

Diplomarbeit

**Syndesmosenverletzung – Erstellung eines CT –
Untersuchungsprotokolls
- eine Machbarkeitsstudie**

eingereicht von

Franz Josef Eckhart

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Radiologie
LKH – Univ. Klinikum Graz**

unter der Anleitung von

Dr. med. univ. Viktoria Trimmel

Dr. med. univ. Emina Talakič (karenziert)

Univ.- Prof. Mag.phil. Dr. med. univ. Franz J. Seibert

20.2.2018

Eidesstaatliche Erklärung

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

Graz 20.2.2018

Franz J. Eckhart; eh.

Danksagung

Besonderen Dank schulde ich Frau Dr. med. univ. Emina Talakic, sowie Herrn Univ.- Prof. Mag. phil. Dr. med. univ. Franz Josef Seibert, welche mich in jedem Aspekt meiner Diplomarbeit durch Rat und Tat unterstützt haben. Auch wünsche ich Frau Dr. Talakic viel Freude mit Ihrem Nachwuchs.

Ebenso möchte ich Frau Dr. med. univ. Viktoria Trimmel für ihre Unterstützung bei den Messungen und der Einschulung an der Auswertungssoftware danken. Dank gebührt auch Herrn Univ.- Prof. Dr. med. univ. Michael Fuchsjäger und ao.Univ.- Prof. Dr. med. univ. Helmut Schöllnast, dafür dass ich für die Untersuchungen und Messungen die Gerätschaften und Räumlichkeiten der Universitätsklinik für Radiologie nutzen konnte.

Besonderen Dank schulde ich den Probandinnen und Probanden, welche sich freiwillig für diese Studie zur Verfügung gestellt haben.

Zuletzt möchte ich großen Dank meiner Familie ausdrücken, welche mich durch die Jahre meines Studiums hindurch begleitet und in jeder Hinsicht stets unterstützt hat.

Zusammenfassung

*Syndesmosenverletzung – Erstellung eines CT – Untersuchungsprotokolls
- eine Machbarkeitsstudie*

Ziel:

Sprunggelenksröntgen zur Beurteilung der Gelenkskongruenz werden in der ap – Ebene in 15° Innenrotation ("mortise view") empfohlen. Es galt zu überprüfen inwieweit sich eine standardisierte beidseitige CT - Untersuchung der Sprunggelenke zur eventuellen postoperativen Kontrolle eignen würde.

Material:

Eine vorgefertigte Anordnung aus zwei routinemäßig verwendeten Korkschiene in einer Winkelstellung von 30° zueinander wurde zur Lagerung im CT verwendet. 10 Probanden und Probandinnen wurden, nach Ausschluß von OSG Pathologien im aps Röntgen, einer Multislice CT – Untersuchung unterzogen. Nach Bearbeitung der Rohdaten mittels Syngo.via® – eine Bildbefundungssoftware von Siemens Healthcare, wurde eine radiologische Vermessung durchgeführt.

Resultat:

Die von einem erfahrenen röntgentechnischem Assistenten durchgeführten Röntgen waren in 92,5 % durch die Radiologin und 97,5% durch den Studenten verwertbar. Die CT – Untersuchungen waren in keinem Fall auf 1/10 mm von beiden Seiten deckungsgleich. In der horizontalen Ebene waren es durchschnittlich 5,5 Schichten (2mm/Schicht) Unterschied. In der frontalen Ebene fanden wir einen Unterschied von durchschnittlich 6,4 Schichten (2mm/Schicht). Somit musste zur radiologischen Messung eine spezielle Korrektur mittels o.g. Software erfolgen, um vergleichbare Absolutwerte zu generieren.

Schlußfolgerung:

Auch durch die spezielle Lagerung in der vorgefertigten adaptierten Lagerungshilfe

war eine vergleichbare Messung in derselben Schnittebene nicht möglich. Der Vorteil der Schiene bestand darin, dass beide oberen Sprunggelenke in Neutralstellung und auf weitgehend gleicher Höhe abgebildet wurden. Inwieweit eine entsprechende Lagerungshilfe die Beurteilung für den behandelnden Chirurgen erleichtert, kann nur in einer prospektiven randomisierten Studie an osteosynthetisch versorgten Sprunggelenken erarbeitet werden.

Abstract

Lesions of the syndesmosis – Creation of a CT - examinationprotocoll – A feasibility study

Aim:

To evaluate the congruency of the ankle joint in the ap plane, x – rays in the 15° of internal rotation – the so called "mortise view" – are recommended. The goal of our trial was to check if a standardized bilateral CT examination of the ankle region would be helpful in the future for the postoperativ check of the reduction.

Material:

A special device – formed out of two lower leg cork splints in neutral position of the ankle joint directed 30° to each other (15° for each side) had been prepared for positioning both lower legs in the CT- beam. Multislice CT scans of 10 probants after exclusion of any former ankle pathology could be checked. The raw data were transitioned for radiological measurement by Syngo.via® – a software from Siemens Healthcare.

Results:

The pre- CT x- Rays could be used in 92,5% for the radiologist and 97,5% for the student. Despite positioning in the special device for the examination both ankles had been projected equally within a range of 5,5 layers (2mm/layer) of difference. In the frontal plane we have detected 6,4 layers (2mm/layer) of difference. Therefore it was necessary to correct the CT – images with the above mentioned software to generate comparable values.

Conclusion:

Even with our special prepared positioning device we had not been able to produce immediately measurable images. The position effect of our device was first, that both ankles were positionend in neutral position and second, that both jointlines were more or less at the same height. For the classification of the predictable a prospective randomized study will be necessary in the clinical setting.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Eidesstaatliche Erklärung.....	2
Danksagung.....	3
Zusammenfassung.....	4
Abstract.....	6
Inhaltsverzeichnis.....	7
Glossar und Abkürzungen.....	8
Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis.....	14
Einleitung.....	15
Allgemeines.....	15
Anatomie.....	16
Die Gelenkskörper mit Gelenksflächen.....	16
Das obere Sprunggelenk.....	17
Die Bandverbindungen.....	18
Die Sprunggelenksverletzungen.....	20
Epidemiologie.....	20
Verletzungsmechanismus.....	21
Klassifikation.....	21
Klinik.....	28
Diagnostik.....	29
Therapiemöglichkeiten.....	34
Hauptteil.....	38
Material und Methoden.....	38
Ergebnisse.....	43
Messergebnisse.....	43
Auswertung der korrigierten CT - Bilder.....	43
Bestimmung der Schichtdifferenz in unkorrigierten CT Bildern.....	52
Diskussion und Schlußfolgerung:.....	54
Anhang.....	59

Messergebnisse.....	59
Messung 1 – Messergebnis CT Bilder.....	59
Messung 1 – Messergebnis Röntgenbilder.....	60
Messung 2 – Messergebnis CT Bilder.....	61
Messung 2 – Messergebnis Röntgenbilder.....	62
Messung 3 – Messergebnis CT Bilder.....	63
Messung 3 – Messergebnis Röntgenbilder.....	64
Messung 4 – Messergebnis CT Bilder.....	65
Messung 4 – Messergebnis Röntgenbilder.....	66
Messung 5 – Messergebnis CT Bilder.....	67
Messung 6 – Messergebnis CT Bilder.....	68
Schichtdifferenzen in unkorrigierten CT Bildern (PACS).....	69
Unkorrigierte CT – Bilder.....	70
ProbandIn 1 – Horizontalebene.....	70
ProbandIn 1 – Frontalebene.....	71
ProbandIn 2 - Horizontalebene.....	72
ProbandIn 2 – Frontalebene.....	73
ProbandIn 3 - Horizontalebene.....	74
ProbandIn 3 – Frontalebene.....	75
ProbandIn 4 - Horizontalebene.....	76
ProbandIn 4 – Frontalebene.....	77
ProbandIn 5 - Horizontalebene.....	78
ProbandIn 5 – Frontalebene.....	79
ProbandIn 6 - Horizontalebene.....	80
ProbandIn 6 – Frontalebene.....	81
ProbandIn 7 - Horizontalebene.....	82
ProbandIn 7 – Frontalebene.....	83
ProbandIn 8 - Horizontalebene.....	84
ProbandIn 8 – Frontalebene.....	85
ProbandIn 9 - Horizontalebene.....	86
ProbandIn 9 – Frontalebene.....	87
ProbandIn 10 - Horizontalebene.....	88
ProbandIn 10 – Frontalebene.....	89
Literaturverzeichnis.....	90

Glossar und Abkürzungen

ap = anterior – posterior

aps = anterior – posterior/ seitlich

Art. = Articulatio

BV = Bildwandler

CT = Computertomographie

dist. = distal

Lig.= Ligament

MRT = Magnetresonanztomographie

OSG = oberes Sprunggelenk

prox. = proximal

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Linker Talus. Ansicht von cranial (eigene Zeichnung).....	16
Abbildung 2: Die Art. talocruralis von ventral (eigene Zeichnung).....	18
Abbildung 3: Typ A; die Frakturlinie liegt distal der Syndemose und erreicht den Bandkomplex nicht (eigene Zeichnung).....	23
Abbildung 4: Typ B; die Fraktur erreicht den Bereich der Syndesmose (eigene Zeichnung)	23
Abbildung 5: Typ C; die Fraktur liegt proximal der Syndesmose. Der Frakturspalt berührt nicht die Syndesmose (eigene Zeichnung).....	24
Abbildung 6: infrasyndesmotische Läsion 44A1: hierbei handelt es sich um eine isolierte Fraktur der Fibula, distal der Syndesmose. 44A2: bimalleoläre Fraktur, wobei die Fibula unterhalb der Syndesmose gebrochen ist. 44A3: hier kommt es zusätzlich zum Ausriss eines hinteren Keils (Volkmannndreieck oder Volkmanschale)(34).....	25
Abbildung 7: transsyndesmotische Läsion; 44B1: eine isolierte Fraktur der Fibula auf Höhe der Syndesmose. 44B2: eine Fibulafraktur im Bereich der Syndesmose mit Beteiligung medialer Strukturen. 44B3: Fraktur auf Höhe der Syndesmose, Beteiligung medialer Strukturen und Ausbrechen eines hinteren Keils (Volkmannndreieck oder Volkmanschale) (34).....	26
Abbildung 8: suprasyndesmotische Läsion; 44C1: diaphysäre einfache Fraktur der Fibula. 44C2: multiframegment Fraktur der diaphysären Fibula; 44C3: proximale Fibula Fraktur unterhalb des Fibulaköpfchens (34).....	27
Abbildung 9: Durch eine Luxationsfraktur deformiertes Sprunggelenk.....	28
Abbildung 10: Seitliche Aufnahme eines linken OSG Typ C Fraktur nach Weber.....	30
Abbildung 11: "Mortise view" eines linken OSG mit einer Typ C Fraktur nach Weber, verdächtig auf mediale Gelenksspalterweiterung.....	30
Abbildung 12: Zusätzlich AP Röntgenaufnahme des Knies desselben Patienten mit einer Fraktur Typ C nach Weber.....	31
Abbildung 13: Seitliches Röntgen derselben linken Knieregion mit einer Fraktur Typ C nach Weber, wobei sich die hohe Fibulafraktur nur am zusätzlichen seitlichen Knieröntgen zeigt.....	31
Abbildung 14: Der Hook Test zeigt keine Dislozierbarkeit der Fibula.....	33
Abbildung 15: Typ B Fraktur nach Weber, nach erfolgter Osteosynthese.....	33

Abbildung 16: Seitliche Aufnahme der angefertigten Lagerungsschiene. Hier ist die Neutralposition von 0° Plantarflexion zu erkennen, welche durch die vorgeformten Korkschienen vorgegeben ist.....	39
Abbildung 17: Ansicht der angefertigten Schiene von Caudal. Auf dieser Aufnahme ist der eingestellte Winkel von 15° Innenrotation beidseits (insgesamt 30°) zu erkennen.....	39
Abbildung 18: Dorsale Ansicht der Lagerungsschiene.....	40
Abbildung 19: Ventrale Ansicht der Lagerungsschiene.....	40
Abbildung 20: Lagerung eines Probanden für das seitliche Röntgen des linken Sprunggelenks.....	41
Abbildung 21: Lagerung eines Probanden für das AP Röntgen des linken Sprunggelenks	41
Abbildung 22: Lagerung eines Probanden im CT mit angelegter Lagerungsschiene in caudaler Ansicht.....	42
Abbildung 23: Einstellung in der horizontalen Ebene für die ersten drei Messungen rechts. Schräge Achse verbindet Fibulakante und die Mitte der distalen Tibia.....	44
Abbildung 24: Frontale Ansicht der bimalleolären Ebene. Die Ebene wurde soweit anterior-posterior verschoben, dass die Gelenke zwischen Talus und Innenknöchel sowie Talus und Aussenknöchel größtmöglich abgebildet wurden.....	44
Abbildung 25: Abbildung der horizontalen Ebene, mit [13] ist in diesem Bild die erste Messung an einem rechten Sprunggelenk gekennzeichnet.....	45
Abbildung 26: Die zweite Messung an einem rechten Sprunggelenk ist in diesem Bild mit [12] gekennzeichnet.....	46
Abbildung 27: Die dritte Messung an einem rechten Sprunggelenk ist in diesem Bild mit [14] gekennzeichnet.....	47
Abbildung 28: Frontale Ansicht der bimalleolären Ebene rechts. Zu sehen sind die beiden Horizontalen anhand derer der craniocaudale Abstand gemessen wurde.....	48
Abbildung 29: Abbildung der fünften Messung an einem rechten Sprunggelenk in der horizontalen Ebene.....	49
Abbildung 30: Abbildung der sechsten Messung in der Horizontalen Ebene rechts.....	50
Abbildung 31: Messung 1, 2 und 3 in einem konventionellen Röntgenbild eines rechten Sprunggelenks.....	51
Abbildung 32: Messung 4 in einem konventionellem Röntgenbild eines rechten Sprunggelenks.....	51
Abbildung 33: Horizontalebene der unkorrigierten CT - Bildern.....	52

Abbildung 34: Messausgangspunkt der Frontalebene, Leitstruktur mit roter Markierung...	53
Abbildung 35: ProbandIn 1: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG).....	70
Abbildung 36: ProbandIn 1: Messendpunkt Horizontalebene.....	70
Abbildung 37: ProbandIn 1: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG).....	71
Abbildung 38: ProbandIn 1: Messendpunkt Frontalebene.....	71
Abbildung 39: ProbandIn 2: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG).....	72
Abbildung 40: ProbandIn 2: Messendpunkt Horizontalebene.....	72
Abbildung 41: ProbandIn 2: Messausgangspunkt Frontalebene (li OSG).....	73
Abbildung 42: ProbandIn 2: Messendpunkt Frontalebene.....	73
Abbildung 43: ProbandIn 3: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG).....	74
Abbildung 44: ProbandIn 3: Messendpunkt Horizontalebene.....	74
Abbildung 45: ProbandIn 3: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG).....	75
Abbildung 46: ProbandIn 3: Messendpunkt Frontalebene.....	75
Abbildung 47: ProbandIn 4: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG).....	76
Abbildung 48: ProbandIn 4: Messendpunkt Horizontalebene.....	76
Abbildung 49: ProbandIn 4: Messausgangspunkt Frontalebene (li OSG).....	77
Abbildung 50: ProbandIn 4: Messendpunkt Frontalebene.....	77
Abbildung 51: ProbandIn 5: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG).....	78
Abbildung 52: ProbandIn 5: Messendpunkt Horizontalebene.....	78
Abbildung 53: ProbandIn 5: Messausgangspunkt Frontalebene (li OSG).....	79
Abbildung 54: ProbandIn 5: Messendpunkt Frontalebene.....	79
Abbildung 55: ProbandIn 6: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG).....	80
Abbildung 56: ProbandIn 6: Messendpunkt Horizontalebene.....	80
Abbildung 57: ProbandIn 6: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG).....	81
Abbildung 58: ProbandIn 6: Messendpunkt Frontalebene.....	81
Abbildung 59: ProbandIn 7: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG).....	82
Abbildung 60: ProbandIn 7: Messendpunkt Horizontalebene.....	82
Abbildung 61: ProbandIn 7: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG).....	83
Abbildung 62: ProbandIn 7: Messendpunkt Frontalebene.....	83
Abbildung 63: ProbandIn 8: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG).....	84
Abbildung 64: ProbandIn 8: Messendpunkt Horizontalebene.....	84
Abbildung 65: ProbandIn 8: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG).....	85
Abbildung 66: ProbandIn 8: Messendpunkt Frontalebene.....	85
Abbildung 67: ProbandIn 9: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG).....	86

Abbildung 68: ProbandIn 9: Messendpunkt Horizontalebene.....	86
Abbildung 69: ProbandIn 9: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG).....	87
Abbildung 70: ProbandIn 9: Messendpunkt Frontalebene.....	87
Abbildung 71: ProbandIn 10: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG).....	88
Abbildung 72: ProbandIn 10: Messendpunkt Horizontalebene.....	88
Abbildung 73: ProbandIn 10: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG).....	89
Abbildung 74: ProbandIn 10: Messendpunkt Frontalebene.....	89

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Normwerte der Syndesmose im Röntgen *Seite 55*
- Tabelle 2: Messung 1 – Messergebnis CT Bilder Radiologin *Seite 59*
- Tabelle 3: Messung 1 – Messergebnis CT Bilder Student *Seite 59*
- Tabelle 4: Messung 1 – Messergebnis Röntgen Bilder Radiologin *Seite 60*
- Tabelle 5: Messung 1 – Messergebnis Röntgen Bilder Student *Seite 60*
- Tabelle 6: Messung 2 – Messergebnis CT Bilder Radiologin *Seite 61*
- Tabelle 7: Messung 2 – Messergebnis CT Bilder Student *Seite 61*
- Tabelle 8: Messung 2 – Messergebnis Röntgen Bilder Radiologin *Seite 62*
- Tabelle 9: Messung 2 – Messergebnis Röntgen Bilder Student *Seite 62*
- Tabelle 10: Messung 3 – Messergebnis CT Bilder Radiologin *Seite 63*
- Tabelle 11: Messung 3 – Messergebnis CT Bilder Student *Seite 63*
- Tabelle 12: Messung 3 – Messergebnis Röntgen Bilder Radiologin *Seite 64*
- Tabelle 13: Messung 3 – Messergebnis Röntgen Bilder Student *Seite 64*
- Tabelle 14: Messung 4 - Messergebnis CT Bilder Radiologin *Seite 65*
- Tabelle 15: Messung 4 – Messergebnis CT Bilder Student *Seite 65*
- Tabelle 16: Messung 4 – Messergebnis Röntgen Bilder Radiologin *Seite 66*
- Tabelle 17: Messung 4 – Messergebnis Röntgen Bilder Student *Seite 66*
- Tabelle 18: Messung 5 – Messergebnis CT Bilder Radiologin *Seite 67*
- Tabelle 19: Messung 5 – Messergebnis CT Bilder Student *Seite 67*
- Tabelle 20 Messung 6 – Messergebnis CT Bilder Radiologin *Seite 68*
- Tabelle 21 Messung 6 – Messergebnis CT Bilder Student *Seite 68*
- Tabelle 22: Schichtdifferenzen in unkorrigierten CT Bildern *Seite 69*

Einleitung

Allgemeines

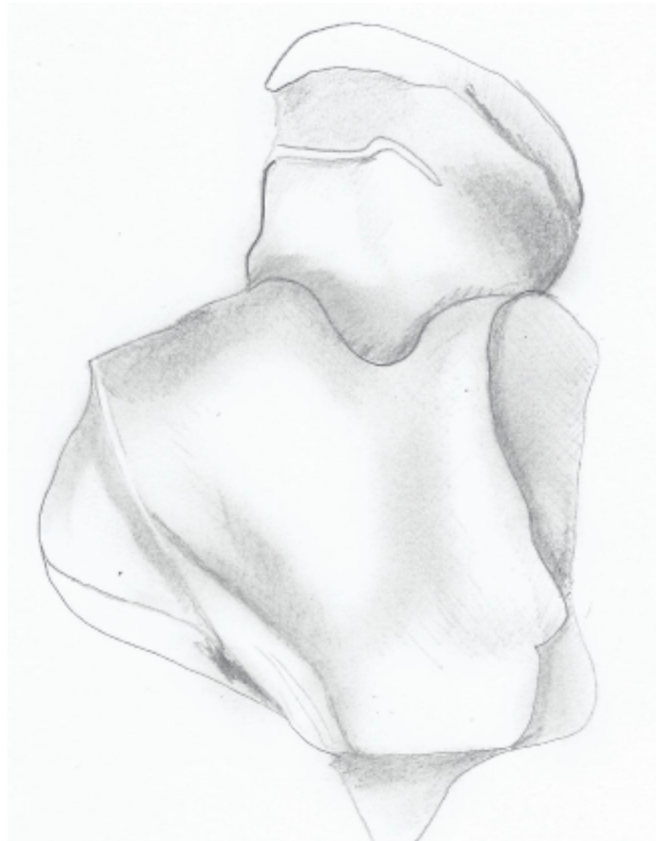
Verletzungen der Syndesmose stellen einen Großteil der Sprunggelenksverletzungen dar. Besonders sportlich tätige Menschen sind von dieser Art der Verletzung relativ häufig betroffen. In rezenten wissenschaftlichen Arbeiten wird davon ausgegangen, dass in 1-18% aller Sprunggelenksverletzungen eine Verletzung der Syndesmose zu erwarten ist (1). Die anatomisch korrekte Lage des Malleolus lateralis an der lateralen Gelenksfläche des Talus, welche durch den Bandapparat des Sprunggelenks gewährleistet wird, ist von höchster Bedeutung bei Verletzungen des lateralen Sprunggelenks und der Syndesmose. Van Vlijmen N et al. zeigten 2015 in ihrer Arbeit, dass nach einem durchschnittlichen Zeitraum von 5,1 Jahren nach Syndesmosenverletzung mit operativer Stabilisierung 26% der Patienten ihres Kollektivs degenerative Veränderungen am Sprunggelenk zeigten und insgesamt 60% der Patienten nach wie vor über Schmerzen klagten (2).

Somit war es uns ein Anliegen an einer praktikablen Lösung zur Abbildung der Sprunggelenke im Seitenvergleich zu arbeiten, da sich in der rezenten Literatur bisher keine Arbeiten fanden, welche ein zufriedenstellendes Ergebnis beim Seitenvergleich der Sprunggelenke in der radiologischen Bildgebung lieferten. Als Arbeitshypothese diente uns die als "mortise view" angegebene ap – Ebene mit 15° Innenrotation, welche wir versuchten in einer modifizierten CT Multislice Untersuchung beider Sprunggelenke unter Verwendung einer Lagerungshilfe nachzuahmen.

Anatomie

Die Gelenkskörper mit Gelenksflächen

Die artikulierenden Knochen des oberen Sprunggelenks sind die distale Tibia, die distale Fibula sowie die Trochlea tali. Der Talus wird von der Malleolen - Gabel, welche von den distalen Enden von Tibia und Fibula gebildet wird, umklammert. Die Facies articularis inferior tibiae interagiert mit der Facies superior tali. Medial interagieren die Facies articularis malleoli medialis tibiae und die Facies malleolaris medialis tali. Lateral artikuliert die Facies articularis malleoli lateralis fibulae mit der Facies malleoli lateralis des Talus.



*Abbildung 1: Linker Talus. Ansicht von cranial
(eigene Zeichnung)*

Das obere Sprunggelenk

Das obere Sprunggelenk ist ein Scharniergelenk, welches aus den zuvor beschriebenen artikulierenden Knochen besteht. Der normale Bewegungsumfang der unverletzten *Articulatio talocruralis* beträgt 30 Grad Dorsalextension, sowie 40-50 Grad Plantarflexion. Aufgrund der Form des Talus verändert sich die Weite der Sprunggelenksgabel bei Bewegungen im oberen Sprunggelenk. Die *Trochlea tali*, welche nach vorne hin breiter wird, drängt in der Dorsalextension die Malleolengabel auseinander, sodass diese breiter bzw. weiter wird und der Talus von *Malleolus lateralis* und *medialis* fest umklammert wird. Dies entspricht während des Schrittzklus dem Aufsetzen der Ferse am Boden. In Plantarflexion ist die Umklammerung um den Talus lockerer. Dadurch werden Drehungen und seitliche Verschiebungen möglich, was eine Anpassung des Schrittes an den Untergrund erlaubt.

Der Gelenkkomplex des oberen Sprunggelenks wird gebildet durch das obere Sprunggelenk selbst und die *Articulatio tibiofibularis distalis*. Im oberen Sprunggelenk interagiert das Dach des Talus mit der Sprunggelenksgabel, welche durch die distalen Enden von *Tibia* und *Fibula* gebildet wird. *Fibula* und *Tibia* sind am Unterschenkel über ligamentäre und membranöse Strukturen verbunden. Proximal sind die Knochen in der *Articulatio tibiofibularis* gelenkig verbunden. Dort sind die proximalen Enden der beiden Knochen als *Amphiarthrose* straff verbunden. Diese *Amphiarthrose*, welche über einen straffen Bandapparat fixiert ist, lässt nur geringste Gleitbewegungen zu. Die artikulierenden Gelenksflächen sind die *Facies articularis fibularis tibiae* und die *Facies articularis capitis fibulae*. Die beiden Gelenkskörper werden ventral durch das *Lig. capitis fibulae anterius* verbunden. Dorsal verbindet das schwächere *Lig. capitis fibulae posterius* die beiden Knochen. Das Gelenk erlaubt geringste Translationsbewegungen in der vertikalen und transversalen Ebene. Auch geringe Rotationsbewegungen sind hier möglich. Eine Bewegung in der *Art. tibiofibularis proximalis* geht immer mit einer Auslenkung in der *Syndesmosis tibiofibularis* einher.



Abbildung 2: Die Art. talocruralis von ventral (eigene Zeichnung).

Die Bandverbindungen

Im diaphysären Teil von Tibia und Fibula ist die Verbindung der beiden Knochen durch die Bildung der Membrana interossea cruris gegeben. Sie ist aus straffem Bindegewebe aufgebaut. Ihre Fasern verlaufen schräg, wobei die Fasern von proximal von der Tibia nach distal an die Fibula laufen. Ihre Breite nimmt von proximal nach distal ab. Weiters weist sie einige Lücken zum Durchtritt von Gefäßen auf. Ihre Funktion beruht darauf, eine Ursprungsfläche für die crurale Muskulatur zu bilden. Eine weitere Aufgabe ist die Stabilisierung der Syndesmosis tibiofibularis.

Die distalen Enden von Tibia und Fibula werden durch den Bandkomplex der Syndesmosis tibiofibularis zusammengehalten. Meist wird hier nicht mehr von einem Gelenk, sondern einer Bandhaft gesprochen, da kaum Bewegungen an dieser Knochenverbindung möglich sind. Das distale Ende der Fibula ist hier in die konkave Incisura fibularis tibiae eingepasst. Die artikulierenden Knochen weisen einen Überzug mit Periost auf, laut einigen Autoren findet sich hier kein hyaliner Knorpel (3) . Andere Autoren erwähnen hier wiederum ein Band aus hyalinem Knorpel (4).

Die Syndesmose selbst ist aus vier ligamentären Strukturen aufgebaut, wobei auch hier verschiedene Meinungen in der Literatur zu finden sind. Manche Autoren sprechen nur von zwei straffen Bändern, dem Lig. tibiofibulare anterius und dem Lig. tibiofibulare posterius (3). John J. Hermanns et al. sprechen in ihrer Arbeit über die Anatomie der Syndesmosis tibiofibularis von 4 Bändern. Dabei werden das "distal anterior tibiofibular ligament" (DATFL), das "distal posterior tibiofibular ligament" (DPTFL), das "transverse ligament" und das "interosseus ligament" beschrieben (5). Jan Bartonícek spricht wiederum nur von drei Bändern, welche die Syndesmose formen. Er erwähnt in seiner Arbeit ein interosseus ligament, ein anterior tibiofibular ligament und ein posterior tibiofibular ligament (6). Über die Ausdehnung der Art. tibiofibularis distalis herrscht bisher noch kein Konsens, allerdings wird eine Ausdehnung des Gelenks vom Beginn der ligamentären Strukturen an der Tibia bis zu deren Enden am Malleolus fibularis beschrieben (5). Die verschiedenen Anteile dieser Bandhaft scheinen jedenfalls unterschiedlich viel Kraft aufzunehmen und Zugkräften unterschiedlich viel Widerstand entgegenzusetzen. So beschreiben Olgive Harris et al., dass das Lig. tibiofibulare anterius 35% des Widerstandes aufbringt und somit der stärkste Teil der Bandhaft ist. Das Lig. tibiofibulare interosseus steuert 22% des Widerstandes bei. Die oberflächlichen Fasern des Lig. tibiofibulare posterior inferior entrichten 9% des Widerstandes und die tiefen Fasern des Lig. tibiofibulare inferior schließlich bringen 33% des Widerstandes auf (7). Somit lässt sich erkennen, dass vor allem die ventralen und dorsalen Anteile der Syndesmose die stärksten Anteile des Bandapparats der distalen Art. tibiofibularis sind.

Die Funktion der Syndesmose besteht darin, die Sprunggelenksgabel zusammenzuhalten und ein Auseinanderdriften von Tibia und Fibula zu verhindern. Eine Verbreiterung der Syndesmose kann einen Lateral-Shift des Talus nach sich ziehen, wobei schon der geringste Lateral - Shift von 1 mm eine Reduktion der Kontaktfläche von Tibia und Talus um bis zu 42% bewirken kann (8). Das Bewegungsausmaß der Syndesmose beschränkt sich auf ein Minimum. Es ist generell anerkannt, dass bei Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk die Fibula nach dorsal ausweicht und nach außen rotiert und dadurch eine Verbreiterung des tibiofibulären Clearspace entsteht (6). Art. tibiofibularis dist. und Art. tibiofibularis prox. agieren bei jeder Bewegung gemeinsam (3).

Die Sprunggelenksverletzungen

Epidemiologie

Sprunggelenksverletzungen gehören zu den häufigsten Verletzungen der aktiven Bevölkerung. Die Verletzungshäufigkeit wird auf 1 Verletzung pro 10.000 Personen pro Tag geschätzt. Vor allem Sportarten wie Rugby (9), Fußball und Laufen (10) weisen ein hohes Risiko für Sprunggelenksfrakturen auf. Es scheint auch geschlechtsspezifische Faktoren in der Ätiologie zu geben. Zumindest lässt die Studie von Shweta Shaw et al. dies vermuten. In dieser Studie waren 57% der Patienten, die eine Notaufnahme auf Grund einer Sprunggelenksverletzung aufsuchten, weiblichen Geschlechts (11). Verletzungen der Syndesmose selbst sind eine eher selten auftretende Verletzung mit einer Inzidenz von 2,09 pro 100.000 Personenjahren in den Vereinigten Staaten (12). Allerdings betreffen Syndesmosenverletzungen vor allem ein junges Patientengut (18-34 Jahre alt) (12). Dies hat einen großen Einfluss auf die Produktivität der betroffenen Personen, da sie dadurch in ihren hochproduktiven Jahren an ihren Tätigkeiten gehindert werden. Grundsätzlich muss zwischen einer isolierten Syndesmosenverletzung und der Syndesmosenverletzung im Rahmen einer Fraktur unterschieden werden. Erstere sind deutlich seltener und betreffen vor allem junge athletische Menschen. So fanden sich in der Studie von Roemer FW et al. in 20% der Sprunggelenksverletzungen von athletischen Personen Syndesmosenverletzungen (13). Nicht isolierte Syndesmosenverletzungen, also Syndesmosenverletzungen im Zuge einer Sprunggelenksfraktur, finden sich in 8,5% aller Sprunggelenksfrakturen (14). In anderen Studien werden Syndesmosenverletzungen in 25% aller Fälle der operativ versorgten Frakturen angegeben (15).

Verletzungsmechanismus:

Der Verletzungsmechanismus isolierter Syndesmosenverletzungen, welche nur einen geringen Anteil an den Syndesmosenverletzungen insgesamt haben, wurde in wissenschaftlichen Arbeiten untersucht und beschrieben. Ein möglicher Mechanismus wird in der Arbeit von Edwards GS Jr. et al. beschrieben. Er beschreibt dabei, dass eine Aussenrotation des Talus zur Verletzung des Syndesmosenkomplexes führen kann (16). Die Kraft, die durch Aussenrotation des Talus auf die Syndesmose wirkt, kann durch Dorsalextension im oberen Sprunggelenk noch vergrößert werden, da der vordere Anteil des Talus, welcher breiter ist, bei Dorsalextension in die Sprunggelenksgabel gepresst wird. Dadurch werden Tibia und Fibula auseinander gedrängt und die Spannung auf die Syndesmose erhöht. In ihrer Kadaver Studie zum Verletzungsmechanismus der Syndesmosenverletzung konnten Markolf et. al. zeigen, dass Dorsalextension im oberen Sprunggelenk und Aussenrotation des Talus in Kombination die höchste Gefahr mit sich brachten, die Syndesmose zu verletzen. Dennoch sind, wie schon erwähnt, isolierte Syndesmosenverletzungen gegenüber Syndesmosenverletzungen im Rahmen einer Sprunggelenksfraktur eher die Ausnahme. Der Verletzungsmechanismus der Sprunggelenksfrakturen wurde schon im 19. Jahrhundert von Maisonneuve beschrieben (17) und auch Lauge Hansen beschreibt in seinen Arbeiten den Verletzungsmechanismus der Sprunggelenksfrakturen (18).

Klassifikation

Klassifikationen der Sprunggelenksfrakturen gibt es viele. An dieser Stelle sollen die zwei gängigsten angeführt werden.

Eine dieser Klassifikation für Frakturen der Fibula ist die Klassifikation nach Weber. Diese Klassifikation unterteilt die Aussenknöchelfrakturen in 3 Typen. Als Einteilungsmerkmal wird hierbei die Frakturhöhe verwendet.

Typ A: Bei einer Fibula Fraktur vom Typ A findet sich die Fraktur distal der Syndesmose. Meist handelt es sich dabei um Querfrakturen oder kurze Schrägbrüche. Es handelt sich dabei um eine Verletzung im Sinne eines knöchernen Bandausrisses. Bei dieser Art der Fraktur bleibt die Sprunggelenksgabel per se intakt.

Typ B: Frakturen vom Typ B befinden sich im Bereich der Syndesmose bzw. reichen in den Bereich der Syndesmose hinein. Diese intersyndesmal gelegenen Frakturen sind oftmals in der Frontalebene eingestellt. Die Frakturform ist hierbei mannigfaltig. So können kurze und lange Schrägbrüche vorkommen, aber auch Frakturen mit mehreren Fragmenten.

Typ C: Eine Fraktur dieses Typs zeichnet sich dadurch aus, dass sie proximal der Syndesmose liegt. Die Fraktur kann sich bei diesem Typ im ganzen Bereich der Fibula vom Fibulaköpfchen bis zur Syndesmose finden (19). Es gibt auch suprasyndesmotische Frakturen der Fibula, welche durch ein Direktrauma verursacht werden. Bei dieser Art der Verletzung liegt keine Sprunggelenksbeteiligung und somit auch keine Syndesmosenbeteiligung vor.

Eine Sonderform der Weber C Fraktur oder hohen Fibula Fraktur ist die Maisonneuve Fraktur. Bei dieser Art der Weber C Fraktur findet sich die Fraktur distal des Fibulaköpfchens. Es kommt zur Zerreißung der Membrana interossea so wie zur Zerreißung der syndesmalen Bänder (20).

Während bei Typ A Frakturen keine Beteiligung der Syndesmose zu erwarten ist, kann es bei Typ B Frakturen zur Zerreißung der Syndesmose oder knöchernen Ausrissen der Syndesmose kommen. Die Membrana interossea bleibt bei dieser Art der Fraktur allerdings meist intakt. Weber C Frakturen verursachen durch ihre Lage praktisch immer eine Insuffizienz der Syndesmose (19), und es kommt meist zur Zerreißung der Membrana interossea bis auf die Höhe der Fibulafraktur.

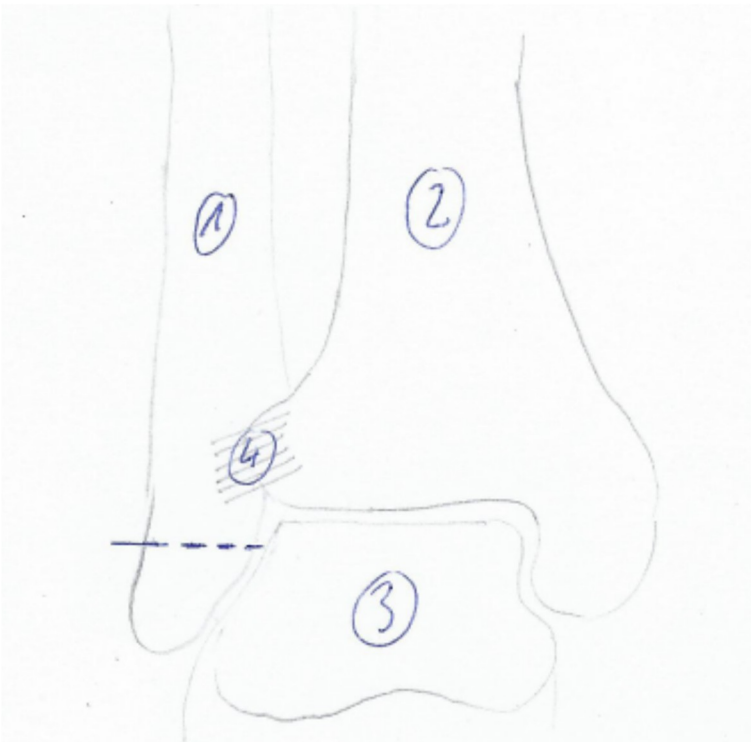


Abbildung 3: Typ A; die Frakturlinie liegt distal der Syndesmose und erreicht den Bandkomplex nicht (eigene Zeichnung)

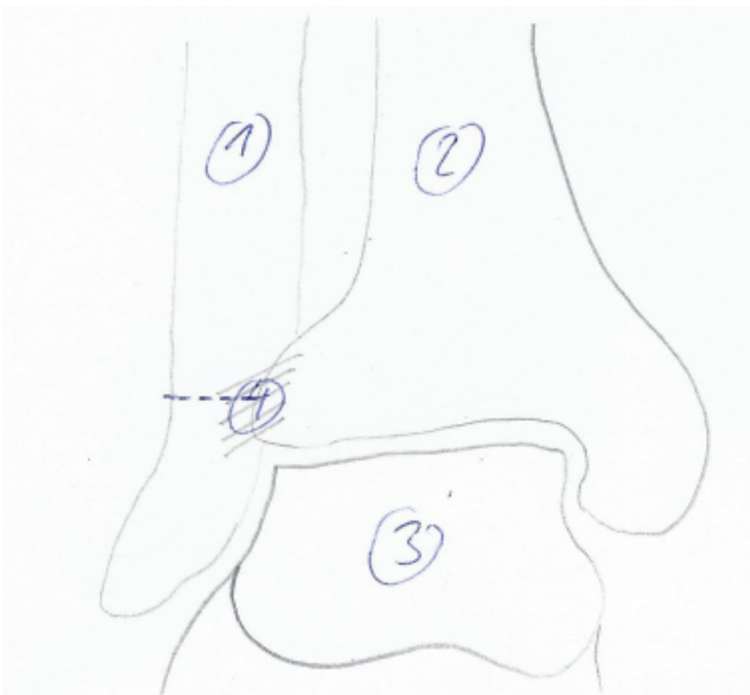


Abbildung 4: Typ B; die Fraktur erreicht den Bereich der Syndesmose (eigene Zeichnung)

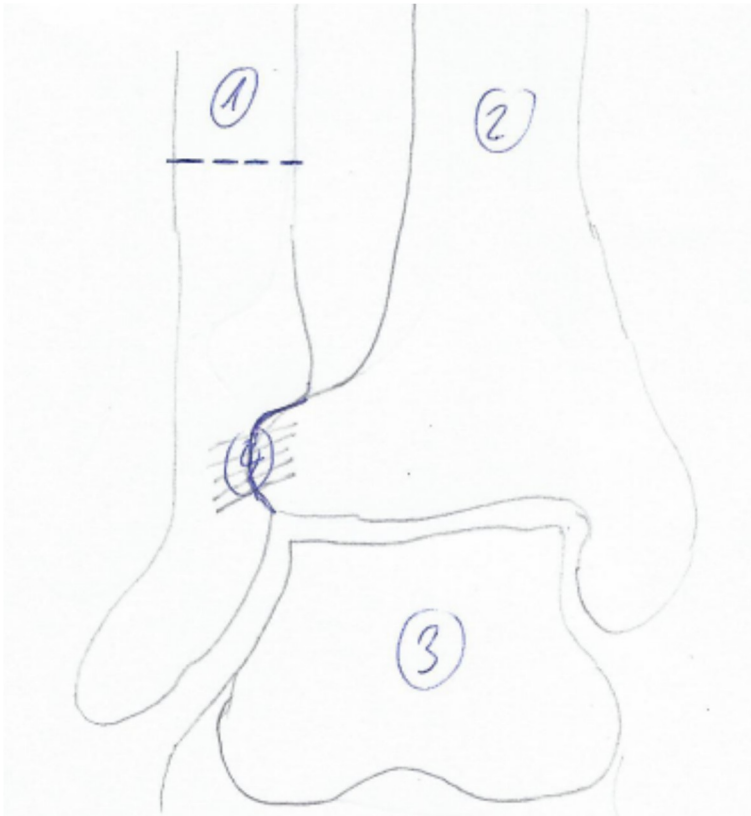


Abbildung 5: Typ C; die Fraktur liegt proximal der Syndesmose. Der Frakturspalt berührt nicht die Syndesmose (eigene Zeichnung).

Legende zu Abbildung 3,4 und 5:

1: Fibula

2: Tibia

3: Talus

4: Syndesmose

gestrichelte Linie: Fraktur

Eine weitere Art der Klassifikation von Sprunggelenksfrakturen ist die Müller- AO-Klassifikation. Diese Art der Klassifikation richtet sich wieder an der Beziehung der Fibulafraktur zur Syndesmose, allerdings unterscheidet sie noch weiter anhand der Frakturform sowie der mitbeteiligten anderen Strukturen. Die Nummerierung wird anhand der Regionen vorgenommen. Die Malleolarregion erhielt hierbei die Nummer 44.

Typ 44 A:

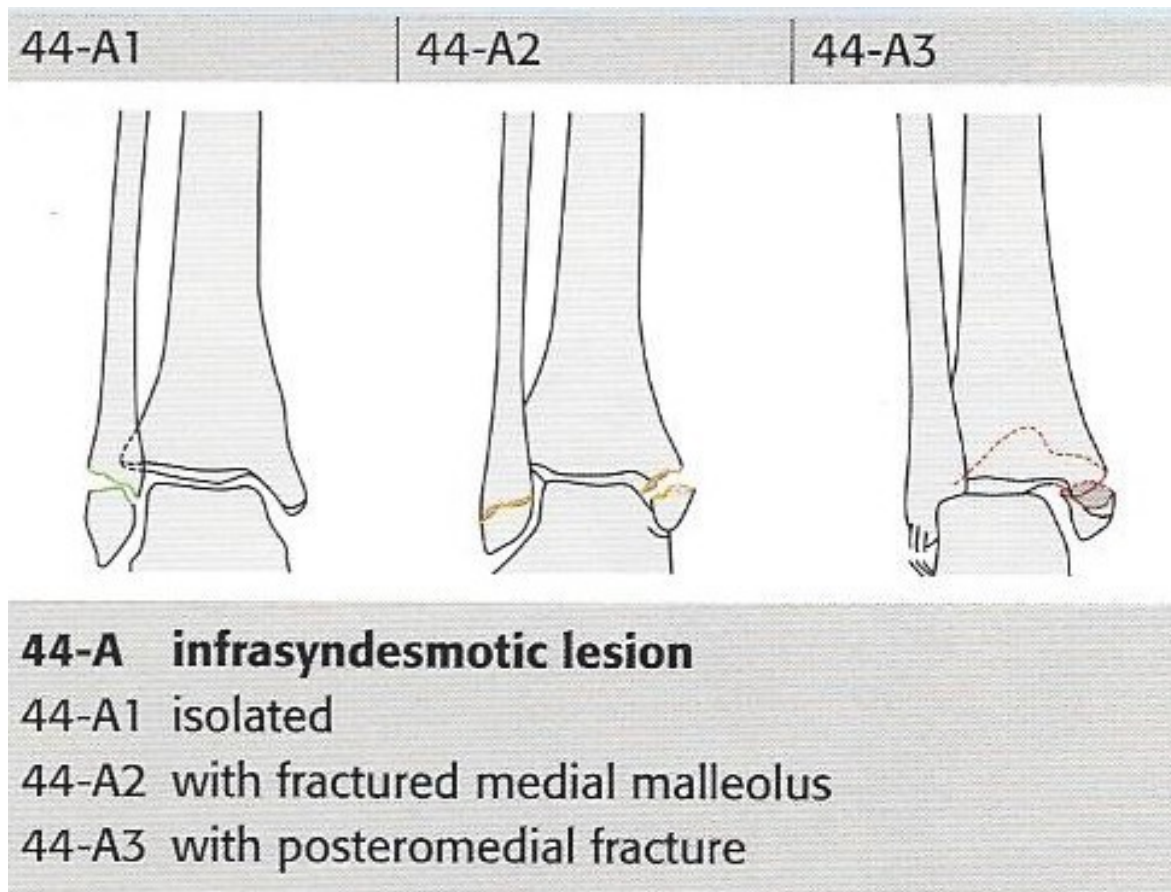
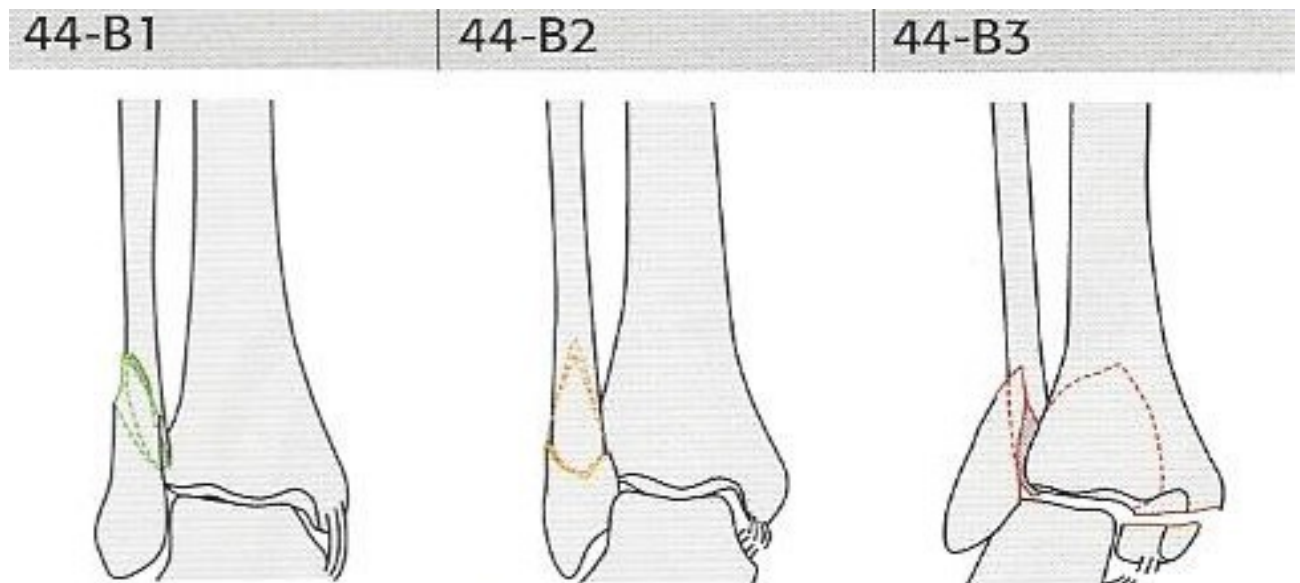


Abbildung 6: infrasyndesmatische Läsion 44A1: hierbei handelt es sich um eine isolierte Fraktur der Fibula, distal der Syndesmose. 44A2: bimalleoläre Fraktur, wobei die Fibula unterhalb der Syndesmose gebrochen ist. 44A3: hier kommt es zusätzlich zum Ausriss eines hinteren Keils (Volkmandreieck oder Volkmannschale)(34).

Typ 44 B:



44-B transsyndesmotic fibular fracture

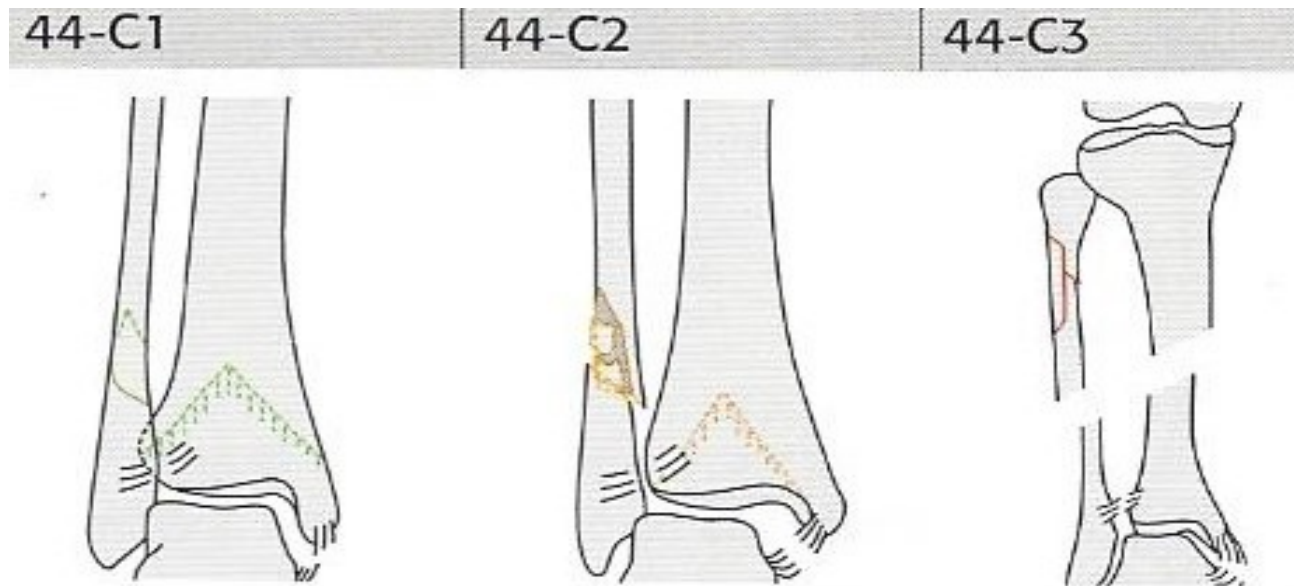
44-B1 isolated

44-B2 with medial lesion

44-B3 with medial lesion and Volkmann's fracture

Abbildung 7: transsyndesmatische Läsion; 44B1: eine isolierte Fraktur der Fibula auf Höhe der Syndesmose. 44B2: eine Fibulafraktur im Bereich der Syndesmose mit Beteiligung medialer Strukturen. 44B3: Fraktur auf Höhe der Syndesmose, Beteiligung medialer Strukturen und Ausbrechen eines hinteren Keils (Volkmandreieck oder Volkmannschale) (34)

Typ 44 C:



44-C suprasyndesmotic lesion
44-C1 fibular diaphyseal fracture, simple
44-C2 fibular diaphyseal fracture, multifragmentary
44-C3 proximal fibular lesion

Abbildung 8: suprasyndesmatische Läsion; 44C1: diaphysäre einfache Fraktur der Fibula. 44C2: multifragment Fraktur der diaphysären Fibula. 44C3: proximale Fibula Fraktur unterhalb des Fibulaköpfchens (34).

(21)

Klinik

Die Symptomatik der Syndesmosenverletzung richtet sich danach, ob die Verletzung nur die Syndesmose betrifft oder ob sie in Kombination mit Beteiligung anderer Strukturen auftritt. Isolierte Syndesmosenverletzungen werden oftmals erst mit Verzögerung detektiert. Verletzungen des Syndesmosenkomplexes werden häufig mit Verstauchungen des oberen Sprunggelenks verwechselt, da ihre Symptomatik am Beginn ähnlich sein kann. Es tritt eine Schwellung im Bereich des Sprunggelenks auf und im Verlauf tritt oft eine Hämatomverfärbung auf. Der Schmerz ist bei der isolierten Syndesmosenverletzung meist an der lateralen Seite des oberen Sprunggelenks sowie im Verlauf der Fibula am Unterschenkel lokalisiert. Die Bewegung ist im Akut- Fall schmerzbedingt eingeschränkt. Das Auftreten auf dem betroffenen Bein kann erschwert bis nicht möglich sein. Dies macht auch verlässliche klinische Tests für isolierte Syndesmosenverletzungen wie den Single-Leg- Hop- Test undurchführbar. Bei Druck auf die Fibula im mittleren Drittel kann es zu Schmerzen im Bereich der Sprunggelenksgabel kommen. Die Patienten klagen meist auch über eine Gehunfähigkeit auf Grund eines Gefühles des Stabilitätsverlustes im betroffenen Sprunggelenk. Wird die Syndesmosenverletzung nicht adäquat behandelt oder die Phase der Sprunggelenksschonung zu kurz gehalten, kann sich eine chronische Instabilität im Sprunggelenk entwickeln, welche den Patienten durch häufiges Überknöcheln Beschwerden verursachen kann.



Abbildung 9: Durch eine Luxationsfraktur deformiertes Sprunggelenk

Tritt die Syndesmosenverletzung im Rahmen einer Fraktur auf, richtet sich die Symptomatik meist an Hand der Fraktur aus. So tritt meist rasch eine starke Schwellung im Bereich der Fraktur auf. Die Bewegung kann stark eingeschränkt sein, eine Belastbarkeit ist oft nicht mehr gegeben. Im Rahmen einer Sprunggelenksluxationsfraktur kann die Bewegung auch gänzlich aufgehoben sein und die Form der Knöchelregion deformiert sein. Speziell bei Luxationsfrakturen müssen die periphere Motorik, Durchblutung sowie die Sensibilität im Akut- Fall wie auch im Verlauf regelmäßig kontrolliert werden, um die Kompression oder Verletzung von Blutgefäßen und Nerven, die in enger Beziehung zum Sprunggelenk stehen, früh zu erkennen. Das subcutane Gewebe ist an der Sprunggelenksregion sehr schwach ausgeprägt. Besonders dünn ist diese Schicht am Aussenknöchel und Innenknöchel. Verrenkungen können durch die veränderte Position der knöchernen Gelenksanteile oder Frakturfragmente (meist Luxation nach außen und hinten) einen pathologisch hohen Druck von Innen auf die Haut dieser Region ausüben und sogar zum Aufreißen der Haut über dem scharfkantigen distalen medialen Anteil der Tibia führen - im Sinne einer offenen Fraktur. Dieser Druck auf die gespannte Haut führt dazu, dass die betroffenen Hautareale nekrotisch werden können. Dadurch kann die Versorgung der Verletzung erschwert, verzögert oder gänzlich unmöglich werden.

Diagnostik

An dieser Stelle soll nur ein Überblick über die Möglichkeiten der Diagnostik bei Syndesmosenverletzungen gegeben werden. Da sich das Thema dieser Arbeit um die Diagnostik von Syndesmosenverletzungen dreht, werden die diagnostischen Mittel, deren Anwendungsgebiete, sowie Vor- und Nachteile der jeweiligen Methoden in der Diskussion ausführlicher besprochen.

Beginnend wird wie bei jeder Verletzung eine ausführliche zielgerichtete Anamnese erhoben. Diese sollte die Dauer der Beschwerden (akut oder schon länger bestehende Beschwerden?) beinhalten. Der Verletzungsmechanismus muss im Rahmen der Anamnese erfragt werden (Supinations-, Pronations- oder Direkt-Trauma?), ebenso Art und Ort der Schmerzen (Schmerzen im Bereich des Sprunggelenks, darüber oder über den Unterschenkel ausstrahlend?). Wann bzw. wodurch verschlimmert sich der Schmerz? Was wurde bisher unternommen?

Während der Inspektion des betroffenen Sprunggelenks muss auf eine etwaige

Fehlstellung im Sprunggelenk geachtet werden. Auch Schwellungen und Hämatome müssen Beachtung finden. Ebenso muss der Hautmantel auf seine Unversehrtheit überprüft werden (gespannte Hautareale, Abschürfungen, Spannungsblasen, Hautdurchspießungen, offene Stellen). Im Rahmen der klinischen Untersuchung können verschiedene klinische Tests zur Überprüfung der Syndesmosenstabilität durchgeführt werden, welche aber im Rahmen der Diskussion hinreichend besprochen werden sollen.

Wird ein bildgebendes Verfahren für nötig empfunden, werden zunächst Röntgenbilder angefertigt. Im Zweifelsfall sollten zumindest Röntgenbilder zweier Ebenen angefertigt werden. Bei Verdacht auf eine Syndesmosenverletzung sollte zusätzlich eine sogenannte "Mortise view" Aufnahme des Sprunggelenks angefertigt werden, um die Syndesmosenweite ausreichend beurteilen zu können. Für diese Aufnahme, welche ap geschossen wird, muss das Sprunggelenk 15-20° innenrotiert sein. Besteht in der klinischen Untersuchung der Verdacht, dass die Fibula weiter proximal gebrochen sein könnte, sollten zusätzlich Röntgenbilder der Knieregion angefertigt werden (APS) um eine Fraktur des Typs C nach Weber auszuschließen.



Abbildung 11: "Mortise view" eines linken OSG mit einer Typ C Fraktur nach Weber, verdächtig auf mediale Gelenkspalterweiterung.



Abbildung 10: Seitliche Aufnahme eines linken OSG Typ C Fraktur nach Weber.



Abbildung 12: Zusätzlich AP Röntgenaufnahme des Knies desselben Patienten mit einer Fraktur Typ C nach Weber.



Abbildung 13: Seitliches Röntgen derselben linken Kniegion mit einer Fraktur Typ C nach Weber, wobei sich die hohe Fibulafaktur nur am zusätzlichen seitlichen Knieröntgen zeigt.

Bei unschlüssigem Befund wird als nächstes eine Schichtbildaufnahme des betroffenen Gelenkes durchgeführt werden. Im Rahmen der Computertomographie können Avulsionsfrakturen der Ansätze des vorderen wie des hinteren Syndesmosenbandes festgestellt werden. Ebenso kann die Intaktheit der syndesmotischen Bänder anhand des Abstands zwischen Tibia und Fibula beurteilt werden. Eine direkte Beurteilung des Bandapparates ist hierbei nicht möglich, da die Weichteile im CT nur eingeschränkt beurteilbar sind.

Deshalb besteht der nächste Schritt der Abklärung einer möglichen Syndesmosenverletzung in der Durchführung einer Magnetresonanztomographie. Im Rahmen der Magnetresonanztomographie können die Bänder des Syndesmosenkomplexes direkt beurteilt werden. Weiters kann eine Verletzung der Syndesmose oder eine daraus resultierende Instabilität des oberen Sprunggelenks anhand von Sekundärveränderungen diagnostiziert werden. Diese Sekundärveränderungen beinhalten Ödeme, Narbenbildung, Verdickung der syndesmotischen Bänder. Weiters können Knochenprellungen anhand von Knochenmarksödemen erkannt werden. Auch osteochondrale Läsionen und Knorpelläsionen, die auf eine Instabilität im oberen Sprunggelenk schließen lassen, können in der Magnetresonanztomographie detektiert werden.

Im Rahmen dynamischer Untersuchungen oder Stressuntersuchungen kann mittels Bildwandler (BV) eine Verbreiterung des Abstandes zwischen Tibia und Fibula im Vergleich zur Gegenseite erkannt werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wird im oberen Sprunggelenk eine Dorsalextension durchgeführt. Da der Talus ventral breiter ist als dorsal und bei einer Dorsalextension der ventrale Teil des Talus in die Sprunggelenksgabel eintaucht, werden im Rahmen dieser Bewegung Tibia und Fibula weiter auseinander gedrängt, wenn der Syndesmosenkomplex verletzt ist, als am gesunden Bein. Dieses Auseinanderdrängen von Tibia und Fibula kann mittels Bildwandler detektiert werden. Es kann auch versucht werden den Talus in Neutralstellung des oberen Sprunggelenks nach lateral zu verschieben, wobei sich bei Syndesmoseninsuffizienz oder Verletzung der mediale Clearspace erweitert.

Im Rahmen eines operativen Eingriffs, wie z. B. bei der Osteosynthese einer lateralen Malleolarfraktur, wird nach Versorgung der Fibula der sogenannte "Hook-Test" (Abb. 14 und 15) durchgeführt. Dabei wird vom Operateur ein stumpfer Haken an die Fibula gesetzt und es wird versucht, die Fibula nach lateral zu ziehen. Ebenso sollte ein Zug nach dorsal ausgeübt werden um alle Bestandteile der Syndesmose zu prüfen. Gelingt es hierbei die Fibula nach lateral oder dorsal zu ziehen so spricht dies für eine Verletzung eines oder mehrerer syndesmotischer Bänder.



Abbildung 14: Der Hook Test zeigt keine Dislozierbarkeit der Fibula



Abbildung 15: Typ B Fraktur nach Weber, nach erfolgter Osteosynthese

Therapiemöglichkeiten

Die Therapie einer Sprunggelenksverletzung richtet sich nach Art und Schweregrad der Verletzung. Prinzipiell muss zwischen reinen Weichteil-, größtenteils Bandverletzungen, und ossären Verletzungen unterschieden werden.

Erstere können meist zuwartend und konservativ behandelt werden. Mit einem konservativen Therapieregime ist hierbei eine initiale Therapie nach dem RICE Schema gemeint. Dieses Therapie-Regime inkludiert Pause (R - Rest), Kryotherapie (I - Ice), Kompression (C - Compression) und Hochlagerung (E - Elevation). Sollte innerhalb der klinischen Untersuchung der Verdacht aufkommen, dass es sich um eine isolierte Syndesmosenverletzung handeln könnte, oder dass das betroffene Sprunggelenk instabil sein könnte, muss eine weitere Abklärung mittels gehaltener Aufnahmen, einer Computertomographie oder einer Magnetresonanztomographie erfolgen. Klagt der Patient oder die Patientin über einen ungewöhnlich langen Zeitraum hinaus, welcher untypisch für die Art einer reinen fibularen Bandverletzung ist, so sollten auch im Verlauf noch Abklärungsmaßnahmen zum Ausschluß einer Syndesmosenverletzung erfolgen.

Bei knöchernen Verletzungen des Sprunggelenks und der Syndesmose sind die Arten der Therapien mannigfaltig und orientieren sich an der Klassifikation der Fraktur, sowie am Ausmaß des Weichteilschadens.

Isolierte unverschobene Frakturen des Typs Weber A können einem konservativen Therapieregime zugeführt werden. Handelt es sich um dislozierte größere Fragmente, oder gar den ganzen infrasyndesmotischen Teil des Aussenknöchels, so kann es auch sinnvoll sein eine Fraktur des Typs Weber A operativ zu sanieren. Wenn die Fraktur in Kombination mit einer verschobenen Fraktur des Innenknöchels einhergeht, wird ein operatives Therapieregime mit offener Reposition und innerer Fixierung nötig sein. Für die Refixierung des Aussenknöchels bieten sich mehrere Methoden an. Zum einen kann die Fraktur mittels Drittelrohrplatte versorgt werden. Eine andere Methode ist die Zugurtung mittels Kirschnerdrähten (21).

Da bei diesen infrasyndesmotischen Verletzungen keine Beteiligung der Syndesmose zu erwarten ist, kann hier von der Implantation einer Stellschraube abgesehen werden.

Transsyndesmotische Frakturen bzw. Frakturen des Typs Weber B können mit oder auch ohne Verletzung der Syndesmose einhergehen. Die Fraktur wird über einen lateralen

Zugang dargestellt. Durch den Frakturspalt hindurch kann meist auch die Talusrolle inspiziert werden. Transsyndesmatische Frakturen werden nach erfolgter Reposition mittels einer 3,5mm oder 2,7mm Kortikaliszugschraube versorgt. Zum Schutz der Zugschraubenosteosynthese wird zusätzlich eine Drittelrohrplatte an der distalen Fibula fixiert (21). Erst nach erfolgter Osteosynthese des Aussenknöchels kann nun der Hakentest (Hook - Test) erfolgen, welcher weiter oben bereits beschrieben wurde. Lässt sich mit dem Hakentest eine Instabilität im distalen Tibiofibulargelenk feststellen, so muss als nächstes das distale Tibiofibulargelenk mit einer Stellschraube in anatomischer Position fixiert werden.

Suprasyndesmatische Frakturen der Fibula bzw. Frakturen des Typs Weber C werden wie Frakturen des Typs Weber B mit Zugschraube und Drittelrohrplatte versorgt. Oberstes Ziel bei der Versorgung dieser Art von Frakturen ist, neben der Wiederherstellung der ursprünglichen Länge und Rotation der Fibula, die exakte Einpassung der distalen Fibula in die Inzisur der Tibia. Als Schablone für die Länge der Fibula kann die gegenüberliegende unverletzte Seite dienen. Meist muss hierfür eine präoperative Planung mittels Zeichnung erfolgen (21).

Da es bei suprasyndesmatischen Frakturen meist auch zur Verletzung oder Zerreißung der Syndesmose kommt, welche sich beim Hakentest zeigt, wird fast immer eine Stellschraube notwendig sein (21).

Bei der Implantation von Stellschrauben zur Stabilisierung des Syndesmosenkomplexes besteht bisher kein Konsens. Weder darüber, ob drei oder vier Kortices verschraubt werden sollten, noch darüber ob ein oder zwei Schrauben verwendet werden sollten, gibt es eine eindeutige Empfehlung (22).

Die Stellschraubenimplantation sollte, wie oben bereits beschrieben, immer erst nach erfolgter Fibula Osteosynthese erfolgen. Dabei kann die Schraube in die Drittelrohrplatte eingebracht werden, wenn die Position der Platte es erlaubt, oder unabhängig von der Platte. Von der AO (= "Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese") wird empfohlen, die Stellschraube mit 20-30° von posterior nach anterior parallel zum Tibiagewölbe einzubringen (21). Beim Einbringen der Schraube muss darauf geachtet werden, dass keine übermäßige Kompression auf die distale Articulatio tibiofibularis ausgeübt wird und somit der Gelenkspalt ebendort verengt wird (21). Nach erfolgter Implantation sollte die Schraube wieder um ein oder zwei Gewindegänge gelockert werden, um eine Überkompression der Syndesmose zu verhindern. Dass Überkompression bei der

Versorgung von Syndesmosenverletzungen eine große Rolle spielt, konnte schon in der Arbeit von Steven M. Cherney et al. (23) gezeigt werden.

Mittlerweile werden in der Literatur außer der Stellschraube noch andere Methoden zur Sanierung von Syndesmosenverletzungen beschrieben.

Eine dieser Methoden ist die Versorgung mittels Tigh trope. Bei dieser wird anstelle der Stellschraube eine knotenlose Schlaufe verwendet, um die richtige Distanz zwischen Tibia und Fibula wiederherzustellen. In der Literatur findet man allerdings sehr konträre Ergebnisse im Vergleich von Stellschraube und Tigh trope (24,25,26).

Ein Vorteil der Schlaufensysteme könnte sein, dass kein Folgeeingriff zur Entfernung der Stellschraube nötig ist.

Eine weitere Alternative zur konventionellen Stellschraube wäre eine resorbierbare Schraube, welche vom Körper aufgelöst werden kann und resorbiert wird, bis dato liegen keine Ergebnisse in der Literatur vor.

Einen Sonderfall in der Versorgung von Syndesmosenverletzungen stellen vordere Avulsionsfrakturen des Tubercule de Chaput an der Tibia dar. An diesem Tuberkel ist das vordere Syndesmosenband an der Tibia fixiert. Bei derartigen Frakturen, welche meist knöcherne Bandausrisse sind, muss das Tubercule wieder an der Tibia refixiert werden. Die Methode richtet sich dabei nach der Größe des ausgebrochenen Fragments. Größere Stücke können mit einer Kleinfragmentschraube refixiert werden (21). Kleinere Fragmente können mittels Knochenankern wieder refixiert werden.

Ähnlich wie mit dem Tubercule de Chaput verhält es sich mit dem Wagstaff-Fragment. Das Wagstaff - Fragment stellt einen Ausriss des vorderen Syndesmosenbandes an der Fibula dar. Meist handelt es sich um ein sehr kleines Fragment, welches wieder an das Periost angenäht werden kann. Im Falle eines größeren Fragment kann dieses auch mit einer Kleinfragmentschraube nach Reposition refixiert werden.

Einen weiteren Sonderfall in der Versorgung von Syndesmosen Verletzungen ist die zusätzliche Fraktur des posterioren Malleolus. Oftmals ist dieser gemeinsam mit dem lateralen Malleolus bei Weber B oder Weber C Frakturen disloziert. Diese beiden Strukturen stehen über das hintere Syndesmosenband miteinander in Verbindung. Ab einer Größe von 25% der Gelenksfläche der distalen Tibia spricht man von einem

Volkman Dreieck, kleinere Fragmente werden als Volkman Schale bezeichnet. Um die hinteren Aspekte der Syndesmose zu stabilisieren, muss der hintere Malleolus wieder refixiert werden. Meist geschieht dies durch Verschraubung, entweder von vorne oder von hinten. Es bieten sich Lochschrauben an, die über einen vorgebohrten Kirschnerdraht, der vorher radiologisch bezüglich seiner Lage kontrolliert werden kann, eingebracht werden, nachdem die Reposition mit dem Kirschnerdraht fixiert worden ist.

Hauptteil

Material und Methoden:

Zunächst wurde ein Antrag bei der Ethikkommission zur vergleichenden CT – Untersuchung von oberen Sprunggelenken gestellt. Dieser Antrag wurde bei der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz eingereicht. Nach Erhalt des positiven Votums wurde damit begonnen, Probanden und Probandinnen für die Studie zu rekrutieren. Als ProbandenInnen konnten 10 Freiwillige rekrutiert werden, wobei mindestens 10 geplant waren. Dieses ProbandenInnen gut setzte sich aus 4 Frauen und 6 Männern zusammen. Es wurde aus freiwilligen KommilitonenInnen und KollegenInnen rekrutiert. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung betrug 41,18 Jahre (27-58 Jahre) . Alle Probanden und Probandinnen mussten das 18. Lebensjahr vollendet haben und durften nicht älter als 90 Jahre sein. In die Studie eingeschlossen wurden alle Probanden und Probandinnen mit beidseits gesunden Sprunggelenken. Ausgeschlossen waren Personen, welche eine knöcherne Verletzung an einem ihrer Sprunggelenke in der Vorgeschichte aufwiesen. Personen mit bereits bekannter Syndesmoseninsuffizienz wurden ebenso nicht inkludiert. Schwangere Probandinnen konnten nicht an der Studie teilnehmen, weshalb sie ebenso ausgeschlossen waren. Alle Personen die in die Studie eingeschlossen wurden, wurden bei Eintritt in das Probandengut aufgeklärt. Diese Aufklärung erfolgte durch den Untersucher. Sie enthielt eine Aufklärung bezüglich der Strahlenbelastung der bevorstehenden Untersuchungen, sowie eine Beschreibung des Untersuchungsgang. Den Personen wurde erklärt, wie sie im Rahmen der Untersuchung gelagert werden würden und wieviel ihrer Zeit (circa 15 Minuten) in Anspruch genommen werden würde. Das Aufklärungsgespräch enthielt auch die Frage nach einer möglichen Schwangerschaft der Probandinnen. Abschließend musste nach dem Aufklärungsgespräch ein Informations- und Einverständnisbogen von den in die Studie Eingeschlossenen unterzeichnet werden. Damit wurde bestätigt, dass sie ausreichend über alle Aspekte der Untersuchung und speziell über die Strahlenbelastung der Untersuchungen aufgeklärt worden waren und die Probandinnen nicht schwanger waren, sowie an keiner weiteren Studie zum Zeitpunkt der Untersuchung teilnahmen. Weiters stimmten sie mit ihrer Unterschrift zu, dass ihre anonymisierten Daten im Rahmen der Studie/ Diplomarbeit publiziert werden würden.

Während der Zeit der Rekrutierung des ProbandenInnenguts wurde auch damit begonnen die Lagerungsschiene, welche im Rahmen der Studie Verwendung finden sollte, zu konstruieren. Hierzu wurden zwei handelsübliche Unterschenkelkorkschiene verwendet. Diese wurden an den Fußteilen sowie mittig miteinander verbunden. Die beiden Korkschiene wurden so verbunden, dass der Winkel zwischen den beiden Fußteilen in der horizontalen Ebene 30° aufwies. So sollten 15° Innenrotation jedes Beines bei allen zu Untersuchenden gewährleistet werden, entsprechend der Empfehlung für "mortise view" Aufnahmen. Durch die Lagerung in den Korkschiene sollte erreicht werden, dass beide Sprunggelenke in der selben Ebene und in Neutralposition abgebildet werden konnten.



Abbildung 17: Ansicht der angefertigten Schiene von Caudal. Auf dieser Aufnahme ist der eingestellte Winkel von 15° Innenrotation beidseits (insgesamt 30°) zu erkennen.



Abbildung 16: Seitliche Aufnahme der angefertigten Lagerungsschiene. Hier ist die Neutralposition von 0° Plantarflexion zu erkennen, welche durch die vorgeformten Korkschiene vorgegeben ist.



Abbildung 18: Dorsale Ansicht der Lagerungsschiene



Abbildung 19: Ventralf Ansicht der Lagerungsschiene

Auf diesen beiden Bildern ist der Abstandhalter zu sehen, welcher beide Korkschiene mit einander verbindet. Durch ihn können 15° Innenrotation beidseits erreicht werden (Abb.17 – 19). Durch einen schmäleren bzw. breiteren Abstandhalter könnten geringere bzw. größere Innenrotationswinkel erzielt werden.

Am Tag der Untersuchung der Probanden und Probandinnen wurden zunächst Röntgenbilder ihrer Sprunggelenke beidseits angefertigt (Abb. 20, 21). Es wurden Aufnahmen im anterior - posterioren, sowie im seitlichen Strahlengang gemacht. Dabei wurden die Sprunggelenke von röntgentechnischen Assistentinnen und Assistenten in Neutralposition gelagert. Die Bilder wurden sowohl von einer Radiologin, als auch einem Unfallchirurgen bezüglich posttraumatischer bzw. arthrotischer Veränderungen beurteilt. Es musste kein Proband oder Probandin ausgeschieden werden.



Abbildung 20: Lagerung eines Probanden für das seitliche Röntgen des linken Sprunggelenks



Abbildung 21: Lagerung eines Probanden für das AP Röntgen des linken Sprunggelenks

Nach Begutachtung der aufgenommenen Bilder und dem Ausschluß von knöchernen traumatischen oder degenerativen Veränderungen wurden die Patienten zur Computertomographie geschickt. Wären auf diesen Bildern der Sprunggelenke der Probanden und Probandinnen bereits Auffälligkeiten bezüglich der Stellung des oberen

Sprunggelenks zu bemerken gewesen, wäre eine dynamische Untersuchung mittels Bildwandler an die Röntgenaufnahmen angeschlossen worden.

Für die computertomographischen Aufnahmen der Sprunggelenke wurden die Unterschenkel und Füße in der eigens dafür konstruierte Lagerungsschiene gelagert. Vor Beginn der Aufnahme wurde noch einmal der richtige Sitz der Schiene kontrolliert. Besonderes Augenmerk wurde dabei darauf gelegt, dass beide Fersen den Boden der Schiene berührten, sodass beide Sprunggelenke in 0° Dorsalextension, 0° Plantarflexion sowie 15° Innenrotation gelagert waren (Abb. 22).

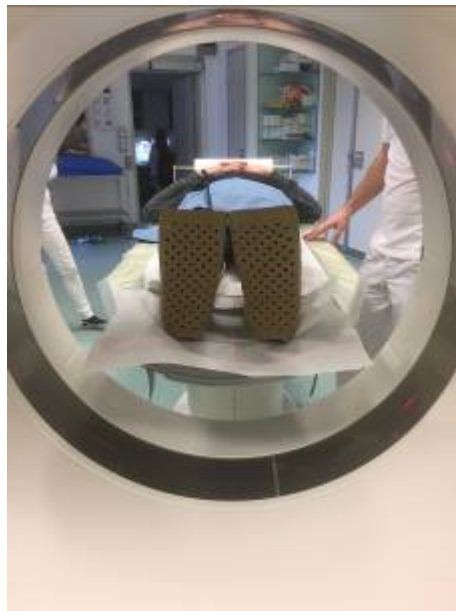


Abbildung 22: Lagerung eines Probanden im CT mit angelegter Lagerungsschiene in caudaler Ansicht

Ergebnisse

Messergebnisse

Auswertung der korrigierten CT - Bilder

Anhand von im Vorfeld festgelegten Messpunkten wurden die CT - Aufnahmen der Probanden und Probandinnen, sowie die dazugehörigen Röntgenbilder vermessen. Die CT - Aufnahmen wurden zunächst von einer Radiologin vermessen. Bevor mit den Messungen begonnen werden konnte, wurden die Aufnahmen mit der Bildbefundungssoftware Syngo.via® von Siemens Healthcare aufbereitet und korrigiert.

Nach erfolgter Aufbereitung der Aufnahmen wurden die sechs zuvor definierten Messungen an beiden Extremitäten durchgeführt.

1. Abstand des medialen Malleolus vom Talus
2. Abstand des lateralen Malleolus vom Talus
3. Tibiofibularer Abstand
4. Craniocaudaler Abstand, Länge der distalen Fibula
5. Stellung der Fibula in der Inzisar
6. Winkel

Für die ersten drei Messungen wurde zunächst in der horizontalen Ebene die Ebene mit der größtmöglichen anterior - posterioren Ausdehnung der Inzisar aufgesucht. Anschließend wurde eine schräge Achse in der Ebene durch die laterale Fibulakante sowie durch die Mitte des Innenknöchels gelegt. Anhand dieser Achse wurde in der frontalen Ebene Innen- sowie Aussenknöchel gemeinsam abgebildet. In der frontalen Ansicht wurde anschließend die Ebene soweit verschoben, bis die Gelenksflächen zwischen Innenknöchel und Talus sowie zwischen Außenknöchel und Talus in ihrer größtmöglichen Ausdehnung gleichzeitig zu sehen waren.

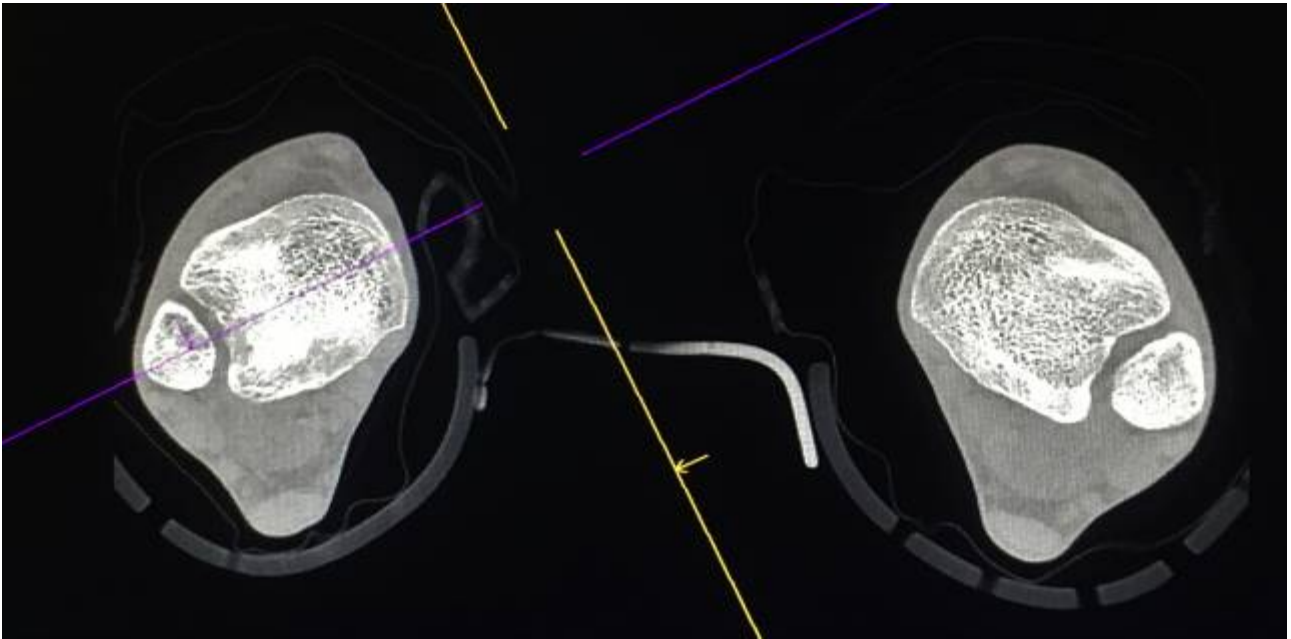


Abbildung 23: Einstellung in der horizontalen Ebene für die ersten drei Messungen rechts. Schräge Achse verbindet Fibulakante und die Mitte der distalen Tibia.

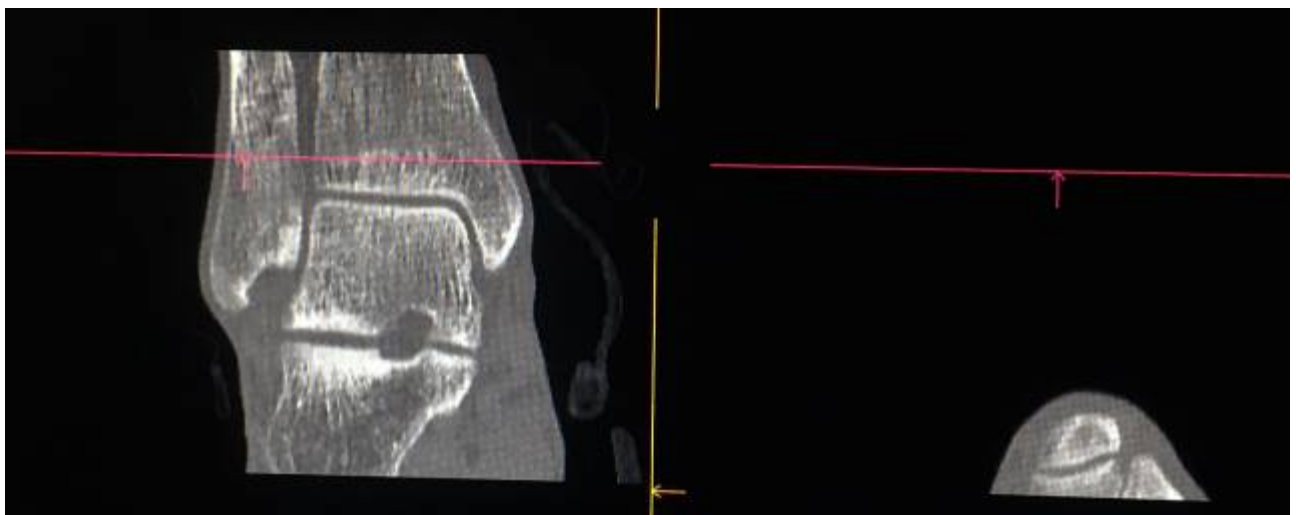


Abbildung 24: Frontale Ansicht der bimalleolären Ebene. Die Ebene wurde soweit anterior-posterior verschoben, dass die Gelenke zwischen Talus und Innenknöchel sowie Talus und Aussenknöchel größtmöglich abgebildet wurden.

Diese Ansicht musste für linkes und rechtes Sprunggelenk separat eingestellt werden.

Messung 1 – Malleolus medialis -Talus

Die erste Messung wurde in der zuvor beschriebenen Ansicht der bimalleolären Ebene durchgeführt. Dafür wurde der Abstand zwischen Talus und Tibia normal auf die Gelenksflächen vermessen.



Abbildung 25: Abbildung der horizontalen Ebene, mit [13] ist in diesem Bild die erste Messung an einem rechten Sprunggelenk gekennzeichnet.

Messung 2 – Malleolus lateralis - Talus

Die zweite Messung erfolgte ebenso in der frontalen Ansicht der bimalleolären Ebene. Für diese Messung wurde der Abstand zwischen Fibula und Talus normal auf die Gelenksfläche bestimmt

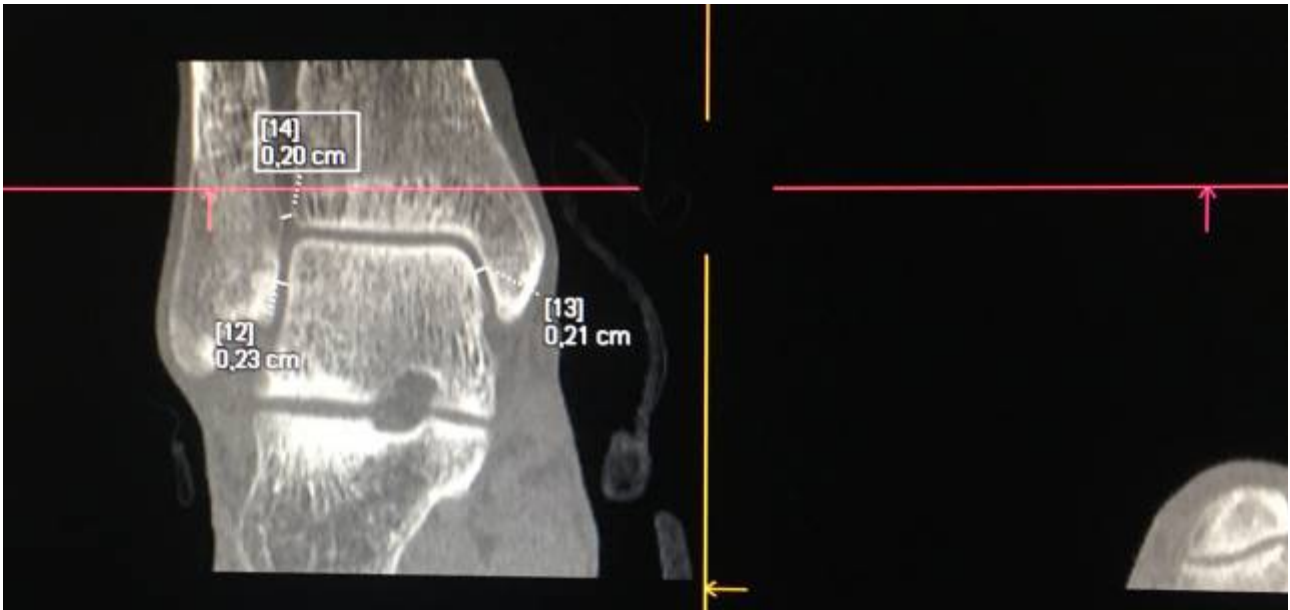


Abbildung 26: Die zweite Messung an einem rechten Sprunggelenk ist in diesem Bild mit [12] gekennzeichnet

Messung 3 – Abstand Tibia – Fibula

Für die dritte Messung wurde wieder die selbe Ebene in der frontalen Ansicht verwendet. Bei dieser Messung wurde der Abstand zwischen Tibia und Fibula bestimmt.

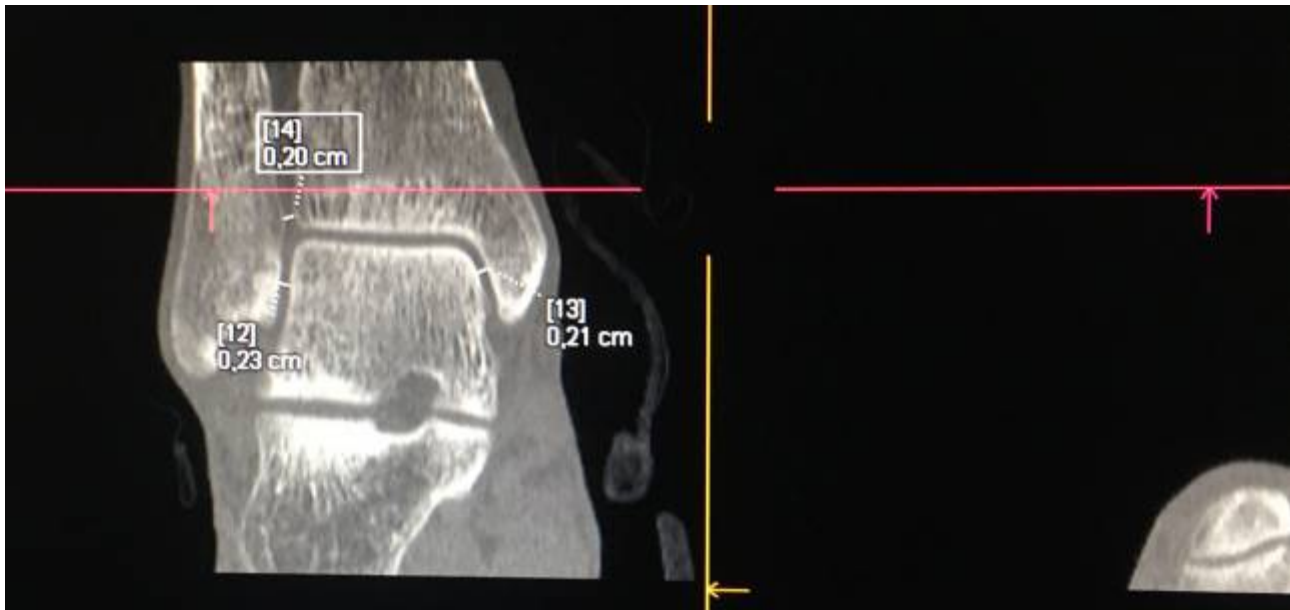


Abbildung 27: Die dritte Messung an einem rechten Sprunggelenk ist in diesem Bild mit [14] gekennzeichnet

Messung 4 – Craniocaudal

Die vierte Messung wurde wieder in der bereits beschriebenen Ansicht durchgeführt. Für diese Messung wurde zunächst eine Horizontale auf die kraniale Gelenkfläche des Talus gelegt. Eine weitere Horizontale wurde an die Spitze der Fibula gelegt. Anschließend wurde der Abstand der beiden Horizontalen gemessen, womit indirekt die Beurteilung der Fibulalänge erfolgt.



Abbildung 28: Frontale Ansicht der bimalleolären Ebene rechts. Zu sehen sind die beiden Horizontalen anhand derer der craniocaudale Abstand gemessen wurde.

Messung 5 – Anterior-Posterior

Zunächst wurden die vordere und die hintere Inzisenbegrenzung mit einer Geraden verbunden. Darauf wurde im 90° Winkel eine Gerade durch den tiefsten Punkt der Inzisure gelegt. Diese Gerade wurde zur lateralen Fibulakante parallel verschoben. Eine Verschiebung nach vorne entspricht einem positiven Wert. Das bedeutet, dass die Fibula zu weit vorne ist. Eine Verschiebung nach hinten entspricht einem negativen Wert. Das bedeutet, dass die Fibula zu weit hinten ist bzw. es ging darum zu zeigen ob es Unterschiede zwischen rechtem und linkem Sprunggelenk gibt. Dieser Seitenvergleich ist bei postoperativen Kontrollen bezüglich der Einpassung der distalen Fibula in die Inzisure nach erfolgter Osteosynthese von Bedeutung.

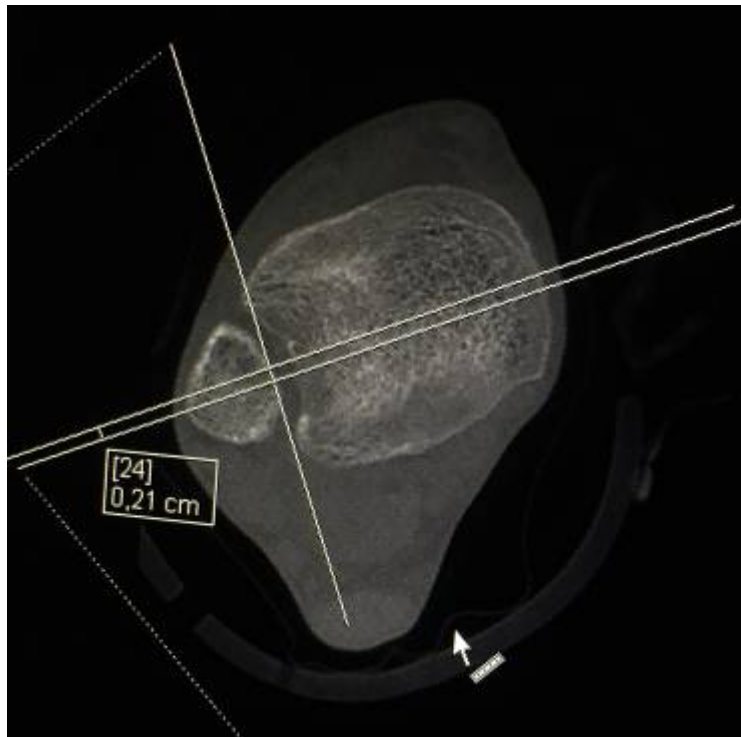


Abbildung 29: Abbildung der fünften Messung an einem rechten Sprunggelenk in der horizontalen Ebene.

Messung 6 – Winkelbestimmung der Fibula in der Inzisur

Für die Bestimmung der distalen Fibula in der Inzisur der Tibia wurde ein Winkel bestimmt. Der Winkel wurde gemessen indem eine Gerade durch die laterale Kante der Fibula und die tiefste Stelle der Inzisur gelegt wurde. Diese Gerade wurde mit einer Horizontalen geschnitten und der Winkel zwischen den beiden Geraden bestimmt, dies entspricht der primären Korrektur im Syngo.via® Programm zur Vermessung der Frontalebene

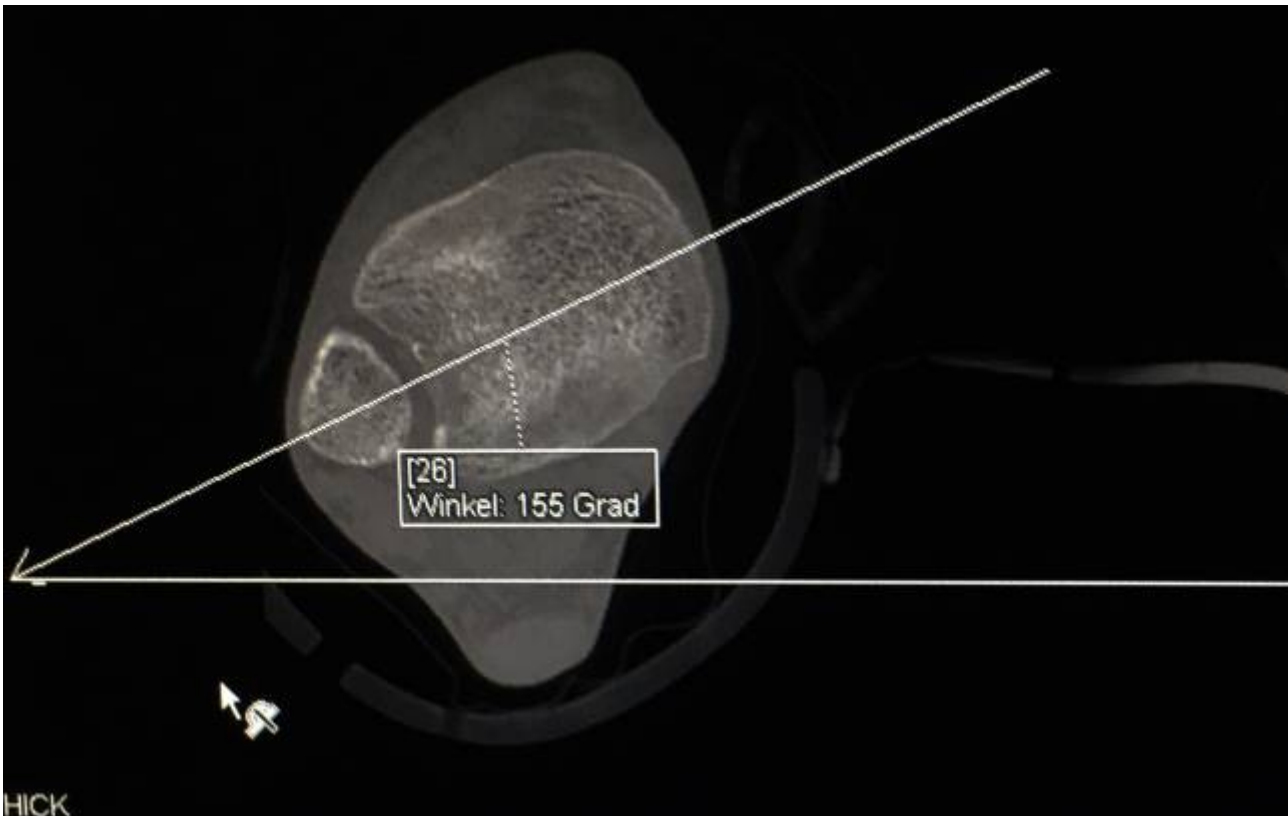


Abbildung 30: Abbildung der sechsten Messung in der Horizontalen Ebene rechts

Die Messungen 1,2,3,4 wurden nicht nur in den CT Aufnahmen vorgenommen, sondern auch in den konventionellen Röntgenbildern (Abb. 31, 32). Messung 5 und 6 waren in den konventionellen Aufnahmen nicht möglich, da hierfür drei dimensionale Aufnahmen nötig sind.



Abbildung 31: Messung 1, 2 und 3 in einem konventionellen Röntgenbild eines rechten Sprunggelenks.



Abbildung 32: Messung 4 in einem konventionellem Röntgenbild eines rechten Sprunggelenks.

Bestimmung der Schichtdifferenz in unkorrigierten CT Bildern

Eine weitere Auswertung erfolgte an den ins PACS (= krankenhausinterne patientenbezogene Bildarchivierung) zum/ zur jeweiligen ProbandIn eingespielten CT – Bildern. Diese Rohdaten sind für den/ die behandelnden ChirurgenIn sichtbar und nicht mittels Syngo.via® nachverarbeitet.

Beurteilung in der Horizontalebene

Hierbei wird die erste Schicht, in der auf einer Seite von cranial nach distal der Talus auftaucht und der jeweilige Abstand zum Innen- und Aussenknöchel beurteilt werden kann, als Ausgangspunkt genommen und soweit nach distal gescrollt bis ein ähnliches Bild auf der zweiten Seite gleich beurteilt werden kann.

Aussagekräftig und beurteilbar sind in der Horizontalschichtung der jeweilige Knöchel – Talus Abstand und auch die Rotation der Fibula. Ist zum Beispiel die Reposition einer Aussenknöchelfraktur im Hinblick auf die Rotation nicht anatomisch, so bildet sich der Abstand zwischen lateraler Talusfläche und Gelenksfläche des Aussenknöchels nicht parallel ab.

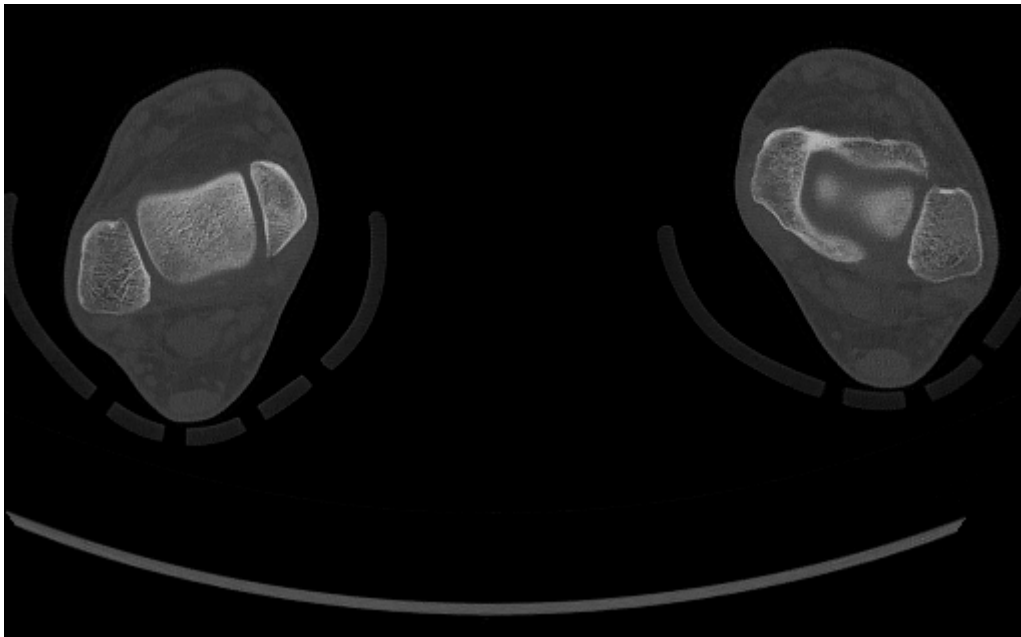


Abbildung 33: Horizontalebene der unkorrigierten CT - Bildern

Beurteilung der Frontalebene

Hier erfolgt die Beurteilung durch Scrollen der Schichten in der ap Ebene.

Als Ausgangsebene wurde die Schicht definiert in welcher die Fibulagelenksfläche den Umschlagpunkt zum Tibiaplafond darstellt (Pfeilmarkierung in Abb. 34) und als ganzes parallel zur lateralen Talusgelenksfläche abgebildet ist.



Abbildung 34: Messausgangspunkt der Frontalebene, Leitstruktur mit roter Markierung

Danach werden die weiteren Schichten gezählt, durch welche gescrollt werden muss, um am zweiten Bein ein ähnliches Bild zu erhalten.

Somit ist sowohl über den medialen, als auch den lateralen Talus – Knöchelabstand, als auch die Länge der Fibula eine gute Aussage möglich.

Diskussion und Schlußfolgerung:

Zur Diagnostik der isolierten als auch nicht isolierten Syndesmosenverletzung findet sich in der rezenten Literatur bisher kein Konsens. So beschreiben es auch Matthew L. Vopat et al. in ihrer Metaanalyse über Syndesmosenverletzungen (27). Für die Diagnose einer solchen Verletzung, speziell der isolierten Syndesmosenläsion ohne Fraktur, benötigt es einiges an Fingerspitzengefühl und Spürsinn. Patienten, welche an einer Syndesmosenverletzung leiden, klagen oftmals über ausstrahlende Schmerzen vom lateralen Knöchel nach proximal über das Bein. Dieser Schmerz wird von Patienten bei Stress, also Bewegung und/ oder Belastung schlimmer empfunden. Meist klagen die Patienten auch über ein merkwürdiges Gefühl im betroffenen Knöchel (28).

Es gibt eine Vielzahl von klinischen Tests, welche bei Verdacht einer Syndesmosenverletzung Anwendung finden können. Ein Goldstandard wurde allerdings auch hier bisher nicht gefunden. Die klinischen Tests umfassen den Single – Leg - Hop Test (28). Bei diesem Test soll der Patient einbeinig auf dem betroffenen Bein springen. Für diesen Test wird in der rezenten Literatur eine Sensitivität von 89% angegeben. Dieser Test ist bei frischen Verletzungen bzw. Knöchelfrakturen schmerzbedingt nicht durchführbar. Ein weiterer Test, der Anwendung finden kann, ist der Squeeze- Test (28). Bei diesem Test wird von der untersuchenden Person Druck auf das mittlere Drittel der Fibula ausgeübt. Wird dabei ein Schmerz in der Sprunggelenksgabel angegeben, so spricht dies für eine Verletzung der Syndesmose. Die Spezifität des Tests wird mit 88% angegeben. Da sich in der klinischen Diagnostik der Syndesmoseninstabilität bisher noch kein Konsens gebildet hat und alle klinischen Testungen für sich alleine gesehen keine befriedigenden Ergebnisse lieferten, wird in der rezenten Literatur empfohlen, verschiedene Test miteinander zu kombinieren (28) und eine Bildgebung zum Ausschluß einer Syndesmosenverletzung anzuschließen.

Als erste apparative Diagnostik sollte ein Röntgen im anterior-posterior Strahlengang des betroffenen Sprunggelenks angefertigt werden. Ebenso sollten seitliche Röntgenaufnahmen und Schrägröntgen Aufnahmen angefertigt werden, wobei es hier augenscheinlich auch Unterschiede in der deutschsprachigen Literatur und der englischsprachigen Literatur zu geben scheint. Einmal wird ap als ap beschrieben und zusätzlich die "mortise view" Aufnahme mit 15° Innenrotation erwähnt. Eine allseits gültige Definition der "mortise view" scheint es nicht zu geben, den meist werden

Richtwerte von 15° - 30° Innenrotation angegeben. In der deutschsprachigen Literatur geht man großteils davon aus, dass das obere Sprunggelenk lege artis in 15° Innenrotation abgebildet wird. Besondere Beachtung bei der Begutachtung dieser Aufnahmen müssen der tibiofibuläre Clearspace, der mediale Clearspace Overlap, sowie die tibiale und fibuläre Weite finden (29). Die Normwerte dieser Abstände im Röntgen werden wie folgt angegeben:

Aufnahmerichtung	tibiofibulärer Clearspace	tibiofibulärer Overlap	medialer Clearspace
AP	<5mm oder 44% der Fibulabreite	>5mm oder 24% der Fibulabreite	
Mortise View		>1mm	>4mm oder >2mm mehr auf der contralateralen Seite

Tabelle 1. Normwerte der Syndesmose im Röntgen (27)

Allerdings kann mittels Röntgen eine Verletzung der Syndesmose oder eine Syndesmosen nahe Fraktur nicht ausgeschlossen werden. In ihrer Studie über präoperative konventionelle Röntgenaufnahmen bei älteren Patienten mit Sprunggelenksfrakturen stellten Jubel A et al. fest, dass Avulsionsfrakturen der vorderen Anteile der Syndesmose im konventionellen Röntgen nicht bzw. selten detektiert wurden und erst interoperativ zum Vorschein kamen. In ihrer Studie empfehlen sie deswegen, bei älteren Patienten zusätzlich zu konventionellen Röntgenaufnahme eine Computertomographie durchzuführen (30).

Sind Röntgenaufnahmen, klinischer Status, sowie Syndesmosen Test inkonklusiv oder liefern gegenteilige Ergebnisse, so sollte als nächstes eine Computertomographie des betroffenen Sprunggelenks durchgeführt werden. Hierbei werden meist beide Sprunggelenke zugleich abgebildet. Allerdings findet sich in der rezenten Literatur bisher keine standardisierte Methode zur Lagerung der Extremitäten, sodass beide Sprunggelenke selten in der selben Schicht, der selben Höhe und der selben Rotation abgebildet werden können. Dass beide Sprunggelenke im CT prinzipiell mit einander

vergleichbar sind, wurde bereits in einer Studie gezeigt (31). Die Studie von Yeung TW et al. zeigte, dass bei Syndesmosenverletzungen durch Sprunggelenksfrakturen Abstandsveränderungen im CT sichtbar wurden und die Computertomographie somit ihren Stellenwert in der Diagnostik von Syndesmosen Veränderungen hat. Ihr Augenmerk fiel dabei auf den tibiofibularen Abstand, sowie die anteriore tibiofibuläre Distanz und die maximale tibiofibuläre Distanz. Ihrer Meinung nach waren die anteriore tibiofibuläre Distanz sowie die maximale tibiofibuläre Distanz die stärksten Prädiktoren im CT für Syndesmoseninkongruenz (32). Sie verglichen dabei allerdings nicht das unverletzte mit dem verletzten Sprunggelenk sondern beschränkten sich auf die verletzte Seite.

Ein weiterer interessanter Aspekt in der Diagnose von Syndesmoseninkongruenzen, ist die Verwendung intraoperativer 3D – Bildwandler. Mit dieser Art der Diagnostik kann intraoperativ die verletzte Syndesmose drei dimensional dargestellt werden und bezüglich ihrer Intaktheit bzw. ihrer adäquaten Versorgung untersucht werden. Limitation dieser Untersuchungsmethode ist bisher das Gewicht dieser Apparaturen, da viele OP – Säle für diese Gewichtsbelastung nicht vorgesehen sind. Viele OP – Säle sind auch räumlich limitiert, sodass kein Platz für einen 3D – Bildwandler ist. Bisher sind 3D – Bildwandler auch in der Anschaffung sehr kostspielig, sodass auch die Kosten als Limitation angesehen werden können. In Zukunft wird es wohl, kleinere, leichtere und günstigere 3D – Bildwandler geben, sodass diese Art der Diagnostik wohl bald weiter verbreitet sein könnte als bisher.

Mit unserer Versuchsanordnung sollte eine neue Methode versucht bzw. dargestellt werden, mit der beide Sprunggelenke möglichst deckungsgleich abgebildet werden können. Trotz angelegter Schiene, die beide Sprunggelenk in Neutralposition bringen sollte, konnten keine exakt gleichen Messwerte erzielt werden. Die Messwerte differierten sowohl in den Messungen die an den CT- Bildern vorgenommen wurden, als auch bei den Messungen an den Röntgenbildern. Auch zwischen den Untersuchern waren Unterschiede bezüglich der Messwerte erkennbar. Im Zuge der Diskussion der Ergebnisse konnten wir mehrere mögliche Ursachen für die Unterschiede der Messwerte finden.

Ein Punkt der für die Unterschiede von Untersucher zu Untersucher verantwortlich zu sein scheint, ist die Subjektivität, welcher Messpunkte unterliegen. Diese Subjektivität ist dafür verantwortlich, dass Ausgangs- und Endpunkte der Messungen einer Untersucherabhängigkeit unterliegen, welche die Messungen nicht hundertprozentig reproduzierbar macht.

Ein weiterer Grund für Differenzen der Messergebnisse zwischen linkem und rechtem Sprunggelenk, könnte die Positionierung der Schiene selbst im CT sein. Eventuell hätte mehr Augenmerk auf eine exakte parallele Ausrichtung der Schiene zur Liege gelegt werden müssen, um deckungsgleiche Bilder zu erhalten. Auch die Positionierung der ProbandenInnen in der Schiene könnte Einfluss auf die Messungen gehabt haben und in folgenden Untersuchungen muss vermutlich noch strenger auf die exakte Positionierung der Probanden und Probandinnen in der Schiene geachtet werden. Die Fersen sollten hierbei beidseits den Boden der Schiene berühren und die Unterschenkel der zu untersuchenden Personen müssen möglichst parallel zu einander sein. Eine vergleichende Untersuchung verlangt höchstmögliche Genauigkeit bei der Positionierung und bis dato gibt es keine schriftlichen Angaben zur Positionierung der Sprunggelenke im CT für eine vergleichende Untersuchung, welche wir in unserer Untersuchung erstmals versuchten.

Eine weitere Möglichkeit zu Verbesserung der Vergleichbarkeit beider Sprunggelenke könnte sein, nach der Erstellung des Übersichtopogramms eine Kontrolle der Lagerung durchzuführen und wenn notwendig eine Repositionierung vorzunehmen. Die Lagerung und das Ausmaß der Innenrotation könnte auch einen Einfluß auf die Vergleichbarkeit haben. Wir wählten eine Innenrotation von 15° auf beiden Seiten. In der Literatur finden sich aber keine definitiven Angaben zum Ausmaß der Innenrotation. Stattdessen sind Richtwerte von 15° - 30° angegeben (33). So könnten bei einer weiteren Versuchsanordnung verschiedene Grade an Innenrotation mit einander verglichen werden, um vielleicht eine noch besser vergleichbare Abbildung zu erhalten.

Unterschiede in der Anatomie zwischen linkem und rechtem Sprunggelenk einer Person könnte ebenso eine Erklärung für die Differenzen der Messergebnisse sein.

Limitationen dieser Art der Untersuchung sind zusätzliche Pathologien des zu Untersuchenden oder der zu Untersuchenden. Durch zusätzliche Pathologien kann die Lagerung innerhalb der Schiene erschwert bis gar nicht möglich sein oder nur mit speziellen Adaptierungen der Schiene möglich sein. Die Lagerung kann nicht nur durch andere Pathologien erschwert werden, sondern auch angelegte Gipse können diese Art der Untersuchung erschweren, sollte aber unserer Meinung nach versucht werden.

Auch wenn die entsprechenden äquivalenten Bilder von beiden Seiten nicht immer auf

einer Schicht zu beurteilen waren, ist es durch die Lagerung in der Schienenanordnung doch möglich, ähnliche Bilder zum Vergleich in den jeweiligen Ebenen durch einfaches Scrollen durch die Schichten zu erhalten und somit für den Chirurgen eine beurteilbare Untersuchung bzw. Bildgebung darstellen. Besonders beeindruckend waren die möglichen Vergleiche sowohl in der Frontalebene als auch Horizontalebene, welche sowohl Aussagen zur Einstellung in der Syndesmose als auch zur Fibulalänge erlaubten. Dies ist besonders im postoperativen Setting im Vergleich zur Beurteilung der akuraten Reposition der Fibula von größter Bedeutung. Derzeit gilt nur das Dogma, dass bei intraartikulären Frakturen eine anatomische Reposition und Rekonstruktion von höchster Bedeutung ist. Es gibt keine Aussagen, welche Abweichungen eventuell toleriert werden können bzw. ab welchen Abweichungen eine Revisionsoperation nötig ist. Dies kann erst eine prospektive Folge – Studie mit ausreichendem Follow – up von operierten Sprunggelenken klären.

Es scheint sinnvoll die Untersuchungsmethode bei Patienten und Patientinnen anzuwenden. Die Praktikabilität und genauen Parameter müssen allerdings in Folgestudien weiter studiert werden.

Anhang

Messergebnisse

Messung 1 – Messergebnis CT Bilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	1,9mm	2,1mm
ProbandIn 2	2,4mm	2,7mm
ProbandIn 3	2,3mm	2,8mm
ProbandIn 4	2,5mm	3,1mm
ProbandIn 5	1,9mm	2,2mm
ProbandIn 6	2,1mm	2,0mm
ProbandIn 7	2,3mm	2,8mm
ProbandIn 8	2,7mm	2,5mm
ProbandIn 9	3,1mm	2,7mm
ProbandIn 10	2,3mm	2,4mm

Tabelle 2

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	2,2mm	2,3mm
ProbandIn 2	1,3mm	1,4mm
ProbandIn 3	1,9mm	2,1mm
ProbandIn 4	2,3mm	2,3mm
ProbandIn 5	1,7mm	1,8mm
ProbandIn 6	1,1mm	1,0mm
ProbandIn 7	1,9mm	2,1mm
ProbandIn 8	2,5mm	2,6mm
ProbandIn 9	2,2mm	2,3mm
ProbandIn 10	1,9mm	2,2mm

Tabelle 3

Messung 1 – Messergebnis Röntgenbilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	2,4mm	2,4mm
ProbandIn 2	1,5mm	1,7mm
ProbandIn 3	2,3mm	2,0mm
ProbandIn4	2,7mm	2,4mm
ProbandIn 5	3,0mm	2,5mm
ProbandIn 6	nicht beurteilbar	2,0mm
ProbandIn 7	2,9mm	2,2mm
ProbandIn 8	2,8mm	2,7mm
ProbandIn 9	3,5mm	2,7mm
ProbandIn 10	2,4mm	2,0mm

Tabelle 4

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	2,4mm	2,2mm
ProbandIn 2	1,7mm	1,7mm
ProbandIn 3	2,9mm	2,3mm
ProbandIn4	2,2mm	2,2mm
ProbandIn 5	2,7mm	1,9mm
ProbandIn 6	1,8mm	1,6mm
ProbandIn 7	2,8mm	2,8mm
ProbandIn 8	2,9mm	2,6mm
ProbandIn 9	3,1mm	2,4mm
ProbandIn 10	2,6mm	1,9mm

Tabelle 5

Messung 2 – Messergebnis CT Bilder

Radiologin

	links	rechts
ProbandIn 1	2,2mm	2,4mm
ProbandIn 2	2,5mm	2,2mm
ProbandIn 3	3,5mm	2,9mm
ProbandIn 4	3,0mm	2,9mm
ProbandIn 5	2,4mm	2,1mm
ProbandIn 6	2,3mm	2,0mm
ProbandIn 7	3,0mm	2,7mm
ProbandIn 8	3,0mm	2,4mm
ProbandIn 9	3,1mm	3,4mm
ProbandIn 10	2,9mm	2,0mm

Tabelle 6

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	1,9mm	1,8mm
ProbandIn 2	1,5mm	2,3mm
ProbandIn 3	2,0mm	2,0mm
ProbandIn 4	2,2mm	2,2mm
ProbandIn 5	1,7mm	1,7mm
ProbandIn 6	2,1mm	2,1mm
ProbandIn 7	2,4mm	2,6mm
ProbandIn 8	2,5mm	2,5mm
ProbandIn 9	2,4mm	2,4mm
ProbandIn 10	1,8mm	1,8mm

Tabelle 7

Messung 2 – Messergebnis Röntgenbilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	nicht beurteilbar	2,6mm
ProbandIn 2	2,0mm	1,8mm
ProbandIn 3	2,6mm	2,4mm
ProbandIn4	2,7mm	nicht beurteilbar
ProbandIn 5	2,1mm	1,5mm
ProbandIn 6	2,0mm	2,2mm
ProbandIn 7	2,8mm	1,7mm
ProbandIn 8	nicht beurteilbar	2,8mm
ProbandIn 9	2,5mm	1,7mm
ProbandIn 10	2,2mm	1,8mm

Tabelle 8

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	nicht beurteilbar	2,2mm
ProbandIn 2	1,6mm	1,5mm
ProbandIn 3	2,2mm	2,6mm
ProbandIn4	1,6mm	1,8mm
ProbandIn 5	2,1mm	1,4mm
ProbandIn 6	1,8mm	1,8mm
ProbandIn 7	1,6mm	1,3mm
ProbandIn 8	2,2mm	2,6mm
ProbandIn 9	2,4mm	2,7mm
ProbandIn 10	1,9mm	2,0mm

Tabelle 9

Messung 3 – Messergebnis CT Bilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	2,3mm	2,7mm
ProbandIn 2	2,6mm	2,6mm
ProbandIn 3	3,5mm	2,5mm
ProbandIn 4	3,0mm	3,5mm
ProbandIn 5	2,3mm	3,0mm
ProbandIn 6	3,0mm	2,9mm
ProbandIn 7	2,8mm	2,9mm
ProbandIn 8	3,9mm	3,9mm
ProbandIn 9	3,6mm	3,5mm
ProbandIn 10	2,4mm	4,1mm

Tabelle 10

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	2,2mm	2,4mm
ProbandIn 2	2,8mm	2,7mm
ProbandIn 3	3,0mm	2,0mm
ProbandIn 4	2,3mm	1,9mm
ProbandIn 5	2,7mm	2,0mm
ProbandIn 6	2,5mm	2,3mm
ProbandIn 7	3,3mm	2,6mm
ProbandIn 8	3,1mm	3,1mm
ProbandIn 9	2,7mm	1,7mm
ProbandIn 10	2,5mm	3,2mm

Tabelle 11

Messung 3 – Messergebnis Röntgenbilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	nicht beurteilbar	2,0mm
ProbandIn 2	2,9mm	3,5mm
ProbandIn 3	4,5mm	2,7mm
ProbandIn4	3,0mm	nicht beurteilbar
ProbandIn 5	2,1mm	4,0mm
ProbandIn 6	3,0mm	3,8mm
ProbandIn 7	3,5mm	3,2mm
ProbandIn 8	2,5mm	4,5mm
ProbandIn 9	4,1mm	4,0mm
ProbandIn 10	2,6mm	3,0mm

Tabelle 12

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	nicht beurteilbar	2,2mm
ProbandIn 2	3,1mm	5,4mm
ProbandIn 3	3,8mm	3,9mm
ProbandIn4	3,5mm	3,7mm
ProbandIn 5	2,1mm	3,9mm
ProbandIn 6	3,9mm	3,7mm
ProbandIn 7	3,7mm	3,7mm
ProbandIn 8	2,6mm	5,1mm
ProbandIn 9	3,9mm	3,6mm
ProbandIn 10	1,5mm	1,9mm

Tabelle 13

Messung 4 – Messergebnis CT Bilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	29,3mm	26,3mm
ProbandIn 2	26,0mm	27,1mm
ProbandIn 3	27,5mm	28,7mm
ProbandIn 4	25,7mm	24,7mm
ProbandIn 5	18,4mm	19,9mm
ProbandIn 6	22,7mm	22,4mm
ProbandIn 7	20,5mm	21,2mm
ProbandIn 8	26,9mm	29,2mm
ProbandIn 9	21,6mm	24,1mm
ProbandIn 10	23,6mm	25,3mm

Tabelle 14

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	28,6mm	27,7mm
ProbandIn 2	26,2mm	23,4mm
ProbandIn 3	28,5mm	23,6mm
ProbandIn 4	27,9mm	23,8mm
ProbandIn 5	18,0mm	17,7mm
ProbandIn 6	20,5mm	22,4mm
ProbandIn 7	23,9mm	21,6mm
ProbandIn 8	28,5mm	26,6mm
ProbandIn 9	21,5mm	23,7mm
ProbandIn 10	23,2mm	27,8mm

Tabelle 15

Messung 4 – Messergebnis Röntgenbilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	28,1mm	27,8mm
ProbandIn 2	25,6mm	26,5mm
ProbandIn 3	31,9mm	30,2mm
ProbandIn 4	25,9mm	25,7mm
ProbandIn 5	21,0mm	20,9mm
ProbandIn 6	25,1mm	25,0mm
ProbandIn 7	27,6mm	28,0mm
ProbandIn 8	29,2mm	29,5mm
ProbandIn 9	24,1mm	24,7mm
ProbandIn 10	25,3mm	24,6mm

Tabelle 16

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	28,3mm	27,2mm
ProbandIn 2	25,9mm	25,8mm
ProbandIn 3	30,6mm	31,3mm
ProbandIn 4	24,7mm	25,5mm
ProbandIn 5	21,0mm	19,0mm
ProbandIn 6	24,6mm	25,2mm
ProbandIn 7	27,2mm	27,7mm
ProbandIn 8	29,3mm	29,0mm
ProbandIn 9	24,4mm	24,9mm
ProbandIn 10	23,9mm	24,1mm

Tabelle 17

Messung 5 – Messergebnis CT Bilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	3,0mm	3,7mm
ProbandIn 2	0,0mm	1,8mm
ProbandIn 3	2,0mm	3,8mm
ProbandIn 4	1,7mm	2,4mm
ProbandIn 5	3,1mm	4,0mm
ProbandIn 6	3,2mm	2,1mm
ProbandIn 7	2,6mm	2,2mm
ProbandIn 8	1,7mm	2,8mm
ProbandIn 9	3,2mm	0,0mm
ProbandIn 10	0,0mm	1,9mm

Tabelle 18

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	2,4mm	2,5mm
ProbandIn 2	1,8mm	1,7mm
ProbandIn 3	0,8mm	3,1mm
ProbandIn 4	0,9mm	0,8mm
ProbandIn 5	1,2mm	1,7mm
ProbandIn 6	2,5mm	2,6mm
ProbandIn 7	2,4mm	1,9mm
ProbandIn 8	2,9mm	3,0mm
ProbandIn 9	2,5mm	1,4mm
ProbandIn 10	2,7mm	2,8mm

Tabelle 19

Messung 6 – Messergebnis CT Bilder

Radiologin:

	links	rechts
ProbandIn 1	166°	168°
ProbandIn 2	169°	171°
ProbandIn 3	148°	157°
ProbandIn 4	159°	164°
ProbandIn 5	154°	157°
ProbandIn 6	164°	162°
ProbandIn 7	158°	150°
ProbandIn 8	165°	158°
ProbandIn 9	152°	147°
ProbandIn 10	171°	165°

Tablle 20

Student:

	links	rechts
ProbandIn 1	159°	158°
ProbandIn 2	158°	158°
ProbandIn 3	150°	150°
ProbandIn 4	151°	155°
ProbandIn 5	144°	149°
ProbandIn 6	157°	151°
ProbandIn 7	149°	149°
ProbandIn 8	159°	158°
ProbandIn 9	149°	149°
ProbandIn 10	157°	159°

Tabelle 21

Schichtdifferenzen in unkorrigierten CT Bildern (PACS)

	Schichtdifferenz; rechts- links; Horizontalebene	Schichtdifferenz; rechts- links; Frontalebene
ProbandIn 1	7	3
ProbandIn 2	5	3
ProbandIn 3	2	4
ProbandIn 4	15	14
ProbandIn 5	4	8
ProbandIn 6	6	3
ProbandIn 7	1	5
ProbandIn 8	3	12
ProbandIn 9	6	8
ProbandIn 10	6	4

Tabelle 22

Unkorrigierte CT – Bilder

ProbandIn 1 – Horizontalebene

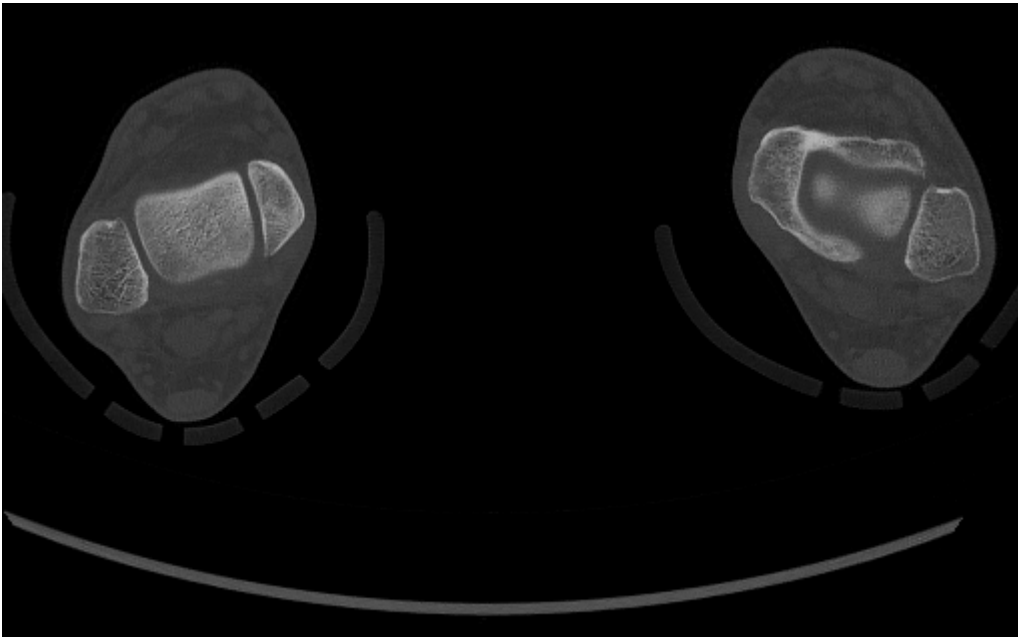


Abbildung 35: ProbandIn 1: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG)

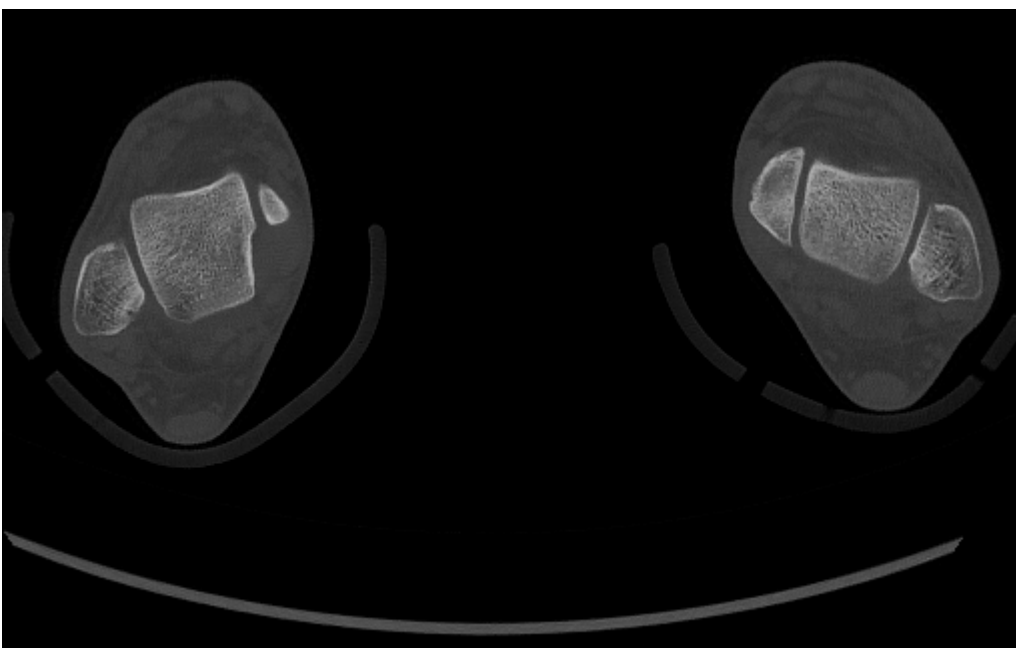


Abbildung 36: ProbandIn 1: Messendpunkt Horizontalebene

7 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (re OSG) , bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 1 – Frontalebene

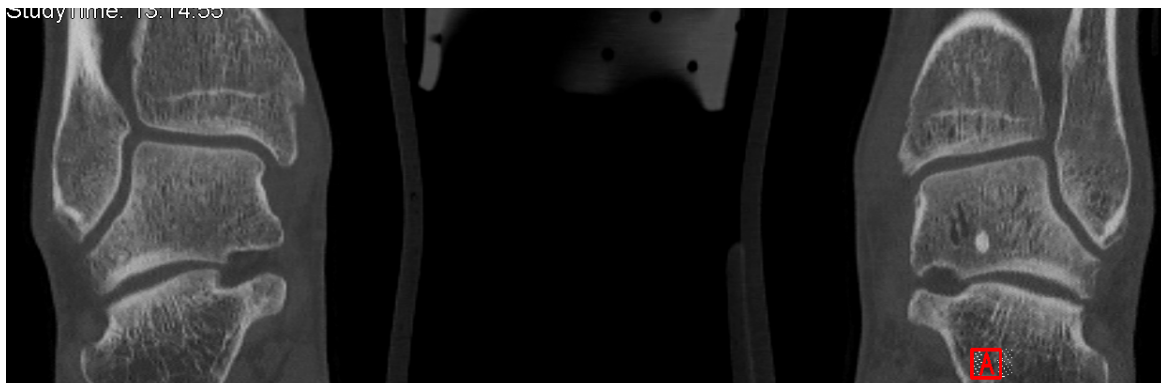


Abbildung 37: ProbandIn 1: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG)



Abbildung 38: ProbandIn 1: Messendpunkt Frontalebene

3 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 2 - Horizontalebene

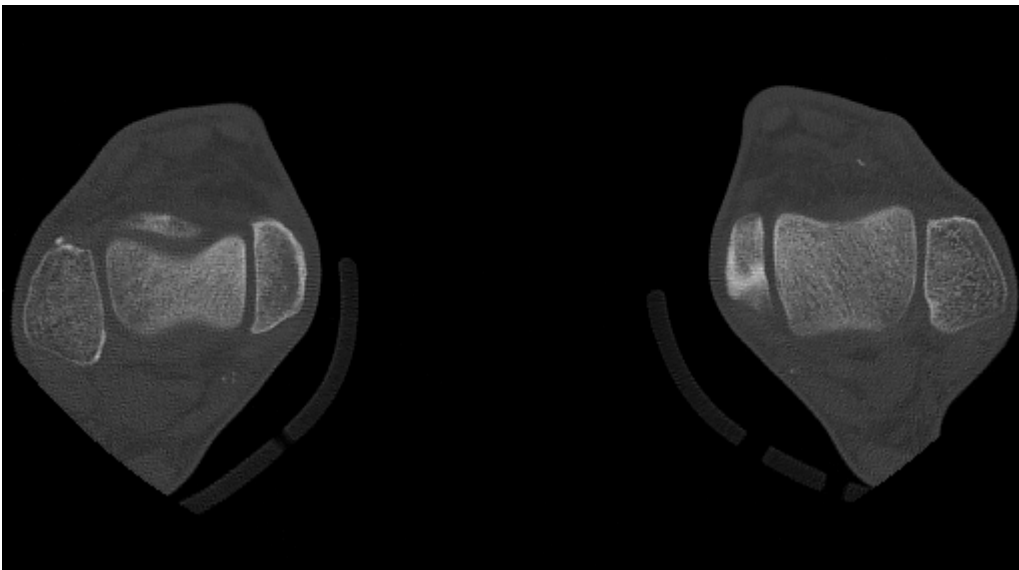


Abbildung 39: ProbandIn 2: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG)

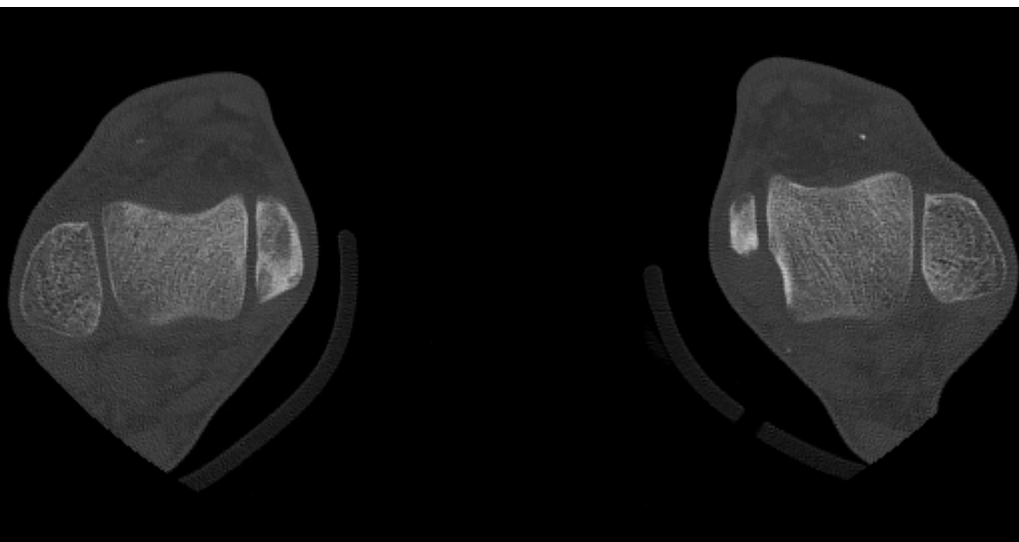


Abbildung 40: ProbandIn 2: Messendpunkt Horizontalebene

5 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (li OSG) , bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 2 – Frontalebene

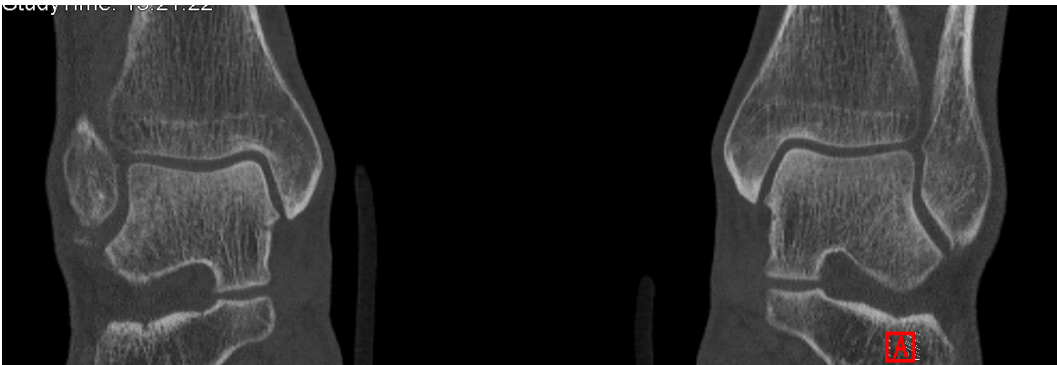


Abbildung 41: ProbandIn 2: Messausgangspunkt Frontalebene (li OSG)



Abbildung 42: ProbandIn 2: Messendpunkt Frontalebene

3 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 3 - Horizontalebene

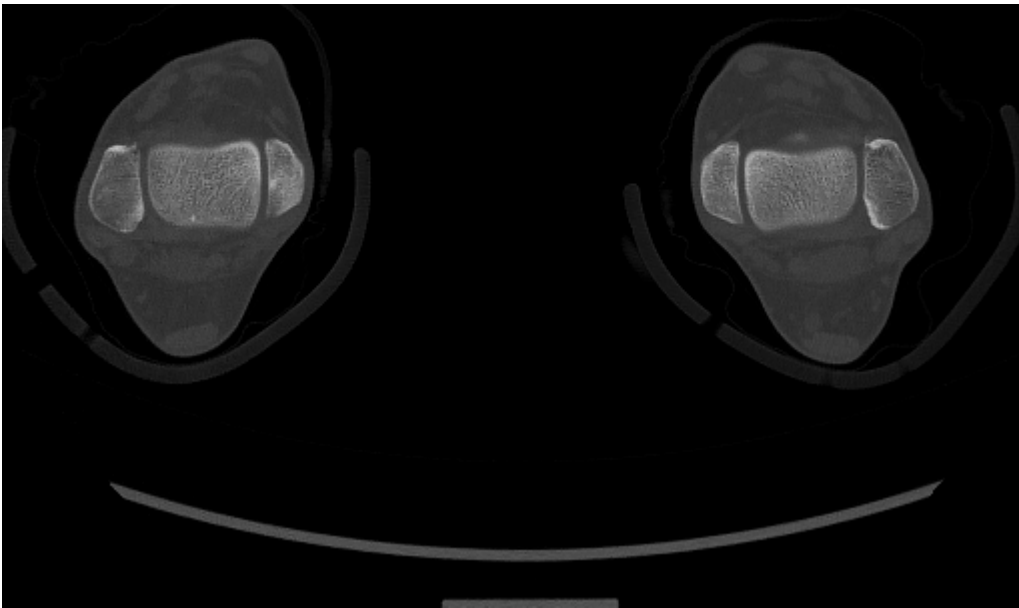


Abbildung 43: ProbandIn 3: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG)

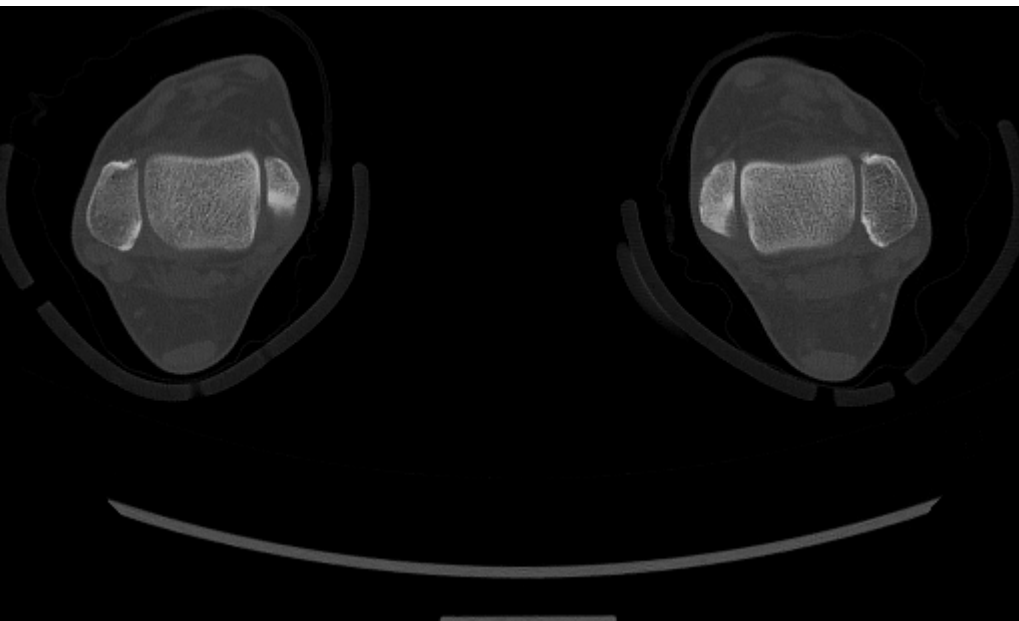


Abbildung 44: ProbandIn 3: Messendpunkt Horizontalebene

2 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (re OSG), bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 3 – Frontalebene



Abbildung 45: ProbandIn 3: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG)



Abbildung 46: ProbandIn 3: Messendpunkt Frontalebene

4 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 4 - Horizontalebene

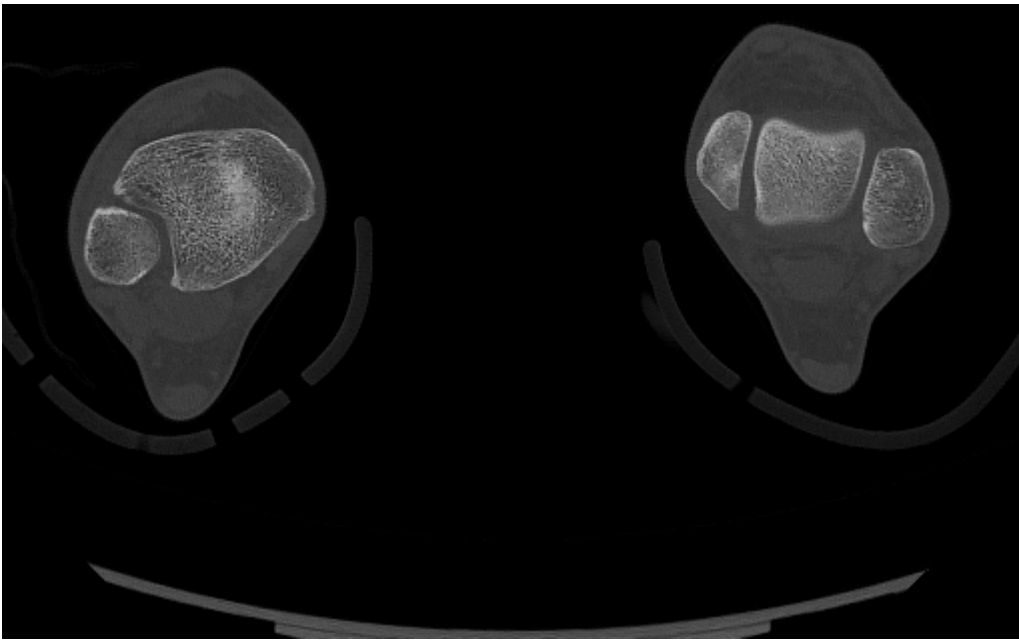


Abbildung 47: ProbandIn 4: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG)

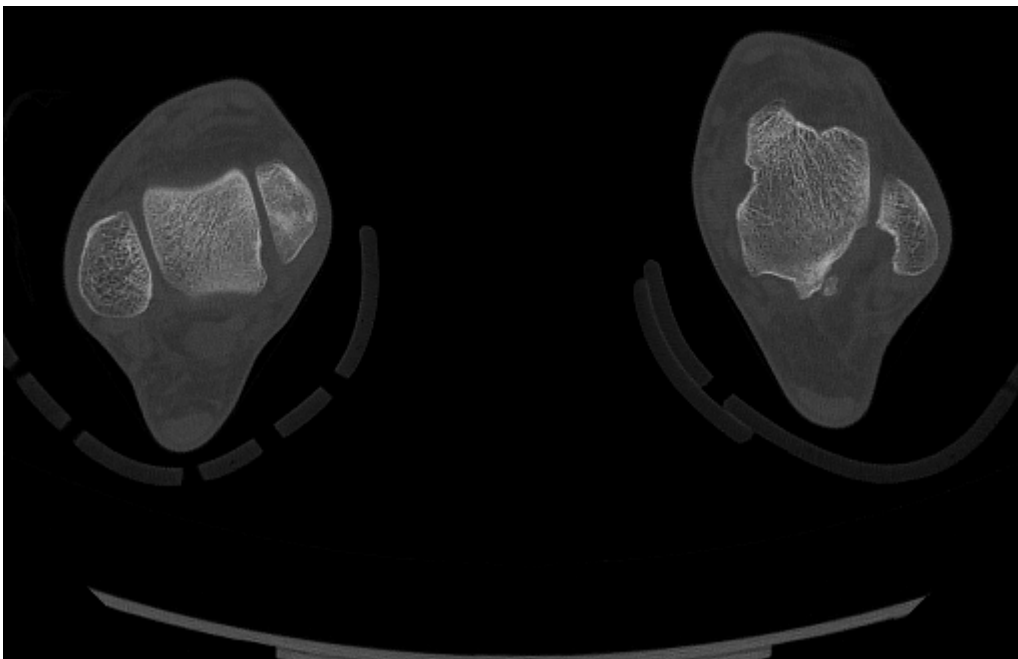


Abbildung 48: ProbandIn 4: Messendpunkt Horizontalebene

15 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (li OSG), bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 4 – Frontalebene



Abbildung 49: ProbandIn 4: Messausgangspunkt Frontalebene (li OSG)



Abbildung 50: ProbandIn 4: Messendpunkt Frontalebene

14 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 5 - Horizontalebene

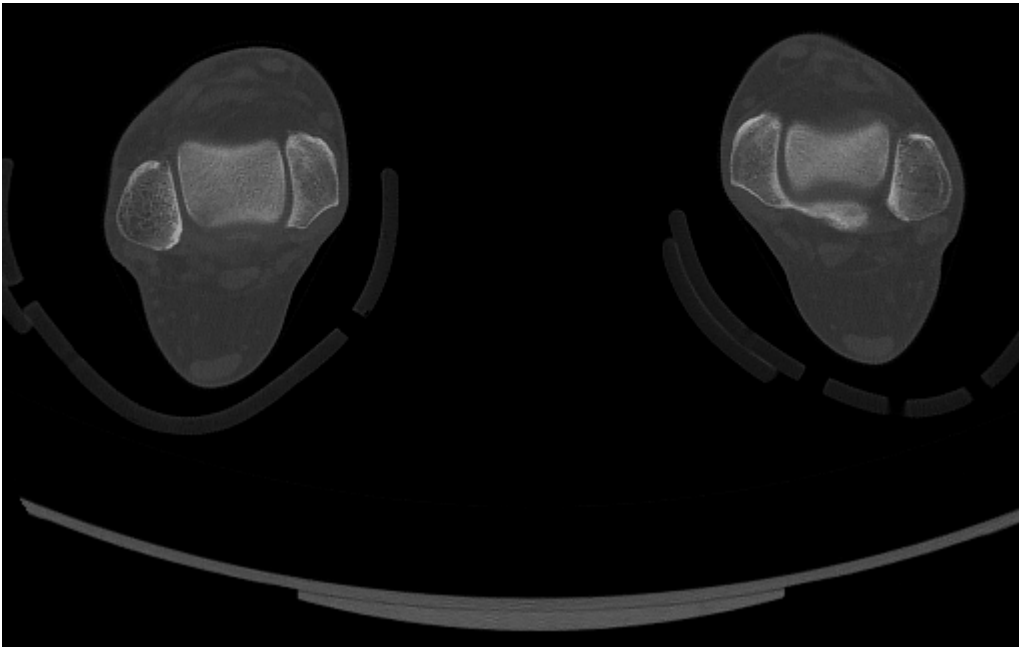


Abbildung 51: ProbandIn 5: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG)

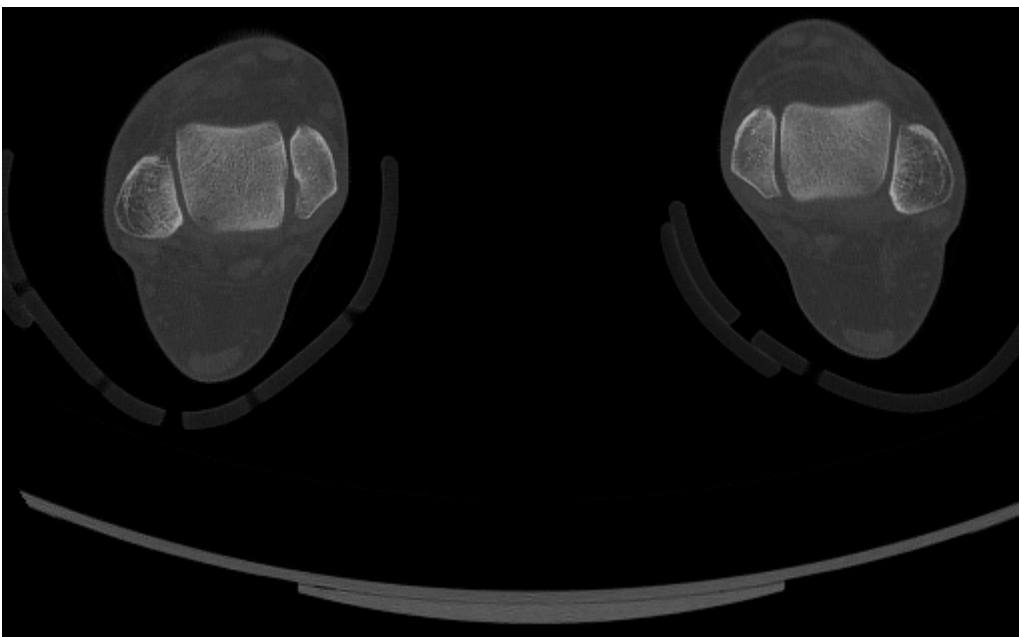


Abbildung 52: ProbandIn 5: Messendpunkt Horizontalebene

4 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (re OSG), bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 5 – Frontalebene



Abbildung 53: ProbandIn 5: Messausgangspunkt Frontalebene (li OSG)



Abbildung 54: ProbandIn 5: Messendpunkt Frontalebene

8 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 6 - Horizontalebene

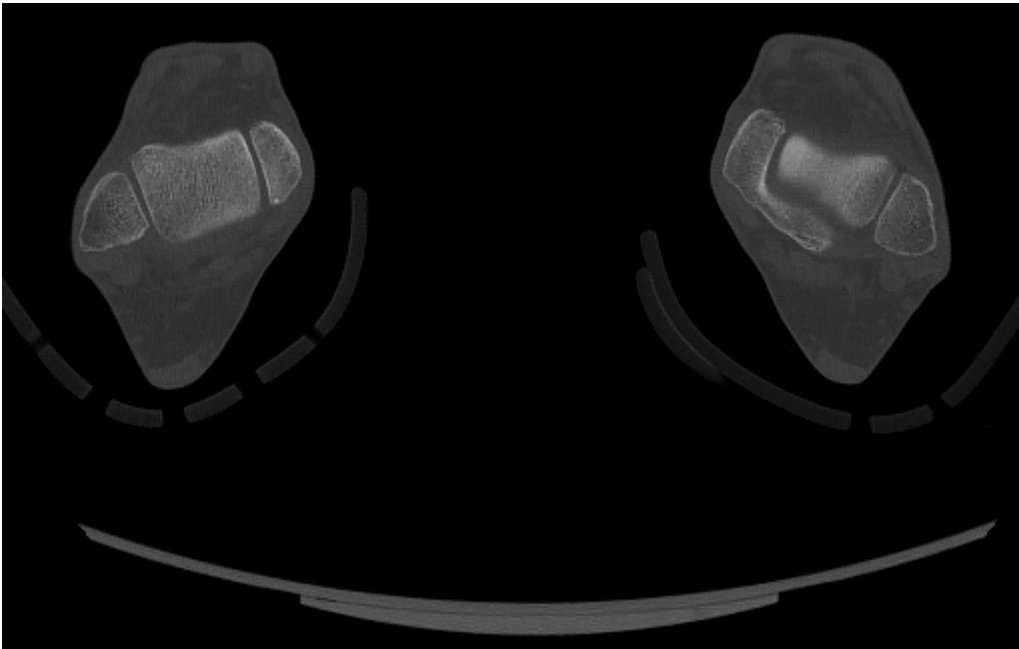


Abbildung 55: ProbandIn 6: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG)

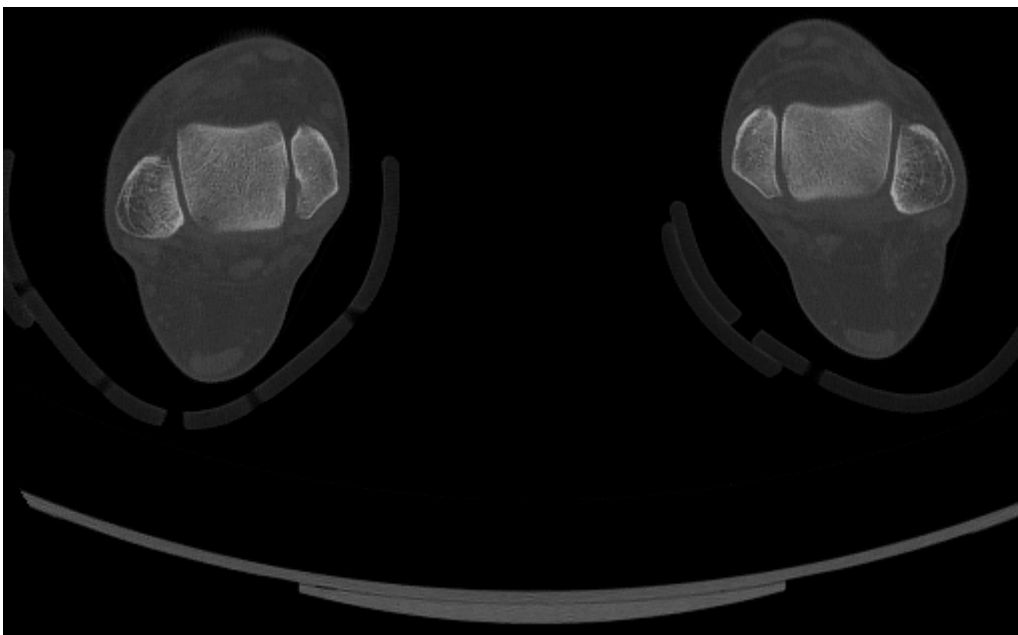


Abbildung 56: ProbandIn 6: Messendpunkt Horizontalebene

6 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (re OSG), bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 6 – Frontalebene



Abbildung 57: ProbandIn 6: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG)



Abbildung 58: ProbandIn 6: Messendpunkt Frontalebene

3 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 7 - Horizontalebene

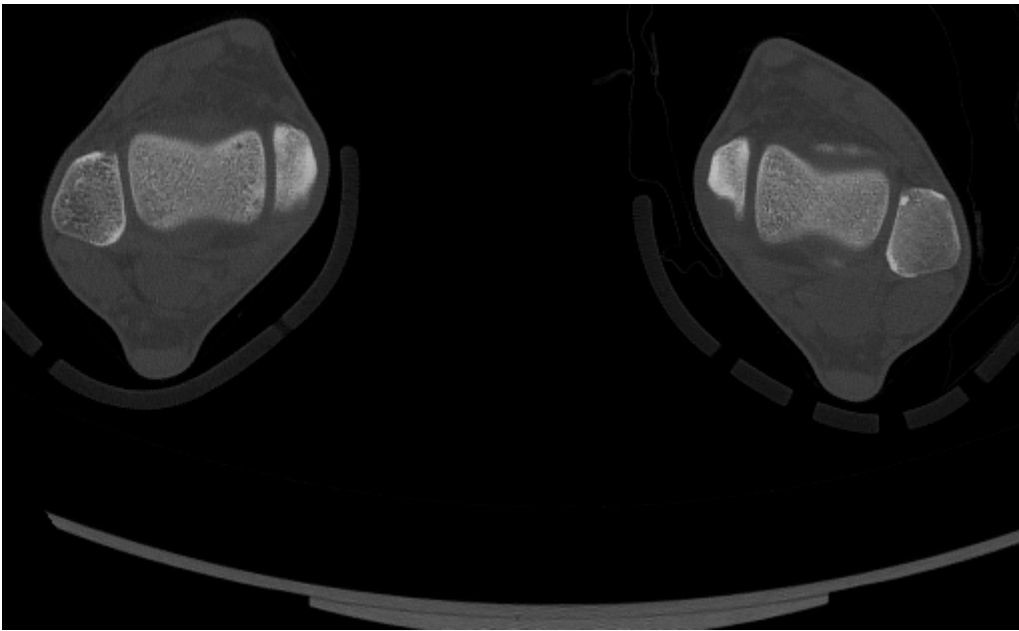


Abbildung 59: ProbandIn 7: Messausgangspunkt Horizontalebene (re OSG)

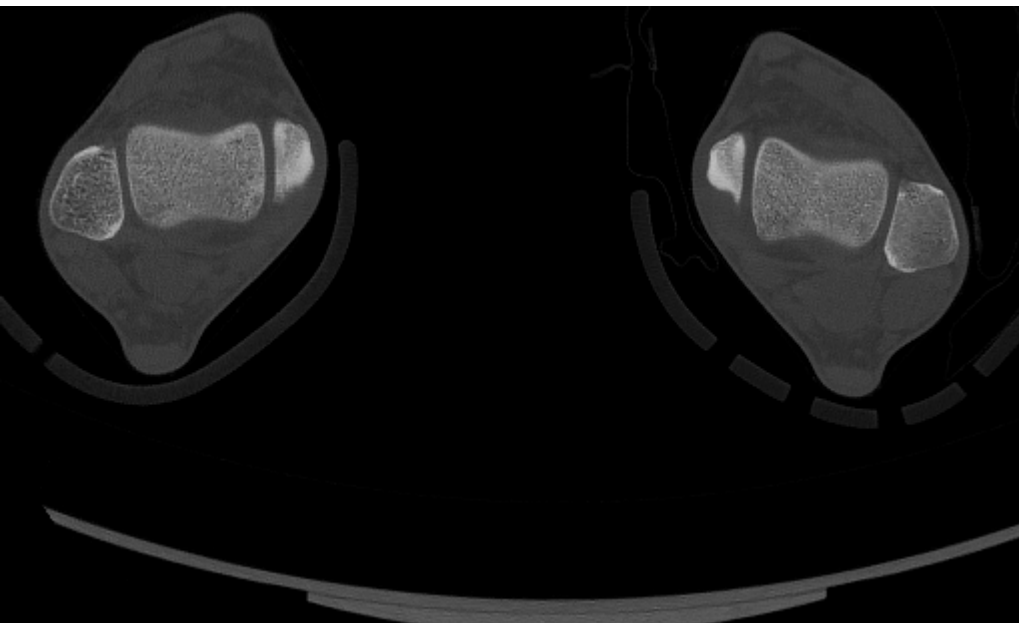


Abbildung 60: ProbandIn 7: Messendpunkt Horizontalebene

1 Schicht Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (re OSG) , bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 7 – Frontalebene

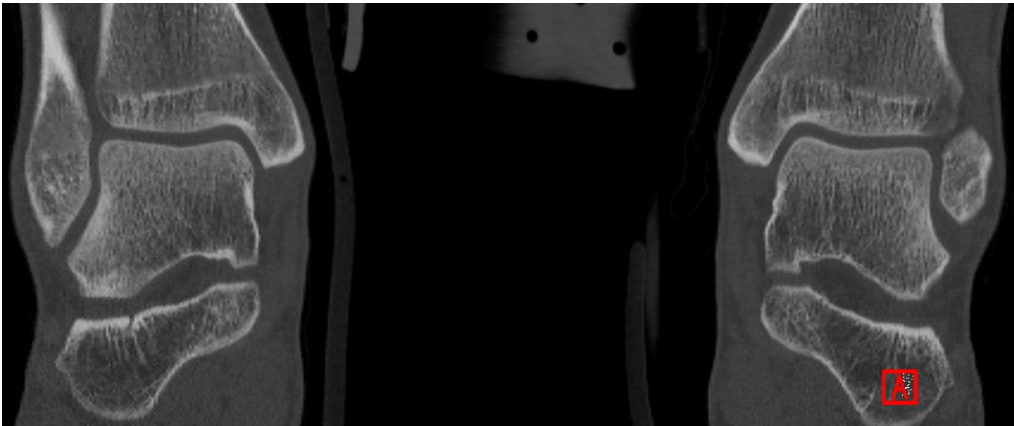


Abbildung 61: ProbandIn 7: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG)

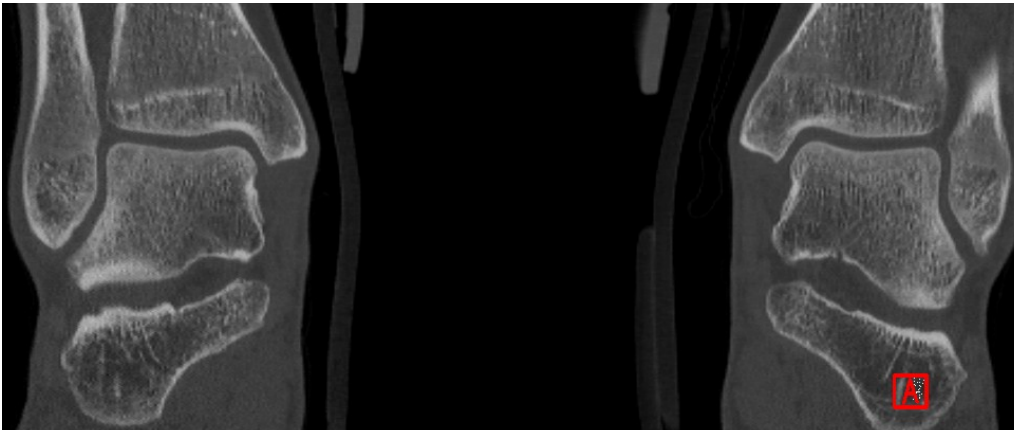


Abbildung 62: ProbandIn 7: Messendpunkt Frontalebene

5 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 8 - Horizontalebene

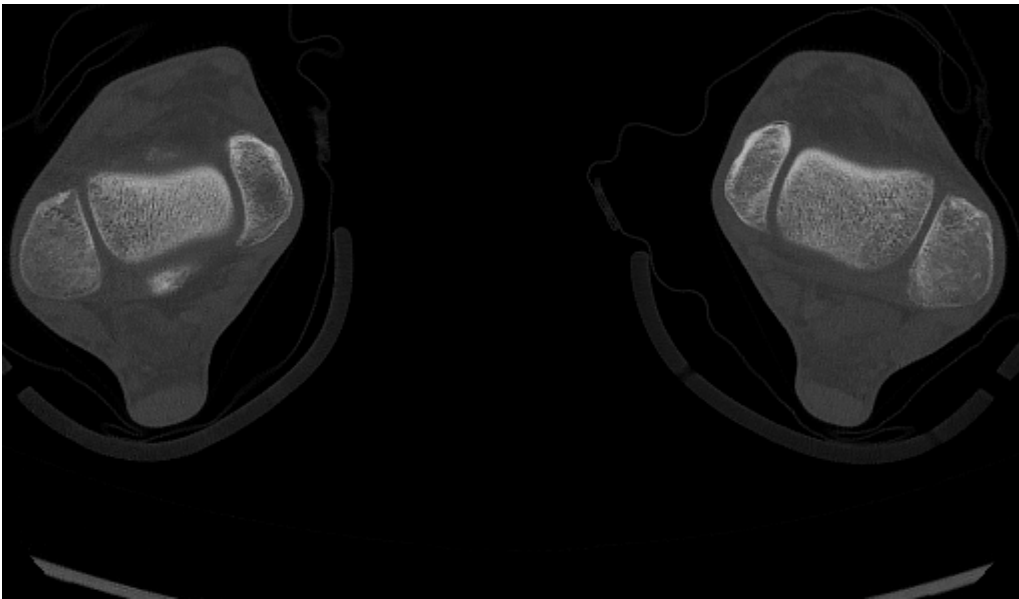


Abbildung 63: ProbandIn 8: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG)

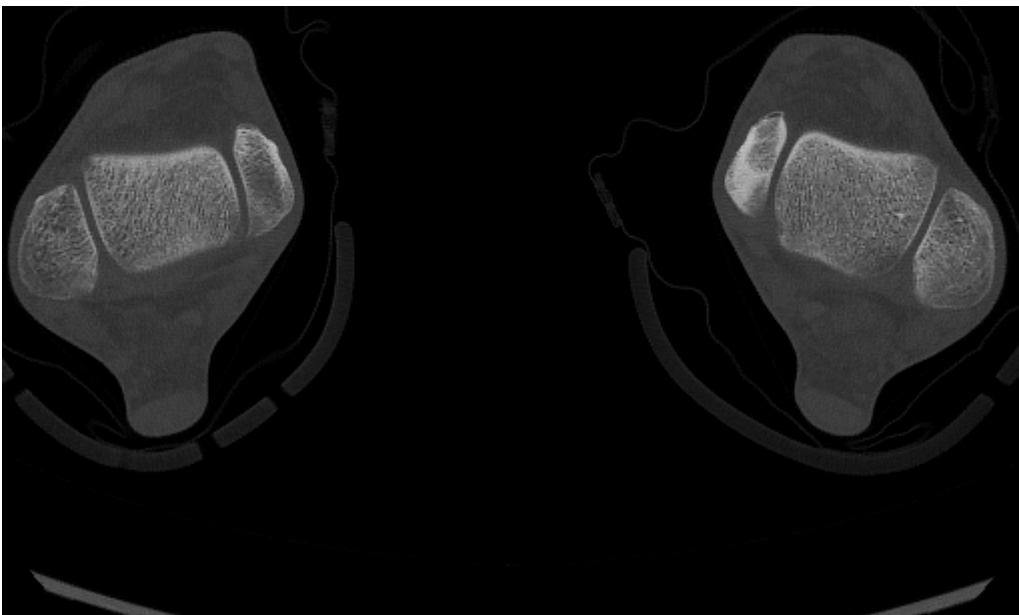


Abbildung 64: ProbandIn 8: Messendpunkt Horizontalebene

3 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (li OSG), bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 8 – Frontalebene



Abbildung 65: ProbandIn 8: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG)



Abbildung 66: ProbandIn 8: Messendpunkt Frontalebene

12 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 9 - Horizontalebene

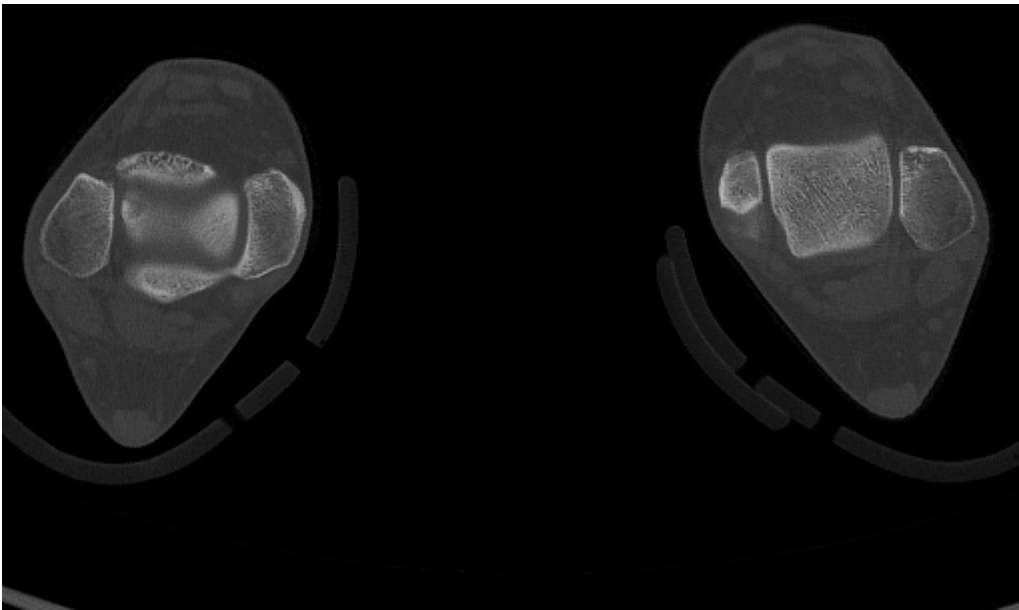


Abbildung 67: ProbandIn 9: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG)

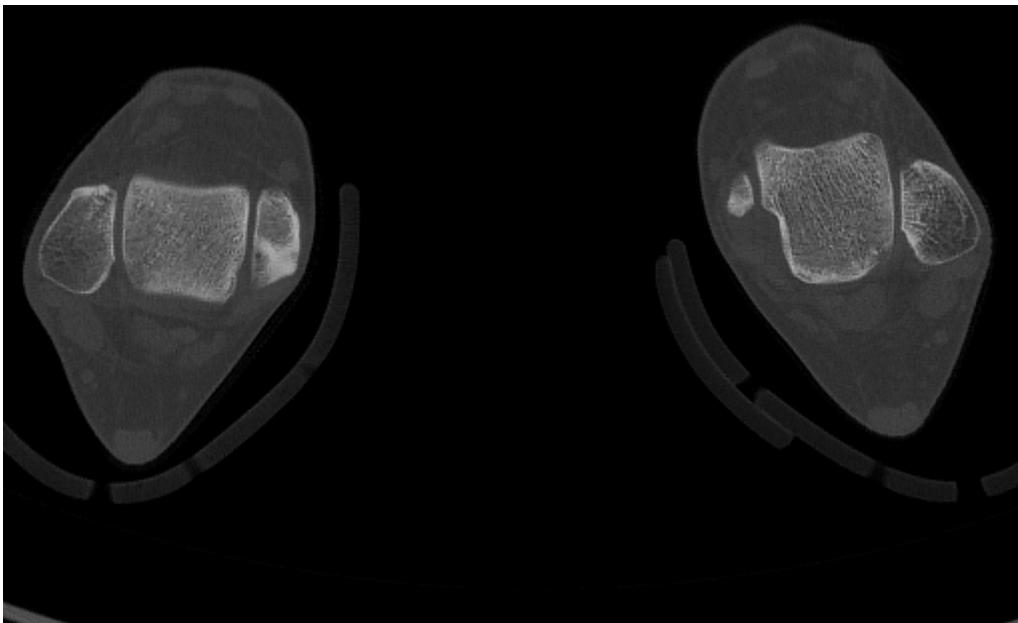


Abbildung 68: ProbandIn 9: Messendpunkt Horizontalebene

3 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (li OSG), bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 9 – Frontalebene



Abbildung 69: ProbandIn 9: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG)



Abbildung 70: ProbandIn 9: Messendpunkt Frontalebene

8 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

ProbandIn 10 - Horizontalebene

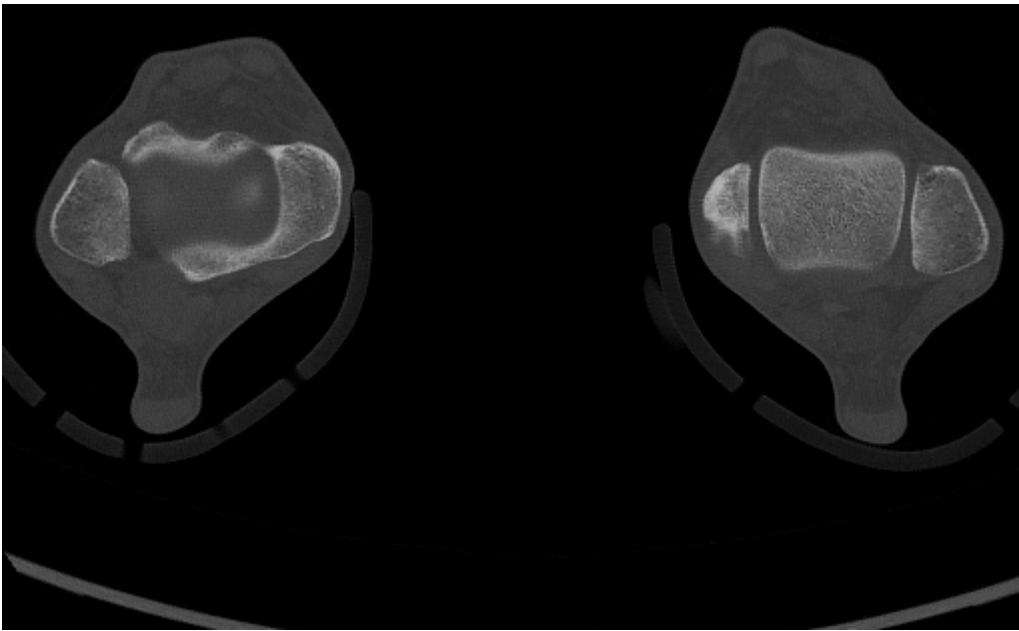


Abbildung 71: ProbandIn 10: Messausgangspunkt Horizontalebene (li OSG)

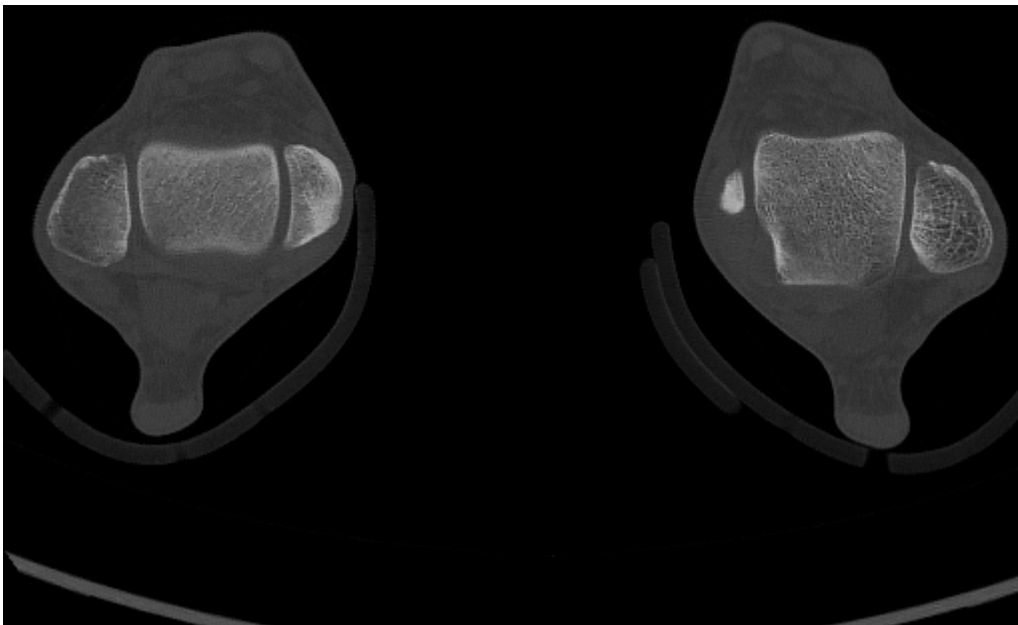


Abbildung 72: ProbandIn 10: Messendpunkt Horizontalebene

6 Schichten Differenz zwischen erstem Auftauchen des Talus auf der einen Seite (li OSG), bis zum Sichtbarwerden des Talus auf der anderen Seite.

ProbandIn 10 – Frontalebene

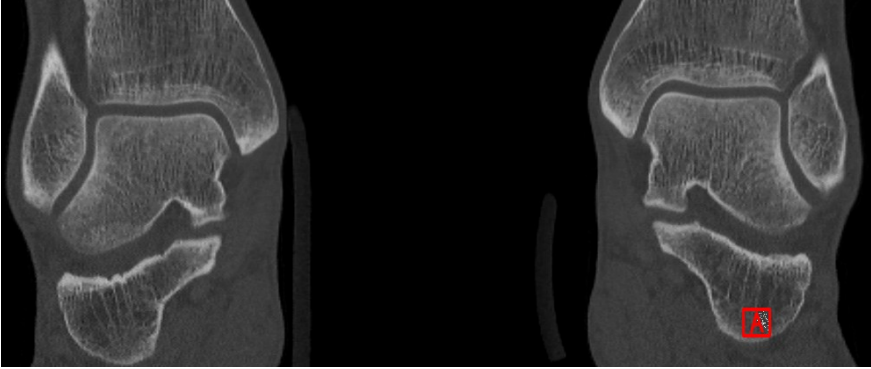


Abbildung 73: ProbandIn 10: Messausgangspunkt Frontalebene (re OSG)

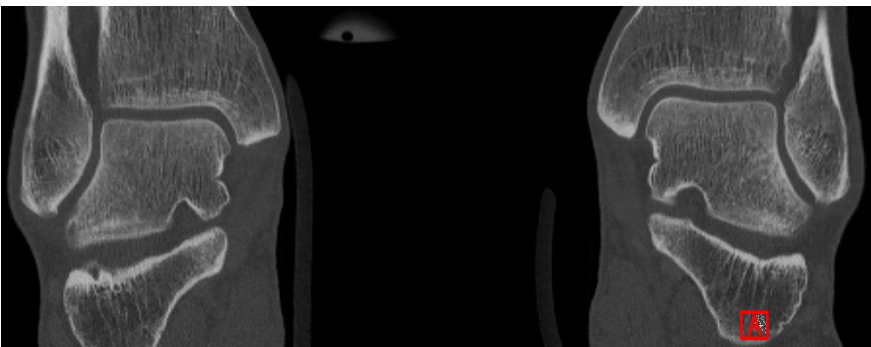


Abbildung 74: ProbandIn 10: Messendpunkt Frontalebene

4 Schichten Differenz zwischen in der Frontalebene.

Literaturverzeichnis

1. Del Buono A, Florio A, Boccanera MS, Maffulli N. Syndesmosis injuries of the ankle. *Curr Rev Musculoskelet Med.* Dezember 2013;6(4):313–9.
2. van Vlijmen N, Denk K, van Kampen A, Jaarsma RL. Long-term Results After Ankle Syndesmosis Injuries. *Orthopedics.* November 2015;38(11):e1001-1006.
3. Anderhuber F, Pera F, Streicher J. *Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band.* Walter de Gruyter; 2012. 1196 S.
4. Lanz T von, Wachsmuth W. *Lanz / Wachsmuth Praktische Anatomie. Arm: Ein Lehr- und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen Handelns.* Springer-Verlag; 2013. 326 S.
5. 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.* Dezember 2010;217(6):633–45.
6. Bartoníček J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. *Surg Radiol Anat SRA.* Dezember 2003;25(5–6):379–86.
7. Ogilvie-Harris DJ, Reed SC, Hedman TP. Disruption of the ankle syndesmosis: biomechanical study of the ligamentous restraints. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 1994;10(5):558–560.
8. Ramsey PL, Hamilton W. Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift. *J Bone Joint Surg Am.* April 1976;58(3):356–7.
9. Sankey RA, Brooks JHM, Kemp SPT, Haddad FS. The epidemiology of ankle injuries in professional rugby union players. *Am J Sports Med.* Dezember 2008;36(12):2415–24.
10. Robertson GAJ, Wood AM, Aitken SA, Court Brown C. Epidemiology, management, and outcome of sport-related ankle fractures in a standard UK population. *Foot Ankle Int.* November 2014;35(11):1143–52.
11. Shah S, Thomas AC, Noone JM, Blanchette CM, Wikstrom EA. Incidence and Cost of Ankle Sprains in United States Emergency Departments. *Sports Health.* Dezember 2016;8(6):547–52.
12. Vosseller JT, Karl JW, Greisberg JK. Incidence of syndesmotic injury. *Orthopedics.* März 2014;37(3):e226-229.
13. Roemer FW, Jomaah N, Niu J, Almusa E, Roger B, D’Hooghe P, u. a. Ligamentous Injuries and the Risk of Associated Tissue Damage in Acute Ankle Sprains in Athletes: A Cross-sectional MRI Study. *Am J Sports Med.* Juli 2014;42(7):1549–57.
14. Symeonidis PD, Iselin LD, Chehade M, Stavrou P. Common pitfalls in syndesmotic rupture management: a clinical audit. *Foot Ankle Int.* März 2013;34(3):345–50.
15. Cancienne JM, Crosen MP, Yarboro SR. Use of a Hybrid Operating Room to Improve

Reduction of Syndesmotic Injuries in Ankle Fractures: A Case Report. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. Oktober 2016;55(5):1052–6.

16. Edwards GS, DeLee JC. Ankle diastasis without fracture. *Foot Ankle*. Juni 1984;4(6):305–12.
17. Maisonneuve MJG. In: *Recherches sur la fracture du peroné*. *Arch Gén de med*; 1840.
18. Lauge-Hansen N. FRACTURES OF THE ANKLE: II. Combined Experimental-Surgical and Experimental-Roentgenologic Investigations. *Arch Surg*. 1. Mai 1950;60(5):957–85.
19. Szyszkowitz R (Hrsg). *Tscherne Unfallchirurgie*. Bd. Unterschenkel. Berlin: Springer-Verlag; 2003.
20. Boldin C, Grechenig W, Mayr J, Szyszkowitz R. Die operative Behandlung der Maisonneuve-Verletzung. *Oper Orthop Traumatol*. 1. Dezember 2004;16(4):433–50.
21. Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. *AO - Prinzipien des Frakturmanagements*. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Bd. 2–Spezifische Frakturen. Stuttgart: Thieme Verlag; 2008.
22. Wang C, Ma X, Wang X, Huang J, Zhang C, Chen L. Internal fixation of distal tibiofibular syndesmotic injuries: a systematic review with meta-analysis. *Int Orthop*. September 2013;37(9):1755–63.
23. Cherney SM, Haynes JA, Spraggs-Hughes A, McAndrew CM, Ricci WM, Gardner MJ. In Vivo Syndesmotic Over-Compression After Fixation of Ankle Fractures with a Syndesmotic Injury. *J Orthop Trauma*. September 2015;29(9):414–9.
24. Kortekangas T, Savola O, Flinkkilä T, Lepojärvi S, Nortunen S, Ohtonen P, u. a. A prospective randomised study comparing TightRope and syndesmotic screw fixation for accuracy and maintenance of syndesmotic reduction assessed with bilateral computed tomography. *Injury*. 2015;46(6):1119–26.
25. Anand A, Wei R, Patel A, Vedi V, Allardice G, Anand BS. Tightrope fixation of syndesmotic injuries in Weber C ankle fractures: a multicentre case series. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol*. Mai 2017;27(4):461–7.
26. 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*. Dezember 2012;40(12):2828–35.
27. Vopat ML, Vopat BG, Lubberts B, DiGiovanni CW. Current trends in the diagnosis and management of syndesmotic injury. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 18. Januar 2017;10(1):94–103.
28. Diagnostic accuracy of clinical tests for ankle syndesmosis injury | *British Journal of Sports Medicine* [Internet]. [zitiert 12. September 2017]. Verfügbar unter: <http://bjsm.bmj.com/content/49/5/323.long>
29. van Dijk CN, Longo UG, Loppini M, Florio P, Maltese L, Ciuffreda M, u. a. Classification and diagnosis of acute isolated syndesmotic injuries: ESSKA-AFAS consensus and guidelines. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. April 2016;24(4):1200–16.

30. Jubel A, Faymonville C, Andermahr J, Boxberg S, Schiffer G. [Conventional X-Rays of Ankle Joint Fractures in Older Patients are Not Always Predictive]. *Z Orthopadie Unfallchirurgie*. Februar 2017;155(1):45–51.
31. Prior CP, Widnall JC, Rehman AK, Weller DM, Wood EV. A simplified, validated protocol for measuring fibular reduction on ankle CT. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. März 2017;23(1):53–6.
32. Yeung TW, Chan CYG, Chan WCS, Yeung YN, Yuen MK. Can pre-operative axial CT imaging predict syndesmosis instability in patients sustaining ankle fractures? Seven years' experience in a tertiary trauma center. *Skeletal Radiol*. Juni 2015;44(6):823–9.
33. Magee DJ. *Orthopedic Physical Assessment - E-Book*. Elsevier Health Sciences; 2014. 1294 S.
34. AO Foundation E. Müller AO Classification of Fractures- Long Bones. AO Publishing Switzerland; 2007.