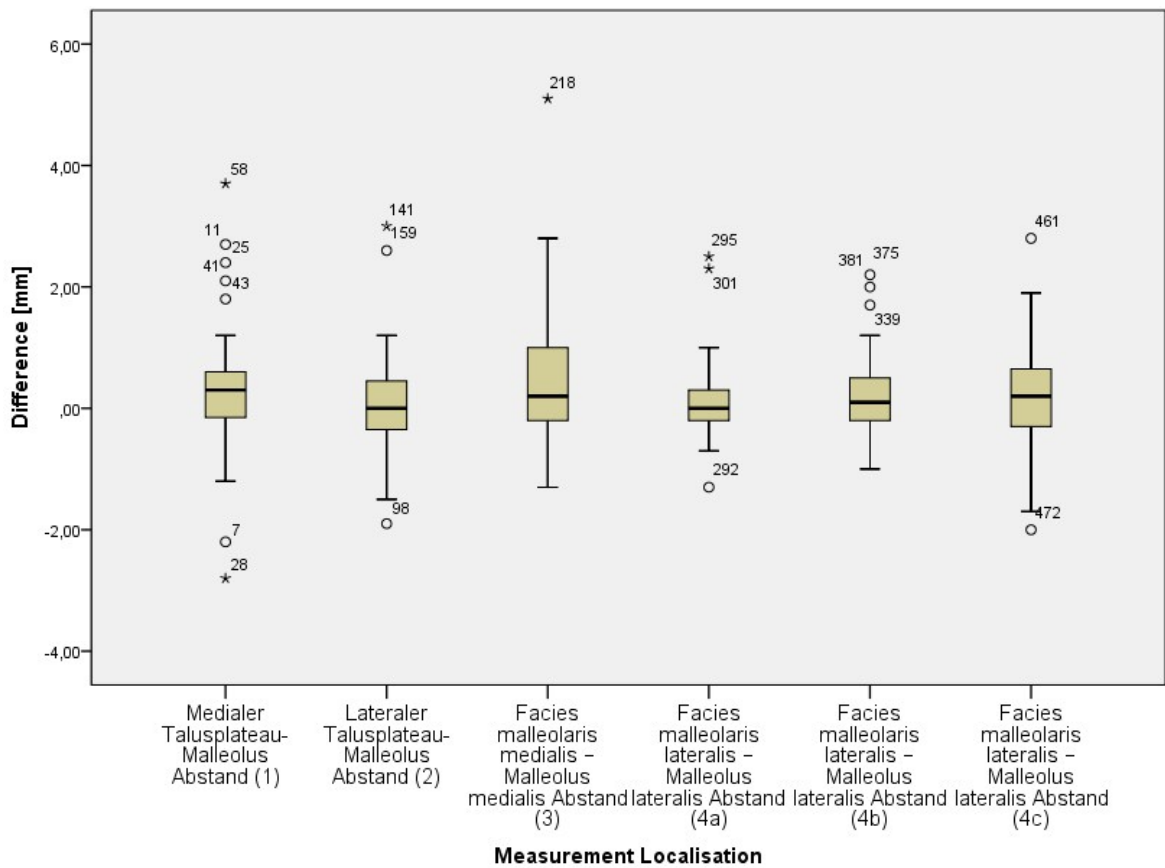


Abbildung 20: Messbereiche in Malleolenhöhe

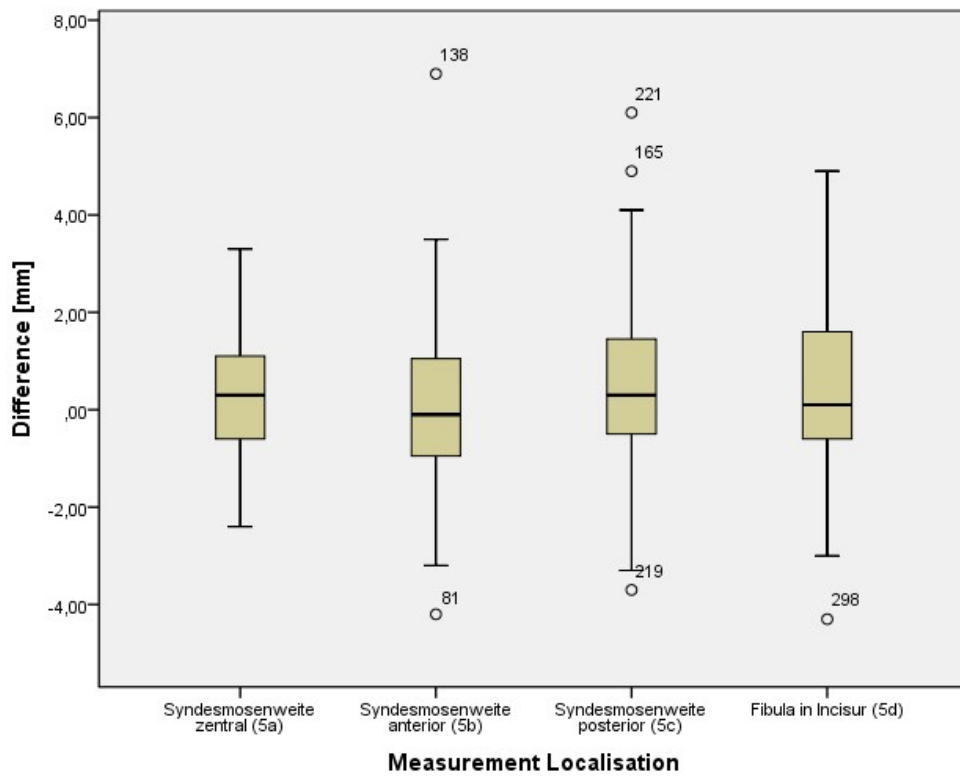


Abbildung 21: Messbereiche in Syndesmosenhöhe

Die Ergebnisse zeigen uns, dass beim Abstand des medialen Malleolus in beiden operierter Seite zu erkennen sind. Verglichen kann diese Parallele mit den allgemein empfohlenen Abstandsmessungen im ap- Nativröntgen, die eine Messung ebenso zwischen Talus und Malleolus medialis empfehlen (47).

Auch in den beiden weiter distal gelegenen Malleolus lateralis-Talus-Abständen ist ein signifikanter Unterschied zwischen operierter und nicht operierter Seite erkennbar.

Bei den Abständen auf Syndesmosenhöhe und der Achsenverlagerung der Fibula ergab lediglich der zentral gemessene Abstand der Syndesmosenweite einen signifikanten Unterschied der Differenzen.

Bei der Aufschlüsselung und näheren Betrachtung der Differenzen in den relevanten und signifikanten Differenzen war folgendes zu sehen:

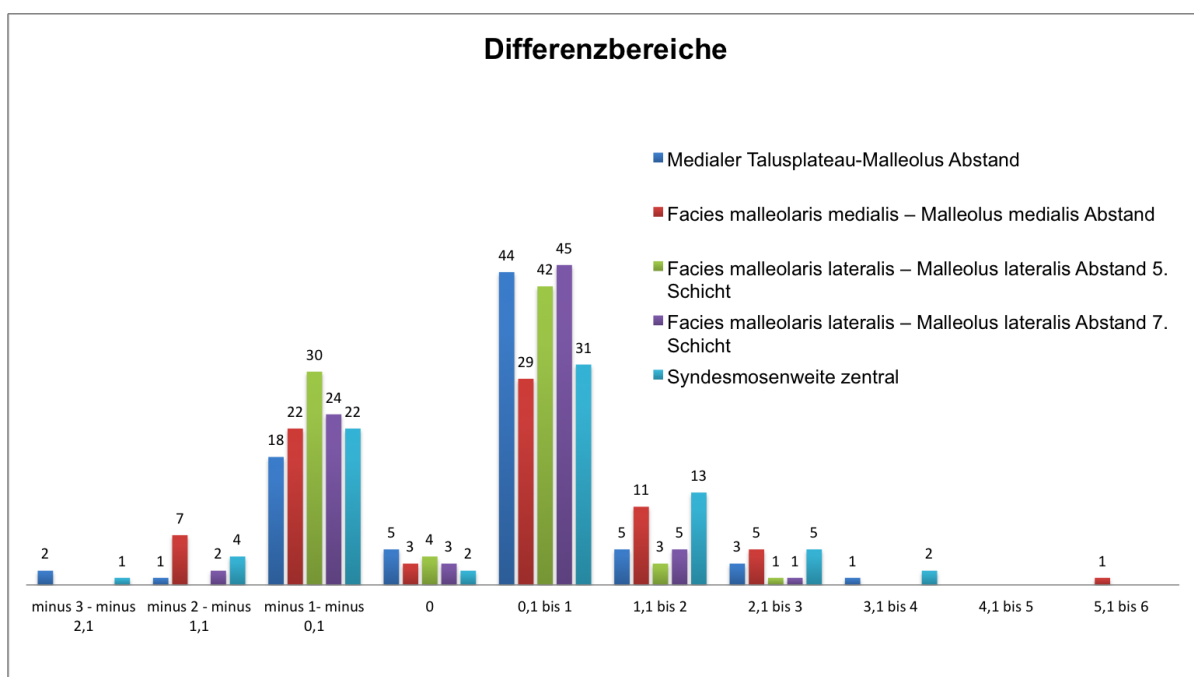


Abbildung 22: Aufschlüsselung der Differenzbereiche

Ein negativer Wert bedeutet, dass die operierte Seite um den Wert x kleiner ist als die gesunde, nicht operierte Seite. Umgekehrt stellt ein positiver Wert eine Erweiterung des Abstandes gegenüber der gesunden nicht operierten Seite dar. Man kann erkennen, dass sich der Großteil der Differenzen deutlich im Bereich minus 1mm bis plus 1mm bewegt. Wir beurteilen die Patienten die sich zwischen diesen Grenzwerten befinden als anatomisch rekonstruiert.

Es wurden 11 auffällige postoperative Nativröntgenbilder gefunden, bei denen

entweder im Espace claire eine Weite über 6 mm oder im medialen Malleolus-Talus-Abstand über 4 mm gemessen wurde. Die dazupassenden Abstandsmessungen im CT wurden verglichen. Es wurde überprüft, ob sich die Differenzen außerhalb des Bereiches minus 1mm bis plus 1 mm bewegten. Dies konnte jedoch nur vereinzelt festgestellt werden, was die was die falsch positive Beurteilung der postoperativen Röntgenbilder nahelegen würden.

11. Diskussion

Im Zuge der Bearbeitung der 80 Fälle tauchten diverse Probleme im Rahmen der Messungen auf. Hier wurden Auswege gesucht und gefunden, die praktikabel erschienen und jederzeit nachvollziehbar sind.

11.1. Mögliche Probleme und Lösungen sowie ergänzende Gedanken bei der Messung

Aufgrund der Komplexität der Körperregion kombiniert mit ihrer unterschiedlichen Anatomie war die Festlegung von fixen Punkten eine große Herausforderung. Ebenso ist die Ausarbeitung von Absolutwerten schwierig, da sie, je nach Körpergröße und Geschlecht unterschiedlich ausfallen. Naqvi et al. (1) beschreiben in einer aktuellen Studie, dass auf Höhe des Espace claire (1cm proximal des distalen Tibiaendes) im CT eine Abweichung von mehr als 2 mm gegenüber der nichtoperierten Seite als Malreduction eingestuft wird. Auch in dieser Studie wird nichtoperierte und operierte Seite miteinander verglichen.

Deswegen strebten wir generell den direkten Vergleich der operierten mit der gesunden Seite an. Der Vergleich wird auch von Sagi, Shah and Sanders et al. (21) und Dikos et al. (48) empfohlen.

Dennoch schafften wir Punkte, die unserer Meinung nach einfach nachvollziehbar und dementsprechend international einsetzbar wären. Trotzdem gibt es Einflüsse, die eine einfache Durchführung stören könnten. Auf diese will ich nachfolgend eingehen, um einen reibungslosen Messablauf gewährleisten zu können.

11.1.1. Lagerung im CT

Wir empfehlen eine Lagerung der Beine in möglichst gleicher Ebene und Innenrotation (ca. 15°), wobei das Sprunggelenk in Neutralstellung sein soll. Dies erleichtert die Auswertung, jedoch ist durch die CT-Technik (Volumstechnik) die Berechnung der Ebenen auch nahezu lagerungsunabhängig möglich.

11.1.2. Messungen auf der Höhe der Malleolen:

Unsere Messung haben wir in der Schicht begonnen, in welcher das erste Mal das Talusplateau annähernd zur Gänze sichtbar war. Wird das Sprunggelenk nicht in Neutralstellung (wie bei einem gut angelegtem Unterschenkelspaltgips) abgebildet, kann im Bild ein gewisser Neigungswinkel auftreten, der vom Untersuchenden miteinberechnet werden muss. Deswegen muss subjektiv eine

Schicht gewählt werden, in der das Talusplateau, von oben gesehen, *das erste Mal in voller Breite* sichtbar ist.

Unsere Empfehlung ist es, anschließend möglichst in der Mitte der lateralen Gelenksflächen die Messung orthogonal zu den Corticales durchzuführen. Dies funktioniert ausgezeichnet, wenn die Gelenksflächen parallel verlaufen (siehe Abbildung 23-lateral/links am Bild). Vor allem in distalen Schichten werden die Gelenksflächen paralleler, was die Messung erleichtert. Sollte aber durch eine Abweichung aus der neutralen Gelenksstellung während der Aufnahme oder durch die Operation eine Stellungsveränderung des Talus in Bezug auf die Malleolen entstanden sein, stehen die Gelenksflächen nicht mehr optimal parallel zueinander und die Auswahl der Messpunkte erschwert sich. Im direkten Vergleich, am kontralateralen Sprunggelenk, überprüfe man, ob hier dieselbe Konstellation auftritt.

Es kann auch vorkommen, dass genau mittig, wo man den optimalen Messpunkt erwartet, eine Gelenksgrube oder ein Höcker zu finden ist (siehe Abbildung 23, Ziffer 3).

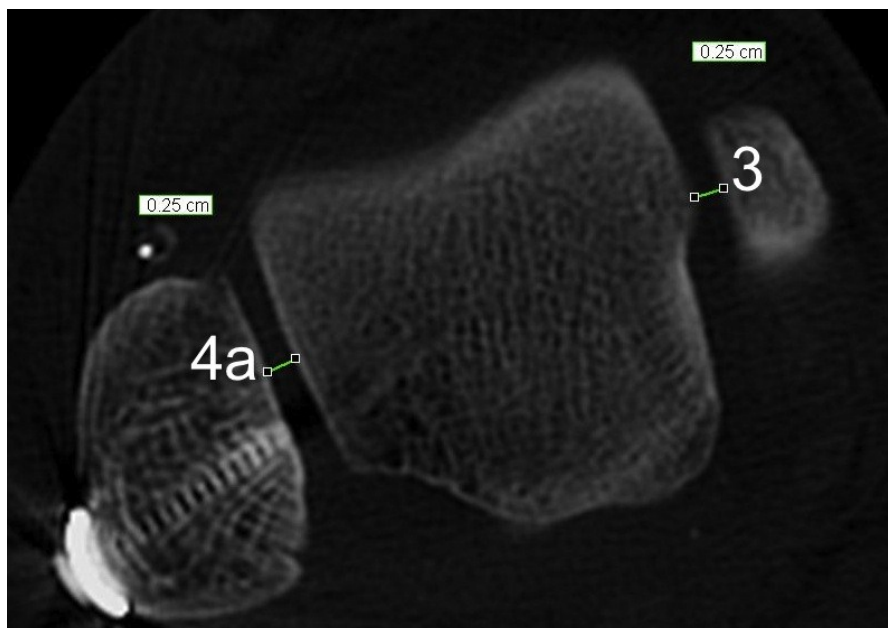


Abbildung 23: erste Abstandsmessung in Malleolenhöhe, 3 und 4a

Dann empfehlen wir das Ausweichen in Richtung anterior oder posterior. Dies sollte zumeist kaum einen Einfluss auf das Messergebnis haben, da bei annähernd parallel verlaufenden Gelenksflächen keine große Veränderung beim Verschieben nach vorne oder hinten zu erwarten ist. Dieser Einfluss kann, abhängig von der Größe der anatomischen Variationen dennoch groß sein.

Während der Messungen ist bei besonders kleinen Gelenken und nicht ideal horizontal eingestellten Tali und den darauffolgenden nach distal versetzt startenden Messungen, folgendes aufgefallen: Bei den distalen Messpunkten erschweren die spitz zulaufenden Malleolen den Ansatz der Messung, da eine normal auf normal stehende Corticalis vorausgesetzt wird (Abbildung 24: kleines Gelenk).

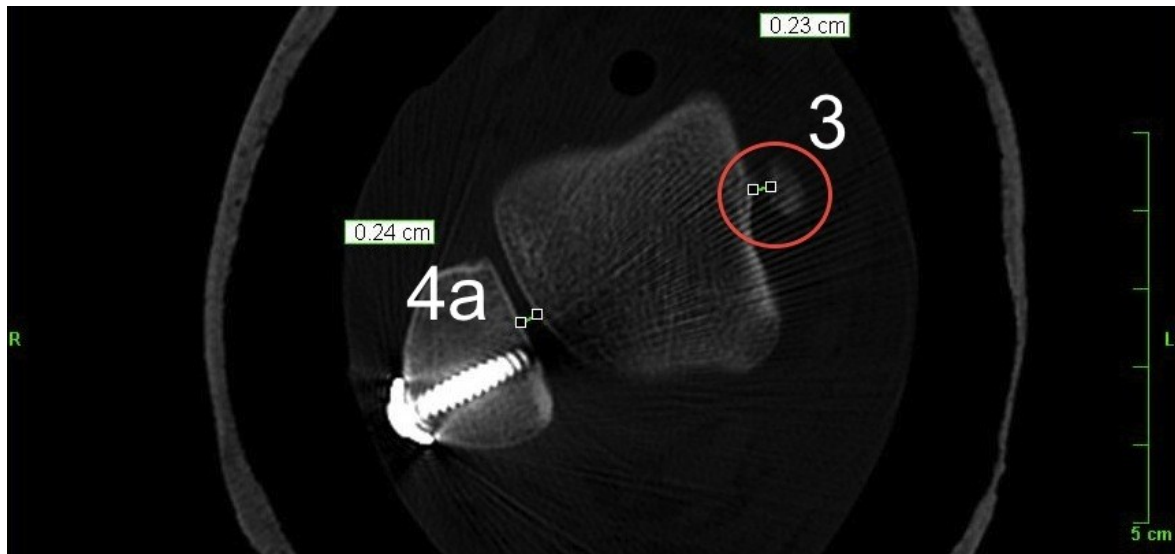


Abbildung 24: kleines Gelenk

11.1.3. Messungen auf Syndesmosenhöhe

Bei der Ausmessung der Syndesmosenbreite kann man ebenso auf Unregelmäßigkeiten treffen. Wir möchten darauf hinweisen, dass die meisten anatomischen Varianten, sollten sie nicht durch Unfälle oder chronische Veränderungen im Laufe des Lebens entstanden sein, meist auch am kontralateralen Sprunggelenk angetroffen werden. Dadurch hebt sich das Problem auf, da ja ohnehin keine Absolutwerte gemessen werden, sondern die Messungen im Seitenvergleich bewertet werden. Trotzdem sollte man die Messungen in möglichst neutralen Bereichen anstreben.

Es können auch Streuungen der Strahlen durch die bei der Osteosynthese verwendeten Platten und Schrauben die Sicht auf die gewünschten Areale verhindern. In diesem Fall empfehlen wir das Ausweichen in die nächst höhere oder nächst tiefer liegende Schicht, je nachdem, wo die Gelenksweite subjektiv der angestrebten am ähnlichsten ist.

Im günstigsten Fall sind die beiden Sprunggelenke in derselben Schnitthöhe abgebildet und ein direkter Vergleich ist rasch und unkompliziert möglich (siehe Abbildung 25 - komplette Messung der Syndesmosenweite im linken und rechten OSG).

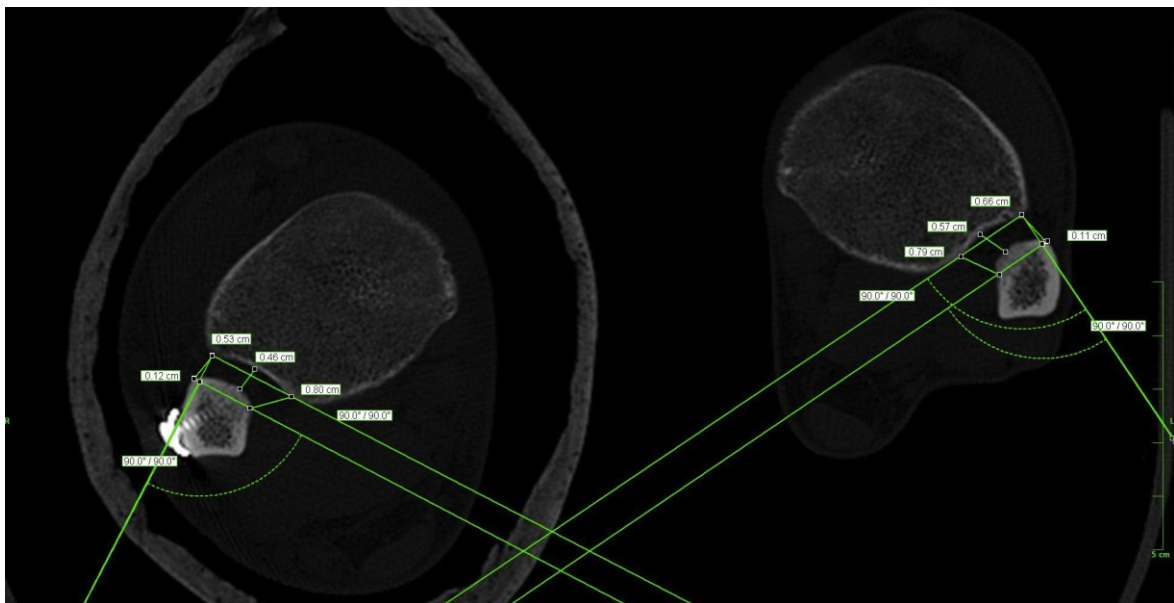


Abbildung 25: komplette Syndesmosenmessung beider OSGs

11.1.4. Messung in der Syndesmosenmitte

Während der Messungen sind uns besonders Gruben an der Gelenksseite der Tibia aufgefallen, die wahrscheinlich von früheren Bandausrissen oder Überbelastungen des Syndesmosenbandapparates herrühren. Ebenso fanden wir, wie auf der Höhe der Malleolen, Höckerbildungen, die auch durch Überbelastungen und knöcherne Ausziehungen der Syndesmosenbänder entstanden sein könnten (siehe Abbildung 26).

Des weiteren kann die gesamte Gelenksfläche sehr höckrig und unregelmäßig imponieren, was eine Wahl des Messpunktes sehr schwierig macht. In diesen Fällen empfehlen wir nach der allgemeinen Messpunktanleitung das Ausweichen auf einen weiter anterior oder posterior gelegenen Punkt, der im durchschnittlichen Niveau der Gelenksfläche liegt.

Die Messung des vorderen Abstandes der Incisur ist ebenso von der individuellen Anatomie des Gelenkes abhängig. In einigen Fällen kommt es nämlich an der vorderen sowie hinteren Grenze der Incisur zu einer höckerigen Ausbuchtung, was der Finden die von uns empfohlenen Messpunkte (Überschlagspunkt, wo die Gelenksflächenlinie seine Richtung genau auf sagittal einstellt) erschwert. Diese Messvariationen mögen die Auswertung ein wenig komplex erscheinen lassen, jedoch stellt sich nach einigen Messungen Routine ein und man hat mit diesen Variationen keine Schwierigkeiten.

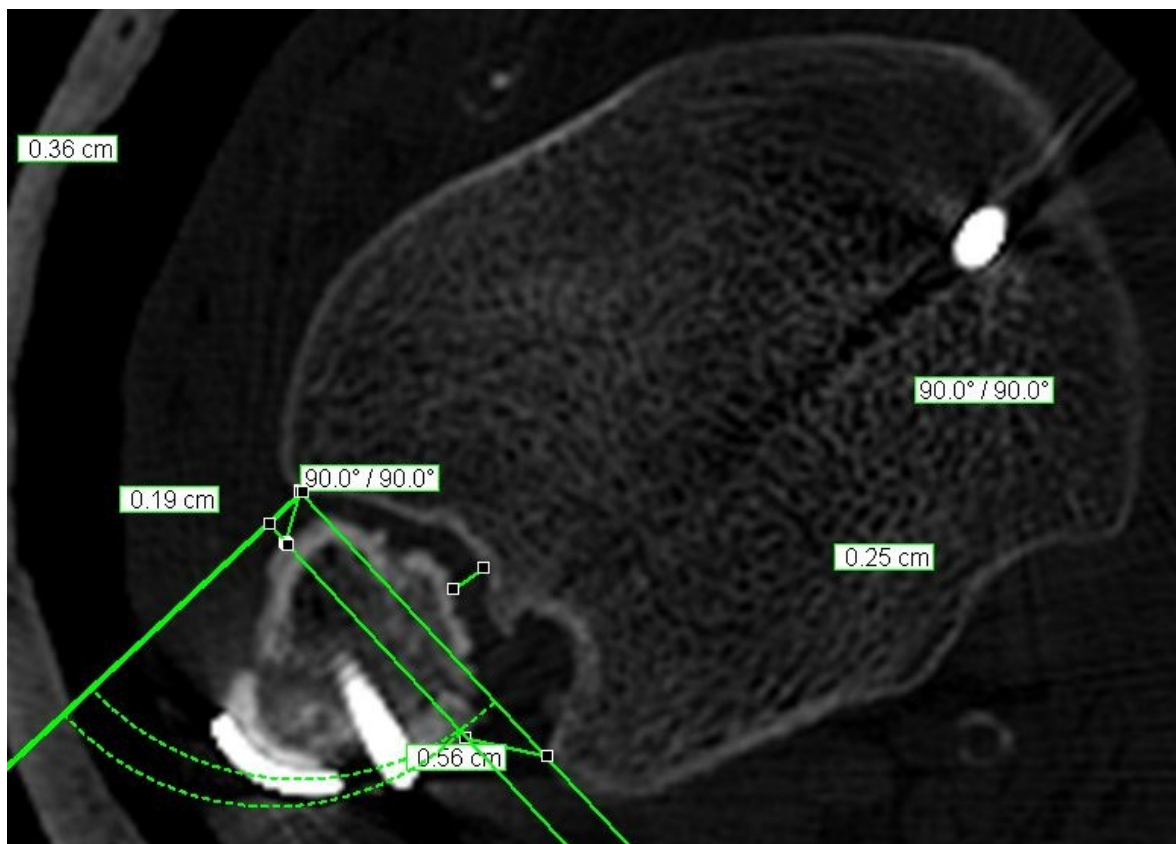


Abbildung 26: Syndesmose mit allen 3 Abstandsmessungen

11.1.5. Messung der vorderen Syndesmosenweite – fibulaseitig

Unsere Empfehlung für die vordere Messung der Syndesmose ist der am weitesten ventral gelegene Punkt der Fibula. Laut Prometheus (8) zeigt sich im Normalfall eine nach vorne spitzzulaufende Corticalis der Fibula. Die Realität ist aber eine andere: Man findet nicht selten eine sehr flache oder abgerundete Fibulavorderkante, was eine punktgenaue Messung erschwert. Hier empfehlen wir den medioventralsten Punkt der Fibulavorderkante. Auch diese Besonderheit lernt man nach einigen Messungen in den Griff zu bekommen.

11.1.6. Messung der hinteren Syndesmosenweite

Der fibulaseitige Messpunkt der hinteren Messung ist erstens abhängig von der Wahl des fibulaseitigen Messpunktes der vorderen Messung, da man ja eine Gerade nach dorsal zieht, die parallel zur Gerade verläuft, die durch die tibiaseitigen Messpunkte der vorderen und hinteren Messung verläuft (siehe Abbildung 27 - zwei Parallelen und Durchtritt der zweiten Parallele durch die dorsale Corticalis der Fibula, markiert durch roten Pfeil).

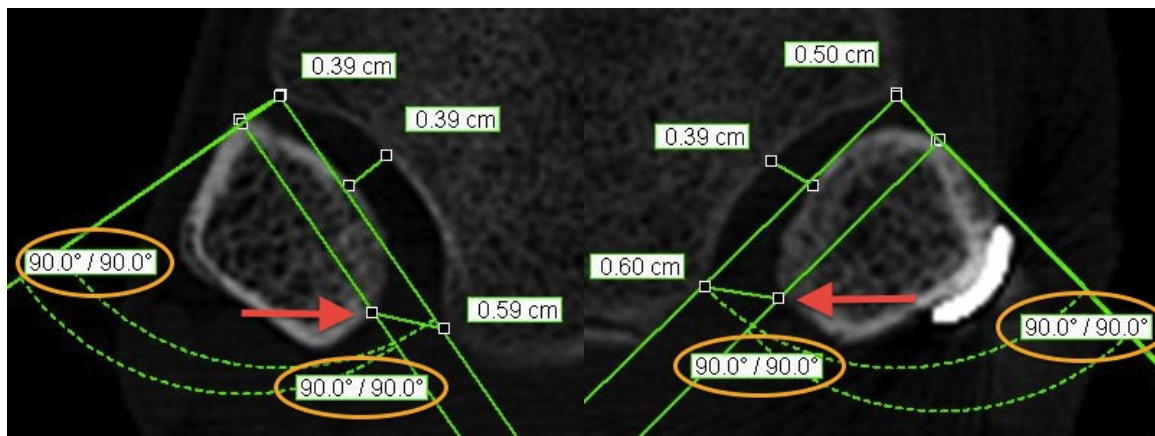


Abbildung 27: Entstehung der dorsalen Syndesmosenmessung

Zweitens spielt auch hier der anatomische Aufbau der Fibula eine große Rolle. Im Normalfall ist die Fibula im Horizontalschnitt gesehen trapez- oder annähernd dreiecksförmig. Dies ändert sich auch je nach Schichthöhe der Fibula und ist bei jedem Menschen unterschiedlich. Abhängig von der Wahl des vorderen Messpunktes verläuft die vorher erwähnte Parallele mehr lateral oder mehr medial durch die Corticalis, was den Messpunkt definiert. Je nach der oben erwähnten Querschnittsform verändert sich auch der hintere Messpunktansatz an der Fibula. Bei der eher triangulären Fibula divergiert der Incisurenabstand naturgemäß mehr als bei einem trapezförmigen. Durch diese Gegebenheiten ist dieser Messpunkt am meisten variabel. Er ist aber für das gesamte Messverfahren sehr hilfreich. Trotzdem muss man erneut darauf hinweisen, dass die Varianten meist am gesunden, nicht operierten oder verletzten Bein ähnlich sind und eine Messung ja nur mit dem kontralateralen Sprunggelenk desselben Patienten verglichen werden soll. Dieses Verfahren, um zu der hinteren Syndesmosenmessung zu gelangen, erscheint für uns am einfachsten einsetzbar.

Bei der dorsalen Messung ist uns noch eine mögliche Problematik aufgefallen.

Brüche der dorsalen Tibia können bis in die Incisura tibiofibularis reichen. Sollte auch nach der Versorgung eine Fehlstellung bestehen bleiben, kann das auf die Messung der hinteren Syndesmosenweite Einfluss nehmen. Trotzdem empfehlen wir dann diese ergänzende Messung durchzuführen und bei der Bewertung dieses Problem miteinzubeziehen. Am besten ist es dann sich vor allem auf die Aussage der beiden vorderen Punkte zu stützen, um doch auf ein zufriedenstellendes Ergebnis zu kommen und die Stufe als solche zu beschreiben.

11.1.7. Überprüfung auf freie Knochenfragmente in der Incisur

Diese Überprüfung dient als Hinweis für eine Fraktur, die die Gelenksfläche der Incisur betrifft. Möglich ist auch ein abgesprengtes Knochenstück, das im Rahmen der Versorgung, im speziellen Fall durch die Einbringung der Syndesmosenstellschraube, zustande gekommen ist.

Zumeist ermöglicht das Scrollen mit der Computermaus durch die unterschiedlichen Schichthöhen ein rasches Suchen und Finden eines Knochenstückes.

11.1.8. Überprüfung bezüglich Gelenksflächenstufen in der Incisur

Zumeist kann ein Knochenfragment, in der oben erwähnten Überprüfung, Hinweis für eine Fraktur in der Incisur oder einer Gelenksflächenstufe geben. Meistens ist auch hier das Volkmann-dreieck als Ursache für diese Gelenksflächenstufe verantwortlich.

Das Scrollen bei dieser Suchabfolge funktioniert mit sehr zufriedenstellendem Tempo, mit wachsender Erfahrung auch immer rascher.

11.1.9. Überprüfung bezüglich Gelenksflächenstufe der Tibiahinterkante

Wir überprüfen noch einmal in Sagittalansicht die Tibiahinterkante auf ein hinteres Kantenfragment, sollte dieses nicht schon vorher durch eine Gelenksflächenstufe der Incisur aufgefallen sein. Hier muss man besonders exakt arbeiten, da sich neben den offensichtlichen Frakturen auch noch knöcherne Bandausrisse oder auch kleinste Bruchstücke finden lassen, die durch den Unfallhergang entstanden sind.

11.1.10. Gelenksflächenstufe am Malleolus medialis

Das Vorgehen bei dieser Untersuchung gelingt am besten im Koronarschnitt. Mit gezieltem Blick ist eine Frakturlinie rasch erkannt, oder auch beim genaueren Hinsehen ein knöcherner Bandausriss erkennbar. Offensichtlich wird eine Fraktur wenn der Malleolus mittels Schraube refixiert wurde. Entscheidend ist, dass nach der Osteosynthese keine Stufe im Gelenkbereich verbleibt.

11.2. Zusammenfassung

Es ist gelungen, eine praktikable Anleitung für objektive Messpunkte im computertomographisch abgebildeten Sprunggelenk zu schaffen. Die verschiedenen Messpunkte wurden umgesetzt auf unser Patientenkollektiv von 80 Patienten und es konnten zum Teil signifikante Unterschiede im Vergleich operierte und nicht-operierte Seite gefunden werden. Die signifikanten Unterschiede wurden beim medialer Talusplateau-Malleolus Abstand, dem Facies malleolaris medialis – Malleolus medialis Abstand, dem Facies malleolaris lateralis – Malleolus lateralis Abstand in der 5.Schicht, dem Facies malleolaris lateralis – Malleolus lateralis Abstand in der 7.Schicht und in der medialen Syndesmosenweite gefunden.

Es scheint, dass die intraoperative Durchleuchtung oder postoperative Röntgenkontrolle nach Osteosynthese und Stellschraubenapplikation nicht alleine ausreicht, um eine korrekte Stellung des Sprunggelenkes zu interpretieren.

Gestützt auf unsere Ergebnisse empfehlen wir bei Syndesmosenverletzungen eine postoperative Nachuntersuchung mittels CT (Neutralstellung des Sprunggelenks) und den Vergleich mit der nicht operierten Seite. Die genauere Aufschlüsselung der Differenzen zeigte eine deutliche Häufung zwischen -1mm und +1 mm. Darum schätzen wir alle Fälle, die sich außerhalb dieses Bereiches bewegen, als auffällig ein. Durch eine nicht idente Gelenkwiederherstellung, sei es das zu feste oder zu lockere Adaptieren der Stellschraube besteht die Gefahr einer Kompression oder einer zu weiten Gabelstellung, was das Risiko der posttraumatischen Arthrose fördern würde, da es nicht dem präoperativen bzw. vor dem Unfall bestehenden anatomischen Verhältnissen entspricht. Wir

empfehlen daher die Patienten außerhalb dieser Bereiche engmaschig in ambulanten, klinischen Nachuntersuchungen, mit weiteren bildgebenden Verfahren, zu beobachten. Dadurch sollte eine Entwicklung der Arthrose frühzeitig erkannt und durch eine konservative Behandlung oder operative Revision gestoppt werden.

12. Glossar und Abkürzungen

A. (Arteria)	Arterie
Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
a.p.	anterior - posterior
AUVA	Allgemeine Unfall und Versicherungsanstalt
CT	Computertomographie
MDS	Mobilität, Durchblutung, Sensibilität
N. (Nervus)	Nerv
OSG	Oberes Sprunggelenk
VAC-Therapie	Vacuum Assisted Closure-Therapie

13. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 The collateral Ligaments.....	4
Quelle: modifiziert übernommen: https://www2.aofoundation.org/AOFileServerSurgery/MyPortalFiles?FilePath=/Surgery/en/_img/surgery/FurtherReading/PFxm2/6_9-2a-b.gif 10.2012	
Abbildung 2 Lauge-Hansen Frakturmechanismus.....	7
Quelle: modifiziert übernommen: http://www.drstorm.dk/Instruks_for_laeger/ankel/LaugeHansen.jpg _10.2012	
Abbildung 3 Weber Klassifikation	8
Abbildung 4: links: Röntgenaufnahme bei 20° Innenrotation, rechts: Stressaufnahme mit lateralen Talusschub.....	10
Abbildung 5: Lateraler Zugang	17
Quelle: AO-Webseite https://www2.aofoundation.org/AOFileServerSurgery/MyPortalFiles?FilePath=/Surgery/en/_img/surgery/04-Approaches/44/44-C_app_lat_2a_218.gif	
Abbildung 6: Medialer Zugang.....	18
Quelle: AO-Webseite https://www2.aofoundation.org/AOFileServerSurgery/MyPortalFiles?FilePath=/Surgery/en/_img/surgery/04Approaches/44/44_a_pp_med_ant_2a_218.gif	
Abbildung 7: Topographie der Messpunkte	37
Abbildung 8: gut sichtbares Talusplateau mit medialer (1) und lateraler (2) Messung	38
Abbildung 9: Laterale Messung (4b).....	39
Abbildung 10: komplette Messabfolge auf Syndesmosenhöhe (5a,b,c)	40
Abbildung 11: Geschlechterverteilung und Verletzungsseite.....	42
Abbildung 12: Verletzungsseite aufs Geschlecht bezogen	43
Abbildung 13: Altersverteilung	43
Abbildung 14: Verletzung bezogen auf das Geschlecht	44
Abbildung 15: Stellschraubenapplikation und Weber- Klassifikation	44
Abbildung 16: Weber B mit Stellschraubenapplikation	45
Abbildung 17: Stellschraubenlänge (eigene Auswertung)	46
Abbildung 18: Fragment in Incisur und Gelenksflächenstufe in Incisur	46
Abbildung 19: Fraktur der Tibiahinterkante und Fraktur des Innenknöchels.....	47
Abbildung 20: Messbereiche in Malleolenhöhe	49
Abbildung 21: Messbereiche in Syndesmosenhöhe	49

Abbildung 22: Aufschlüsselung der Differenzbereiche	50
Abbildung 23: erste Abstandsmessung in Malleolenhöhe, 3 und 4a	53
Abbildung 24: kleines Gelenk	54
Abbildung 25: komplette Syndesmosenmessung beider OSGs	55
Abbildung 26: Syndesmose mit allen 3 Abstandsmessungen	56
Abbildung 27: Entstehung der dorsalen Syndesmosenmessung.....	57

14. Literaturverzeichnis

1. Naqvi GA, Cunningham P, Lynch B, Galvin R, Awan N. Fixation of Ankle Syndesmotic Injuries: Comparison of TightRope Fixation and Syndesmotic Screw Fixation for Accuracy of Syndesmotic Reduction. *Am J Sports Med.* 2012 Dec;40(12):2828–35.
2. Horisberger M, Valderrabano V, Hintermann B. Posttraumatic ankle osteoarthritis after ankle-related fractures. *J Orthop Trauma.* 2009 Jan;23(1):60–7.
3. Hafferl A. Lehrbuch der topographischen Anatomie. 3. Aufl. Springer; 1969.
4. Hermans JJ, Beumer A, De Jong TAW, Kleinrensink G-J. Anatomy of the distal tibiofibular syndesmosis in adults: a pictorial essay with a multimodality approach. *J Anat.* 2010 Dec;217(6):633–45.
5. Scharf H-P, Rüter A, Pohlemann T, Marzi I, Kohn D, Günther K-P. Orthopädie und Unfallchirurgie: Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung - mit Zugang zum Elsevier-Portal. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2008.
6. Wirth CJ, Zichner L. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Fuß. Das Standardwerk für Klinik und Praxis. 1st ed. Thieme, Stuttgart; 2002.
7. Boldin DC, Grechenig W, Mayr J, Szyszkowitz R. Die operative Behandlung der Maisonneuve-Verletzung. *Operative Orthopädie und Traumatologie.* 2004 Dec 1;16(4):433–50.
8. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart; 2007.
9. Ruchholtz S, Wirtz DC. Orthopädie und Unfallchirurgie essentials. 1st ed. Thieme, Stuttgart; 2010.
10. Bandi W. Die distalen, intraartikulären Schienbeinbrüche des Schifahrers. 1974;(4):1–6.
11. Szyszkowitz R, Kühn J, Arens S, Fellingner M, Hofer HP, Kälicke T, et al. Tscherne Unfallchirurgie: Unterschenkel. 1st ed. Springer; 2003.
12. Zwipp H. Chirurgie des Fußes. 1st ed. Springer; 1994.
13. Duparc J. Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie 8 Bände: Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie: Unterschenkel, Sprunggelenk und Fuß. 1st ed. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2005.
14. Sman AD, Hiller CE, Refshauge KM. Diagnostic accuracy of clinical tests for diagnosis of ankle syndesmosis injury: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2012 Dec 6;
15. De Souza LJ, Gustilo RB, Meyer TJ. Results of operative treatment of displaced external rotation-abduction fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1985

Sep;67(7):1066–74.

16. Chaput V. Prognostic des fractures bimalléolaires. Paris: Bull Mem Soc Chir; 1906.
17. Murphy JM, Kadakia AR, Irwin TA. Variability in radiographic medial clear space measurement of the normal weight-bearing ankle. *Foot Ankle Int.* 2012 Nov;33(11):956–63.
18. Taweel NR, Raikin SM, Karanjia HN, Ahmad J. The Proximal Fibula Should Be Examined In All Patients with Ankle Injury: A Case Series of Missed Maisonneuve Fractures. *J Emerg Med.* 2012 Oct 15;
19. Franke J, Von Recum J, Suda AJ, Grützner PA, Wendl K. Intraoperative three-dimensional imaging in the treatment of acute unstable syndesmotic injuries. *J Bone Joint Surg Am.* 2012 Aug 1;94(15):1386–90.
20. Schwarz N, Köfer E. Postoperative Computed Tomography–Based Control of Syndesmotic Screws. *Eur J Trauma.* 2005 Jun 1;31(3):266–70.
21. Sagi HC, Shah AR, Sanders RW. The functional consequence of syndesmotic joint malreduction at a minimum 2-year follow-up. *J Orthop Trauma.* 2012 Jul;26(7):439–43.
22. Muhle C, Frank LR, Rand T, Ahn JM, Yeh LR, Trudell D, et al. Tibiofibular syndesmosis: high-resolution MRI using a local gradient coil. *J Comput Assist Tomogr.* 1998 Dec;22(6):938–44.
23. Vogl TJ, Hochmuth K, Diebold T, Lubrich J, Hofmann R, Stöckle U, et al. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute injured distal tibiofibular syndesmosis. *Invest Radiol.* 1997 Jul;32(7):401–9.
24. Hermans JJ, Beumer A, Hop WCJ, Moonen AFCM, Ginai AZ. Tibiofibular syndesmosis in acute ankle fractures: additional value of an oblique MR image plane. *Skeletal Radiol.* 2012 Feb;41(2):193–202.
25. Riede UN, Müller M, Mihatsch MJ. Biometrische Untersuchungen zum Arthroseproblem am Beispiel des oberen Sprunggelenkes. *Arch orthop Unfall-Chir.* 1973 Sep 1;77(3):181–94.
26. Ramsey PL, Hamilton W. Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift. *J Bone Joint Surg Am.* 1976 Apr;58(3):356–7.
27. Seibert FJ, Fankhauser F, Elliott B, Stockenhuber N, Peicha G. External fixation in trauma of the foot and ankle. *Clin Podiatr Med Surg.* 2003 Jan;20(1):159–80.
28. Donken CCMA, Al-Khateeb H, Verhofstad MHJ, Van Laarhoven CJHM. Surgical versus conservative interventions for treating ankle fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;8:CD008470.
29. Stampfel O, Mähring M. [Compression mechanism in fracture dislocations of the

- ankle joint]. *Zentralbl Chir.* 1982;107(9):536–40.
30. Mohammed R, Syed S, Metikala S, Ali S. Evaluation of the syndesmotic-only fixation for Weber-C ankle fractures with syndesmotic injury. *Indian J Orthop.* 2011;45(5):454–8.
 31. Stoffel K, Wysocki D, Baddour E, Nicholls R, Yates P. Comparison of two intraoperative assessment methods for injuries to the ankle syndesmosis. A cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Nov;91(11):2646–52.
 32. Pakarinen H, Flinkkilä T, Ohtonen P, Hyvönen P, Lakovaara M, Leppilahti J, et al. 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 Nov 16;93(22):2057–61.
 33. McBryde A, Chiasson B, Wilhelm A, Donovan F, Ray T, Bacilla P. Syndesmotic screw placement: a biomechanical analysis. *Foot Ankle Int.* 1997 May;18(5):262–6.
 34. Kukreti S, Faraj A, Miles JNV. Does position of syndesmotic screw affect functional and radiological outcome in ankle fractures? *Injury.* 2005 Sep;36(9):1121–4.
 35. Miller RS, Weinhold PS, Dahners LE. Comparison of tricortical screw fixation versus a modified suture construct for fixation of ankle syndesmosis injury: a biomechanical study. *J Orthop Trauma.* 1999 Jan;13(1):39–42.
 36. Rüedi T.P., Murphy W.M., Colton C.L., Dell’Oca A. Fernandez, Holz U., Kellam J.F., et al. *AO Principles of Fracture Management.* Stuttgart, New York: Thieme, Stuttgart; 2000.
 37. Schepers T. Acute distal tibiofibular syndesmosis injury: a systematic review of suture-button versus syndesmotic screw repair. *Int Orthop.* 2012 Jun;36(6):1199–206.
 38. Durst J, Allenberg J-R. *Traumatologische Praxis: in einem Band ; Standards in Diagnostik und Therapie für alle Fachgebiete ; mit 91 Tabellen.* Schattauer Verlag; 1997.
 39. Mathes SJ, Nahai F. *Clinical Applications for Muscle and Musculocutaneous Flaps.* St. Louis Toronto London: Mosby; 1982.
 40. Samonigg J. *Postoperatives Prozedere bei Sprunggelenksverletzungen mit operativer Stellschraubenversorgung: Vergleich der Folgewirkungen der Stellschraubenentfernung vs. deren Belassen.* Medizinische Universität Graz; 2010.
 41. Schumpelick V, Kasperk R, Stumpf M. *Operationsatlas Chirurgie. 2., überarb. A.* Thieme, Stuttgart; 2009.
 42. Schepers T. To retain or remove the syndesmotic screw: a review of literature.

Arch Orthop Trauma Surg. 2011 Jul;131(7):879–83.

43. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Orthopädie und Unfallchirurgie. Thieme, Stuttgart; 2009.
44. Lateral Ankle Ligament Repair/Reconstruction (Broström Procedure) - footEducation [Internet]. footEducation. [cited 2012 Dec 21]. Available from: <http://www.footeducation.com/lateral-ankle-ligament-repair-reconstruction-brostrom-procedure>
45. Rudert M, Wülker N, Wirth CJ. Reconstruction of the Lateral Ligaments of the Ankle Using a Regional Periosteal Flap. J Bone Joint Surg Br. 1997 May 1;79-B(3):446–51.
46. Tourné Y, Mabit C, Moroney PJ, Chaussard C, Saragaglia D. Long-Term Follow-up of Lateral Reconstruction with Extensor Retinaculum Flap for Chronic Ankle Instability. Foot Ankle Int. 2012 Dec;33(12):1079–86.
47. Müller-Mai C, Ekkernkamp A. Frakturen: Klassifikation und Behandlungsoptionen. Springer DE; 2010.
48. Dikos GD, Heisler J, Choplin RH, Weber TG. Normal tibiofibular relationships at the syndesmosis on axial CT imaging. J Orthop Trauma. 2012 Jul;26(7):433–8.

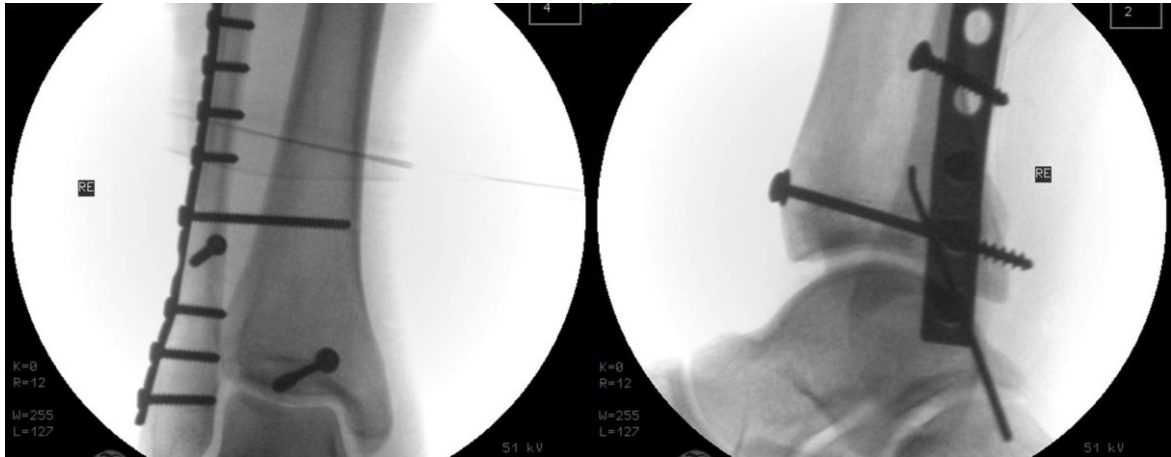
Anhang 1: Fallbeispiel 1 - Stellschraubenrevision

Ein 24 jähriger männlicher Patient wird nach einem Fahrradsturz ins UKH Graz eingeliefert. Nach der klinischen Untersuchung und der radiologischen Bildgebung stehen folgende Diagnosen fest:

- fract. tib. dist. dext (Pilon tib)
- fract. mall. lat. dext et sublux. tali.

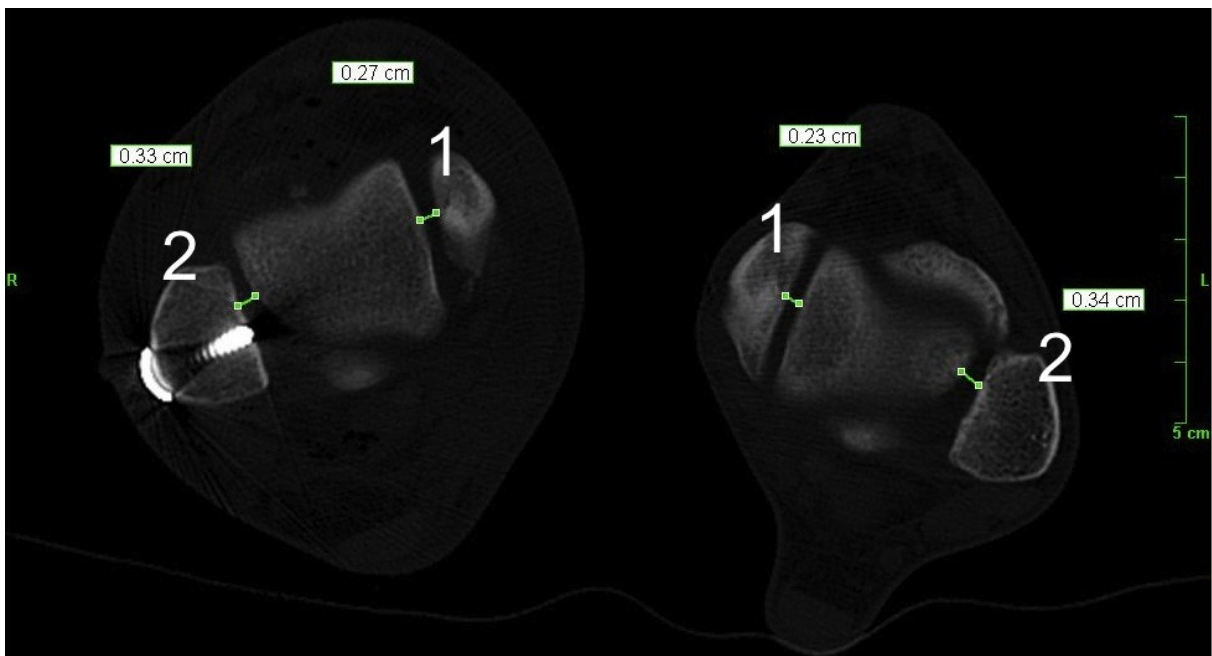


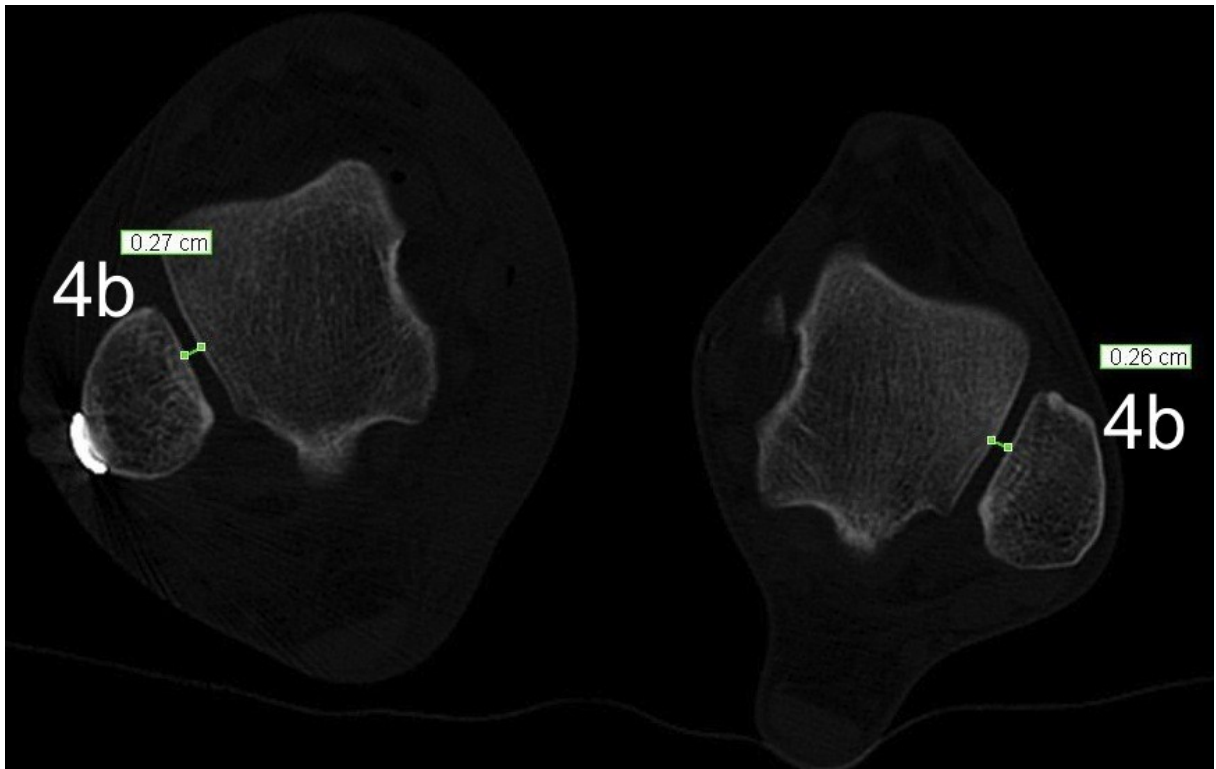
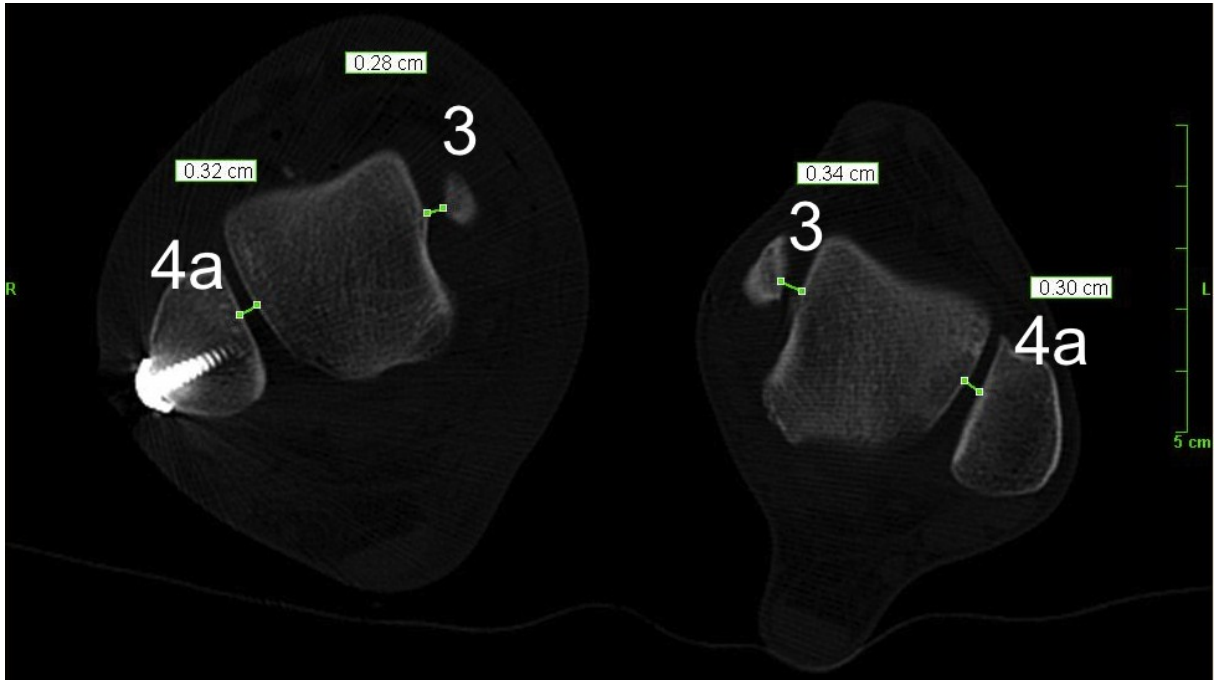
Der Patient wird aufgeklärt und stationär aufgenommen. In der darauffolgenden Operation wird eine Osteosynthese des Außenknöchels mit einer 10 Loch Drittelrohrplatte, einer Zugschraube sowie eine Applikation einer Stellschraube durchgeführt. Die Verschraubung des hinteren Keiles geschieht durch eine Spongiosaschraube. Die intraoperativen Durchleuchtungsbilder zeigten ein relativ zufriedenstellendes Bild:

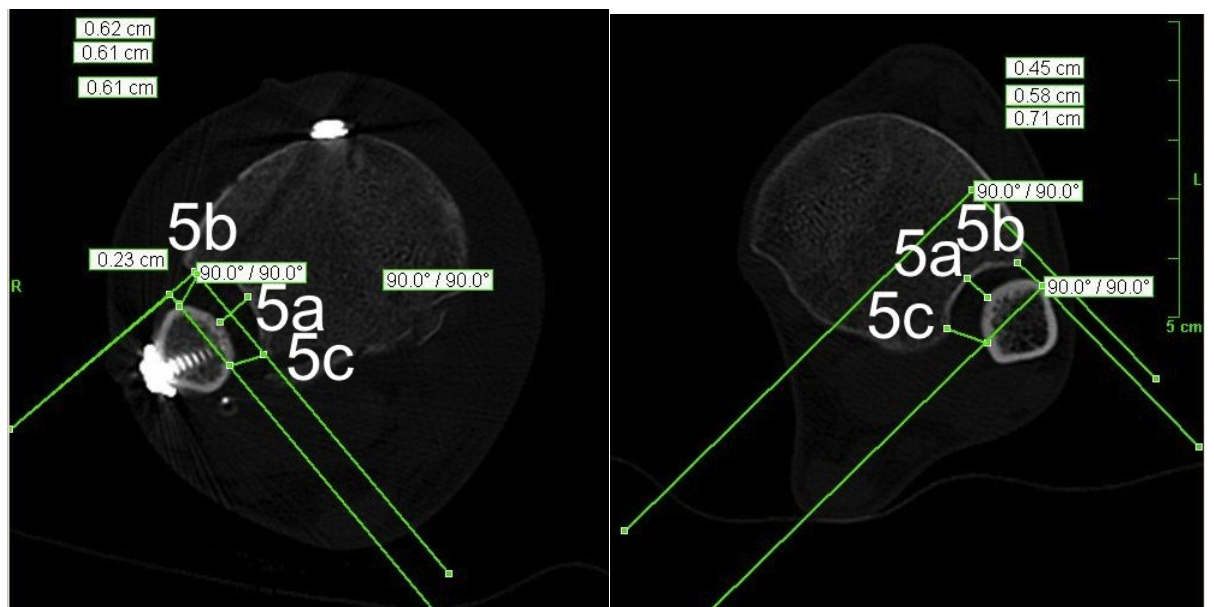
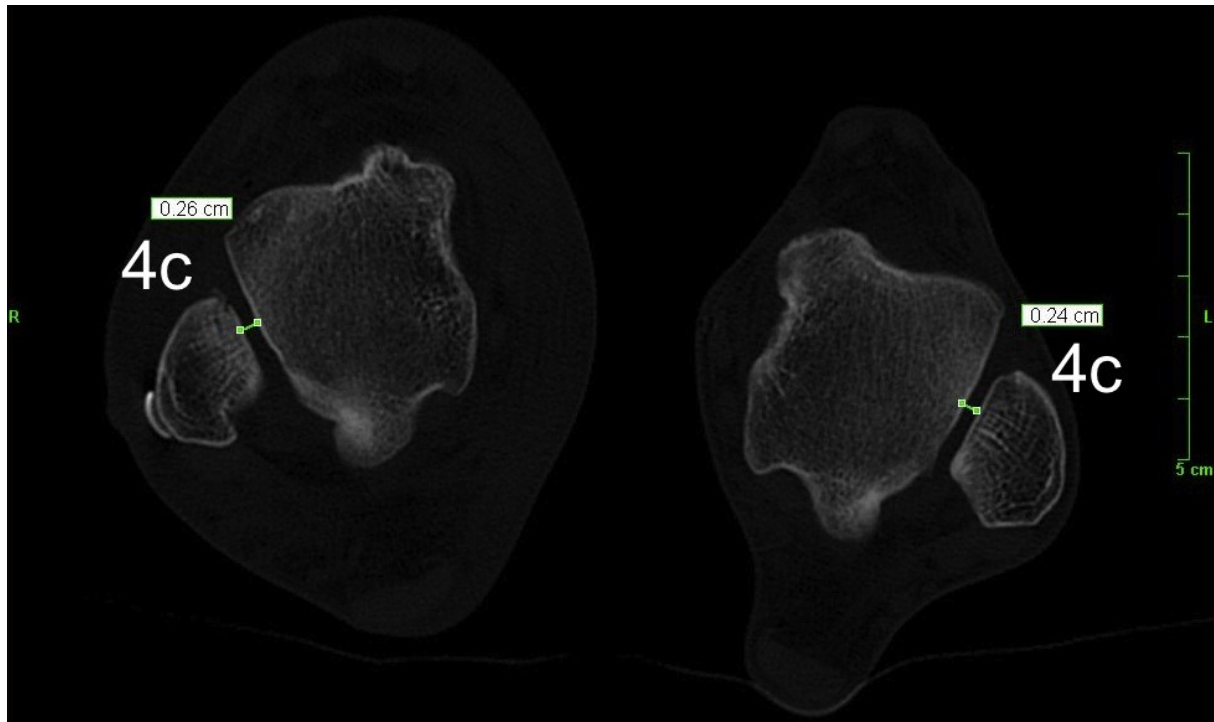


Das postoperative CT des Sprunggelenkes zeigt im Seitenvergleich folgenden Befund: Deutliches Klaffen der Syndesmose, ventral mit leichter Dorsaldislokation der Fibula. Versorgte Fraktur des hinteren Tibiakeils, dorsomedial eine 2 cm breiter und 8 mm tiefer Defekt. Schalenförmige bis 4 mm große (Durchmesser) freie Gelenkskörper in der Art. talocruralis ventral mit dadurch bedingtem Klaffen des Gelenkspaltes ventralseitig.

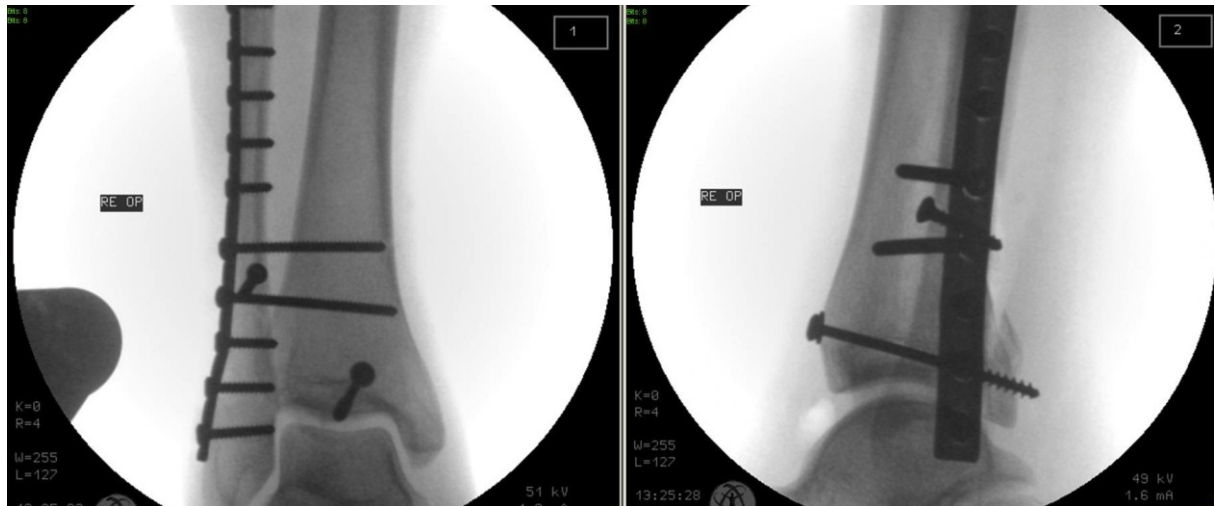
Die Bilder wurden im Zuge der Studie nach der, in der Arbeit beschriebenen, Anleitung vermessen.





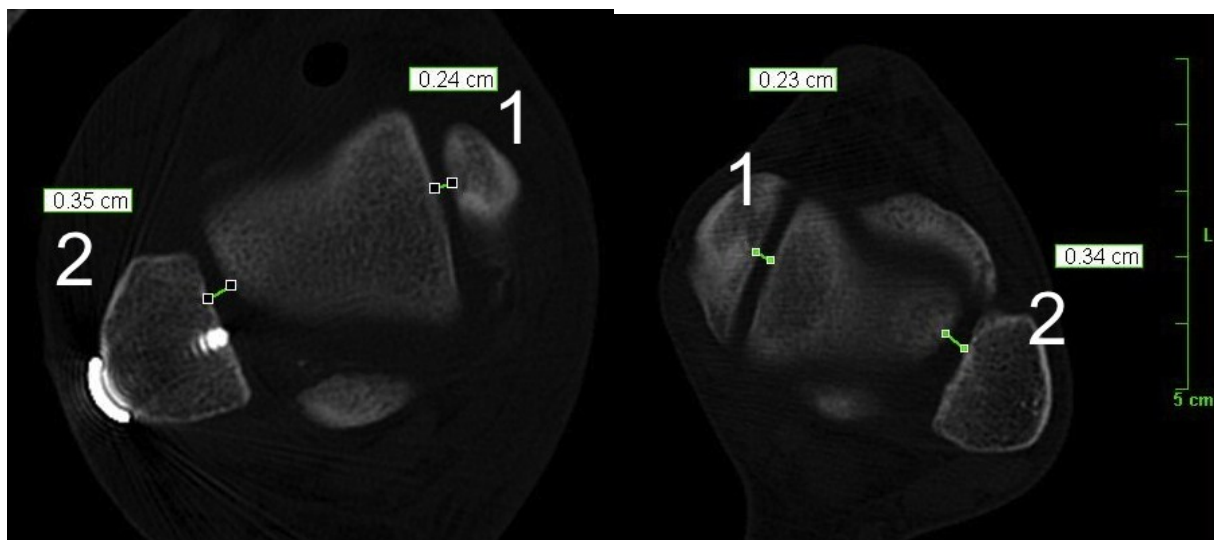


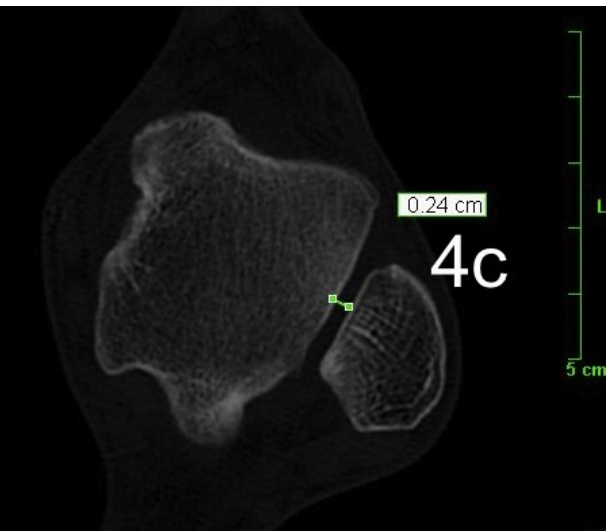
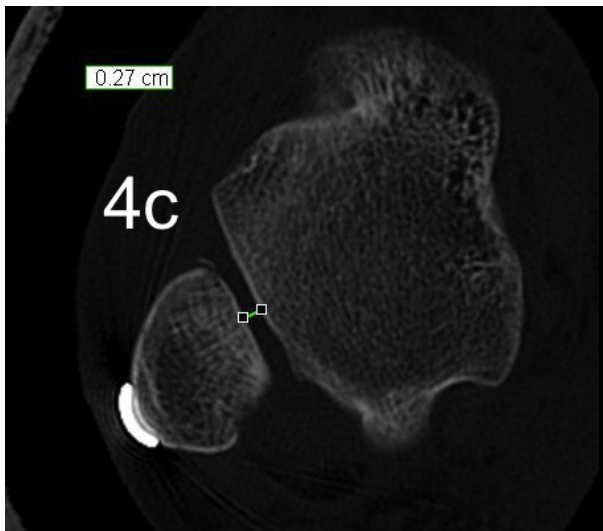
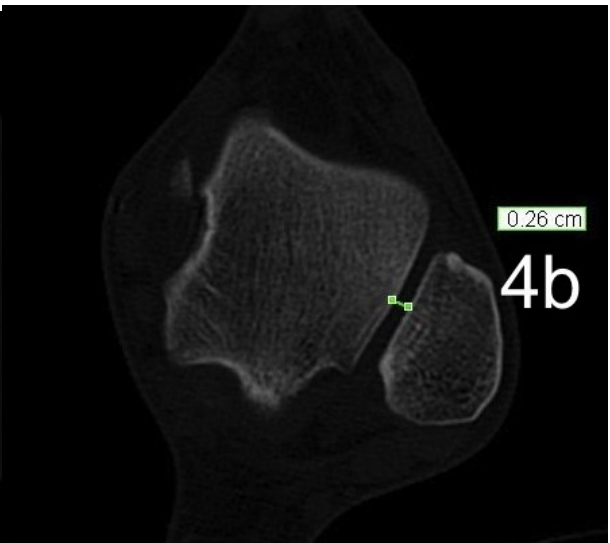
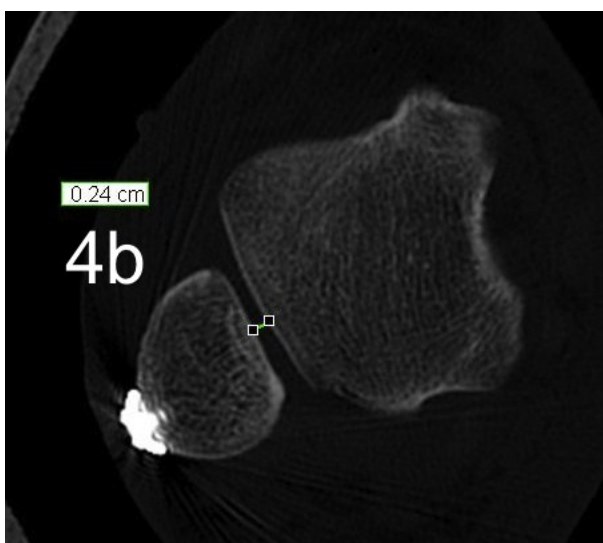
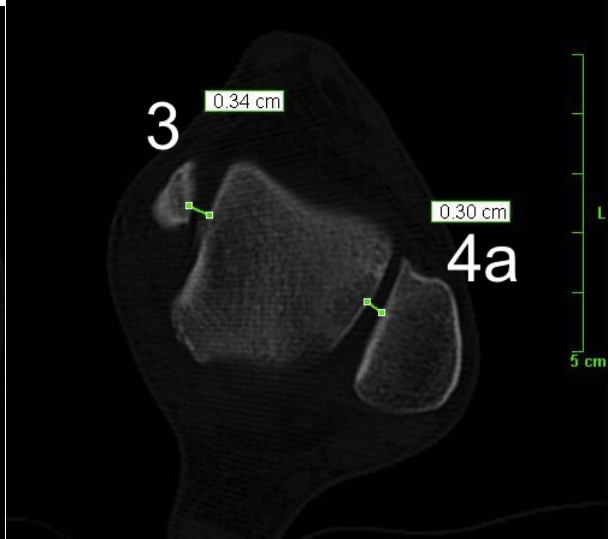
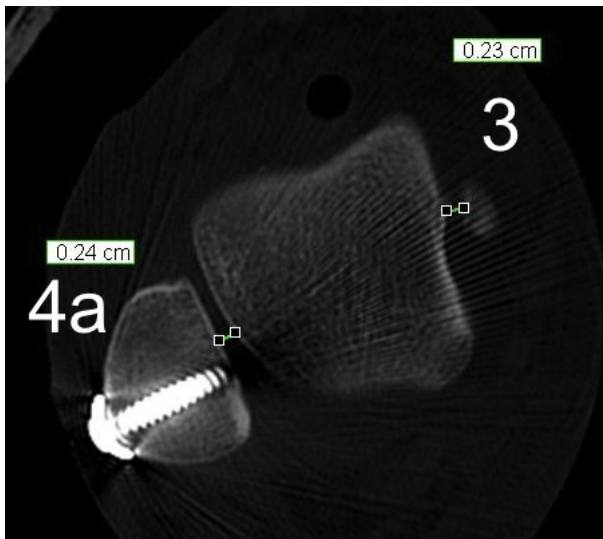
Es folgte eine Revision gestützt auf den Befunden der CT- Untersuchung. Dabei wurde der hinterer Keil neuerlich reponiert und mit einer Kleinfragmentschraube und Beilagscheibe fixiert. Ebenso wurde eine Neuplatzierung von 2 Stellschrauben vorgenommen um das Klaffen im Syndesmosenbereich zu unterbinden.

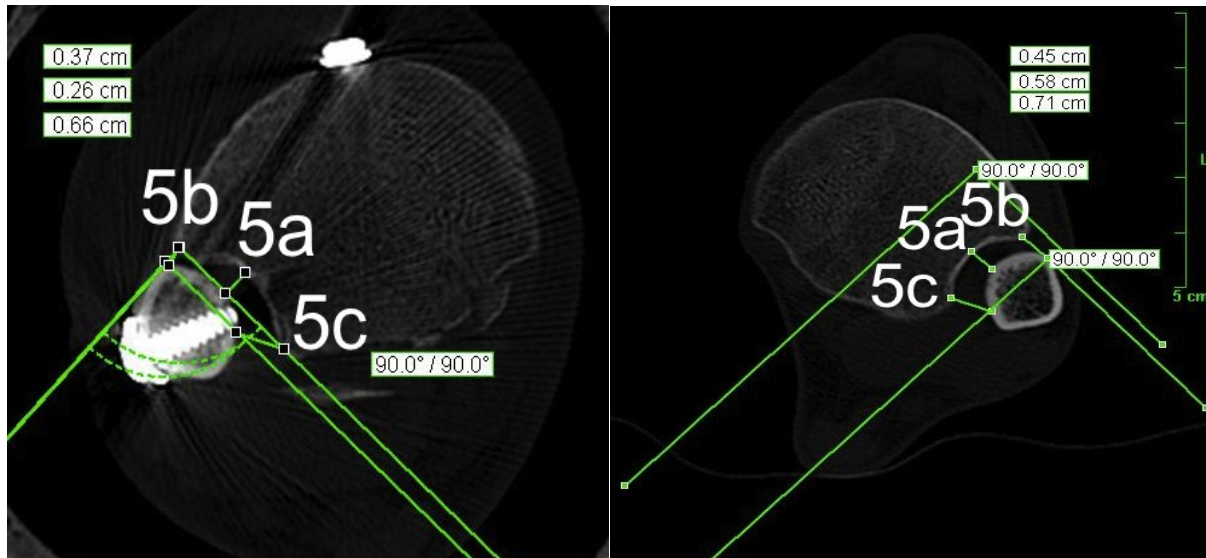


Ein CT postoperativ nach der Revision erbrachte folgenden Befund:

Im Vergleich zur Letztuntersuchung unveränderte Stellung des hinteren Tibiakeils, freie intraartikuläre Fragmente ventral wurden entfernt. Fibula in Incisura fibularis gelegen, gute Lage der tibialen Gelenkfläche dorsomedial. Insgesamt deutliche Besserung der Gesamtstellung. Die CT- Bilder der revidierten Seite wurden im Zuge der Studie nach der, in der Arbeit beschriebenen, Anleitung vermessen. Es wurde die gesunde Seite vom 1. CT als Vergleich herangezogen.







Die nachfolgende Tabelle zeigt die Zusammenfassung der gemessenen Abstände. Die signifikanten und demnach relevanten Weiten und Differenzen sind gelb markiert:

1.CT

	rechte Seite (OP)	linke Seite	Differenz
Medialer Talus Plateau Malleolus	2,7	2,3	0,4
Lateraler Talus Plateau Malleolus	3,3	3,4	-0,1
2.S Facies Malleolaris medialis –Malleolus medialis	2,8	3,4	-0,6
2 Facies Malleolaris lateralis –Malleolus lateralis 2	3,2	3	0,2
5. Schicht lat	2,7	2,6	0,1
7. Schicht lat	2,6	2,4	0,2
I Syndesmosenweite	6,2	4,5	1,7
II Syndesmosenweite	6,1	5,8	0,3
III Syndesmosenweite	6,1	7,1	-1

2.CT

	rechte Seite (OP)	linke Seite CT1	Differenz
Medialer Talus Plateau Malleolus	2,4	2,3	0,1
Lateraler Talus Plateau Malleolus	3,5	3,4	0,1
2.S Facies Malleolaris medialis –Malleolus medialis	2,3	3,4	-1,1
2 Facies Malleolaris lateralis –Malleolus lateralis 2	2,4	3	-0,6
5. Schicht lat	2,4	2,6	-0,2
7. Schicht lat	2,7	2,4	0,3
I Syndesmosenweite	3,7	4,5	-0,8
II Syndesmosenweite	2,6	5,8	-3,2
III Syndesmosenweite	6,6	7,1	-0,5

Nach 2 Monaten erfolgte die Stellschraubenentfernung:



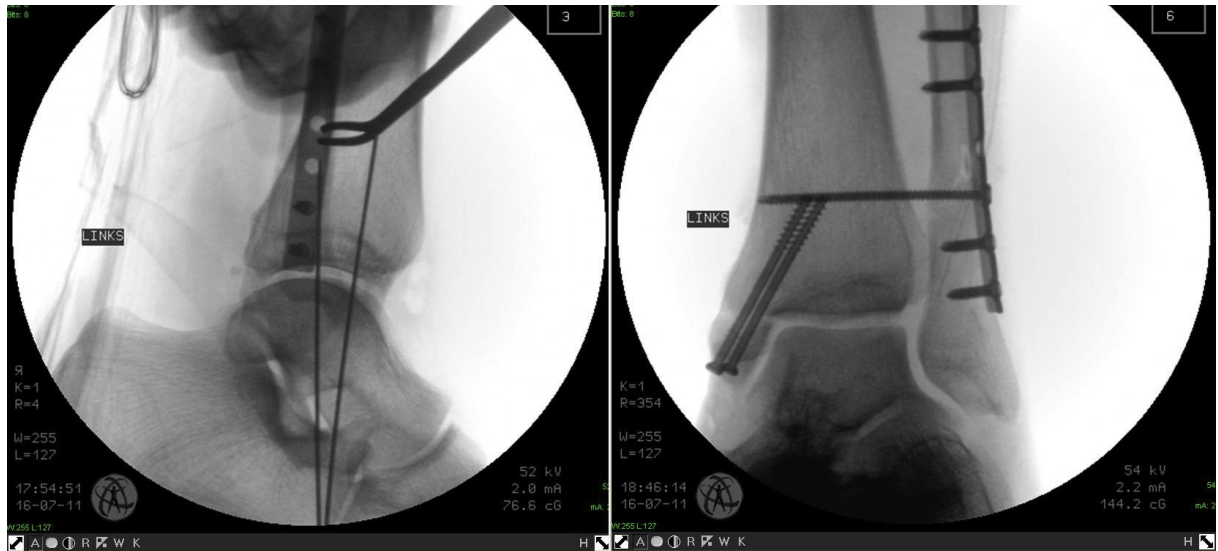
Anhang 2: Fallbeispiel 2 – Stellschraubenrevision

Ein 45 jähriger männlicher Patient wird nach einem Motorradsturz nach der Erstversorgung im LKH Hartberg ins UKH Graz eingeliefert. Nach der klinischen Untersuchung und der radiologischen Bildgebung steht folgende Diagnose fest:

- lux. fract. bimall. sin.

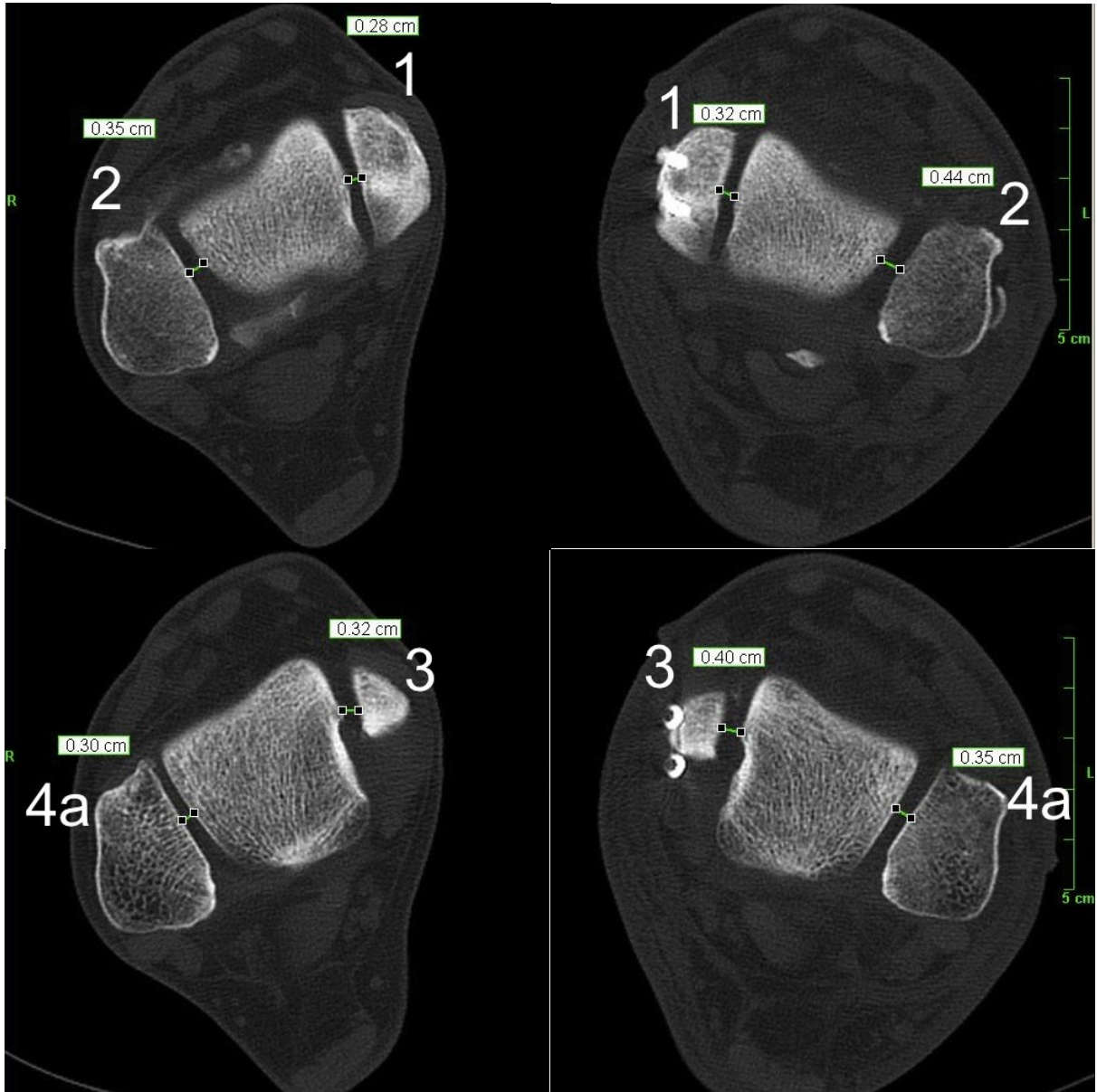


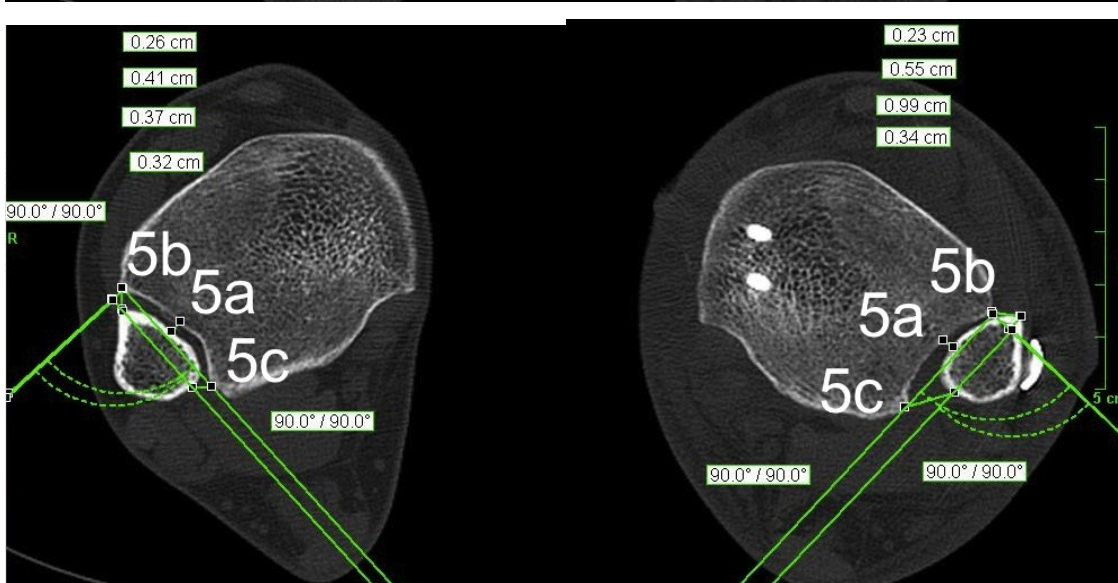
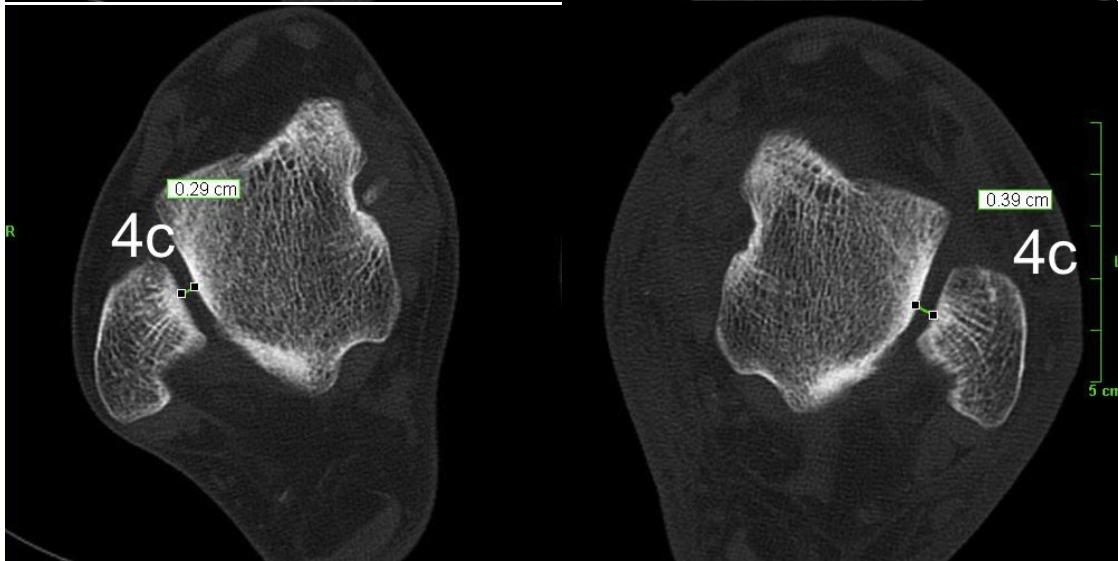
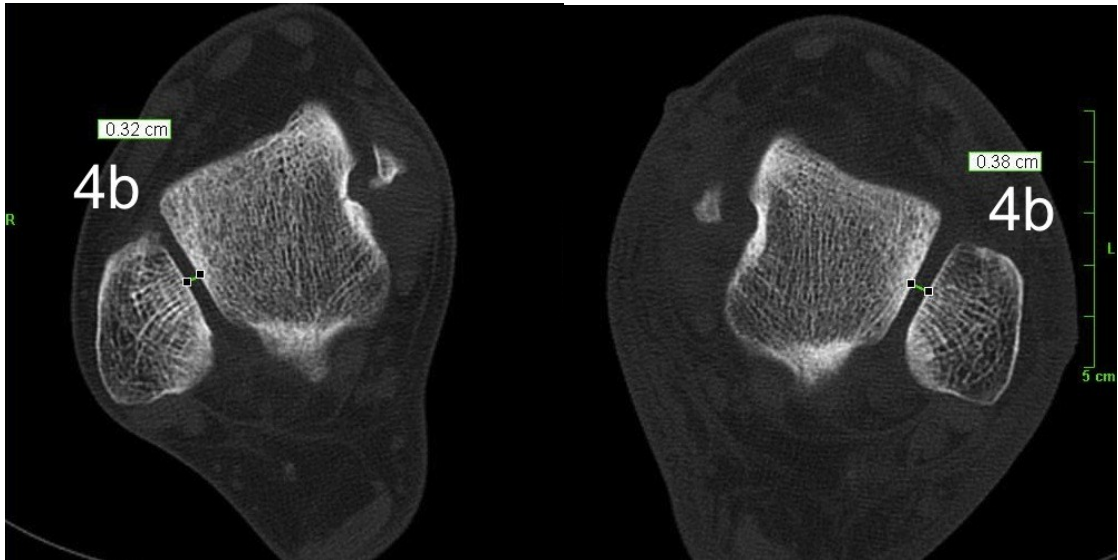
Der Patient wird aufgeklärt und stationär aufgenommen. In der darauffolgenden Operation wird eine Osteosynthese des Außenknöchels mit einer 7 Loch Tibiaplatte, 5 winkelstabile Schrauben, sowie eine Applikation einer suprasyndesmalen Stellschraube durchgeführt. Der Innenknöchel wurde mit zwei Kleinfragmentschrauben fixiert. Die intraoperativen Durchleuchtungsbilder zeigten ein relativ zufriedenstellendes Bild:



Das postoperative CT des Sprunggelenkes zeigt im Seitenvergleich folgenden Befund:

Deutliche Ventralisation der Fibula, Verbreiterung der Syndesmosse dorsal auf 7mm (rechts 2 mm), Subluxation des Talus nach ventral. Die Bilder wurden im Zuge der Studie nach der, in der Arbeit beschriebenen, Anleitung vermessen.



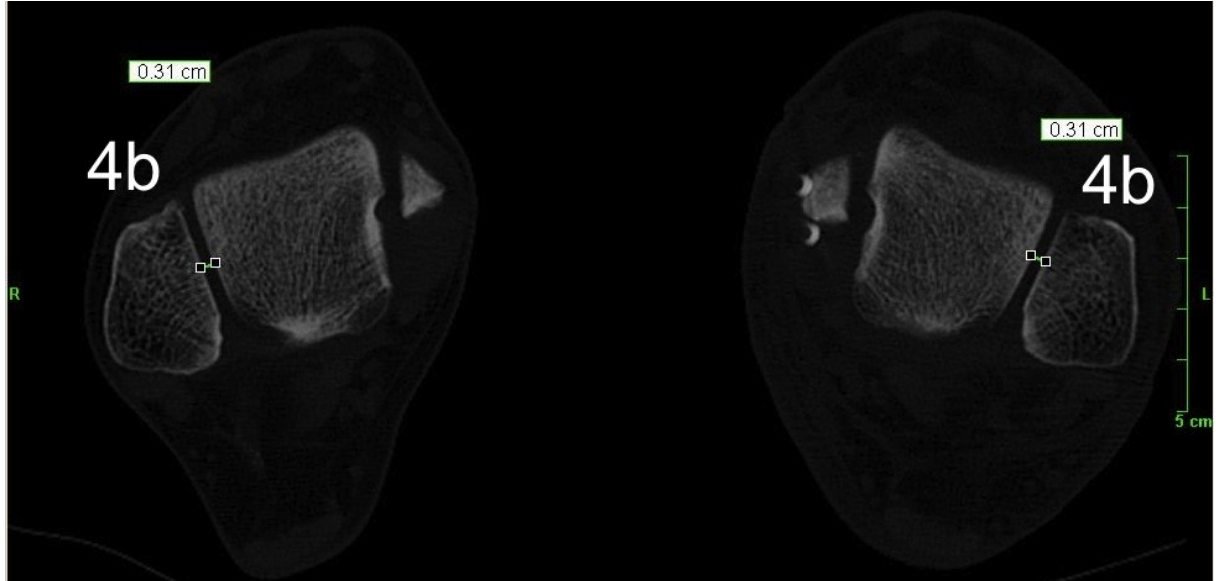
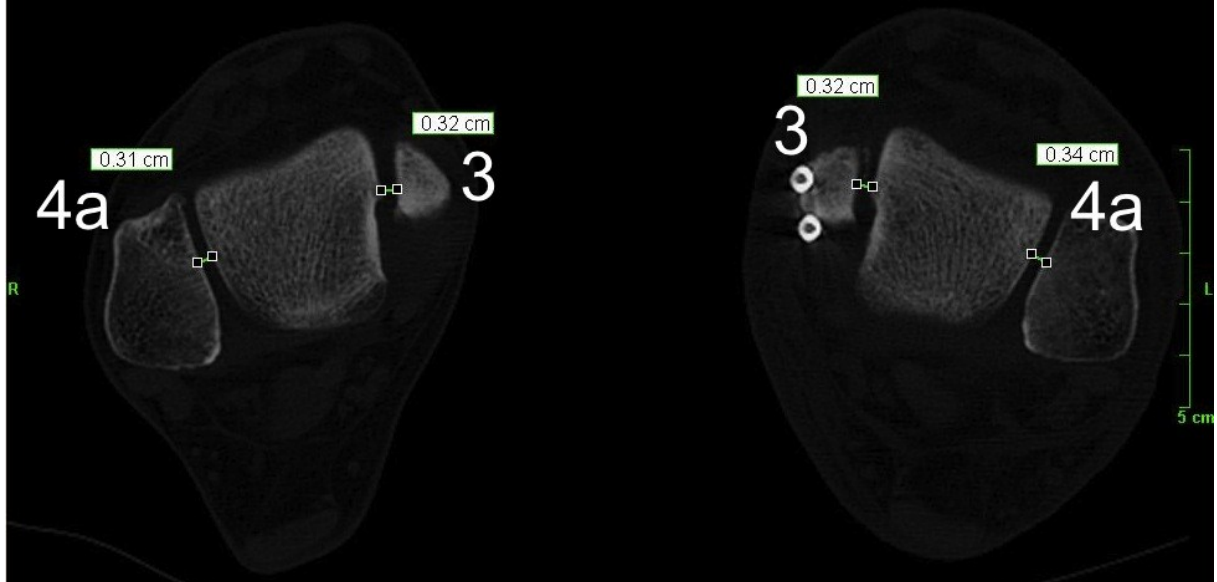
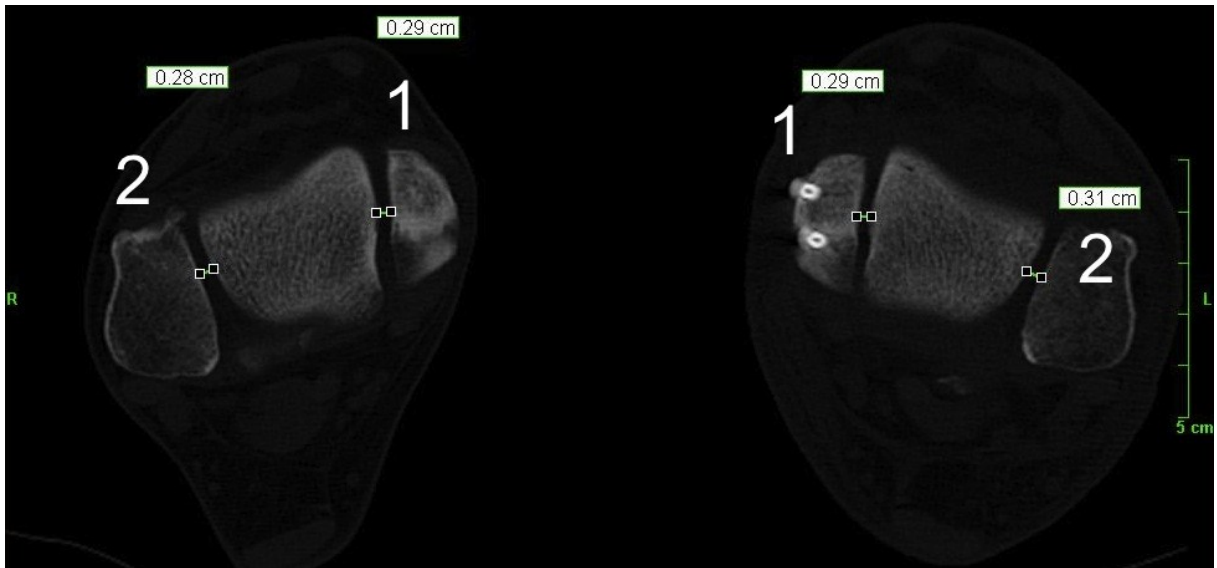


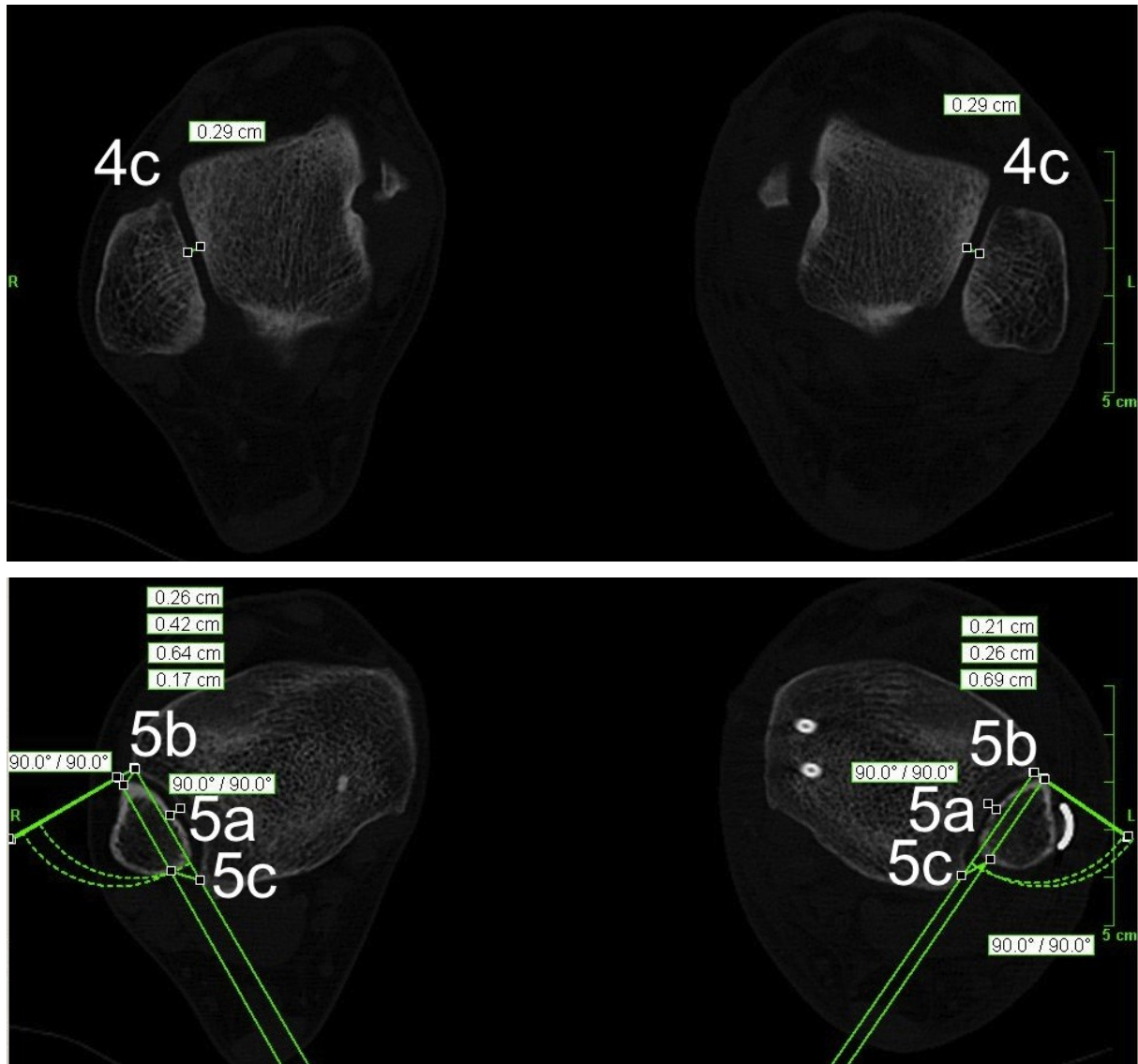
Gestützt auf den Befunden des postoperativen CT wurde die Stellschraube revidiert. Es wurde eine 55er Schraube in einem Winkel von 90° eingebracht. Die Durchleuchtung war zufriedenstellend.



Das postoperative CT nach der Revision erbrachte folgenden Befund:

Fibula diskret ventralisiert. Syndesmose im vorderen Drittel nahezu aufgebraucht. Stellung jedoch besser als bei der Letztuntersuchung. Unveränderte diskrete Subluxation des Talus.





Die nachfolgende Tabelle zeigt die Zusammenfassung der gemessenen Abstände. Die signifikanten und demnach relevanten Weiten und Differenzen sind gelb markiert:

1.CT

	linke Seite(OP)	rechte Seite	Differenz
Medialer Talus Plateau Malleolus	3,2	2,8	0,4
Lateraler Talus Plateau Malleolus	4,4	3,5	0,9
2.S Facies Malleolaris medialis –Malleolus medialis	4	3,2	0,8
2 Facies Malleolaris lateralis –Malleolus lateralis 2	3,5	3	0,5
5. Schicht lat	3,8	3,2	0,6
7. Schicht lat	3,9	2,9	1
I Syndesmosenweite	2,3	2,6	-0,3
II Syndesmosenweite	5,5	4,1	1,4
III Syndesmosenweite	9,9	3,7	6,2
Fibula in Incissur	3,4	-3,2	6,6

2.CT

	linke Seite(OP)	rechte Seite	Differenz
Medialer Talus Plateau Malleolus	2,9	2,9	0
Lateraler Talus Plateau Malleolus	3,1	2,8	0,3
2.S Facies Malleolaris medialis –Malleolus medialis	3,2	3,2	0
2 Facies Malleolaris lateralis –Malleolus lateralis 2	3,4	3,1	0,3
5. Schicht lat	3,1	3,1	0
7. Schicht lat	2,9	2,9	0
I Syndesmosenweite	2,1	2,6	-0,5
II Syndesmosenweite	2,6	4,2	-1,6
III Syndesmosenweite	6,9	6,4	0,5
Fibula in Incissur	0	-1,7	-1,7

Anhang 3: Statistische Auswertung der Messpunkte und Differenzen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
MallMED1OP	80	5,8	1,0	6,8	2,781	,1021	,9132	,834
MallMED1NONOP	79	3,7	1,2	4,9	2,467	,0751	,6673	,445
MallMEDdiff	79	6,5	-2,8	3,7	,304	,0989	,8793	,773
Gültige Werte (Listenweise)	79							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
MallLAT1OP	80	4,9	1,3	6,2	2,946	,0954	,8537	,729
MallLAT1NONOP	80	4,2	1,4	5,6	2,883	,0901	,8063	,650
MallLAT1diff	80	4,9	-1,9	3,0	,064	,0836	,7477	,559
Gültige Werte (Listenweise)	80							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
MallMED2OP	79	7,8	1,1	8,9	3,144	,1356	1,2055	1,453
MallMED2NONOP	79	5,7	,0	5,7	2,753	,1064	,9453	,894
MallMED2diff	78	6,4	-1,3	5,1	,378	,1217	1,0748	1,155
Gültige Werte (Listenweise)	78							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
MallLAT2OP	80	3,9	1,4	5,3	2,541	,0731	,6537	,427
MallLAT2NONOP	80	2,5	1,2	3,7	2,436	,0526	,4705	,221
MallLAT2diff	80	3,8	-1,3	2,5	,105	,0601	,5377	,289
Gültige Werte (Listenweise)	80							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
MallLAT3OP	80	3,5	1,4	4,9	2,759	,0736	,6585	,434
MallLAT3NONOP	80	2,8	1,3	4,1	2,575	,0575	,5140	,264
MallLAT3diff	80	3,2	-1,0	2,2	,184	,0630	,5631	,317
Gültige Werte (Listenweise)	80							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
MallLAT4OP	80	4,3	1,4	5,7	3,061	,0876	,7839	,615
MallLAT4NONOP	80	3,6	1,7	5,3	2,853	,0742	,6635	,440
MallLAT4diff	80	4,8	-2,0	2,8	,209	,0821	,7342	,539
Gültige Werte (Listenweise)	80							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
SyndMEDOP	80	8,6	1,3	9,9	3,979	,1671	1,4949	2,235
SyndMEDNONOP	80	5,8	1,6	7,4	3,566	,1215	1,0864	1,180
SyndMEDdiff	80	5,7	-2,4	3,3	,413	,1287	1,1507	1,324
Gültige Werte (Listenweise)	80							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
SyndANTOP	80	9,0	1,8	10,8	4,809	,1984	1,7743	3,148
SyndANTNONOP	79	7,2	1,3	8,5	4,671	,1703	1,5136	2,291
SyndANTdiff	79	11,1	-4,2	6,9	,119	,1847	1,6418	2,696
Gültige Werte (Listenweise)	79							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
SyndPOSTOP	80	11,0	,8	11,8	6,541	,2111	1,8878	3,564
SyndPOSTNONOP	79	7,4	2,9	10,3	6,222	,1844	1,6391	2,687
SyndPOSTdiff	79	9,8	-3,7	6,1	,318	,1967	1,7482	3,056
Gültige Werte (Listenweise)	79							

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
AchseFIBOP	80	11,00	-6,50	4,50	-,2794	,19588	1,75199	3,069
AchseFIBNONOP	78	7,10	-4,20	2,90	-,6801	,13713	1,21110	1,467
AchseFIBdiff	78	9,20	-4,30	4,90	,4538	,20814	1,83826	3,379
Gültige Werte (Listenweise)	78							

Anhang 4: Gepaarter t-Test der Differenzen

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence ...
					Lower
Pair 1	MailMED1OP - MailMED1NONOP	,3038	,8793	,0989	,1068
Pair 2	MailLAT1OP - MailLAT1NONOP	,0638	,7477	,0836	-,1026
Pair 3	MailMED2OP - MailMED2NONOP	,3782	1,0748	,1217	,1359
Pair 4	MailLAT2OP - MailLAT2NONOP	,1050	,5377	,0601	-,0147
Pair 5	MailLAT3OP - MailLAT3NONOP	,1838	,5631	,0630	,0584
Pair 6	MailLAT4OP - MailLAT4NONOP	,2088	,7342	,0821	,0454
Pair 7	SyndMEDOP - SyndMEDNONOP	,4125	1,1507	,1287	,1564
Pair 8	SyndANTOP - SyndANTNONOP	,1190	1,6418	,1847	-,2488
Pair 9	SyndPOSTOP - SyndPOSTNONOP	,3177	1,7482	,1967	-,0739
Pair 10	AchseFIBOP - AchseFIBNONOP	,45385	1,83826	,20814	,03938

Paired Samples Test

		Paired ...			
		95% Confidence ...			
		Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	MallMED1OP - MallMED1NONOP	,5008	3,071	78	,003
Pair 2	MallLAT1OP - MallLAT1NONOP	,2301	,763	79	,448
Pair 3	MallMED2OP - MallMED2NONOP	,6205	3,108	77	,003
Pair 4	MallLAT2OP - MallLAT2NONOP	,2247	1,747	79	,085
Pair 5	MallLAT3OP - MallLAT3NONOP	,3091	2,919	79	,005
Pair 6	MallLAT4OP - MallLAT4NONOP	,3721	2,543	79	,013
Pair 7	SyndMEDOP - SyndMEDNONOP	,6686	3,206	79	,002
Pair 8	SyndANTOP - SyndANTNONOP	,4867	,644	78	,521
Pair 9	SyndPOSTOP - SyndPOSTNONOP	,7093	1,615	78	,110
Pair 10	AchseFIBOP - AchseFIBNONOP	,86831	2,180	77	,032

Anhang 5: Wilcoxon-Test

Test Statistics^a

	MallMED1NO NOP - MallMED1OP	MallLAT1NON OP - MallLAT1OP	MallMED2NO NOP - MallMED2OP	MallLAT2NON OP - MallLAT2OP	MallLAT3NON OP - MallLAT3OP
Z	-3,710 ^b	-,663 ^b	-2,775 ^b	-1,489 ^b	-2,508 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,507	,006	,137	,012

Test Statistics^a

	MallLAT4NON OP - MallLAT4OP	SyndMEDNO NOP - SyndMEDOP	SyndANTNO NOP - SyndANTOP	SyndPOSTN ONOP - SyndPOSTOP	AchseFIBNO NOP - AchseFIBOP
Z	-2,608 ^b	-2,800 ^b	-,178 ^b	-1,689 ^b	-1,878 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,009	,005	,859	,091	,060

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

Anhang 6: Differenzen der Auswertung außerhalb des Bereichs minus 1 und plus 1 (gelb markiert)

anonymisierter Patientencode	Medialer Talusplateau -Malleolus Abstand (1)	Facies malleolaris medialis – Malleolus medialis Abstand (3)	Facies malleolaris lateralis – Malleolus lateralis Abstand (4b)	Facies malleolaris lateralis – Malleolus lateralis Abstand (4c)	Syndesmose nweite zentral (5a)
	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz
5	-0,4	-0,3	0	-0,3	-2,4
6	0	-1,3	-0,4	-0,9	-0,7
7	0,2	-0,9	-0,5	-0,4	0,1
8	0,4	0,4	0,3	0,1	1,2
9	-0,2	0,1	0,2	-0,1	1,5
12	-0,2	-1,1	-0,2	-0,9	1,1
13	-2,2	-0,1	0,1	-0,2	-0,3
14	0	0,6	0,2	0,4	-0,1
15	0,4	0,6	1	-0,4	0,1
18	0	0,2	0,5	-0,3	-0,9
19	2,7	x	0,4	x	2,9
22	0,3	0,9	0,2	0,7	1,8
25	-0,8	-0,2	0,7	-0,9	0,3
26	0,1	0	-0,2	0,2	0,3
27	0,6	-0,1	0,1	-0,2	-0,6
30	1,1	1,7	0,2	1,5	0,6
33	0,5	-0,1	0,3	-0,4	0,9
35	-0,2	-0,1	-1	0,9	0
36	-0,3	-1,1	1,7	-2,8	-0,6
37	-0,2	-0,5	-0,2	-0,3	-1
38	0,9	1,1	-0,5	1,6	0,9
41	0,2	-1	0,6	-1,6	0,4
42	-0,7	-0,3	0,5	-0,8	0,2
43	0,3	-0,1	0,3	-0,4	0,8
45	2,4	2,8	0,5	2,3	0,9
47	0,1	0,5	0,2	0,3	2
51	-1,2	0	-0,3	0,3	-1
54	-2,8	2,2	-0,3	2,5	0,1
58	0,5	-0,2	0,5	-0,7	0,6
59	1	0,5	0,8	-0,3	-0,9
61	-0,5	-1,3	0	-1,3	-0,6
63	1	1,2	0,7	0,5	0,1
64	-0,2	0,2	0,2	0	0,2
66	0,1	0,3	1	-0,7	0,1
68	0,8	0,4	0,6	-0,2	0,8
70	0,4	-0,2	0,1	-0,3	1,7
71	-0,1	-0,4	0,3	-0,7	-1,1
72	0,6	-0,2	-0,1	-0,1	1,1
73	0,3	0,4	-0,6	1	-0,8
74	0,1	0,1	0,5	-0,4	-0,4
76	2,1	2,2	1,2	1	1,6

