

AUS DER ABTEILUNG
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**DIE UNTERSUCHUNG UND VERMESSUNG VON
CALCANEUSFRAKTUREN MITTELS COMPUTERTOMOGRAPHIE
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES
CALCANEOCUBOIDGELENKES**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Katrín Dietrich

2013

AUS DER ABTEILUNG
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**DIE UNTERSUCHUNG UND VERMESSUNG VON
CALCANEUSFRAKTUREN MITTELS COMPUTERTOMOGRAPHIE
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES
CALCANEOCUBOIDGELENKES**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Katrín Dietrich

2013

Dekan:	Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Bernd Kinner
2. Berichterstatter:	PD Dr. Ernst Sendtner
Tag der mündlichen Prüfung:	24.10.2013

Für meine Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	7
1.1	Anatomie und Biomechanik des Calcaneus, Calcaneocuboidgelenkes und unteren Sprunggelenkes	7
1.1.1	Knöcherne Anatomie und innere Architektur des Calcaneus	7
1.1.2	Knöcherne Anatomie des Os cuboideum	11
1.1.3	Anatomie des unteren Sprunggelenkes	12
1.1.4	Muskuläre Strukturen	16
1.1.5	Biomechanik des unteren Sprunggelenkes	16
1.1.6	Calcaneus secundarius	17
1.2	Calcaneusfrakturen	19
1.2.1	Epidemiologie	19
1.2.2	Ätiologie und Frakturmechanismus	19
1.2.3	Diagnostik	24
1.3	Frakturklassifikationen	28
1.3.1	Klassifikation nach Essex-Lopresti	28
1.3.2	Klassifikation nach Sanders	29
1.3.3	Klassifikation nach Eastwood/Atkins	32
1.3.4	Klassifikation nach Zwipp	33
1.4	Fragestellung der Arbeit	36
2	MATERIAL UND METHODEN	39
2.1	Untersuchungskollektiv	39

2.2	Aus Aktenstudium ermittelte Daten	39
2.2.1	Verletzungsursache	39
2.2.2	Weichteilverletzungen	40
2.2.3	Begleitverletzungen	41
2.3	Erstellung der CT-Bilder	41
2.4	Vermessung und Befundung der CT-Bilder	42
2.4.1	Böhlerwinkel	42
2.4.2	Grad der Verkürzung	43
2.4.3	Fraktur des Os cuboideums	44
2.4.4	Calcaneus secundarius	44
2.4.5	Beurteilung der fünf Hauptfragmente nach Zwipp	44
2.4.6	Beurteilung der Gelenksflächen	45
2.4.7	Frakturklassifikationen	45
2.4.8	Beurteilung der Fraktur im Calcaneocuboidgelenk	46
2.4.9	Größe des Isthmusdefektes	51
2.4.10	Abrissfraktur des Ligamentum bifurcatum	51
2.5	Statistische Auswertung	52
3	ERGEBNISSE	54
3.1	Demographische Daten	54
3.2	Verletzungsursache	55
3.3	Weichteilschaden	56
3.4	Begleitverletzungen	57

3.5	Morphologie der Fersenbeinfrakturen	58
3.5.1	Tuber-Gelenk-Winkel/Modifizierter Böhlerwinkel	58
3.5.2	Isthmusdefekt	59
3.5.3	Verkürzung des Fersenbeins	60
3.5.4	Frakturen der Gelenkflächen	61
3.6	Frakturklassifikationen	63
3.6.1	Klassifikation nach Essex-Lopresti	63
3.6.2	Klassifikation nach Sanders	64
3.6.3	Klassifikation nach Eastwood/Atkins	66
3.6.4	Klassifikation nach Zwipp	67
3.7	Zusammenhänge verschiedener Faktoren	68
3.7.1	Zusammenhang zwischen den Frakturklassifikationen	68
3.7.2	Zusammenhang zwischen der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen und den Frakturklassifikationen	72
3.7.3	Zusammenhang zwischen dem Schädigungsgrad der Gelenkflächen und den Frakturklassifikationen	74
3.7.4	Zusammenhang zwischen den Frakturklassifikationen und dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und der Verkürzung des Fersenbeins	78
3.8	Beurteilung der Fraktur im Calcaneocuboidgelenk	83
3.8.1	Anzahl der Frakturlinien im CCJ	83
3.8.2	Zusammenhang zwischen der Anzahl der Frakturlinien im CCJ und den Frakturklassifikationen	84
3.8.3	Verlauf der primären Frakturlinie im CCJ	85
3.8.4	Zusammenhang zwischen der Lokalisation der Primären Frakturlinie im CCJ und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, den Frakturklassifikationen, dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und der Verkürzung des Fersenbeins	87
3.8.5	Eigene Klassifikation der CCJ-Frakturen	89

3.8.6	Verlauf der Frakturlinien im CCJ	92
4	DISKUSSION	95
5	ZUSAMMENFASSUNG	117
6	LITERATURVERZEICHNIS	119
7	ANHANG	133
7.1	Anhang zur Einleitung	133
7.1.1	Weitere Frakturklassifikationen	133
7.2	Anhang zu den Ergebnissen	155
7.3	Bewertungsbogen	166
8	CURRICULUM VITAE	174
9	DANKSAGUNG	176

ABBKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ant.	anterior
A.P.	anterior-posterior
Art.	Articulatio
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CCJ	Calcaneocuboidgelenk
cm	Centimeter
CT	Computertomographie
cub.	cuboidea
Fac.	Facies
GF	Gelenkfläche
ICI	Integral Classification of Injuries
Lig./Ligg.	Ligamentum/Ligamenta
M	Meter
M.	Musculus
med.	media
mm	Millimeter
n	Anzahl
OP	Operation
post.	posterior
Proc.	Processus
Tab.	Tabelle
z.B.	zum Beispiel
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional

1 EINLEITUNG

1.1 ANATOMIE UND BIOMECHANIK DES CALCANEUS, CALCANEOCUBOIDGELENKES UND UNTEREN SPRUNGGELENKES

1.1.1 KNÖCHERNE ANATOMIE UND INNERE ARCHITEKTUR DES CALCANEUS

Der Calcaneus ist der größte Knochen des Fußes. Er ist wesentlich an der Bildung des Fußgewölbes beteiligt und überträgt als hinterer Hauptpfeiler des Fußes das Körpergewicht auf den Boden (JOSTEN 2001).

Mit seiner länglichen, fast vierseitigen Form ist er der wesentliche Teil des sogenannten Fußhebels. Dieser Winkelhebel entsteht dadurch, dass der Unterschenkel und Fuß rechtwinkelig gegeneinander abgeknickt sind. Er dient vor allem der Fortbewegung und wird von den langen Sehnen der am Unterschenkel lokalisierten Muskeln bedient, die entweder an der Ferse oder am Mittel- oder Vorfuß befestigt sind (ZWIPP 2005, ROHEN 2006).

Das Fersenbein trägt vier Gelenksflächen (ZWIPP 2005). Drei davon befinden sich auf der superioren Calcaneusfläche zur Artikulation mit dem Talus: Facies articularis posterior, Facies articularis media und Facies articularis anterior. Auf der anterioren Seite des Fersenbeins befindet sich die Facies articularis cuboidea zur Artikulation mit dem Os cuboideum (PLATZER 1999).

Bei jedem fünften Calcaneus findet sich eine Fusion der Facies articularis anterior und media zu einer gemeinsamen Gelenksfläche (ZWIPP 2005). 2% der Fersenbeine weisen eine Vereinigung aller drei subtalaren Gelenksflächen auf (STANDRING 2008).

Zwischen der Facies articularis media und posterior befindet sich der Sulcus calcanei. Dieser bildet zusammen mit dem Sulcus tali den Sinus tarsi (PLATZER 1999).

Des Weiteren besitzt der Calcaneus vier knöcherne Fortsätze (ZWIPP 2005):

- **Sustentaculum tali:** Dies befindet sich an der medialen Fersenbeinfläche und trägt die *Facies articularis media*. Unterhalb des Sustentaculums befindet sich der *Sulcus tendinis m. flexoris hallucis longi*, indem die Sehne des genannten Muskels verläuft (PLATZER 1999).

Das Sustentaculum tali ist über die *Ligamenta talocalcaneum mediale et calcaneo-tibiale* fest mit dem Talus verbunden und aus diesem Grund verliert es bei Frakturen so gut wie nie seine Lagebeziehung zum Talus. Von seiner Trabekelstruktur her ist das Sustentaculum biomechanisch der stabilste Teil, der den Talus medialseitig wie eine innere Säule abstützt und den Kraftfluss weiterleitet (ZWIPP 2005).

- **Tuber calcanei:** Dieser bildet den hinteren Teil des Calcaneus. Es trägt zwei nach vorne gerichtete Fortsätze, den *Processus lateralis tuberis* und den *Processus medialis tuberis*, an dem die Plantaraponeurose aufgehängt ist (ZWIPP 2005, PLATZER 1999). Die Achillessehne inseriert an der Tuberositas des Tuber calcanei. (PLATZER 1999)

- **Processus anterior:** Dieser befindet sich ventral am Calcaneus. Seine Form ist individuell sehr unterschiedlich und variiert von kurz und stark zu lang und schlank (RENFREW 1985). Über die *Ligg. bifurcatum* und *calcaneum cuboidale dorsale* ist er fest mit dem *Os cuboidum* und *Os naviculare* verbunden (ZWIPP 2005).

- **Trochlea peronealis:** Dies ist eine Vorwölbung an der lateralen Fersenbeinseite. Unterhalb derer verläuft der *Sulcus tendinis m. peronei longi* (PLATZER 1999).

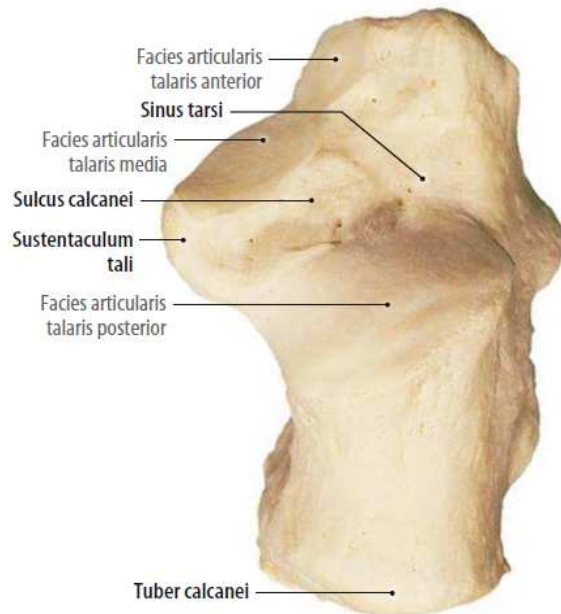


Abb.1: Rechter Calcaneus von oben (TILLMANN 2010)

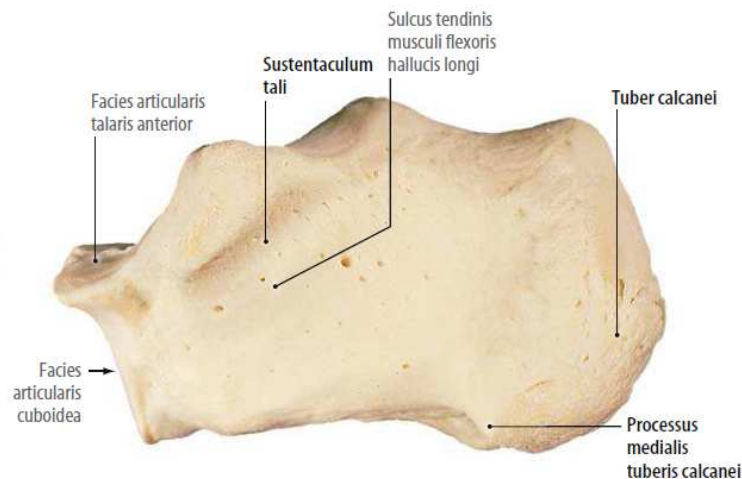


Abb.2: Rechter Calcaneus von medial (TILLMANN 2010)

Die innere Architektur des Fersenbeins besteht vorwiegend aus gewölbeartigen, trabekulären Strukturen aus spongiösem Knochen, die entsprechend den statischen und dynamischen Belastungen ausgerichtet sind. Unter der posterioren Facette liegt ein Bereich sehr dichten Knochens, der auch als Thalamus des Fersenbeins bezeichnet wird. Unterhalb des Sinus tarsi befindet sich das sogenannte neutrale Dreieck (= neutral triangle), in dem die mechanische Belastung sowie die Dichte der trabekulären

Strukturen am geringsten sind. Demzufolge ist dieser Bereich für eine Impaktion der dorsalen Facette bei Calcaneusfrakturen anfällig. Die Corticalis des Fersenbeins ist unterschiedlich dick. Während die mediale und sustentaculäre Corticalis sehr kräftig ist, ist die der lateralen Wand nur sehr dünn. Bei einer Fraktur des Fersenbeins beult diese Seite leicht nach außen vor und wird im anglo-amerikanischen Sprachtum dann als „lateral bulge“ bezeichnet (THERMANN 1998, ZWIPP 1994, JOSTEN 2001, WENZL 2001). In einer lateralen Röntgenaufnahme des Fersenbeins können zwei wichtige Winkel gemessen werden. Zum einen der Böhler- oder Tubergelenkwinkel (BÖHLER 1931), zum anderen der Winkel von Gissane.

Der Böhlerwinkel wird von zwei Linien gebildet, wobei die erste vom höchsten Punkt des Processus anterior zum höchsten Punkt der hinteren Facette verläuft und die zweite tangential dazu zur höchsten Stelle des Tuber calcanei. Beim gesunden Fersenbein beträgt dieser Winkel ungefähr 20-40 Grad. Bei Calcaneusfrakturen wird dieser Winkel kleiner und kann sogar negativ werden (BÖHLER 1931, SANDERS 2000).

Der Winkel von Gissane ist unterhalb des Processus lateralis tali zu sehen und wird zum einen durch die hintere Facette gebildet, zum anderen durch eine Linie, die vom Sulcus calcanei zur Spitze des Processus anterior verläuft. Normalerweise beträgt er zwischen 120 und 145 Grad (SANDERS 2000, HALL 1993).

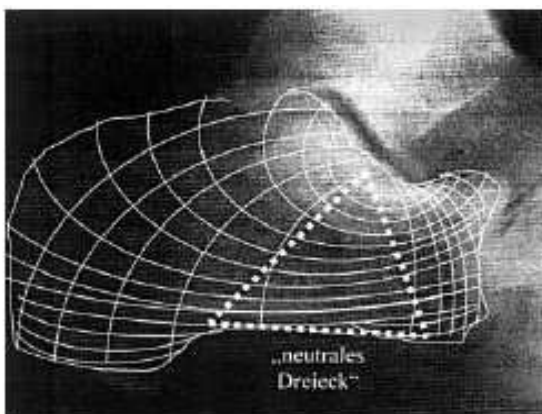


Abb.3: Ausrichtung der trabekulären Strukturen.
Neutrales Dreieck (JOSTEN 2001)

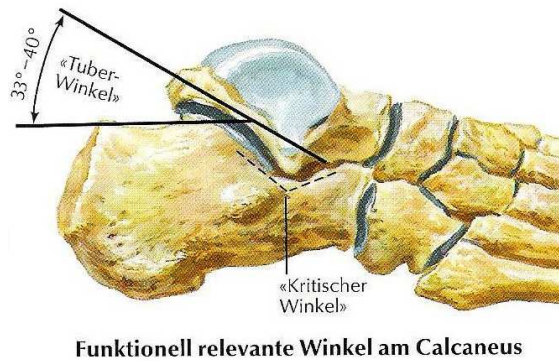


Abb.4: Tuber-Winkel nach Böhler und kritischer Winkel nach Gissane (NETTER 2003)

1.1.2 KNÖCHERNE ANATOMIE DES OS CUBOIDEUM

Das Os cuboideum stellt die Fortsetzung der lateralen Fußsäule dar (ZWIPP 1994) und befindet sich zwischen dem Calcaneus proximal und dem vierten und fünften Metatarsalknochen distal (STANDRING 2008).

Dieser Knochen besitzt fünf beziehungsweise sechs Gelenkflächen.

Posterior befindet sich der Processus calcaneus mit der in beiden Ebenen S-förmig geschwungenen Gelenkfläche zur Artikulation mit dem Fersenbein.

Anterior liegen die zwei Flächen für das vierte und fünfte Os metatarsale.

Medial findet man die Facies articularis, die mit dem Os cuneiforme laterale artikuliert und manchmal dahinter ein kleines Areal zur Artikulation mit dem Os naviculare.

An der plantaren Seite des Os cuboideums verläuft der Sulcus tendinis m. peronei longi. Hinter dieser Furche liegt eine wulstartige Verdickung, die Tuberositas ossis cuboidei (PLATZER 1999, ZWIPP 1994).



Abb.5: Rehtes os cuboideum.
Ansicht von plantar (TILLMANN 2010)



Abb.6: Rehtes os cuboideum.
Ansicht von medial (TILLMANN 2010)

1.1.3 ANATOMIE DES UNTEREN SPRUNGGELENKES

Das untere Sprunggelenk wird anhand der klassischen anatomischen Definition in die *Articulatio subtalaris* und *Articulatio talocalcaneonavicularis* unterteilt. Davon wird in der chirurgisch-orthopädischen Definition geringfügig abgewichen, indem hier der hintere Teil des unteren Sprunggelenkes ebenfalls *Articulatio subtalaris* genannt wird, der vordere Teil aber durch Einbeziehung der *Art. calcaneocuboidea* als *Art. transversa tarsi* = Chopart-Gelenk bezeichnet wird. Die Gründe für diese eigene Definition liegen in der funktionellen Anatomie, Biomechanik und Kinematik der Bewegungsabläufe (ZWIPP 1994).

Die Trennung der *Art. Subtalaris* von der *Art. Talocalcaneonavicularis* erfolgt durch das sich im Sinus tarsi befindliche *Lig. talocalcaneum interosseum* (PLATZER 1999), welches für die Stabilität im unteren Sprunggelenk verantwortlich ist und das zusammen mit dem weiter unten besprochenen *Ligamentum talocalcaneum mediale* die feste Verbindung zwischen Talus und Calcaneus herstellt (RAMMELT 2005, CARR 1993).

Articulatio subtalaris:

Wird gebildet durch die *Facies articularis calcanea posterior* und durch die *Facies articularis talaris posterior*.

Die *Facies articularis calcanea posterior* hat eine konkave Form und befindet sich an der Unterseite des Talus. Die *Facies articularis talaris posterior* ist im

Gegensatz dazu konvex und liegt dorsal auf dem Fersenbein (PRETTERKLIEBER 1998).

Die schlaife und dünne Gelenksskapsel wird durch die Ligg. talocalcanea mediale und laterale verstärkt (PLATZER 1999). Das dünne Lig. talocalcaneum laterale verläuft zwischen dem Proc. lateralis tali und der lateralen Fläche des Calcaneus. Vom Tuberculum mediale des Processus posterior tali zieht das dicke Ligamentum talocalcaneum mediale zum Sustentaculum tali. Das Subtalargelenk wird neben diesen zwei intraartikulären Bändern auch von extraartikulären Ligamenta gesichert. Dazu zählen das Lig. fibulo-calcaneare und die Pars tibiocalcanea des Lig. deltoideum. Zwei weitere wichtige Bänder der Articulatio subtalaris befinden sich im bzw. lateral des Sinus tarsi. Zum einen das bereits weiter oben besprochene Lig. talocalcaneum interosseum, zum anderen das Lig. cervicale. Letzteres verläuft lateral des Sinus tarsi zwischen der lateralen Fläche des Collum tali und der dorsalen Fläche des Calcaneus (PRETTERKLIEBER 1998, CARR 1993). Des Weiteren sei das Lig. talocalcaneum posterius erwähnt, das vom Processus posterior des Talus zum Tuber calcanei zieht.

Articulatio talocalcaneonavicularis:

In diesem Gelenk artikulieren die konvex geformten und sich an der Unterfläche des Talus befindlichen Facies articularis calcanea media et anterior mit den konkav geformten Facies articularis talaris media et anterior, die auf der Dorsalseite des Fersenbeins liegen.

Die Facies articularis calcanea anterior setzt sich an ihrem Ende kontinuierlich in das eiförmige Caput tali fort, das mit der posterioren, konkaven Fläche des Os naviculare in Verbindung tritt. Vervollständigt wird die Gelenkspfanne für den Taluskopf durch eine von Faserknorpel überkleidete Gelenksfläche auf dem Lig. Calcaneonaviculare plantare, welches vom Sustentaculum tali des Fersenbeins zur plantaren und medialen Fläche des Kahnbeins zieht und somit die Lücke zwischen Calcaneus und Os naviculare füllt. Dieses als Pfannenband bezeichnete

Ligament trägt wesentlich zur Aufrechterhaltung des Fußlängsgewölbes bei (PLATZER 1999, PRETTERKLIEBER 1998, SCHIEBLER 2004).

Die gelenkigen Beziehungen zwischen Talus und Calcaneus innerhalb der Art. talocalcaneonavicularis werden durch die bereits beim Subtalargelenk beschriebenen Ligamente gesichert. Das Gelenk zwischen Caput tali und Os naviculare wird zum einen durch das Lig. talonaviculare zum anderen durch das bereits bekannte Lig. calcaneonaviculare plantare und der Pars calcaneonavicularis des Lig. bifurcatum stabilisiert. Beim Lig. talonaviculare handelt es sich um eine dorsale Kapselverstärkung, die vom Collum tali zur dorsalen Fläche des Os naviculare zieht (PRETTERKLIEBER 1998). Ein wichtiger Stabilisator des lateralen Chopartgelenkes ist das Lig. bifurcatum. Die Pars calcaneonavicularis dieses Bandes verbindet die Dorsalfläche des Processus anterior des Calcaneus mit dem seitlichen Rand des Os naviculare (ZWIPP 1994).

Articulatio calcaneocuboidea:

Dieses Gelenk wird aufgrund seiner straffen Kapsel als „federnde Amphiarthrose“ bezeichnet. Funktionell betrachtet ist das nicht ganz richtig. Die zwei sattelförmigen Gelenksflächen Facies articularis cuboidea und die Facies articularis calcanea artikulieren miteinander und ermöglichen Drehbewegungen sowie eine geringe Plantarflexion und Dorsalextension (RAUBER 2003).

Die Kapsel des Calcaneocuboidgelenkes ist dorsal zum Lig. calcaneocuboideum dorsale verdickt (PRETTERKLIEBER 1998). Die Pars calcaneocuboidea des stabilisierenden Lig. bifurcatum, zieht wie der mediale Teil von der hinteren Seite des Processus anterior zur Dorsalfläche des Os cuboideums (ZWIPP 1994).

Weitere bedeutende Bänder im Calcaneocuboidgelenk sind das Lig. calcaneocuboideum plantare, das von der plantar-medialen Fläche des Fersenbeins zur plantaren Fläche des Os cuboideums zieht, und das Lig. plantare longum (PRETTERKLIEBER 1998). Letztgenanntes Band zieht ebenfalls von der plantaren Fläche des Calcaneus mit tiefen Fasern zur

Tuberositas ossis cuboidei und mit oberflächlichen Fasern zu den Basen der Ossa metatarsi II-V. Dieses Ligament ist eine große Stütze zur Aufrechterhaltung des Fußlängsgewölbes (PRETTERKLIEBER 1998, SCHIEBLER 2004).

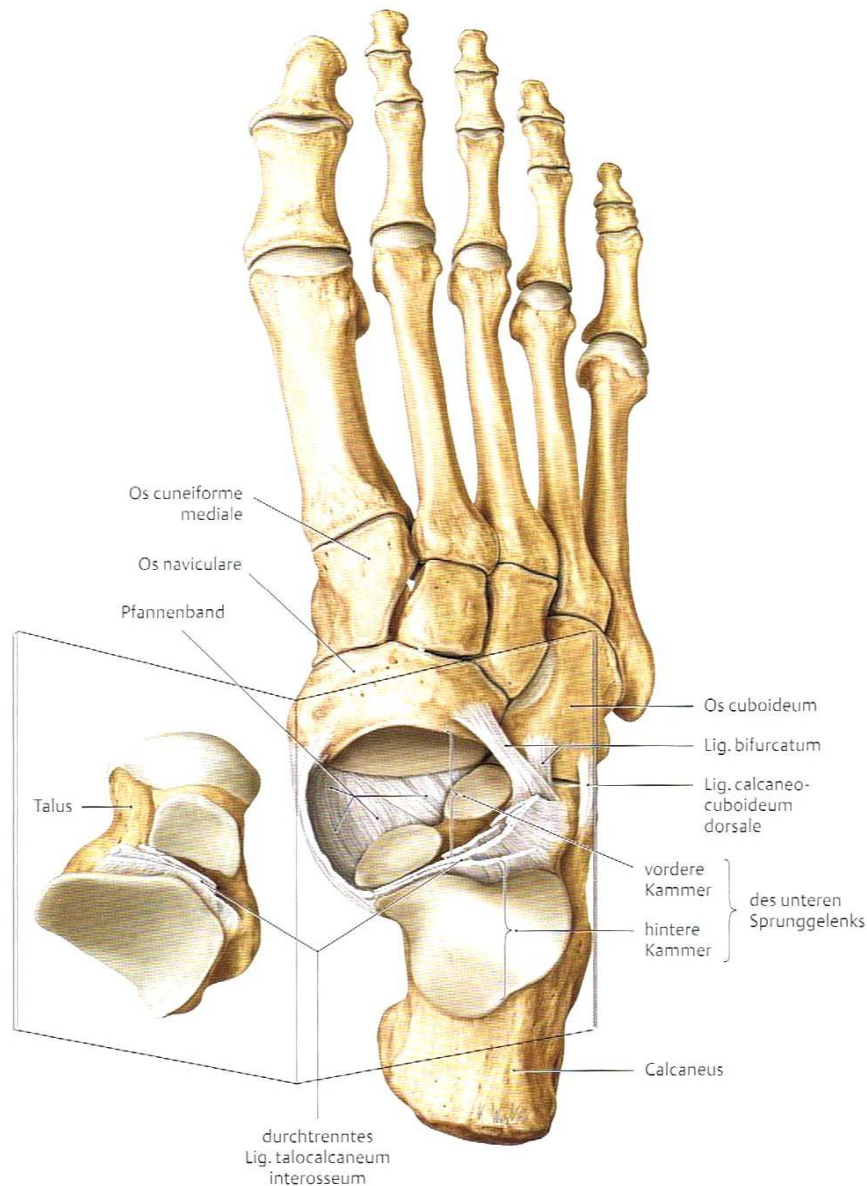


Abb.7: Ansicht von dorsal auf die Gelenkflächen eines rechten, unteren Sprunggelenkes, nachdem der Talus herausgeklappt wurde. (SCHÜNKE 2007)

1.1.4 MUSKULÄRE STRUKTUREN

Das Tuber calcanei dient als Ansatzpunkt für die Tendo calcaneus des M. triceps surae, der aus dem M. gastrocnemius und M. soleus besteht. Der M. triceps surae ist sowohl der stärkste Plantarflexor wie auch der stärkste Supinator. Dieser Muskel ist imstande das Gewicht des Körpers beim Stehen und Gehen zu heben.

Die plantare Fläche des Calcaneus dient als Ursprungspunkt den folgenden vier Muskeln: M. abductor hallucis, M. abductor digiti minimi, M. quadratus plantae und M. flexor digitorum brevis. Diese Muskeln haben zum einen beugende Funktion in den Zehengelenken, zum anderen sind sie an der Verspannung des Fußlängsbogens beteiligt.

Auch die M. extensor digitorum brevis und M. extensor hallucis brevis entspringen vom Fersenbein. Diese beiden Muskeln haben ihren Ursprung auf der dorsalen Fläche und bewirken eine Dorsalextension in den Zehen (PLATZER 1999, SCHIEBLER 2004).

1.1.5 BIOMECHANIK DES UNTEREN SPRUNGGELENKES

Die vordere und hintere Kammer des unteren Sprunggelenkes bilden zusammen eine funktionelle Einheit. Das untere Sprunggelenk kann als kombiniertes Zapfen-Kugel-Gelenk bezeichnet werden.

Die Bewegungsachse verläuft von der lateralen, plantaren Seite des Fersenbeinhöckers schräg nach medial-dorsal durch den Talushals. Die Achse weicht um ca. 40 Grad von der Horizontalebene ab und um ca. 20 Grad von der Längsachse des Fußes. Um diese Achse werden das Fersenbein und das Os naviculare gegenüber dem Talus und umgekehrt gedreht. Als Bewegungsrichtungen resultieren die Inversion (= Bewegung des Rückfußes nach medial) und die Eversion (= Bewegung des Rückfußes nach lateral). Das Bewegungsausmaß schwankt je nach Autor zwischen 20-35 Grad bei der Inversion und zwischen 10-20 Grad bei der Eversion.

Aufgrund seiner Bandverbindungen zum oberen Sprunggelenk und zum Calcaneocuboidgelenk bildet das untere Sprunggelenk eine kinematische Kette. Es resultiert eine Kopplung aller Bewegungen dieser Gelenke. Diese Mischbewegungen werden als Pronation und Supination bezeichnet. Von Pronation spricht man bei einer Kombination aus Dorsalextension, Eversion und Abduktion, von Supination bei einer Plantarflexion, Inversion und Adduktion.

Zu den Funktionen des unteren Sprunggelenkes zählen unter anderem die Ausrichtung des Fußes im Raum, die Anpassung des Fußes an Unebenheiten, die Gleichgewichtskontrolle im Einbeinstand, die dynamische Kontrolle der Fußlängswölbung sowie die Stoßdämpferfunktion (RAUBER 2003, BENNINGHOFF 2008, KLEIN 2004).

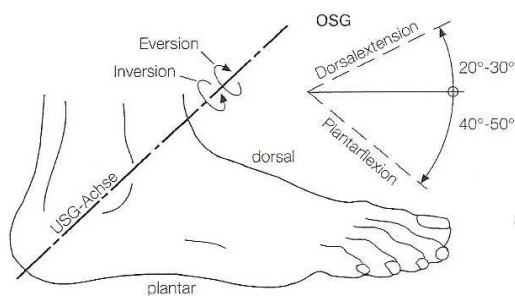


Abb.8: Verlauf der Achse des unteren Sprunggelenkes (BENNINGHOFF 2008)

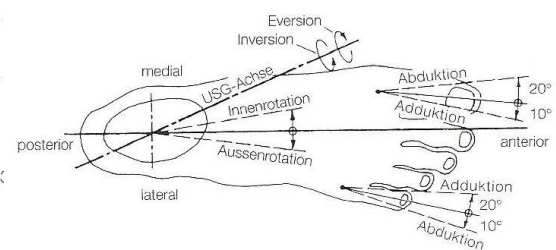


Abb.9: Verlauf der Achse des unteren Sprunggelenkes (BENNINGHOFF 2008)

1.1.6 CALCANEUS SECUNDARIUS

Der Calcaneus secundarius ist ein akzessorischer Fußknochen, der erstmals 1860 von Steida beschrieben wurde (HODGE 1999). Er befindet sich zwischen der anteromedialen Seite des Fersenbeins, dem Os cuboideum, dem Taluskopf und dem Os naviculare (MELLADO 2003) und ist in einer halbmondförmigen Einkerbung in der vorderen Facette des Fersenbeins durch ein Band befestigt (HODGE 1999). Meist besitzt er eine dreieckige Form, kann aber auch eine rundliche Struktur haben (MELLADO 2003). Er

kommt mit einer Häufigkeit von 4,5% (SCHMIDT 2003) -5% (HODGE 1999) vor und hat keine klinische Signifikanz (MELLADO 2003). Differentialdiagnostisch muss an eine Fraktur des superioren Processus anterior gedacht werden. Diese Frakturen sind Abrißfrakturen des Ligamentum bifurcatum, die meist infolge einer Inversion und forcierter Plantarflexion entstehen (MELLADO 2003). Durch seinen glatten Corticalisrand kann der Calcaneus secundarius von einer Fraktur des Processus anterior unterschieden werden. Wenn ältere Röntgenaufnahmen vorhanden sind, können auch diese dazu beitragen, ihn davon abzugrenzen (HODGE 1999).

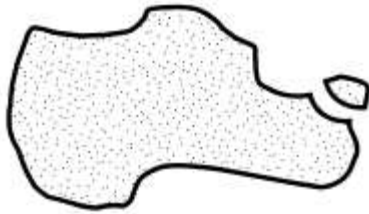


Abb.10: Schemazeichnung eines Fersenbeins mit einem Calcaneus secundarius. Die Einbuchtung entlang der Oberfläche des Fersenbeins ist pathognomisch für den Calcaneus secundarius. (HODGE 1999)

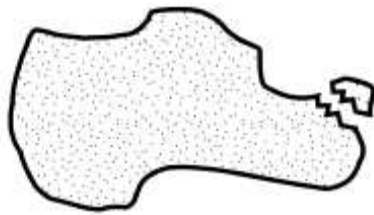


Abb.11: Schemazeichnung einer Fraktur des superioren Processus anterior. (HODGE 1999)

1.2 CALCANEUSFRAKTUREN

1.2.1 EPIDEMIOLOGIE

Frakturen des Fersenbeins sind seltene Verletzungen. Die durchschnittliche jährliche Inzidenz beträgt 11,5 pro 100.000 Einwohner. Männer sind 2,4 mal häufiger betroffen als Frauen. Bei Männern findet man die größte Inzidenz bei den unter Sechzigjährigen, die Spitzeninzidenz liegt in der Altersgruppe der 20-29-jährigen. Dem entgegen sind diese Verletzungen bei Frauen unter 50 sehr selten, nehmen danach aber sukzessive zu (MITCHELL 2009).

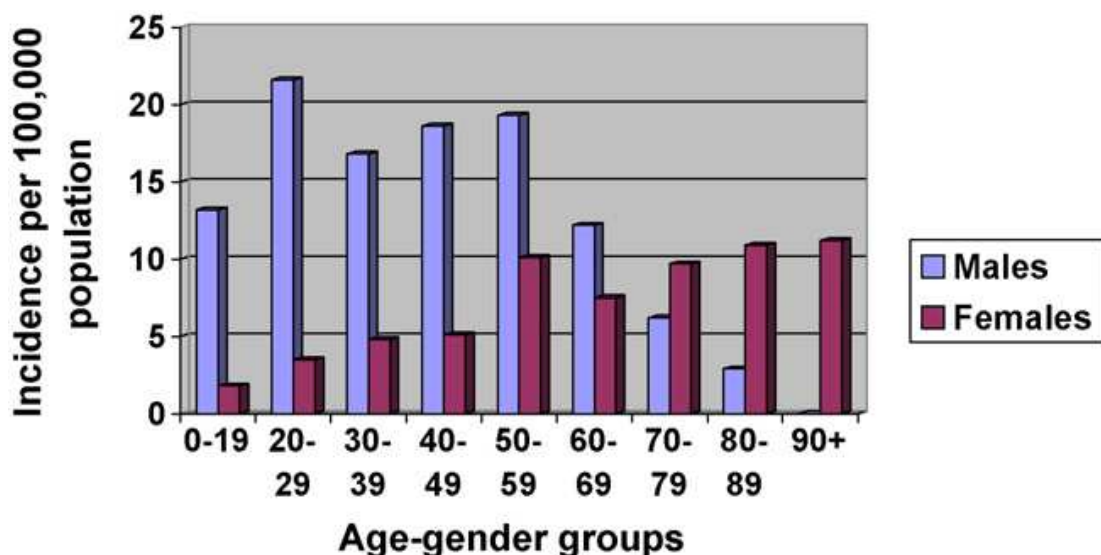


Abb.12: Die Inzidenz/100.000 Einwohner/Jahr der Calcaneusfrakturen in Bezug auf Alter und Geschlecht (MITCHELL 2009)

1.2.2 ÄTIOLOGIE UND FRAKTURMECHANISUMS

Calcaneusfrakturen entstehen meist infolge einer hochenergetischen axialen Krafteinwirkung. Diese tritt zum Beispiel bei einem Sturz oder Sprung aus großer Höhe oder bei einem Autounfall auf (JOSTEN 2001, CLARE 2007). Bei einer von Zwipp durchgeführten Analyse entstanden 53% aller

Fersenbeinfrakturen im Rahmen eines Verkehrsunfalls, 43% aufgrund eines Falls aus großer Höhe und 4% waren durch andere Ursachen bedingt. Der hohe Anteil von Verkehrsunfällen erklärt auch den relativ hohen Anteil von 35% polytraumatisierten Patienten und 9,6 % offenen Frakturen. Beidseitige Calcaneusfrakturen sind häufig bei Suizidpatienten nach Sturz aus großer Höhe beobachtbar. Diese machen zwei Drittel aller Fälle bei beidseitigen Frakturen aus (ZWIPP 1994, TSCHERNE 1993).

Die Kraftübertragung auf das Fersenbein erfolgt über den Unterschenkel, die Art. talocruralis und das Sprungbein. Ist die einwirkende Kraft größer als die physiologische Beanspruchbarkeit des Fersenbeins, kommt es zu einem Bruch (ANDERMAHR 2011). Die Art und das Ausmaß der Fraktur werden durch die Stellung des Fußes während der Verletzung, Intensität und Richtung der einwirkenden Kraft, Muskeltonus der Waden und Fußsohlenmuskeln und Mineralgehalt des Knochens beeinflusst (THERMANN 1998, ZWIPP 1994, JOSTEN 2001, WENZL 2001).

In Folge der Fraktur kommt es zu einer Höhenminderung, Verkürzung und Verbreiterung des Fersenbeins, was zu einer Veränderung der gesamten Fußform führt. Diese bewirkt sowohl eine Verlagerung der Sehnen am Fersenbein, als auch eine Deformierung des Fußgewölbes und eine Verschiebung der Achsen. Als Konsequenz kommt es zu Störungen der Statik und Dynamik des Fußes, was zu einer Beeinträchtigung des Abrollvorgangs führt. Durch diese Gangstörung kann es zu starken Einschränkungen im privaten und beruflichen Leben des Patienten kommen (ANDERMAHR 2011).

Es gibt verschiedene Erklärungsversuche zum Verletzungsmechanismus des Fersenbeins. Auch wenn der exakte Unfallmechanismus immer noch strittig ist, stimmen die Ergebnisse von Essex-Lopresti, Burdeaux, Thoren und Carr in einigen Punkten überein. (SANDERS 2000).

Der Schwerpunkt des Fersenbeins befindet sich in Bezug auf den Talusschwerpunkt nach lateral versetzt. Der Grund hierfür ist, dass die mediale Seite des Fersenbeins ausgehöhlt ist, damit dort Sehnen und neurovaskuläre Strukturen verlaufen können (BURDEAUX 1983). Die seitlich versetzten Vertikalachsen zwischen Talus und Calcaneus sowie die unterschiedlich verlaufenden Längsachsen zwischen dem Sprung- und Fersenbein (Bildung eines Winkels von 25-30°) sind für die Entstehung der primären Frakturlinie verantwortlich (RAMMELT 2004).

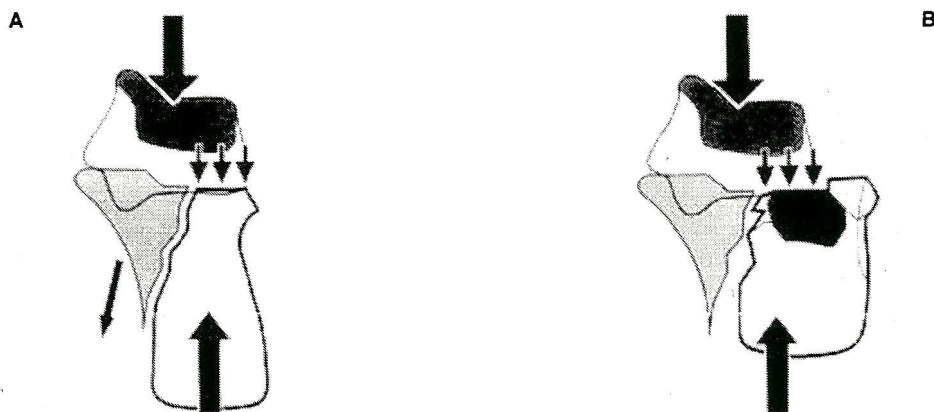


Abb.13: A: Der Mittelpunkt der Tuberositas ist gegenüber dem Mittelpunkt des Talus leicht nach lateral verschoben. Die axiale Krafteinwirkung bewirkt eine Abscherfraktur (primäre Frakturlinie), welche den Calcaneus in zwei Fragmente teilt: Das superomediale oder Sustentaculum-Fragment und das posterolaterale oder Tuberositas-Fragment. B: Es zeigt sich die Verkürzung und Breitenzunahme des Fersenbeins. Weiters ist die Beteiligung der lateralen Wand zu sehen. Es zeigt sich ein Kollaps und Rotation der posterioren Facette (schwarze Fläche). Dies wird als posteriores Facettenfragment bezeichnet. (SANDERS 1992)

Bei einem Trauma kommt es aufgrund der axial einwirkenden Kraft zu einer Absenkung der Basis des Os metatarsale V. Hier bildet sich nun ein Fixpunkt des Fußes, der durch die Beziehung des Knochens mit der Unterlage entsteht. In weiterer Folge kommt es dann zu einer Abflachung auf der medialen Seite des Fußes, welcher hierdurch in eine Eversionsstellung kommt. „Die Spitze des anterolateral gelegenen Processus tali schlägt wie eine Axt in den kritischen Winkel von Gissane.“ Hier bildet sich nun die

primäre Frakturlinie. (GISSANE 1947, ANDERMAHR 2011). Das Sustentaculum wird vom Fersenbeinkörper abgetrennt und es bilden sich zwei Hauptfragmente: ein superomediales Fragment (Sustentaculum-Fragment) und ein posterolaterales Fragment (Tuberositas-Fragment). Die genaue Position der Linie ist von der Fußstellung zum Zeitpunkt des Aufpralls abhängig. Befindet sich der Fuß in Valgusstellung, verläuft die Linie eher lateral. Dem entgegengesetzt verläuft sie medial, wenn sich der Fuß in Varusstellung befindet (SILHANEK 2006).

Aufgrund der bereits weiter oben beschriebenen Ligamenta talocalcaneum interosseum und talocalcaneum mediale bleibt das superomediale Fragment weiterhin fest gebunden in seiner ursprünglichen Beziehung zum Talus.

Im Rahmen der Fraktur kommt es zu einem Ausbruch der lateralen Wand, „lateral bulge“ genannt. Dies kann zur Einklemmung von Weichteilen und der Peronealsehnen führen.

Sekundäre Frakturlinien entstehen, wenn sehr große Kräfte einwirken und wenn die Kraft nach der Bildung der primären Linien noch nicht vollständig verbraucht wurde. Die sekundären Linien beginnen meist in der hinteren Facette des Subtalargelenkes. Läuft die sekundäre Frakturlinie hinter der posterioren Facette nach oben, so spricht man von einer Joint-Depression-Fraktur. Erstreckt sich die Linie längs entlang der Tuberositas, handelt es sich um eine Tongue-Type-Fraktur. Die beiden eben genannten Frakturtypen wurden ursprünglich von Essex-Lopresti definiert. Laut einer Veröffentlichung von Thoren entsteht bei dorsalflektiertem Fuß eher eine Joint-Depression-Fraktur, während in plantarflektierter Stellung eher eine Tongue-Type-Fraktur die Folge ist. Allerdings konnten diese Ergebnisse bei einer experimentellen Untersuchung von Zwipp nicht bestätigt werden, da an 40 Kadaverfüßen in keinem einzigen Fall eine Tongue-Type-Fraktur in Plantarflexion erzeugt werden konnte. Es bleibt anzunehmen, dass dieser Frakturtyp nur beim Lebenden durch den reaktiven Extremzug der Achillessehne am Tuber calcanei im Moment der Stauchungsenergieverteilung zu erklären ist. Die

Frakturklassifikation nach Essex-Lopresti wird auch noch im Kapitel Frakturklassifikationen behandelt.

Verschiedene tertiäre Frakturlinien können nach vorne in das Calcaneocuboidgelenk verlaufen und ein anterolaterales Fragment bilden. Oder sie können in die mediale Facette verlaufen und ein anteromediales Fragment schaffen.

Aufgrund der Frakturlinien bilden sich also bis zu fünf Hauptfragmente (Zwipp, 1994):

- das Tuberositasfragment,
- das Sustentaculumfragment,
- das posteriore Facetten-Fragment,
- das anterolaterale Fragment (=Processus anterior Fragment) und
- das anteromediale Fragment.

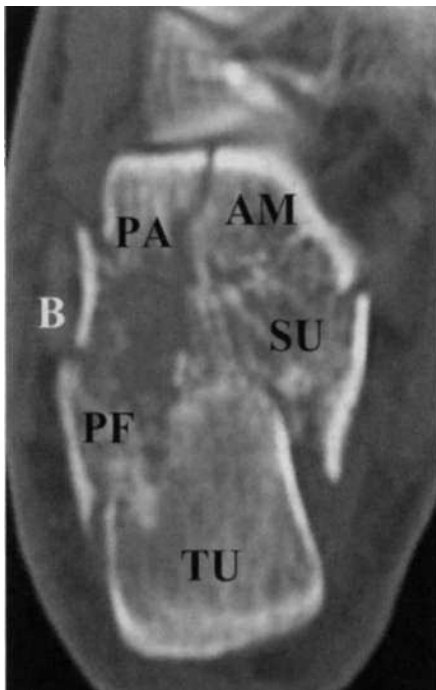


Abb.14: Die fünf Hauptfragmente: TU= Tuberositasfragment, SU= Sustentaculufragment, PF= Posteriores Facettenfragment, PA= Processus anterior Fragment, AM= Anteromediale Fragment; B=Lateral bulge (RAMMELT 2005)

Die Frakturklassifikation nach Zwipp basiert auf der Einteilung anhand dieser 5 Hauptfragmente. Die Einteilung wird im Kapitel Frakturklassifikationen noch eingehender beschrieben (RAMMELT 2004, ZWIPP 1994, ESSEX-LOPRESTI 1993, ANDERMAHR 2011).

Eine 1996 von Silhanek durchgeführte Studie, die den Einfluss der longitudinalen primären Frakturlinie auf das Muster und die Schwere der intraartikulären Calcaneusfraktur untersuchte, ergab, dass je medialer diese Linie verläuft, umso kleiner der Böhlerwinkel und umso größer der Grad der Zertrümmerung ist. Des Weiteren fand man auch eine positive Korrelation zwischen einer medialen Frakturlinie und einer höheren Beteiligung des Calcaneocuboidgelenks, der vorderen und hinteren Facette (SILHANEK 2006).

1.2.3 DIAGNOSTIK

Die Diagnostik der Calcaneusfraktur setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

Klinische Diagnose

Ein wichtiger Faktor ist die klinische Diagnose. Diese weist zum einen den Weg zu den erforderlichen bildgebenden Verfahren, zum anderen ist die Beurteilung des Ausmaßes des Weichteilschadens ein wichtiger Faktor bei der Erstellung der Klassifikation, Operationsplanung und Prognose.

Konventionelles Röntgen

Standardmäßig werden bei der konventionellen Röntgenuntersuchung eine axiale und laterale Aufnahme des Fersenbeins, eine A.P.-Aufnahme des Fußes und ein A.P.-Bild des oberen Sprunggelenkes durchgeführt (THERMANN 1998, ZWIPP 2005).

Mithilfe der axialen Aufnahme kann die Gelenksoberfläche, der Höhenverlust, die Verbreiterung sowie die Winkelbildung des Tuberositasfragments beurteilt werden (KOVAL 1993).

Das laterale Bild stellt die subtalare Gelenkfläche in ihrer Beziehung zum Processus lateralis tali dar. Des Weiteren können hier der Böhlerwinkel und der Winkel nach Gissane gemessen werden (BEICKERT 2004).

Anhand einer schrägen Aufnahme des Fußes kann das Calcaneocuboidgelenk dargestellt werden (RAMMELT 2004).

Das A.P.-Bild des oberen Sprunggelenkes dient dem Ausschluss einer Varuskipfung des Talus bei Luxationsfrakturen (ZWIPP 2005).

Die Brodén-Aufnahmen sind eine weitere, vor allem für die radiologische Beurteilung des unteren Sprunggelenkes geeignete Aufnahmeserie (JOSTEN 2001). Hierbei wird der in Neutralstellung befindliche Fuß um 45° innenrotiert und es werden bei 10°, 20°, 30° und 40° nach kaudal gekipptem Zentralstrahl 4 Aufnahmen angefertigt. Die Computertomographie hat die Anfertigung der Broden-Aufnahmen weitgehend abgelöst, für die intraoperative Diagnostik spielen sie jedoch eine große Rolle (RAMMELT 2004). Des Weiteren erweisen sich diese Bilder im klinischen Alltag als essentielles Mittel zur Verlaufskontrolle.

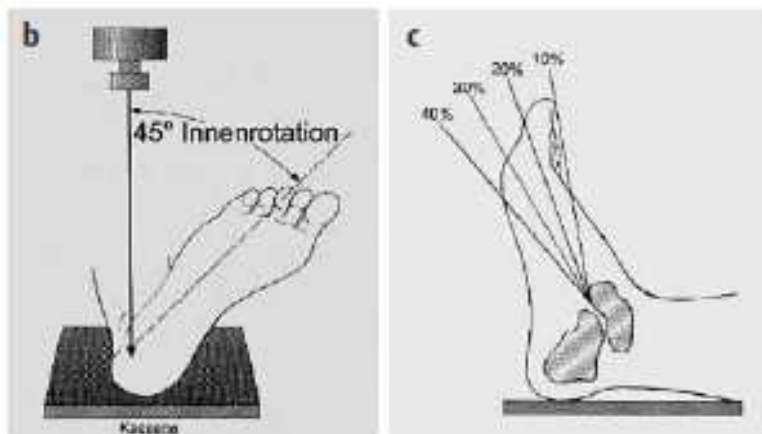


Abb.15: Aufnahme nach Broden (JOSTEN 2001)

COMPUTERTOMOGRAPHIE

Die Anfertigung eines CTs hat sich zum Goldstandard in der Diagnostik entwickelt. Es ist essentiell für die Frakturklassifikation, Operationsplanung und Prognosestellung (THERMANN 1998, ZWIPP 2005). Ein solches sollte auch bei offensichtlichen extraartikulären und undislozierten Frakturen durchgeführt werden, weil das Ausmaß der Verletzung größer sein kann, als dass die konventionellen Röntgenaufnahmen vermuten lassen (BEICKERT 2004).

Es werden Aufnahmen in koronaren und axialen Schichtebenen angefertigt (JOSTEN 2001).

In der koronaren Schicht kann die Gelenkfläche der hinteren Facette, das Sustentaculum, die Form der Ferse und die Lage der Peronealsehnen und der M. flexor hallucis longus-Sehne beurteilt werden.

In der axialen Schicht erhält man Information zum Processus anterior, zum Calcaneocuboidgelenk, zur vorderen unteren Fläche der hinteren Facette, zum Sustentaculum und zur lateralen Wand (KOVAL 1993, CLARE 2007).

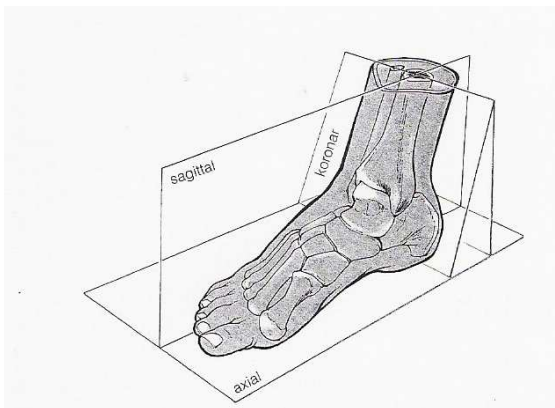


Abb.16: Die drei Ebenen bei der Computertomographie des Calcaneus (ZWIPP 2008)

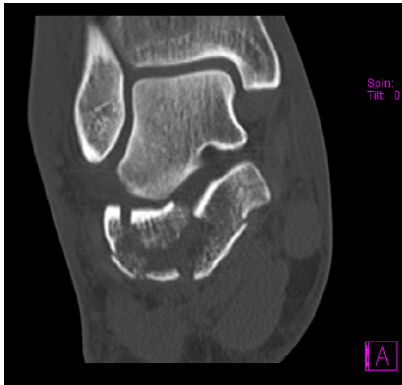


Abb.17: Corones CT-Bild eines rechten Fußes

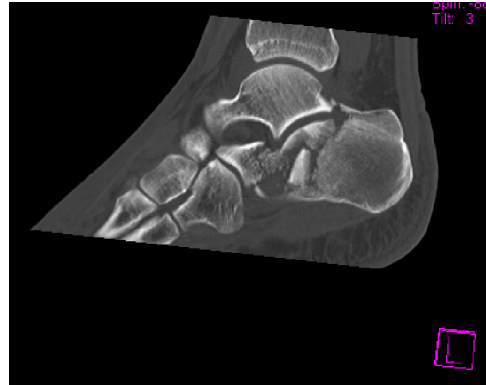


Abb.18: Sagittales CT-Bild eines rechten Fußes



Abb.19: Axiales CT-Bild eines rechten Fußes

Bei komplexen Frakturen (z.B. Sanders Typ III und IV) erweisen sich 3D- CT-Rekonstruktionen als hilfreich, während diese hingegen bei einfachen Frakturmustern (z.B. Sanders Typ I und II) nur wenige Vorteile bringen. Es hat sich gezeigt dass speziell auch für junge Ärzte 3D-Rekonstruktionen nützlich sind, da sie ihnen helfen die Frakturverläufe besser zu verstehen und es ihnen teilweise möglich ist, Fragestellungen die sie mittels 2-D- Bilder noch nicht beantworten können, damit lösen können (SCHIRMBECK 2010).

1.3 FRAKTURKLASSIFIKATIONEN

Frakturklassifikationen sind wesentliche Hilfsmittel in der Orthopädie und Unfallchirurgie. Frakturen werden nach ähnlichem Verletzungsmechanismus, Anatomie oder Prognose in Gruppen eingeteilt. Dies soll die Kommunikation über verschiedene Verletzungstypen unter den Ärzten erleichtern. Des Weiteren hilft es Behandlungsentscheidungen zu treffen, Prognosen einzuschätzen und Ergebnisse vergleichen zu können. Frakturklassifikationen sollten daher verlässlich und reproduzierbar sein und alle wesentlichen Kriterien beinhalten. Des Weiteren sollten sie sich gegenseitig ausschließen, logisch nachvollziehbar und klinisch brauchbar und durchführbar sein (WÜLKER 1996, MARTIN 1997).

Klassifikationen der Calcaneusfrakturen sind schwer zu erstellen. Das liegt zum einen an der großen Vielfalt an unterschiedlichen Frakturen, zum anderen an der komplexen, dreidimensionalen Anatomie des Fersenbeins (WÜLKER 1996).

Die erste Klassifikation der Calcaneusfraktur erstellte Lorenz Böhler im Jahre 1930. Sie stützt sich auf die Befundung von Röntgenbildern. Weitere Einteilungen die mithilfe von Röntgenbildern arbeiten, sind die Klassifikationen von Essex-Lopresti, Köhlein und Weller, Rowe, Soeur und Remy, Stephenson sowie von Paley und Hall.

Klassifikationen, die auf CT-Bildern beruhen, sind die Einteilungen nach Zwipp, Crosby und Fitzgibbons, nach Brunner, nach Häberle, Regazzoni, nach Sanders, nach Eastwood/Atkins, nach deSouza und die ICI (FITZGIBBONS 2001, LINSENMAIER 2003).

1.3.1 KLASSIFIKATION NACH ESSEX-LOPRESTI

1952 veröffentlichte Essex-Lopresti seine bis heute angewandte Klassifikation der Fersenbeinfrakturen. Er unterscheidet zwei Hauptgruppen: Frakturen mit und ohne Beteiligung des Subtalgelenkes. Die Frakturen mit

Beteiligung gliedert er anhand des Verlaufes der sekundären Frakturlinie in zwei weitere Typen: Joint-Depression-Fraktur und Tongue-Type-Fraktur. Die Joint-Depression-Fraktur ist dadurch gekennzeichnet, dass bei ihr die Linie entlang des Körpers hinter der posterioren Facette nach oben läuft. Im Gegensatz dazu läuft diese bei der Tongue-Type-Fraktur gerade nach hinten zur posterioren Grenze der Tuberositas. Siehe hierzu auch im Kapitel Frakturmechanismus (ESSEX-LOPRESTI 1952, 1993).

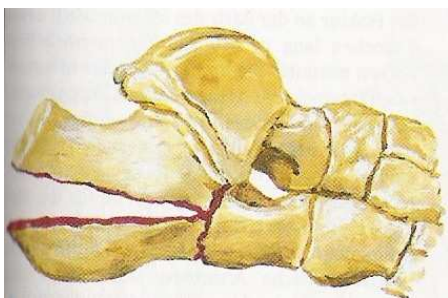


Abb.20: Tongue-Typ-Fraktur
(NETTER 2001)

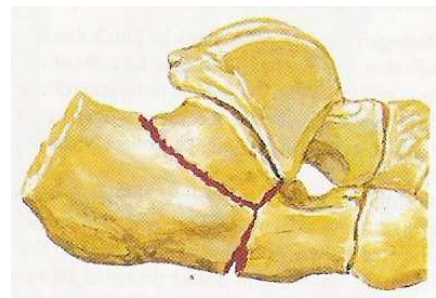


Abb.21: Joint-Depression-Fraktur
(NETTER 2001)

1.3.2 KLASSIFIKATION NACH SANDERS

Die 1993 von Sanders et al. entwickelte Einteilung basiert auf coronaren und axialen CT-Schnitten.

Um die Fraktur zu klassifizieren, wird das Schnittbild, auf dem die hintere Facette des Talus die breiteste Unterfläche hat, verwendet. Der Talus wird durch zwei Linien, A und B, in drei gleich große Säulen unterteilt. Diese zwei Linien unterteilen die hintere Facette des Calcaneus in drei Stücke: die mediale, die zentrale und die laterale Säule. Eine dritte Frakturlinie C, die entlang der medialen Seite der hinteren Talusfacette läuft, trennt das Sustentaculum von der hinteren Calcaneusfacette. Sanders et al. unterscheiden vier Typen.

Als Type I werden alle intraartikulären Frakturen bezeichnet, die nicht disloziert sind. Die Anzahl der Frakturlinien ist nicht maßgebend.

Type II-Frakturen sind Zwei-Stück-Frakturen der hinteren Facette. Es existieren drei verschiedene Möglichkeiten, abhängig von der Lokalisation der primären Frakturlinie: IIA, IIB und IIC.

Type III-Frakturen sind Drei-Stück-Frakturen, die zentral ein niedergedrücktes Fragment beinhalten. Es gibt drei verschiedene Formen: IIIAB, III AC und III BC.

Bei Type IV-Frakturen ist die hintere Facette stark zertrümmert und es sind vier oder mehr Frakturfragmente vorhanden (SANDERS 1993a + b).

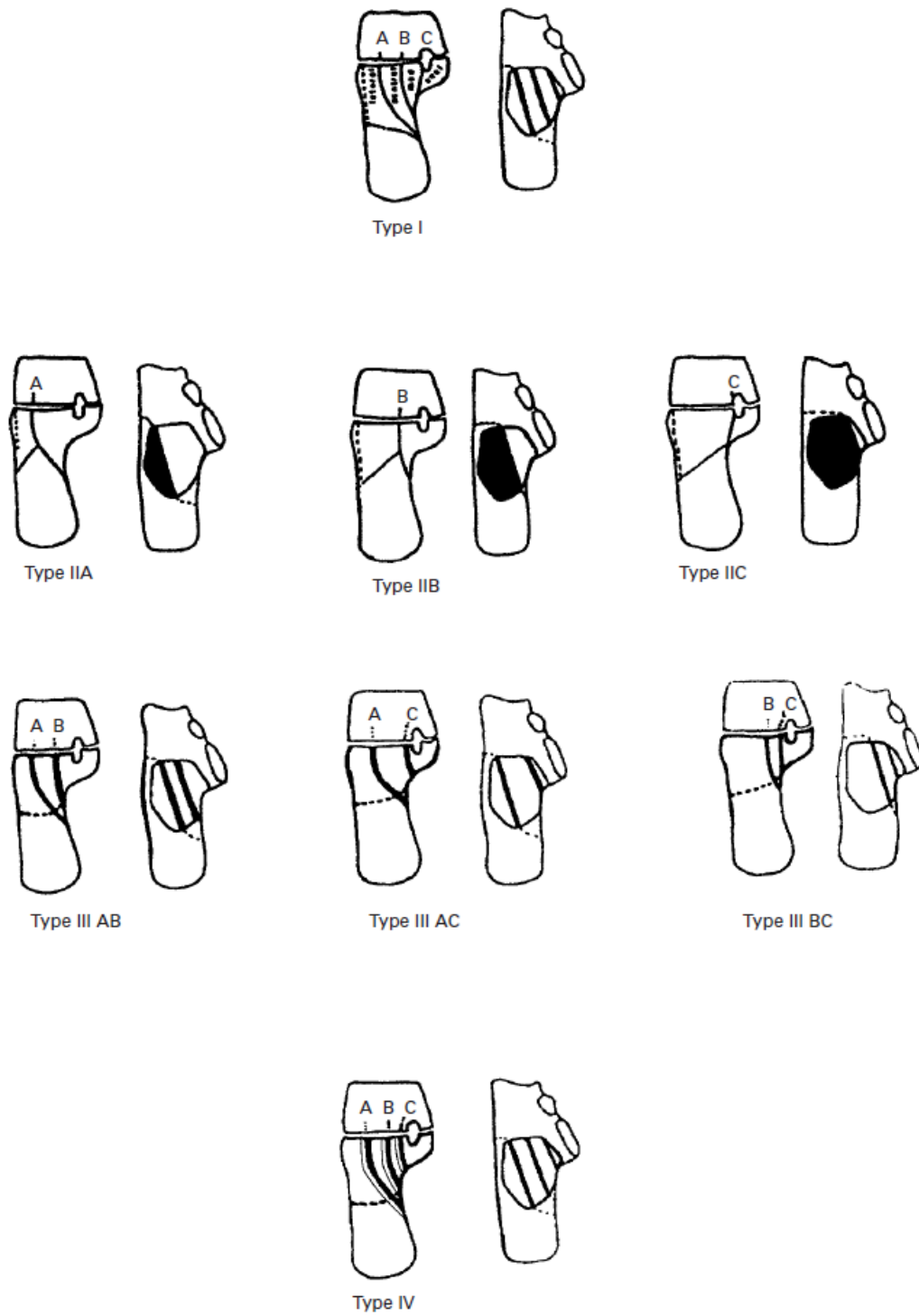


Abb.22: Frakturklassifikation nach Sanders (BHATTACHARYA 2005)

1.3.3 KLASSIFIKATION NACH EASTWOOD/ATKINS

Eastwood et al. erstellten 1993 eine Klassifikation, die auf der Beurteilung der gebrochenen lateralen Wand beruht.

In ihrer Arbeit bestanden nur 5% der Fersenbeinfrakturen aus zwei Fragmenten, bei den restlichen 95 % handelte es sich um Drei-Fragmentfrakturen. Die drei Fragmente sind das Sustentacularfragment, das Bodyfragment und das laterale Gelenksfragment.

Sie unterteilen die Drei-Fragment-Frakturen in folgende drei Gruppen:

Type 1: Die sichtbare laterale Wand wird durch das laterale Gelenksfragment alleine gebildet

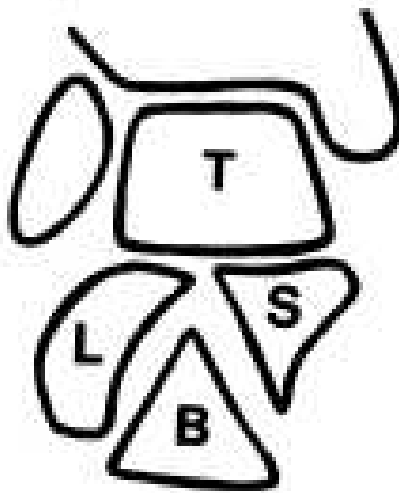
Type 2: Die laterale Wand wird inferior durch das Bodyfragment und superior durch das laterale Gelenksfragment gebildet.

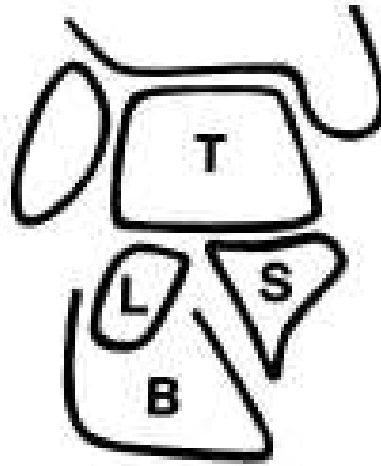
Type 3: Die laterale Wand wird allein durch das Bodyfragment gebildet.

(EASTWOOD 1993)

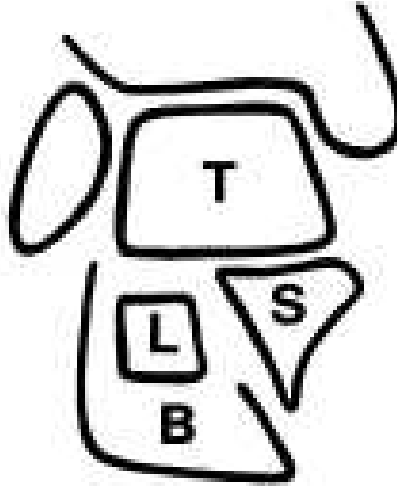
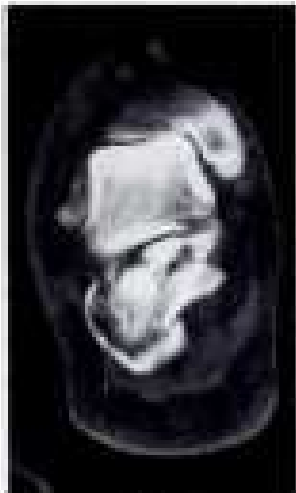


Typ I





Typ II



Typ III

Abb.23: Die drei unterschiedlichen Typen der Eastwood/Atkins-Klassifikation in der coronaren CT-Schicht. T= Talus, L= Laterales Gelenksfragment, B= Bodyfragment, S= Sustentakuläres Fragment (EASTWOOD 1993)

1.3.4 KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

Zwipp et al. entwarfen 1989 eine additive Frakturklassifikation.

Sie unterscheiden fünf Hauptfragmente und drei Gelenke, die verletzt sein können. Für jedes gebrochene Fragment beziehungsweise Gelenk gibt es einen Punkt. Die Hauptfragmente sind das sustentakuläre, tuberositäre, posteriore Facetten-, Proc. anterior- und anteriores Facettenfragment. Die

Gelenke entsprechen dem hinteren Subtalargelenk, dem Calcaneocuboidgelenk und dem vorderen Subtalargelenk (vordere oder mittlere Facette).

Des Weiteren wird der Weichteilschaden bei geschlossenen Frakturen (g1-g3) und bei offenen Frakturen (o1-o3) mit zusätzlichen 1-3 Punkten erfasst.

Bei Vorhandensein einer Trümmerzone innerhalb eines Hauptfragmentes oder eines Zusatzbruches wie einer konkomitanten Außenknöchel-, Talus- oder Cuboidfraktur wird ein weiterer Punkt addiert.

Eine 5-Fragment/3-Gelenkfraktur kann somit neben den 8 Grundpunkten durch einen drittgradigen Weichteilschaden oder eine drittgradig offene Fraktur sowie eine Trümmerzone oder eine Zusatzverletzung maximal zwölf Punkte erreichen.

Beispiele für diese Klassifikation sind eine 2-Fragment/1-Gelenk-Fraktur für eine isolierte Impressionfraktur der Calcaneo-Cuboid-Gelenkfacette oder eine 2-Fragment/0-Gelenk-Fraktur für eine einfache extraartikuläre Fraktur (ZWIPP 1989, 1994).

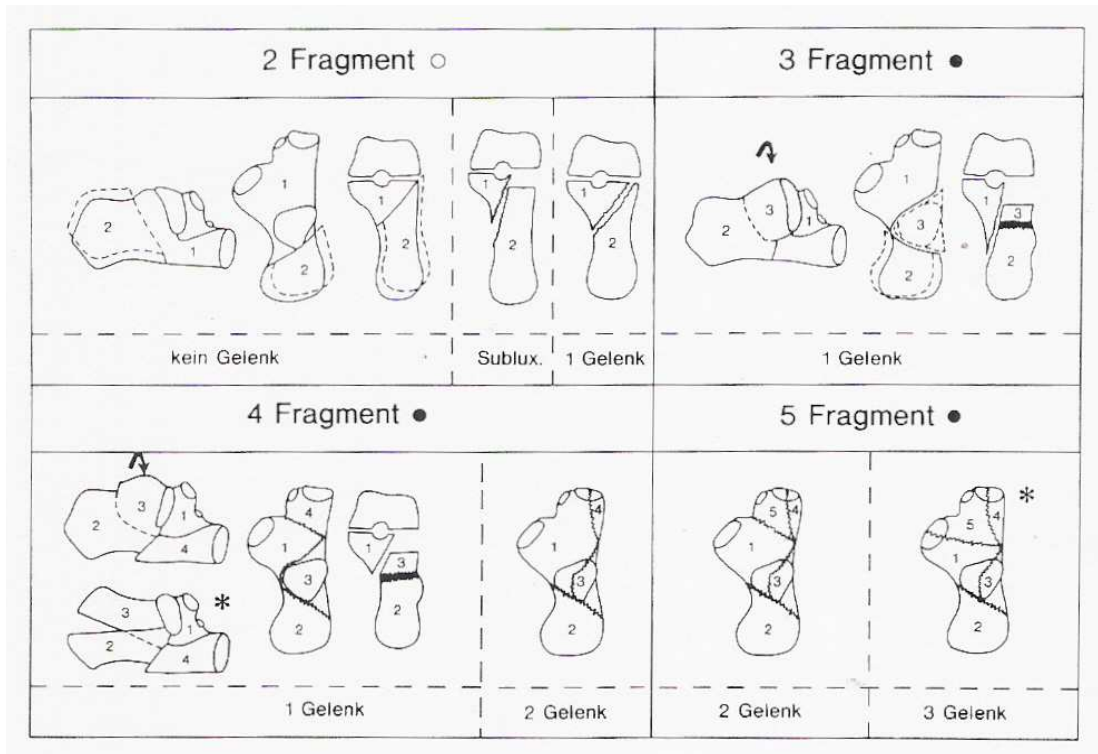


Abb.24: Frakturklassifikation nach Zwipp (ZWIPP 1989)

Calcaneus-Fraktur-Skala	
	Punkte
• 5/3-Frakturtyp	8
• O1-O3/G1-G3 Weichteilschaden	3
• Trümmerzone eines der Hauptfragmente oder regionale Zusatzfraktur (Talus/Fibula)	1
Maximum	12

Abb.25: Calcaneus-Fraktur-Skala (ZWIPP 1994)

1.4 FRAGESTELLUNG DER ARBEIT

Die Fersenbeinfraktur stellt die häufigste Fraktur der Fußwurzelknochen dar. Während früher die Diagnosestellung und die präoperative Planung mittels konventionellem Röntgen erfolgte, brachte die Einführung der Computertomographie einen entscheidenden Umbruch für die Klassifizierung der Frakturen, für das Verständnis des Frakturmechanismus wie auch für die Therapieentscheidungsfindung (ZANETTI 2005, THERMANN 1999, KOVAL 1993).

Eine suffiziente Röntgendiagnostik ist aufgrund der Immobilität des Patienten und aufgrund von Bruchstücken, die Teile des Bildes verdecken, oft schwer zu erhalten. Außerdem erbringen Röntgenbilder oft nicht die erforderlichen anatomischen Detailinformationen zur Behandlungsentscheidung, welche zum Beispiel der Grad der Zertrümmerung, die Frakturausrichtung und die Kongruenz im Subtalargelenk darstellen (WECHSLER 1998).

Daher stützen sich die neueren Frakturklassifikationen, wie beispielsweise die Einteilungen nach Zwipp, Sanders oder Eastwood/Atkins auf die Auswertung von genauen CT-Analysen, während die älteren Klassifikationen wie die von Essex-Lopresti auf nativen Röntgenbildern basiert (ZWIPP 1995, THERMANN 1999, SANDERS 1993, EASTWOOD 1993, ESSEX-LOPRESTI 1952, 1993).

Heute gibt es viele Studien, die sich mit der CT-Bildgebung und den Klassifikationssystemen der Fersenbeinfrakturen beschäftigen (LAUDER 2006, HUMPHREY 2005, BHATTACHARYA 2005, FUREY 2003, WECHSLER 1998, KERR 1994, HEROLD 2004, GUYER 1985, KUROSUMI 2003). Trotzdem wurden einige interessante Fragestellungen noch nie oder nur teilweise bearbeitet.

Noch nie wurde der Zusammenhang zwischen den Frakturklassifikationen und der Anzahl der gebrochenen Gelenkfacetten sowie deren Dislokation sowie mit der Größe des Isthmusdefektes untersucht.

Der Zusammenhang zwischen den Frakturklassifikationen untereinander wurde nur in einer einzigen Studie untersucht und hierbei wurde nur auf die Einteilungen nach Zwipp und Sanders eingegangen (ANDERMAHR 2002).

In der Arbeit von Silhanek wurde die Verbindung zwischen dem Böhlerwinkel und der Klassifikation nach Sanders und Essex-Lopresti untersucht, in der Studie von Andermahr von 2002 der Zusammenhang zwischen der Verkürzung des Fersenbeins bei einer Fraktur und der Klassifikation nach Sanders und Zwipp (ANDERMAHR 2002, SILHANEK 2006).

Im ersten Teil unserer Studie möchten wir daher folgende (Null-) Hypothesen prüfen:

- Die Größe des Isthmusdefektes korreliert positiv mit der Schwere der Fraktur und dem Böhlerwinkel
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den Frakturklassifikationen nach Zwipp, Sanders, Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti
- Der Schweregrad der oben genannten Klassifikationen nimmt mit der Anzahl der gebrochenen Gelenkflächen und dem Ausmaß der Dislokation der frakturierten Gelenkflächen zu.
- Die Zunahme des Schweregrades der Frakturklassifikationen geht mit einer Abnahme des Böhlerwinkels einher.
- Es lässt sich eine Beziehung zwischen der Verkürzung des Fersenbeins und den Frakturklassifikationen herstellen.

Im zweiten Teil der Arbeit beschäftigen wir uns im Speziellen mit dem Calcaneocuboidgelenk. Dieses Gelenk ist je nach Autor in 38,7-76% der Fälle bei intraartikulären Frakturen beteiligt (EBRAHEIM 1996, SILHANEK

2006, ANDERMAHR 2002, KINNER 2010, MIRIC 1998, ZWIPP 2004 b, HÄBERLE 1993, KUROZUMI 2003).

In der Arbeit von Schieder, die das Outcome bei Calcaneusfrakturen mit und ohne Calcaneocuboidbeteiligung verglichen hat, konnte gezeigt werden, dass die Patienten mit frakturiertem Calcaneocuboidgelenk ein schlechteres Outcome haben. Dies zeichnet sich unter anderem durch mehr Schmerzen, eine schlechtere Funktionalität, Probleme beim Gehen auf unebenen Flächen, ein schlechteres Gangbild und schlechtere Beweglichkeit im USG aus (SCHIEDER 2008).

Auch Häberle zeigte in seiner Studie, dass das CCJ für eine normale Funktion des unteren Sprunggelenkes beim Gehen von wichtiger Bedeutung ist (HÄBERLE 1993).

Trotz aller dieser Gründe findet das CCJ in der Mehrzahl der Frakturklassifikationen des Fersenbeins bisher keine oder nur sehr wenig Beachtung. Ob es in diesem Gelenk typische Frakturmuster gibt, wurde bisher noch nicht untersucht.

Unser Ziel ist es daher, konkret die Frakturlinienverläufe in diesem Gelenk zu ermitteln. Hierzu stellen wir folgende (Null-)Hypothese auf:

- Die Fersenbeinfraktur ist umso schwerwiegender, je weiter medial die primäre Frakturlinie im Calcaneocuboidgelenk verläuft.
- Bei Frakturen im Calcaneocuboidgelenk lässt sich ein typischer Frakturlinienverlauf nachweisen
- Es lässt sich eine Frakturklassifikation des Calcaneocuboidgelenkes erstellen

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 UNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV

Es wurden zur Verfügung stehende CT-Aufnahmen von 100 Calcaneusfrakturen von 88 Patienten vermessen und befundet. Diese wurden im Zeitraum von November 2002 bis Mai 2009 im Institut für Röntgendiagnostik der Universitätsklinik Regensburg angefertigt. Als Einschlusskriterium musste mindestens eine Gelenksfläche gebrochen sein. Weiters mussten die Patienten das Mindestalter von 18 Jahren überschritten haben. Beidseitige Frakturen des Fersenbeins, Begleitverletzungen oder Calcaneusfrakturen im Rahmen von Polytraumen stellten keine Ausschlusskriterien dar.

2.2 AUS AKTENSTUDIUM ERMITTELTE DATEN

Die Daten der Patienten wurden aus den Krankenakten, die in der SAP-Patientendatenbank oder der IDOC-Datenbank des Klinikums Regensburg gespeichert wurden, entnommen. Für diesen Zweck wurde in den Notaufnahmeberichten, OP-Berichten und Entlassungs- beziehungsweise Verlegungsberichten recherchiert.

Daraus wurden das Verletzungsdatum, die Verletzungsursache, die Begleitverletzungen sowie Grad und Form des Weichteilschadens entnommen.

2.2.1 VERLETZUNGSURSACHE

Die Verletzungsursache wurde unterteilt in

- Sturz

- PKW-Unfall
- Sonstige Ursachen

Die Kategorie „Sturz“ beinhaltet sowohl Stürze aus hoher, wie auch aus niedriger Höhe. Unfälle wie ein Treppensturz zählen ebenfalls zu dieser Gruppe.

Als „sonstige Ursachen“ werden Unfallmechanismen bewertet, die nicht den beiden anderen Kategorien zugeordnet werden können. Als Beispiel sei hier das Supinationstrauma genannt.

2.2.2 WEICHTEILVERLETZUNGEN

Die Weichteilverletzungen wurden nach der Klassifikation von Tscherne und Oestern (TSCHERNE 1982) unterteilt in

- Kein Weichteilschaden
- Geschlossener Weichteilschaden ersten Grades
- Geschlossener Weichteilschaden zweiten Grades
- Geschlossener Weichteilschaden dritten Grades
- Offene Fraktur ersten Grades
- Offene Fraktur zweiten Grades
- Offene Fraktur dritten Grades
- Offene Fraktur vierten Grades

Ein geschlossener Weichteilschaden ersten Grades entspricht einer Kontusion oder einer oberflächlichen Schürfung. Beim Schaden zweiten Grades ist eine Kontusion oder eine tiefe und kontaminierte Schürfung vorhanden. Bei einer Verletzung dritten Grades ist die Schädigung der Weichteile sehr ausgedehnt, es handelt sich um ein Kompartmentsyndrom.

Eine offene Fraktur ersten Grades bedeutet eine Durchspießung der Haut und eine einfache, unbedeutende Kontamination derselben. Bei einem zweitgradigen offenen Bruch kommt es zu einer Durchtrennung der Haut, zu einer umschriebenen Haut- und Weichteilkontusion und zu einer

mittelschweren Kontamination. Bei einer drittgradigen Verletzung liegen ausgedehnte Weichteilstrukturen, Gefäß- und/oder Nervenverletzungen und eine ausgedehnte Kontamination vor. Eine offene Fraktur vierten Grades entspricht einer subtotalen oder totalen Amputation.

2.2.3 BEGLEITVERLETZUNGEN

Bei den Begleitverletzungen fand eine Unterteilung nach folgenden Kriterien statt:

- Isolierte Verletzung am Calcaneus
- Knöcherne Verletzung am kontralateralen Fersenbein
- Andere knöcherne Verletzungen am Fuß und/oder Unterschenkel auf derselben Seite
- Fraktur am gesamten Bewegungsapparat außer Fuß/Unterschenkel derselben Seite und Calcaneus der Gegenseite
- Polytrauma

2.3 ERSTELLUNG DER CT-BILDER

Die CT-Aufnahmen der 100 frakturierten Fersenbeine wurden alle mit dem 16-zeiligen Spiral-CT „Sensation 16“ der Firma Siemens, Erlangen, durchgeführt. Der Tischvorschub betrug hierbei 3 mm pro Röhrenrotation, die Schichtkollimation 0,75 mm und der pitch-Faktor 0,65. Die Daten wurden anschließend als Schichtbilder in axialer, coronarer und sagittaler Ebene mit einer Schichtdicke von 2 mm rekonstruiert.

Der Patient wurde in Rückenlage gelagert, wobei die Füße voran zur Gantry zeigten. Der betroffene Fuß sollte, wenn dies die Schmerzen des Patienten zuließen, in Neutralstellung, das heißt rechtwinklig zur Unterschenkel-Längsachse, gelagert werden. War dieser 90°-Winkel im

oberen Sprunggelenk nicht möglich, so konnte das CT trotzdem ganz normal durchgeführt werden, da aufgrund der Spiraltechnik eine Rekonstruktion in jeder beliebigen Schichtung möglich ist.

2.4 VERMESSUNG UND BEFUNDUNG DER CT-BILDER

Die Vermessung und Befundung der CT-Bilder wurde an CT-Aufnahmen des Calcaneus in der sagittalen, coronaren und axialen Achse durchgeführt.

Die digital erstellten CT-Bilder wurden mittels eines Computers unter Verwendung der Software MagicView der Firma Siemens untersucht. Mithilfe dieser Software konnten Bilder beziehungsweise Bildausschnitte vergrößert werden, was zu einer präziseren und vereinfachten Ausmessung führte. Die Strecken, Dislokationen und Winkeln wurden ebenfalls mit dieser Software vermessen. Sie enthält noch weitere Funktionen wie beispielsweise das Verändern des Kontrasts, das Drehen der Bilder und noch andere Fertigkeiten, die dazu beitrugen die Vermessungen möglichst genau durchzuführen.

Es wurden folgende Kriterien untersucht:

2.4.1 TUBER-GELENK-WINKEL

Dieser modifizierte Böhlerwinkel wurde auf dem zentralen Schnitt durch den Calcaneus in der sagittalen Ebene bestimmt. Dazu wurden digital mit Hilfe der weiter unten beschriebenen Software zwei Linien eingezeichnet. Die Erste lief vom höchsten Punkt des Processus anterior zum höchsten Punkt der posterioren Facette. Die zweite Linie verlief tangential zur ersten Linie zur höchsten Stelle des Tuber calcanei. Dann wurde der Winkel zwischen beiden Linien gemessen.



Abb.26: Messung des Böhlerwinkels

2.4.2 GRAD DER VERKÜRZUNG

Das Ausmaß der Verkürzung wurde in der axialen Aufnahme abgeschätzt, da nur in sehr wenigen Fällen CT-Bilder der Gegenseite zum Vergleich vorhanden waren. Anschließend erfolgte eine Einteilung in folgende vier Schweregrade:

- Keine Verkürzung (0%)
- Leichte Verkürzung (1 bis 10 %)
- Mäßige Verkürzung (11 bis 30%)
- Ausgeprägte Verkürzung (über 30%)



Abb.27: Keine Verkürzung



Abb.28: Leichte Verkürzung

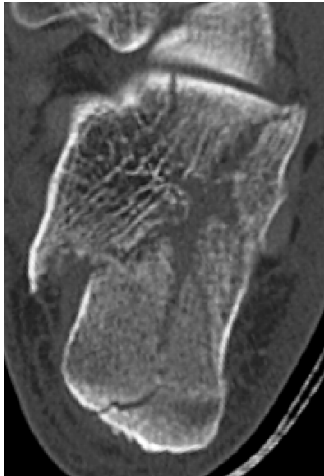


Abb.29: Mäßige Verkürzung



Abb.30: Schwere Verkürzung

2.4.3 FRAKTUR DES OS CUBOIDEUM

Die Beurteilung, ob eine Fraktur des Os cuboideum vorliegt, wurde in allen drei CT-Ebenen vorgenommen.

2.4.4 CALCANEUS SECUNDARIUS

Die Existenz eines Calcaneus secundarius wurde in allen drei CT-Ebenen geprüft.

2.4.5 BEURTEILUNG DER FÜNF HAUPTFRAGMENTE NACH ZWIPP

Beim Tuber- Fragment, beim posterioren Facettenfragment, beim sustentaculären Fragment, beim anterioren Facettenfragment und beim Processus anterior-Fragment wurde das Vorliegen einer Fraktur in allen drei Ebenen geprüft. Bei einem positiven Befund wurde das Ausmaß der größten vorhandenen Dislokation gemessen und in folgende vier Schweregrade eingeteilt:

- Keine Dislokation
- Dislokation < 2 mm
- Dislokation ≥ 2 und < 5 mm
- Dislokation ≥ 5 (ZWIPP 1989)

Des Weiteren wurde beurteilt, ob in einem der fünf Hauptfragmente eine Trümmerfraktur vorliegt.

2.4.6 BEURTEILUNG DER GELENKSFLÄCHEN

Die Facies articularis talaris posterior, media, anterior und die Facies articularis cuboidea wurden in allen drei Ebenen auf das Vorliegen einer Fraktur untersucht. Wenn eine Fraktur vorhanden war, wurde das Ausmaß der größten Dislokation gemessen und in vier Schweregrade unterteilt:

- Keine Dislokation
- Dislokation < 2 mm
- Dislokation ≥ 2 und < 5 mm
- Dislokation ≥ 5

2.4.7 FRAKTURKLASSIFIKATIONEN

Folgende Frakturklassifikationen wurden durchgeführt:

- Klassifikation nach Essex-Lopresti
- Klassifikation nach Sanders
- Klassifikation nach Eastwood/Atkins
- Klassifikation nach Zwipp

Näheres über die Durchführung der Klassifikationen in der Einleitung Kapitel Frakturklassifikationen.

2.4.8 BEURTEILUNG DER FRAKTUR IM CALCANEOCUBOIDGELENK

Anzahl der Frakturlinien:

Die Anzahl der Frakturlinien im CCJ wurde in allen drei Ebenen untersucht und gezählt.

Lokalisation der sagittalen Frakturlinien:

Die Lokalisation der Frakturlinien wurde in der axialen Ebene ermittelt. Man verwendete jeweils die CT-Aufnahme, auf der die Breite der Vorderseite des Processus anterior am größten war. Zuerst wurde die Breite der Facies articularis cuboidea ausgemessen und anschließend die exakte Lokalisation der Frakturlinie in Prozent dazu angegeben. Man ging hierbei immer von lateral aus. Bei mehreren Frakturlinien im Calcaneocuboidgelenk begann man mit der Messung immer mit der lateralsten Linie und maß dann die weiter medial gelegenen.



Abb.31: Messung der Lokalisation der Frakturlinie. Die blaue Linie misst die Breite der Facies articularis cuboidea und wird entspricht 100 Prozent. Die gelbe Linie bestimmt die Strecke zwischen der lateralen Außenseite und der Frakturlinie und wird in Prozent im Verhältnis zur Gesamtbreite angegeben.

Bestimmung der primären Frakturlinie im CCJ:

Die Bestimmung der primären Frakturlinie im CCJ erfolgte durch die Beurteilung der Frakturlinienverläufe in den axialen CT-Aufnahmen. Wie bereits in der Einleitung genau beschrieben wurde, entsteht die primäre Frakturlinie infolge einer Abscherfraktur, die das Fersenbein in das superomediale und posterolaterale Fragment teilt. Wir untersuchten ob diese Linie bis zur Facies articularis cuboidea läuft und bestimmten die genaue Lokalisation dieser Linie, so wie es oben beschrieben wurde.



Abb.32: 1. Schritt: Bestimmung der primären Frakturlinie



Abb.33: 2. Schritt: Bestimmung der Lokalisation der Frakturlinie in der Facies articularis cuboidea

Eigene Klassifikation der CCJ-Frakturen:

Diese Klassifikation orientierte sich an der Klassifikation nach Sanders. Um die Fraktur zu klassifizieren, wurde das axiale CT-Bild, auf dem die Vorderseite des Processus anterior den größten Querdurchmesser hat, verwendet. Der Processus anterior wurde durch zwei Linien in drei gleich große Säulen unterteilt, die von lateral aus gesehen, als Säule „A“, „B“ und „C“ benannt wurden. Wir unterschieden vier verschiedene Typen.

Als Type I wurden alle intraartikulären Frakturen bezeichnet, die nicht disloziert sind. Die Anzahl der Frakturlinien war dabei nicht maßgebend.

Type II-Frakturen waren Zwei-Stück-Frakturen. Es existierten drei verschiedene Möglichkeiten, abhängig von der Lokalisation der Frakturlinie: IIA, IIB und IIC.

Type III-Frakturen waren Drei-Stück-Frakturen. Es gab drei verschiedene Formen: IIIAB, III AC und III BC.

Bei Type IV-Frakturen war das CCJ stark zertrümmert und es waren vier oder mehr Frakturfragmente vorhanden.



Abb.34: CCJ Fraktur Typ I



Abb.35 : CCJ Fraktur Typ II A



Abb.36: CCJ Fraktur Typ II B



Abb.37: CCJ Fraktur Typ II C



Abb.38: CCJ Fraktur Typ III AB

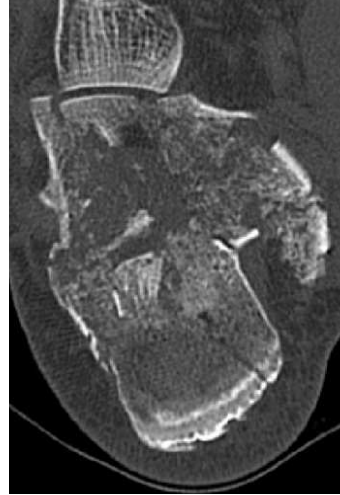


Abb.39: CCJ Fraktur Typ III AC



Abb.40: CCJ Fraktur Typ III BC



Abb.41: CCJ Fraktur Typ IV

Verlauf der Frakturlinien:

Der Verlauf der Frakturlinien im CCJ wurde in der coronaren Ebene bestimmt. Sie wurden in fünf verschiedene Typen unterteilt:

- Vertikaler Typ
- Horizontaler Typ
- Schräger Frakturlinienverlauf von lateral superior nach medial inferior
- Schräger Frakturlinienverlauf von medial superior nach lateral inferior

- Frakturlinie im Rahmen einer Trümmerfraktur



Abb.42: Vertikaler Typ

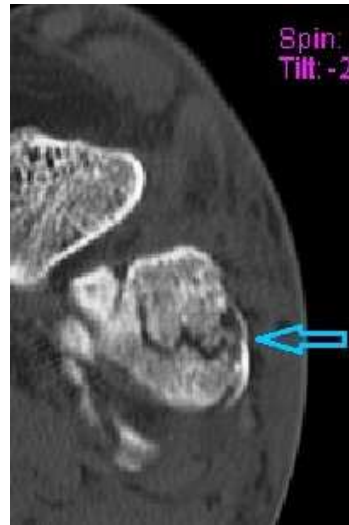


Abb.43: Horizontaler Typ



Abb.44: Schräger Frakturlinien-
Verlauf von lateral superior
nach medial inferior



Abb.45: Frakturlinie im Rahmen
einer Trümmerfraktur

2.4.9 GRÖSSE DES ISTHMUSDEFEKTES

Der Bereich des neutralen Dreiecks wird auch als Isthmus calcanei bezeichnet. Da die Dichte der trabekulären Strukturen in diesem Bereich sehr gering ist, ist dieses Areal bei Calcaneusfrakturen häufig impaktiert. Die Größe des Isthmusdefektes wurde in allen drei Ebenen vermessen und anschließend das Volumen berechnet. Dies wurde in vier Schweregrade unterteilt:

- Kein Isthmusdefekt
- Kleiner Isthmusdefekt: $\leq 3 \text{ cm}^3$
- Mittlerer Isthmusdefekt: $> 3 \text{ cm}^3$ und $\leq 6 \text{ cm}^3$
- Großer Isthmusdefekt: $> 6 \text{ cm}^3$

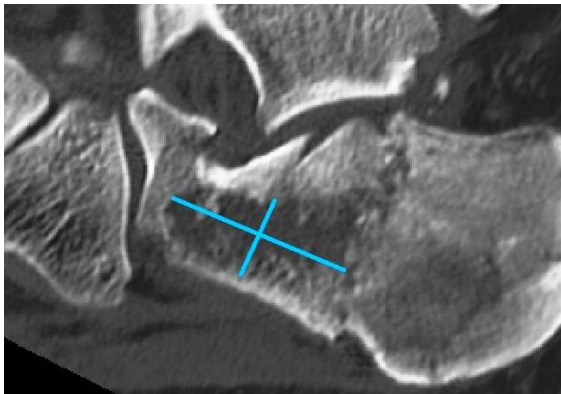


Abb.46: Messung des Isthmusdefektes in der sagittalen Ebene



Abb.47: Messung des Isthmusdefektes in der axialen Ebene

2.4.10 ABRISSEFRAKTUR DES LIGAMENTUM BIFURCATUM

Die Abrissfraktur des Ligamentum bifurcatum wurde in der sagittalen Achse bestimmt. Es wurde untersucht, ob an der superioren, anterioren Spitze des Processus anterior ein knöcherner Bandausriss vorhanden ist.

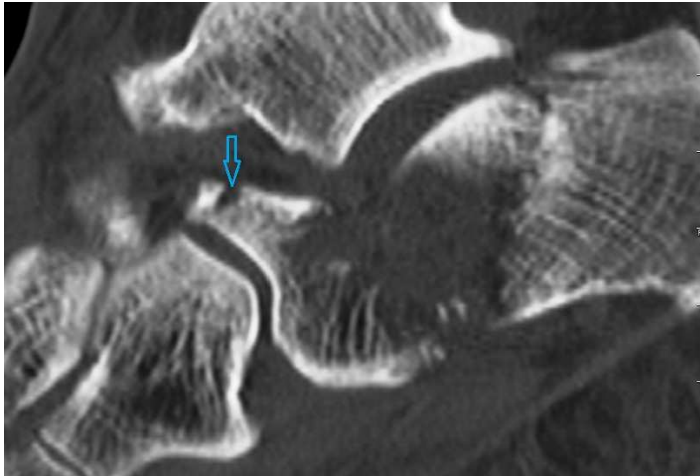


Abb.48: Knöcherner Ausriss des Ligamentum bifurcatum

2.5 STATISTISCHE AUSWERTUNG UND GRAPHISCHE DARSTELLUNG

Die statistische Auswertung erfolgte mittels der Statistiksoftware SPSS in der Version 17.0 und 18.0, Firma SPSS Inc., Chicago, Illinois.

Zuerst wurde zum einen eine deskriptive Statistik mit Bestimmung der Häufigkeiten, des Mittelwertes, des Medians, des Minimums, des Maximums und der Standardabweichung durchgeführt.

Zur Bestimmung der Korrelation zwischen metrischen oder ordinalen Werten wurden die Korrelationskoeffizienten nach Pearson und nach Spearman bestimmt.

Zur Untersuchung des Zusammenhanges zwischen nominalen Daten wurden der Chi-Quadrat-Test durchgeführt und der Cramer-V-Kontingenzkoeffizient ermittelt.

Den Berechnungen wurde jeweils ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ zugrunde gelegt.

Die Ergebnisse wurden mittels Kreisdiagrammen, (gruppierten) Balkendiagrammen, Tabellen oder Box-Plots dargestellt.

Beim Boxplot entspricht die Box dem Bereich, in dem die mittleren 50% liegen. Sie wird also durch das obere und untere Quartil begrenzt. Der Median wird als Strich in der Box eingezeichnet. Das Minimum

beziehungsweise das Maximum entspricht dem horizontalen Strich außerhalb des Boxplots, am Ende des Whiskers.

3 ERGEBNISSE

3.1 DEMOGRAPHISCHE DATEN

In die Studie gingen die Daten von 88 Patienten ein. Zwölf (13,6%) dieser 88 Patienten haben sich eine beidseitige Calcaneusfraktur zugezogen, bei denen beide Frakturen den Studienanforderungen entsprachen und jeweils in die Untersuchung aufgenommen wurden. Die Gesamtanzahl der bearbeiteten CT-Bilder beträgt somit 100.

Die linke Seite war 51-mal betroffen, die rechte 49-mal.

Nur 13 der 88 Patienten waren Frauen, die restlichen 75 Patienten waren Männer. Dies entspricht einer relativen Verteilung von 15% Frauen und 85% Männer.

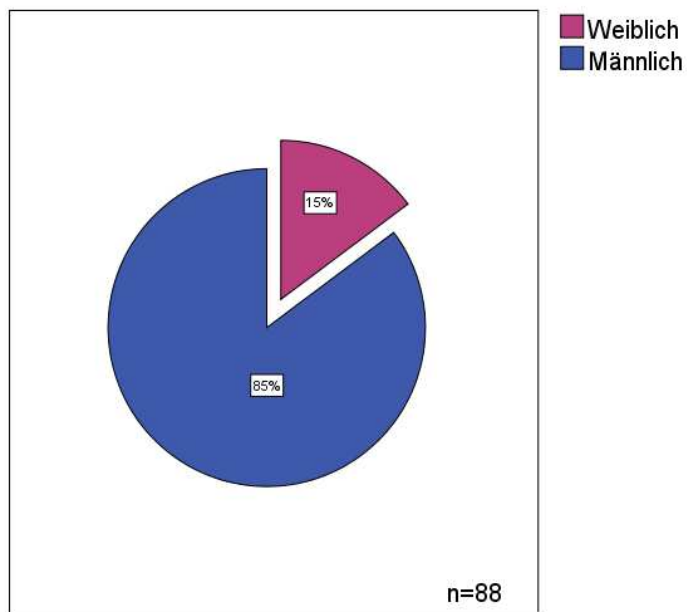


Abb.49: Häufigkeitsverteilung des Merkmals Geschlecht

Das Durchschnittsalter betrug zum Verletzungszeitpunkt 43,75 Jahre, der Median 43,0 Jahre. Unterteilt man die Patientenalter zum Unfallzeitpunkt in Gruppen von jeweils fünf Jahren, kann man graphisch eine Häufung im

Bereich des arithmetischen Mittelwertes und des Medians erkennen. Der jüngste Patient war 18 Jahre alt, der Älteste hatte ein Alter von 70 Jahren.

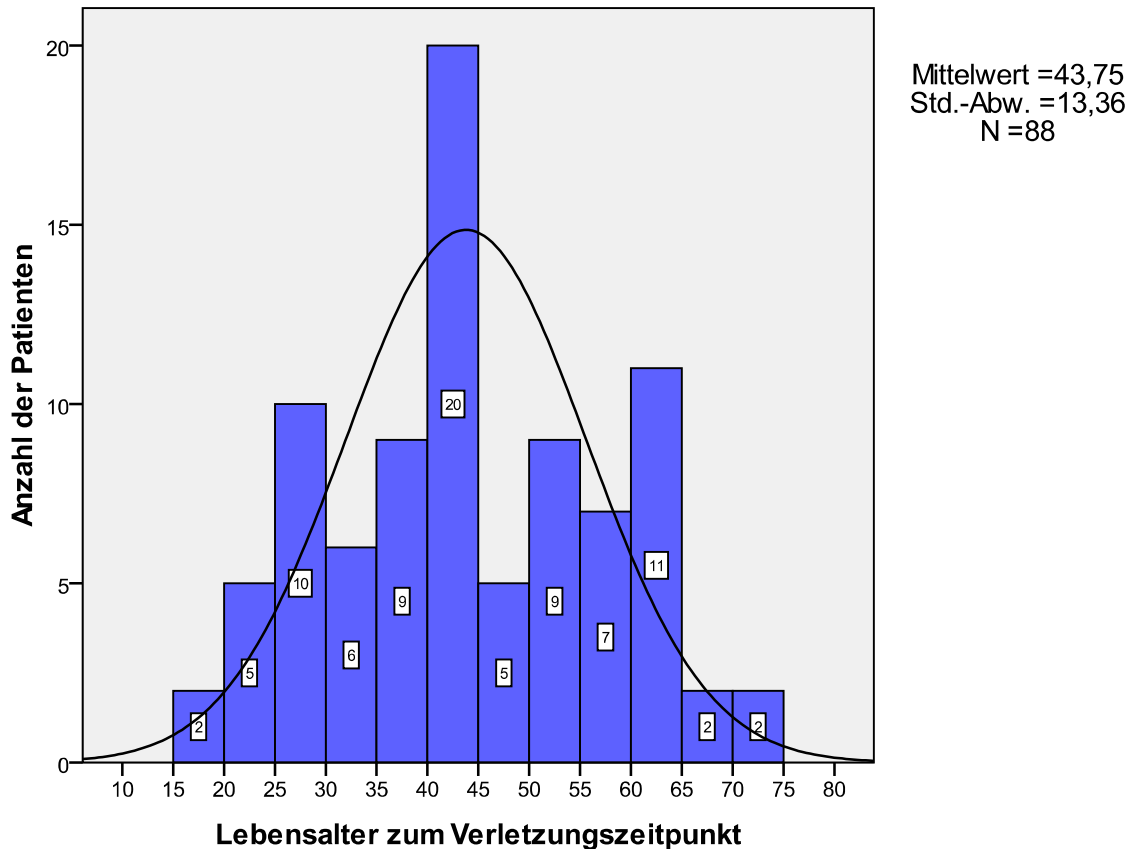


Abb.50: Histogramm zur Altersverteilung

3.2. VERLETZUNGSURSACHE

Die häufigste Ursache war mit 80% ein Sturz. Hierzu zählten sowohl Stürze aus großer Höhe wie auch Stürze aus niedriger Höhe wie zum Beispiel Treppenstürze oder ein Sturz von einem Schienenfahrzeug mit einem Meter Höhe. 8% der Frakturen waren durch Autounfälle bedingt. Die übrigen 12% hatten sonstige Ursachen. Hierzu zählten zum Beispiel ein Supinationstrauma oder ein Trauma durch einen schweren herabfallenden

Gegenstand. In zwei Fällen konnten zur Unfallursache keine Informationen ermittelt werden.

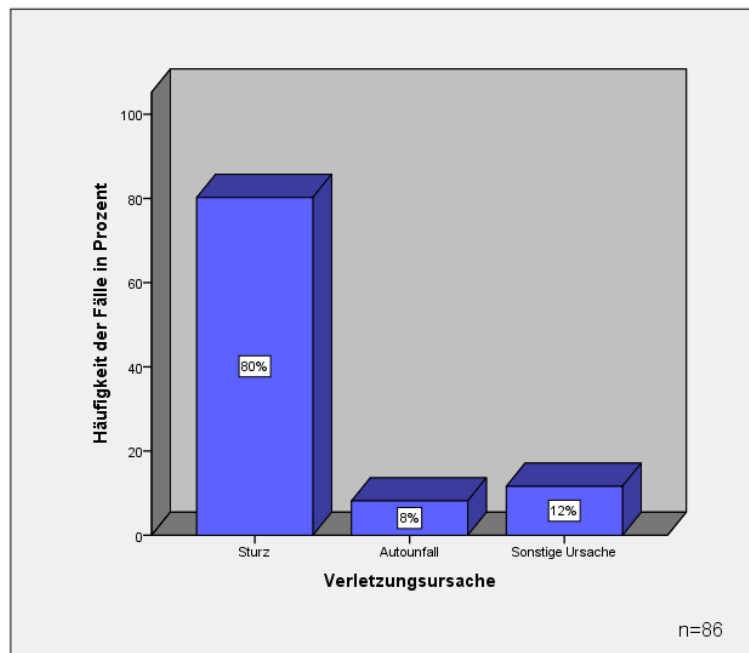


Abb.51: Häufigkeitsverteilung der Verletzungsursache

3.3. WEICHTEILSCHADEN

Schweregrad	Geschlossene Verletzung (%)	Offene Verletzung (%)
Grad I	0 (0)	1 (12,5)
Grad II	84 (94,4)	3 (37,5)
Grad III	5 (5,6)	4 (50)
Grad IV	/	0 (0)
Gesamt	89 (91,8)	8 (8,2)

Tab.1: Einteilung in geschlossene und offene Verletzungen

8,2% waren offene Frakturen, die anderen 91,8% waren geschlossene Verletzungen. In drei Fällen wurden keine Angaben zum Weichteilschaden gemacht und konnten somit in dieser Berechnung nicht berücksichtigt werden.

Der Weichteilschaden der geschlossenen Frakturen wurde weiter in drei Schweregrade unterteilt. Grad I war nie vorhanden. Deutlich am häufigsten

kam Grad II mit 94,4% vor. Grad III trat nur in 5,6% der geschlossenen Frakturen auf.

Die offenen Frakturen wurden in vier Grade unterteilt. Grad I war einmal vorhanden, was einem relativen Wert von 12,5% entspricht. Grad II kam dreimal vor, das bedeutet einen relativen Wert von 37,5%. Am häufigsten kam Grad III mit einer absoluten Anzahl von vier und einem relativen Wert von 50% vor. Grad IV, was einer subtotalen oder totalen Amputation entspricht, trat nie auf.

3.4 BEGLEITVERLETZUNGEN

Tabelle zwei gibt einen Überblick über die Häufigkeit der Begleitverletzungen. Die Anzahl n beträgt jeweils 99. Bei einem Patienten konnte keine Beurteilung der weiteren Verletzungen erfolgen, weil in dessen Akten nur unvollständige Daten hierzu vorhanden waren.

Eine isolierte Verletzung des Calcaneus lag in 34,3% der Fälle vor. Bei 65,7% der Frakturen lagen daneben eine oder mehrere weitere knöcherne Verletzungen des Bewegungsapparates vor oder es war ein Polytrauma vorhanden.

Begleitverletzungen	Anzahl der Fälle in Prozent
Keine Begleitverletzung	34,3%
Knöcherne Läsion am kontralateralen Calcaneus	29,3%
Knöcherne Verletzung am Fuß/Unterschenkel ipsilateral	33,3%
Weitere Verletzung am Bewegungsapparat außer der bereits genannten	43,4%
Polytrauma	8%

Tab.2: Übersicht über die Häufigkeiten der Begleitverletzungen

3.5 MORPHOLOGIE DER FERSENBEINFRAKTUREN

3.5.1 TUBER-GELENK-WINKEL/MODIFIZIERTER BÖHLERWINKEL

Der Böhlerwinkel konnte an 99 CT-Aufnahmen gemessen werden. Es ergab sich ein arithmetisches Mittel von $8,9^\circ$ mit einer Standardabweichung von $19,4^\circ$. Der Median liegt bei $11,0^\circ$. Die Spannweite von 105° reicht vom Minimum bei -60° zum Maximum von 45° . Im folgenden Balkendiagramm wurden Gruppen von jeweils 10° zusammengefasst. Es ist graphisch erkennbar, dass die Gruppe, in der sich auch der Mittelwert befindet, mit 22,2% am Größten ist. Auch die Gruppe von 10° bis $19,9^\circ$ und von 20° bis $29,9^\circ$ heben sich mit je 21,2% und 20,2% von den anderen Gruppen deutlich ab. Im Gegensatz dazu ergeben die fünf Gruppen von -60° bis $-10,1^\circ$ zusammen nur 11%.

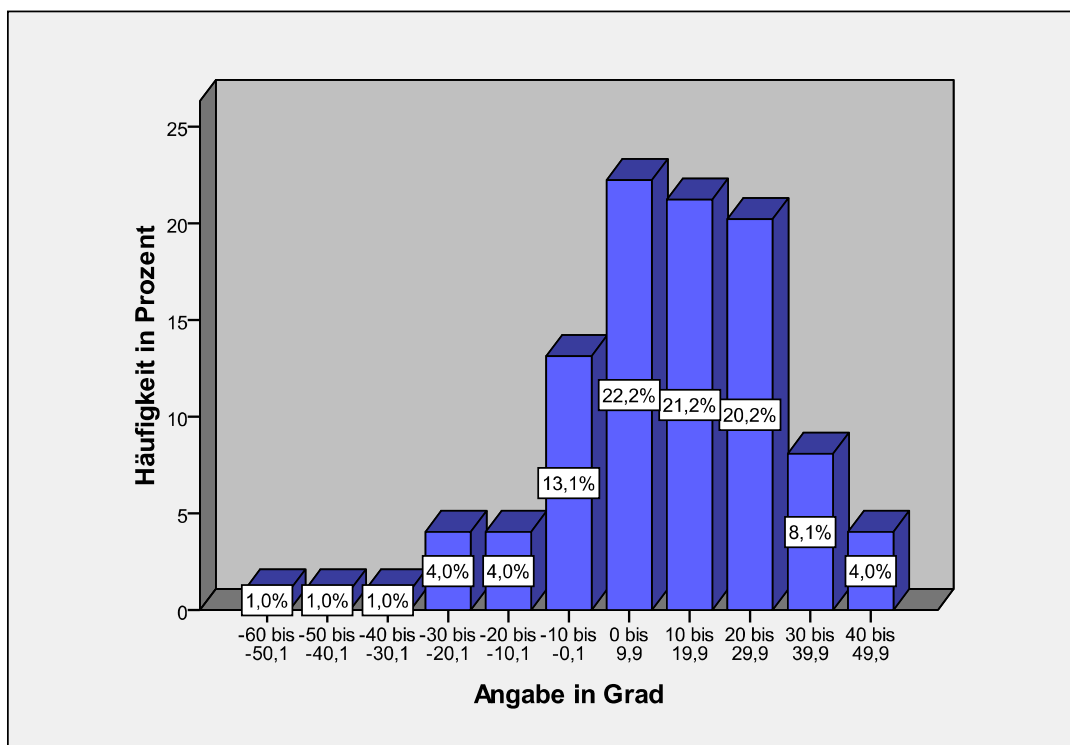


Abb.52: Häufigkeitsverteilung des Böhlerwinkels bei 99 Calcaneusfrakturen

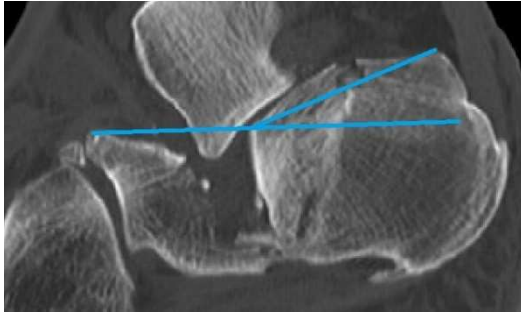


Abb.53: Böhlerwinkel mit – 20 Grad

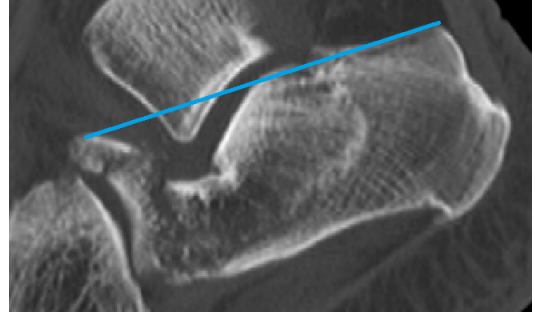


Abb.54: Böhlerwinkel mit nahezu 0 Grad

3.5.2 ISTHMUSDEFEKT

Die Abbildung 55 zeigt, dass am Häufigsten mit 36,7% ein mittlerer Isthmusdefekt vorhanden war. In 34,7% zeigte sich ein großer Defekt, in 21,4% war lediglich ein kleiner Schaden vorhanden und in 7,1% war kein Defekt nachweisbar.

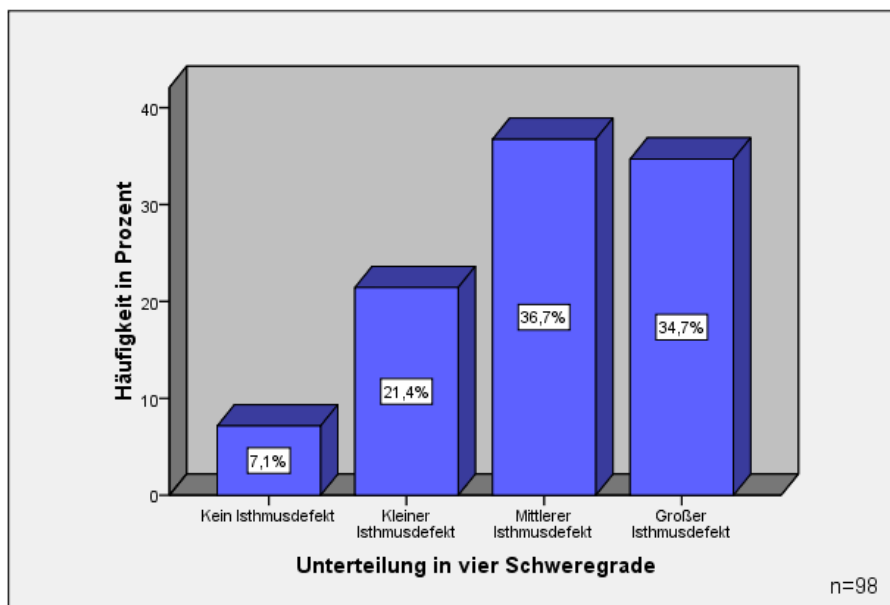


Abb.55: Häufigkeitsverteilung des Isthmusdefekts, eingeteilt in vier Schweregrade

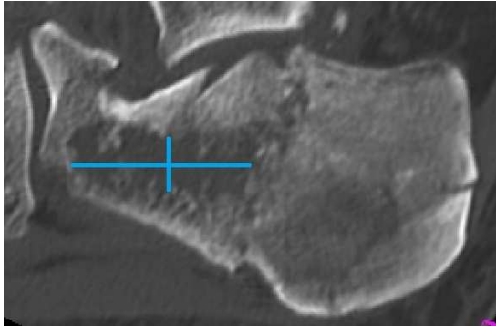


Abb.56: Großer Isthmusdefekt

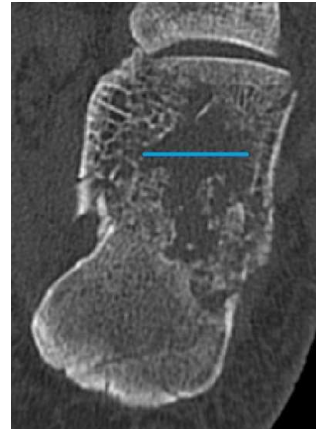


Abb.57: Großer Isthmusdefekt

3.5.3 VERKÜRZUNG DES FERSENBEINS

Das Ausmaß der Verkürzung konnte an allen 100 Aufnahmen beurteilt werden, sodass in diesem Fall die absoluten Zahlen mit den relativen Zahlen gleich sind. In fast der Hälfte aller Fälle trat mit 49% eine mäßige Verkürzung auf. Eine leichte Verkürzung wurde bei 31% der Frakturen festgestellt, eine starke Verkürzung bei 18%. Keine Verkürzung wurde nur in zwei Fällen befundet.



Abb.58: Leichte Verkürzung

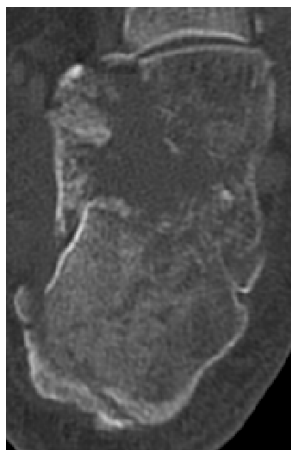


Abb.59: Mäßige Verkürzung



Abb.60: Starke Verkürzung

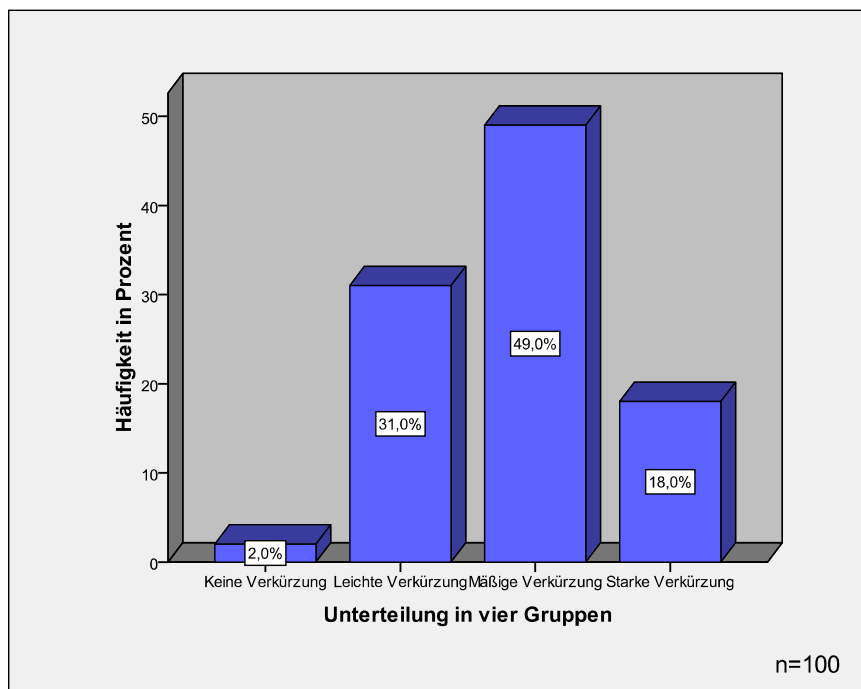


Abb.61: Häufigkeitsverteilung der Verkürzung des Fersenbeins

3.5.4 FRAKTUREN DER GELENKFLÄCHEN

Abbildung 62 zeigt, wieviele Gelenksflächen jeweils frakturiert waren. Am häufigsten waren mit 42% der Fälle drei Flächen betroffen. In 32% waren zwei Gelenksflächen gebrochen. Alle vier Flächen waren in 18% frakturiert, die Beteiligung nur einer Fläche kam in 8% der Fälle vor.

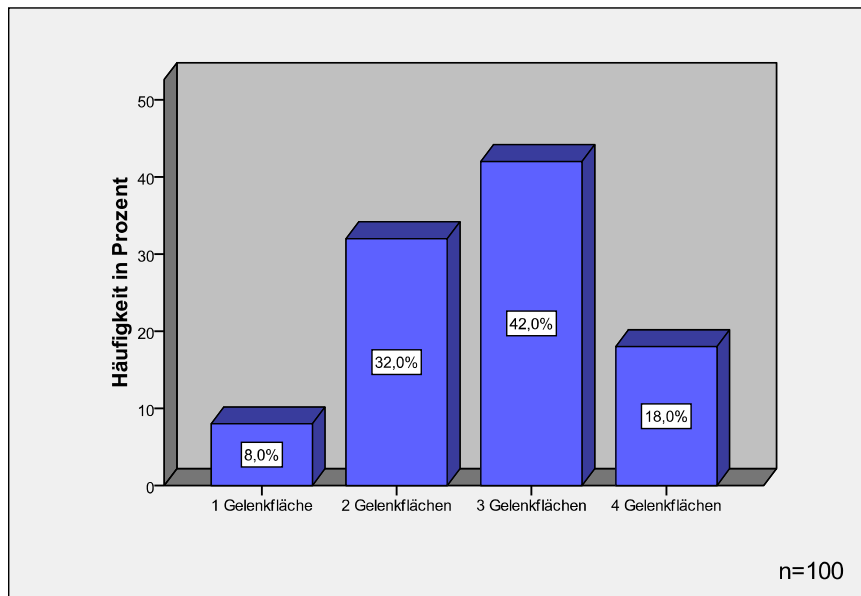


Abb.62: Anzahl der frakturierten Gelenkflächen

Tabelle 3 legt dar, in wieviel Prozent der Fälle eine Beteiligung der jeweiligen Gelenkfläche vorlag und wie stark die Fläche disloziert war. Es zeigt sich, dass die hintere Facette in 97 Prozent frakturiert war.

Gelenk- fläche	Beteilig. in %	Verteilung der Dislokations- grade:	Beteiligung ohne Dislokation	Leichte Dislokation < 2mm	Mäßige Dislokation ≥ 2mm und < 5mm	Schwere Dislokation ≥ 5mm
Fac. art. post.	97		2,1	8,2	34	55,7
Fac. art. med.	61		12,9	53,2	21	12,9
Fac. art. ant.	28		17,9	46,4	17,9	17,9
Fac. art. cub.	84		6	20,2	35,7	38,1

Tab.3: Anzahl der beteiligten Gelenksflächen und Ausmaß der Dislokation in Prozent

In über 50% der Fälle lag eine schwere Dislokation mit einer Verschiebung größer 5 mm vor. Lediglich in 2,1% der Fälle war die hintere Facette zwar gebrochen, aber es war keine Lageveränderung vorhanden. In 8,2% der Fälle war eine leichte Dislokation, die weniger als 2 mm beträgt vorhanden.

Eine mäßige Verschiebung, bei der die Dislokation zwischen 2 und 5 mm betrug, kam in 34% der Fälle vor.

Die mediale Facette war in 61% der Fälle beteiligt. Es zeigt sich, dass in 12,9% der Fälle eine Fraktur ohne Lageveränderung stattfand. In 53,2% fand man eine leichte Dislokation. Eine mäßige Verschiebung trat in 21% der Fälle auf. Eine schwere Dislokation lag in 12,9% der Fälle der gebrochenen mittleren Facetten vor.

Eine Beteiligung der Facies articularis anterior fand in 28% der Calcaneusfrakturen statt. Von diesen 28 Frakturen fanden 67,9% zusammen mit einer Frakturierung der Facies articularis media statt. Knapp ein Drittel lag ohne Mitbeteiligung der mittleren Facette vor. In fast der Hälfte der Fälle (46,4%) lag eine leichte Verschiebung vor. Die übrigen drei Schweregrade - keine, mäßige und schwere Dislokation - kamen mit je 17,9% gleich häufig vor.

Eine Fraktur der cuboidalen Facette lag in 84% der Fersenbeinbrüche vor.

Eine Frakturierung ohne Verschiebung der Fragmente kam lediglich in 6% der Fälle zustande. Eine Dislokation, die weniger als 2 mm beträgt, trat in 20,2% auf. Am häufigsten kam mit 38,1% eine Verschiebung, die mehr als 5 mm beträgt, vor, gefolgt von den 35,7% der Fälle, in denen die Dislokation zwischen 2 und 5 mm ausmachte.

3.6 FRAKTURKLASSIFIKATIONEN

3.6.1 KLASSIFIKATION NACH ESSEX-LOPRESTI

In Abbildung 63 wird die von Essex-Lopresti beschriebene Unterteilung der Calcaneusfrakturen in Joint-Depression- und Tongue-Type-Frakturen dargelegt. Diese Klassifikation konnte in sieben Fällen nicht durchgeführt werden, weil entweder eine so starke Zertrümmerung vorlag, dass der Frakturtyp nicht mehr bestimmt werden konnte oder weil eine isolierte Processus anterior- oder Sustentaculumfraktur vorlag. Die Klassifizierung der

übrigen 93 Frakturen ergab bei 65 (69,9%) eine Joint-Depression-Fraktur. Eine Tongue-Type-Fraktur wurde in 28 Fällen (30,1%) festgestellt.

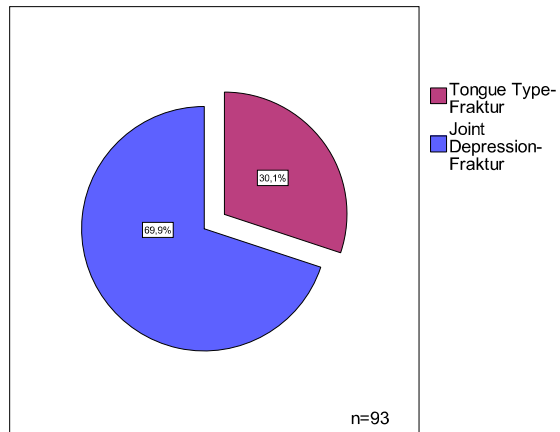


Abb.63: Klassifikation nach Essex-Lopresti

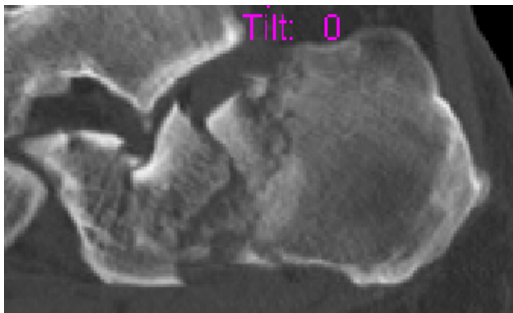


Abb.64: Joint-Depression-Fraktur

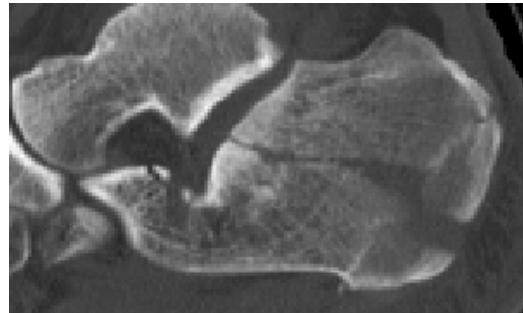


Abb.65: Tongue-Type-Fraktur

3.6.2 KLASSIFIKATION NACH SANDERS

Abbildung 66 zeigt die Ergebnisse der durchgeführten Sanders-Klassifikation. Diese Unterteilung wurde in 95 Fällen durchgeführt. Fünf Aufnahmen wurden ausgeschlossen, weil eine Zuordnung zu einer Sandersgruppe aufgrund der eingeschränkten Bildqualität nicht möglich war oder weil die hintere Facette nicht frakturiert war. Mit 28,4% wurde am häufigsten die Gruppe IIA festgestellt. Danach folgten die Gruppe IIIAB und Gruppe IV, mit 21,1% und 16,8%. Gruppe I konnte in keiner einzigen

Aufnahme festgestellt werden. Die übrigen Gruppen kamen mit einer Häufigkeit von 6-11% vor.

Wenn man die Häufigkeit der drei einzelnen von Sanders definierten Frakturlinien betrachtet, war am häufigsten Frakturlinie A mit einer Häufigkeit von 76,8% vorhanden. Dieser folgte mit 52,6% Linie B und mit 42% Linie C.

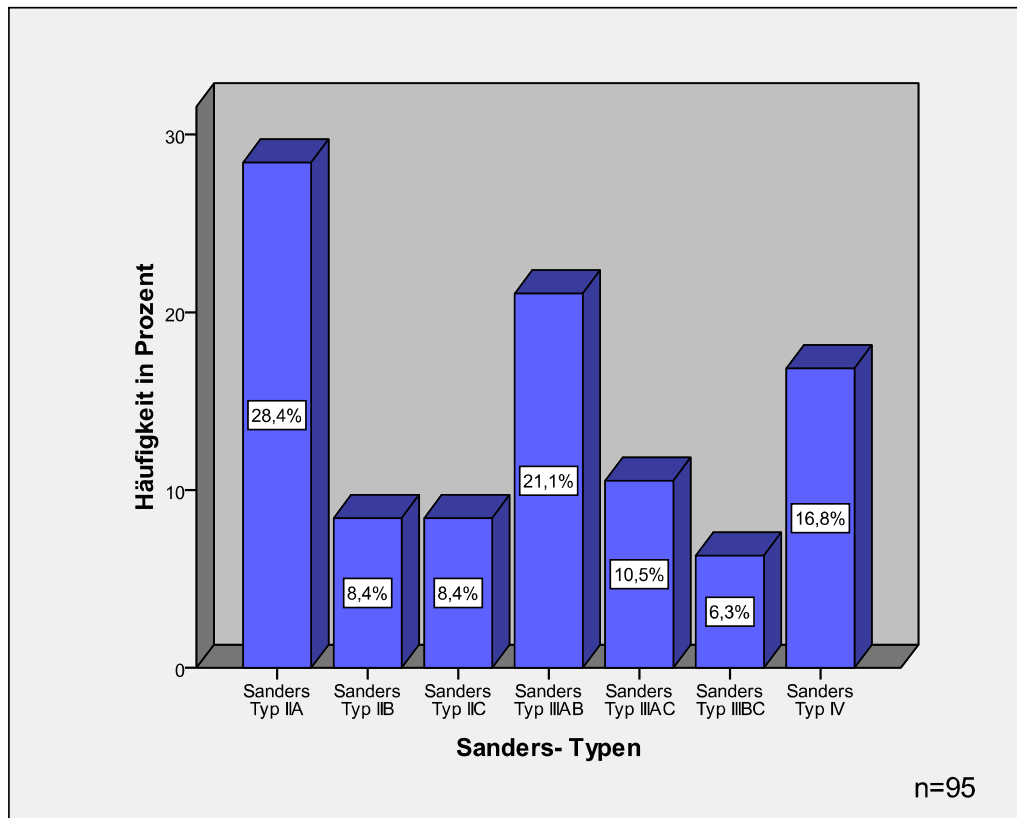


Abb.66: Frakturklassifikation nach Sanders

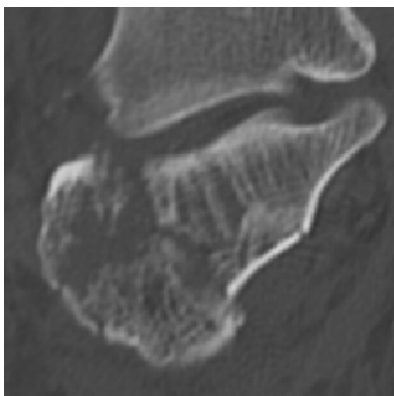


Abb.67: Sanders Typ II A



Abb.68: Sanders Typ IV

3.6.3 KLASSIFIKATION NACH EASTWOOD/ATKINS

Die Verteilung der Klassifikation nach Eastwood/Atkins zeigt Abbildung 69. Diese wurde ebenfalls in 95 Fällen durchgeführt, weil fünf Fälle nach dieser Klassifikation nicht einzuteilen waren oder weil keine Fraktur der hinteren Facette vorlag. Mit 47,4% wurde in fast der Hälfte aller Aufnahmen Typ II diagnostiziert. Dem folgte mit 35,8% Typ III und mit 16,8% Typ I.

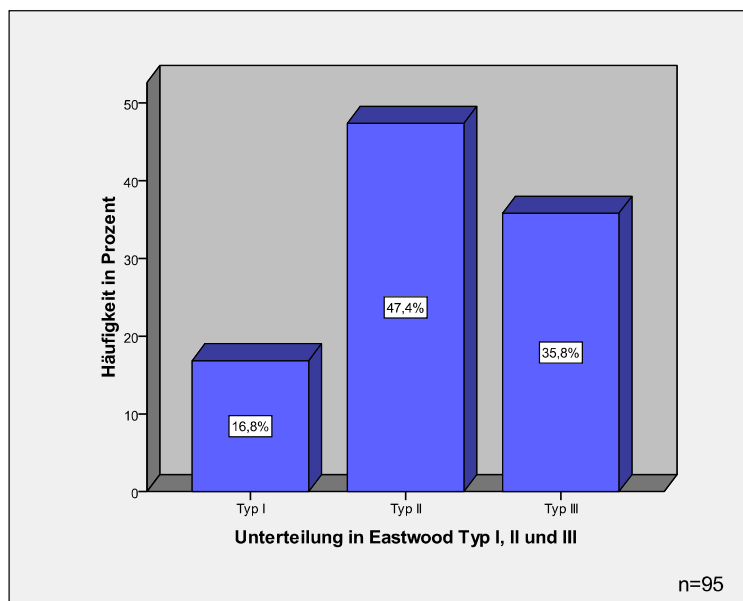


Abb.69: Frakturklassifikation nach Eastwood/Atkins



Abb.70: Eastwood/Atkins Typ II



Abb.71: Eastwood/Atkins Typ III

3.6.4 KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

In Abbildung 72 sind die Ergebnisse der Frakturklassifikation nach Zwipp dargestellt. Sie ließ sich an allen 100 CT-Aufnahmen durchführen, sodass die Anzahl $n=100$ ist. Der arithmetische Mittelwert beträgt 9,5, der Median und Modus jeweils 9. Das Minimum beträgt 4, das Maximum 12.

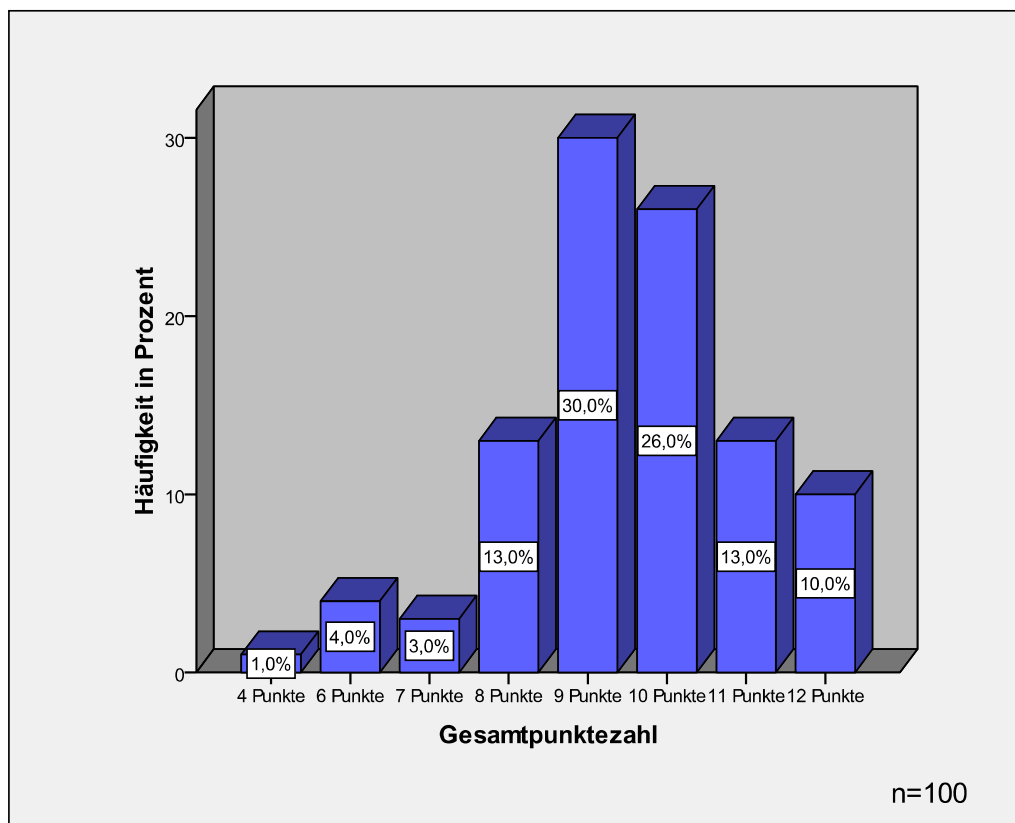


Abb.72: Frakturklassifikation nach Zwipp

3.7 ZUSAMMENHÄNGE VERSCHIEDENER FAKTOREN

3.7.1 ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN DEN FRAKTUR-KLASSIFIKATIONEN

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Klassifikationen.

Es zeigt sich, dass sich bis auf die Einteilung nach Essex-Lopresti zwischen allen anderen Klassifikationen eine Verbindung nachweisen lässt. Am stärksten ist diese mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,596 zwischen der Einteilung nach Zwipp und Sanders vorhanden.

Koeffizient/ p	Zwipp	Sanders	Eastwood/ Atkins	Essex-Lopresti
Zwipp	1 (0,000)	0,596 (<0,01)	0,272 (<0,05)	NS
Sanders	0,596 (<0,01)	1 (0,000)	0,295 (<0,01)	NS
Eastwood/ Atkins	0,272 (<0,05)	0,295 (<0,01)	1 (0,000)	NS
Essex-Lopresti	NS	NS	NS	1 (0,000)

NS= Nicht signifikant

Tab.4: Zusammenhänge zwischen den Frakturklassifikationen

KLASSIFIKATIONEN NACH ZWIPP UND SANDERS

Zur Veranschaulichung wurde das folgende gruppierte Balkendiagramm erstellt.

In diesem wurde die Klassifikation nach Zwipp anhand der Gesamtpunktezah in drei Gruppen unterteilt. Gruppe I besitzt 1-5 Punkte, Gruppe II 6-9 Punkte und Gruppe III 10-12 Punkte. Gruppe I, die in unserer Studie nur einmal vorhanden ist, scheint in diesem Diagramm nicht auf, weil

dieser Fall anhand der Sanders-Klassifikation nicht beurteilt werden konnte und somit nicht in dieser Grafik berücksichtigt werden kann.

Die Einteilung nach Sanders wurde ebenfalls in Gruppen unterteilt. Es wurden die folgenden vier Hauptgruppen I, II, III und IV gebildet, indem man einfach die Untergruppierung anhand der Buchstaben A, B und C wegließ. Im Balkendiagramm wird veranschaulicht, dass die Gruppe II der Sanders Klassifikation zu fast dreiviertel, genauer zu 74,4% der Gruppe II und nur zu 25,6% der Gruppe III nach Zwipp entspricht. Bei der Sanders Klasse III überwiegt hingegen schon die Gruppe III nach Zwipp mit 58,3% im Gegensatz zu 41,7% der Gruppe II. Die Klasse IV nach Sanders wird zu 93,8% aus der Zwipp Gruppe III gebildet und nur 6,3% entsprechen der Zwipp Klasse II.

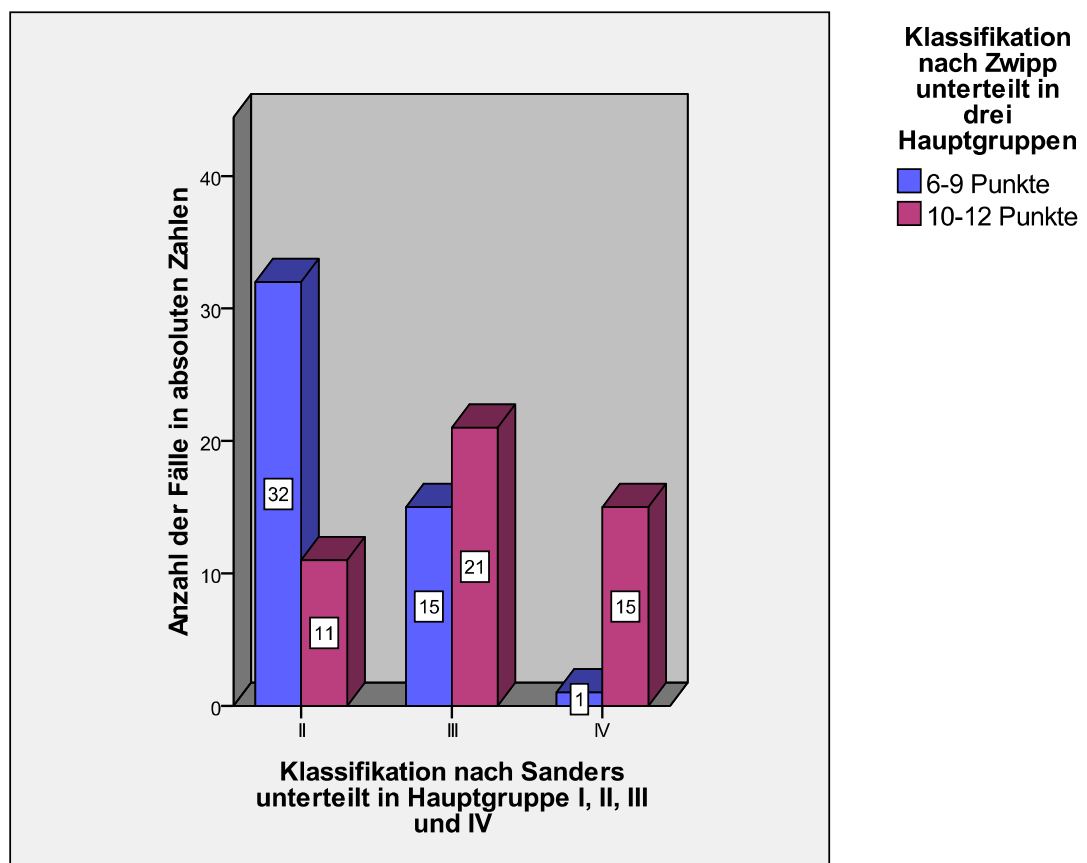


Abb.73: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikationen nach Sanders und Zwipp

KLASSIFIKATIONEN NACH ZWIPP UND EASTWOOD/ATKINS

Die Kongruenz der Fraktureinteilung anhand der Zwipp- und Eastwood/ Atkins-Klassifikation wurde mittels eines Chi-Quadrat-Tests geprüft.

Hierzu wurde die Zwipp-Klassifikation wieder in dieselben drei Gruppen unterteilt, wie sie schon weiter oben erläutert wurden.

Die Einteilung nach Eastwood/ Atkins wurde in ihrer ursprünglichen Einteilung - Typ I, II und III - belassen.

Die Anzahl n betrug 95. Der Chi-Quadrat-Test ergab eine Signifikanz von $p < 0,05$ und einen Cramer-V-Koeffizienten von ,272. In Abb. wird der Zusammenhang zwischen der Zwipp- und Eastwood/Atkins- Klassifikation veranschaulicht. Während in der Eastwood/Atkins Klasse I und II deutlich die Zwipp Gruppe II der Gruppe III überlegen ist, ändert sich dieses Verhältnis in der Eastwood/Atkins Klasse III ins Gegenteil. Hier entspricht das Verhältnis der Zwipp Gruppe III zu II in etwa Zweidrittel zu Eindrittel.

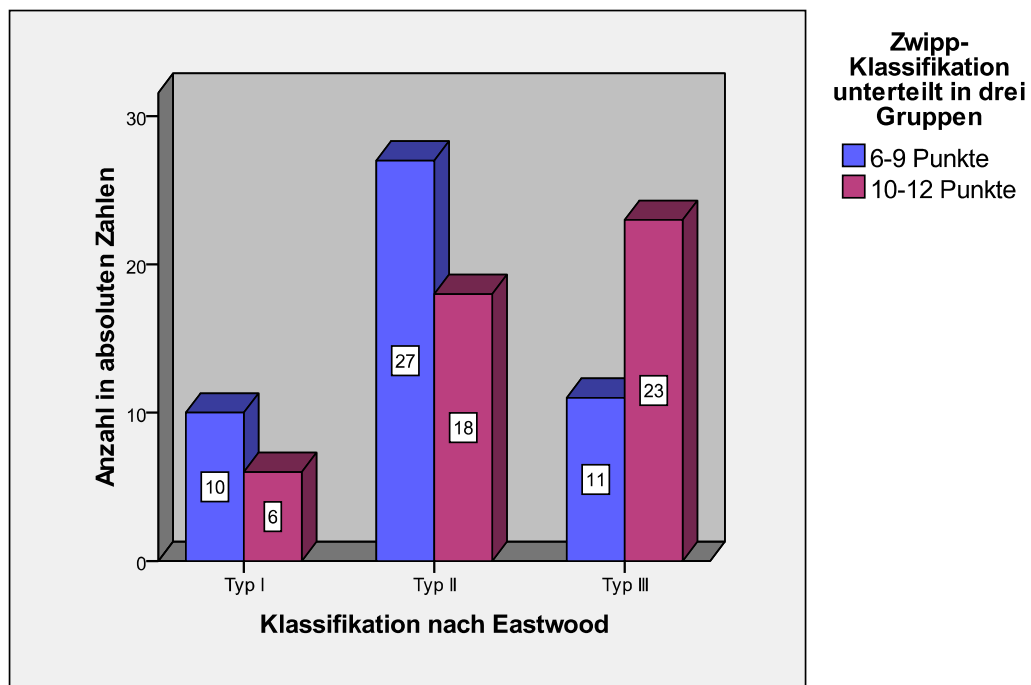


Abb.74: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikationen nach Eastwood/ Atkins und Zwipp

KLASSIFIKATIONEN NACH SANDERS UND EASTWOOD/ATKINS

Die Übereinstimmung bei der Klassifizierung der Frakturen anhand der Einteilung nach Sanders und Eastwood/Atkins wurde mit $n=94$ mittels eines Chi-Quadrat-Tests geprüft.

Die Klassifikation nach Sanders wurde dazu - wie bereits weiter oben beschrieben - in Klasse I, II, III und IV eingeteilt, die Unterteilung nach Eastwood/Atkins in ihrer originären Form belassen.

Der Chi-Quadrat-Test ergab eine Signifikanz von $p=0,003$ und einen Cramer-Koeffizienten von $,295$. Im nachfolgenden Balkendiagramm wird die Verteilung der Frakturen anhand der beiden Klassifikationen dargestellt.

Es zeigt sich, dass während die Eastwood/Atkins Gruppe I und II bei Zunahme der Schwere der Sanders Klassen abnehmen, die Häufigkeit des Eastwood/ Atkins Typs III zunimmt. Sanders Typ II-Frakturen bestehen zu 23,8% aus der Eastwood/Atkins Gruppe I, zu 57,1% aus Eastwood/Atkins II-Frakturen und zu 19% aus der Klasse III. Die Sanders Typ III-Frakturen werden zu 13,9% aus Eastwood/Atkins-I-Brüchen, zu 50% aus Eastwood/Atkins II- und zu 36,1% aus Eastwood/Atkins III-Frakturen gebildet. Die Brüche der Sanders Klasse IV entsprechen nur zu 6,3% der Eastwood/Atkins Gruppe I und zu 18,8% der Klasse II, während die übrigen 75% alle dem Typ III angehören.

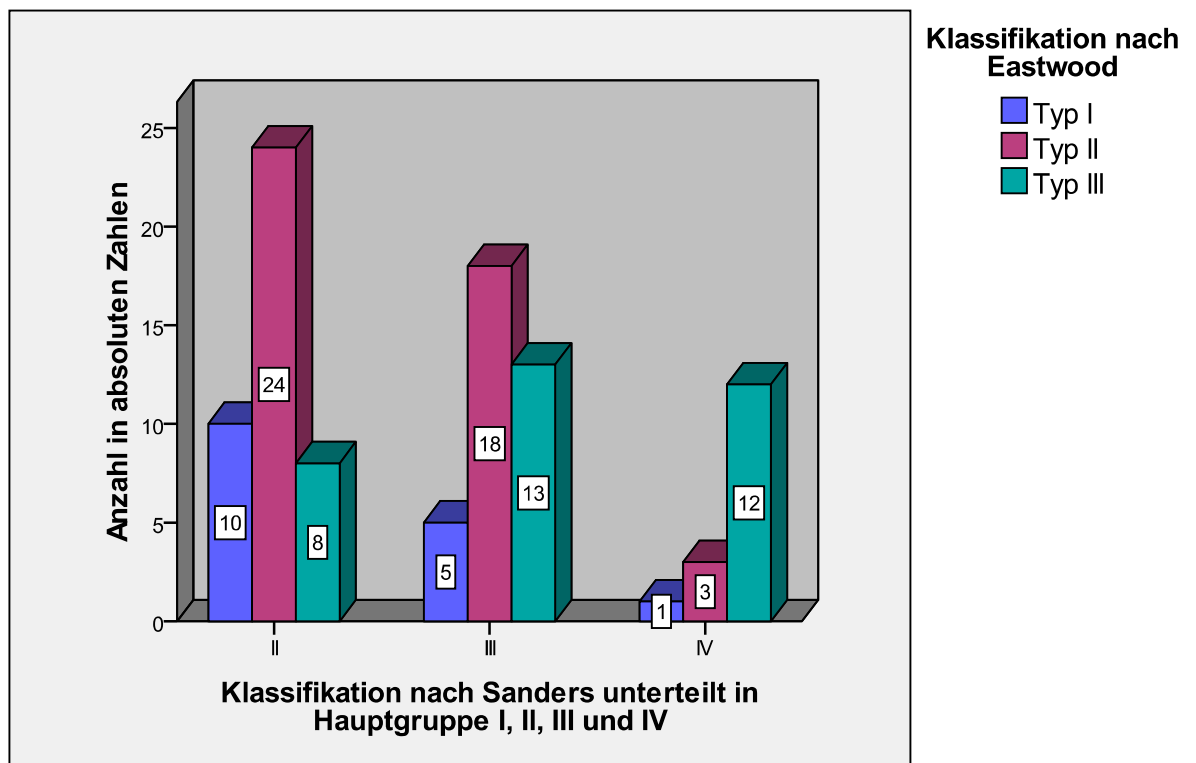


Abb.75: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikationen nach Sanders und Eastwood/Atkins

3.7.2 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER ANZAHL DER FRAKTURIERTEN GELENKFLÄCHEN UND DEN FRAKTURKLASSIFIKATIONEN

GELENKFLÄCHEN UND KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

Die Untersuchung auf Zusammenhang zwischen der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen und der Einteilung nach Zwipp ergab bei einem n von 100 einen Korrelationskoeffizienten nach Spearman von 0,733 bei einer Signifikanz von $p < ,001$.

Tabelle 5 zeigt, dass eine Frakturierung von nur einer Gelenkfläche lediglich in der Zwippklasse I und II vorhanden ist. Der größte Teil der Brüche vom Typ II hat mit 48% eine Beteiligung von zwei Gelenkflächen, in 38% sind drei

Flächen frakturiert. Ein Bruch von allen vier Gelenkflächen kommt nur in der schwersten Frakturklasse nach Zwipp vor. Am Häufigsten tritt in dieser Klasse mit 46,9% eine Frakturierung von drei Gelenkflächen auf.

Klassifikation nach Zwipp/ Anzahl der frakturierten Gelenkflächen	1 GF	2 GF	3 GF	4 GF
0-5 Punkte	1	0	0	0
6-9 Punkte	7	24	19	0
10-12 Punkte	0	8	23	18

Tab.5: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation nach Zwipp und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen

GELENKFLÄCHEN UND KLASSIFIKATION NACH SANDERS

Die Korrelation zwischen der Anzahl der gebrochenen Gelenkflächen und der Frakturklassifikation nach Sanders ergab einen Korrelationskoeffizienten nach Spearman von 0,279 bei einer Signifikanz von $p = ,006$.

Die Anzahl n betrug 95. In der folgenden Abbildung zeigte sich, dass unter den Frakturen der Sanders Klasse II größtenteils zwei beziehungsweise drei Gelenkflächen gebrochen waren. Bei den Verletzungen Typ Sanders III waren zu 41,7% drei Flächen frakturiert, bei 27,8% waren zwei Gelenkflächen beschädigt, in 22,2% alle vier und in den übrigen 8,3% lediglich eine. In der Gruppe der Sanders Typ IV Frakturen überwiegt mit 43,8% eine Verletzung von allen vier Flächen, gefolgt von 37,5%, in denen drei Flächen frakturiert waren. In den restlichen 18,8% waren zwei Gelenksflächen beschädigt.

Klassifikation nach Sanders/ Anzahl der frakturierten Gelenkflächen	1 GF	2 GF	3 GF	4 GF
Typ I	0	0	0	0
Typ II	2	19	19	3
Typ III	3	10	15	8
Typ IV	0	3	6	7

Tab.6: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation nach Sanders und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen

GELENKFLÄCHEN UND KLASSIFIKATIONEN NACH EASTWOOD/ATKINS UND ESSEX-LOPRESTI

Es konnte zwischen der Anzahl der beteiligten Gelenkflächen und sowohl der Klassifikation nach Eastwood/Atkins wie auch nach Essex-Lopresti kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

3.7.3 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEM SCHÄDIGUNGSGRAD DER GELENKFLÄCHEN UND DEN FRAKTURKLASSIFIKATIONEN

Tabelle 7 zeigt, dass zwischen der Klassifikation nach Zwipp und dem Schädigungsgrad aller vier Gelenkflächen eine Verbindung nachgewiesen werden kann. Ebenso besteht eine solche zwischen der Einteilung nach Sanders und der hinteren, vorderen und cuboidalen Facette. Zwischen den Klassifikationen nach Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti und den Schweregraden der frakturierten Facetten konnte hingegen kein Zusammenhang festgestellt werden.

Koeffizient/ P	Posteriore Facette	Mediale Facette	Anteriore Facette	Cuboidale Facette
Zwipp	0,357 ($<0,01$)	0,392 ($<0,01$)	0,571 ($<0,01$)	0,512 ($<0,01$)
Sanders	0,327 (0,001)	NS	0,285 (0,005)	0,261 (0,011)
Eastwood/Atkins	NS	NS	NS	NS
Essex-Lopresti	NS	NS	NS	NS

NS= Nicht signifikant

Tab.7: Überblick über die Zusammenhänge zwischen den Frakturklassifikationen und dem Schädigungsgrad der Gelenkflächen

SCHÄDIGUNGSGRAD DER GELENKFLÄCHEN UND KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

Zur besseren Veranschaulichung wurde in der folgenden Tabelle die Klassifikation nach Zwipp in drei Gruppen unterteilt. Die Abbildung gibt einen Überblick über die Häufigkeiten der verschiedenen Schädigungsgrade der Gelenkflächen in den jeweiligen Zwipp-Kategorien.

Es zeigt sich, dass bei allen vier Facetten eine Dislokation größer 5 mm am häufigsten in der Zwipp Gruppe „10-12 Punkte“ vorkommt. In dieser Zwipp-Gruppe ist die posteriore Fläche immer gebrochen und die cuboidale Facette in nur einem einzigen Fall nicht frakturiert. Im Gegensatz dazu ist die mediale Fläche in dieser Gruppe in ca. knapp einem Drittel betroffen, die vordere Facette in ca. der Hälfte der Fälle.

In der Kategorie „6-9 Punkte“ ist die anteriore Fläche in nur 8% frakturiert, bei der hinteren Facette überwiegen die Dislokationen ≥ 2 mm. Bei der cuboidalen Fläche liegt in 28% keine Beteiligung vor, am häufigsten kommen hier Dislokation < 2 mm beziehungsweise zwischen 2 und 5 mm vor.

Klassifikation nach Zwipp/ Schädigungsgrad der Gelenkflächen		1-5 Punkte	6-9 Punkte	10-12 Punkte
POSTERIORE	Keine Beteiligung	1	2	0
	Beteiligung, keine Dislokation	0	1	1
	Dislokation < 2mm	0	5	3
FACETTE	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	0	21	12
	Dislokation \geq 5 mm	0	21	33
MEDIALE	Keine Beteiligung	0	26	12
	Beteiligung, keine Dislokation	0	1	7
	Dislokation < 2mm	0	17	16
FACETTE	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	1	5	7
	Dislokation \geq 5 mm	0	1	7
ANTERIORE	Keine Beteiligung	1	46	25
	Beteiligung, keine Dislokation	0	1	4
	Dislokation < 2mm	0	3	10
FACETTE	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	0	0	5
	Dislokation \geq 5 mm	0	0	5
CUBOIDALE	Keine Beteiligung	1	14	1
	Beteiligung, keine Dislokation	0	3	2
	Dislokation < 2mm	0	10	7
FACETTE	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	0	14	16
	Dislokation \geq 5 mm	0	9	23

Tab.8: Häufigkeiten der Schädigungsgrade der Gelenkflächen in Bezug auf die Klassifikation nach Zwipp

SCHÄDIGUNGSGRAD DER GELENKFLÄCHEN UND KLASSIFIKATION NACH SANDERS

In der folgenden Tabelle wurden die Unterkategorien der Sanders-Klassifikation weggelassen und die Frakturen nur in die vier Haupttypen I-IV unterteilt. Die Abbildung zeigt, wie häufig die verschiedenen Schädigungsgrade der Gelenkfacetten in den jeweiligen Sanders-Gruppen vorkommen.

Man erkennt, dass bei Typ IV Frakturen bei der hinteren Facette mindestens eine Dislokation von 2 mm oder mehr vorliegt und bei der cuboidalen Gelenksfläche immer eine Beteiligung und Dislokation vorhanden ist. Während bei Typ III Frakturen in der hinteren Facette zu zwei Drittel eine Dislokation über 5 mm vorliegt, ist bei Typ II Frakturen am häufigsten eine Dislokation zwischen 2 und 5 mm vorhanden.

Klassifikation nach Sanders/ Schadigungsgrad der Gelenkflächen		Typ II	Typ III	Typ IV
POSTERIORE FACETTE	Keine Beteiligung	0	0	0
	Beteiligung, keine Dislokation	2	0	0
	Dislokation < 2mm	4	4	0
	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	21	8	3
	Dislokation \geq 5 mm	16	24	13
MEDIALE FACETTE	Keine Beteiligung	20	11	5
	Beteiligung, keine Dislokation	3	3	1
	Dislokation < 2mm	14	17	2
	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	4	4	4
	Dislokation \geq 5 mm	2	1	4
ANTERIORE FACETTE	Keine Beteiligung	34	26	7
	Beteiligung, keine Dislokation	1	3	1
	Dislokation < 2mm	5	6	2
	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	1	0	4
	Dislokation \geq 5 mm	2	1	2
CUBOIDALE FACETTE	Keine Beteiligung	9	6	0
	Beteiligung, keine Dislokation	3	2	0
	Dislokation < 2mm	9	4	3
	Dislokation \geq 2 mm und < 5 mm	12	12	4
	Dislokation \geq 5 mm	10	12	9

Tab.9: Häufigkeiten der Schädigungsgrade der Gelenkflächen in bezug auf die Klassifikation nach Sanders

3.7.4 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN FRAKTURKLASSIFIKATIONEN UND DEM BÖHLERWINKEL, DEM ISTHMUSDEFEKT UND DER VERKÜRZUNG DES FERSENBEINS

Koeffizient/ p	Böhlerwinkel	Isthmusdefekt	Verkürzung
Zwipp	-0,355 ($<0,01$)	0,284 (0,005)	0,411 ($<0,01$)
Sanders	-0,272 (0,008)	NS	0,325 (0,001)
Eastwood/Atkins	NS	NS	0,321 (0,001)
Essex-Lopresti	NS	NS	NS

NS= Nicht signifikant

Tab.10: Zusammenhänge zwischen den Frakturklassifikationen und dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und der Verkürzung des Fersenbeins

BÖHLERWINKEL UND KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

Zur Veranschaulichung wurde ein Boxplot angefertigt. Beim Boxplot entspricht die Box dem Bereich, in dem die mittleren 50% liegen. Sie wird also durch das obere und untere Quartil begrenzt. Der Median wird als Strich in der Box eingezeichnet. Das Minimum beziehungsweise das Maximum entspricht dem horizontalen Strich außerhalb des Boxplots, am Ende des Whiskers.

Während man die Werte des Böhlerwinkels in ihrer ursprünglichen Form beließ, teilte man die Klassifikation nach Zwipp, wie bereits schon weiter oben gemacht, in drei Hauptgruppen ein.

In der Graphik ist klar die negative Korrelation der Zwipp-Klassifikation mit dem Böhlerwinkel ersichtlich. Während der Böhlerwinkel bei dem einzigen Fall in der Gruppe von 1-5 Punkte bei 29° liegt, liegt der Median in der zweiten Gruppe bei 15° und das arithmetische Mittel beträgt 13,7° mit einer Standardabweichung von 16,2°. In der dritten Gruppe nimmt der

Böhlerwinkel noch kleinere Werte an. Hier beträgt der Median $6,5^\circ$ und der arithmetische Mittelwert $3,5^\circ$ mit einer Standardabweichung von $21,2^\circ$. Während die Spannweite in Gruppe 2 68° beträgt, mit einem Minimum von -28° und einem Maximum von 40° , beträgt sie in der dritten Gruppe nach Zwipp 105° mit einem Minimum von -60° und einem Maximum von 45° .

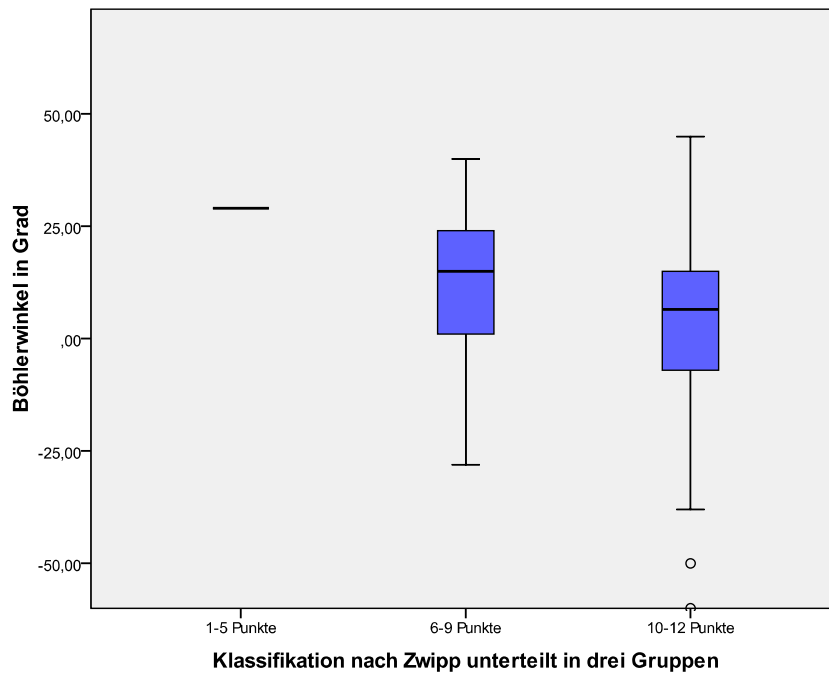


Abb.76: Zusammenhang zwischen Böhlerwinkel und Klassifikation nach Zwipp

BÖHLERWINKEL UND KLASSIFIKATION NACH SANDERS

In dem nachfolgenden Boxplot wird die Beziehung zwischen dem Winkel und der Frakturteilung graphisch dargestellt. Zu diesem Zweck wurde die Sanders-Klassifikation, wie bereits schon weiter oben durchgeführt, in die vier Hauptgruppen eingeteilt.

Gruppe I war in keinem einzigen Fall vorhanden. Bei der Gruppe II ergab sich ein Median von $14,5^\circ$ und ein Mittelwert von $13,9^\circ$ mit einer Standardabweichung von $14,3^\circ$. In der dritten Klasse nach Sanders ergibt sich ein Median von 9° und ein arithmetisches Mittel von $9,6^\circ$ mit einer

Standardabweichung von $18,5^\circ$. In der Gruppe IV liegt der Mittelwert bei $-8,56^\circ$ mit einer Standardabweichung von $24,5^\circ$ und der Median beträgt 0° . Die Spannweite ist bei Typ II und III annähernd gleich. Bei Gruppe II beträgt sie 68° mit einem Minimum von -29° und einem Maximum von 40° . In der Klasse III hat sie 72° und erstreckt sich von -27° auf 45° . Die Spannweite bei Typ IV beträgt 83° und beginnt deutlich weiter negativ als in den anderen beiden Gruppen und zwar bei -60° und endet bei 23° .

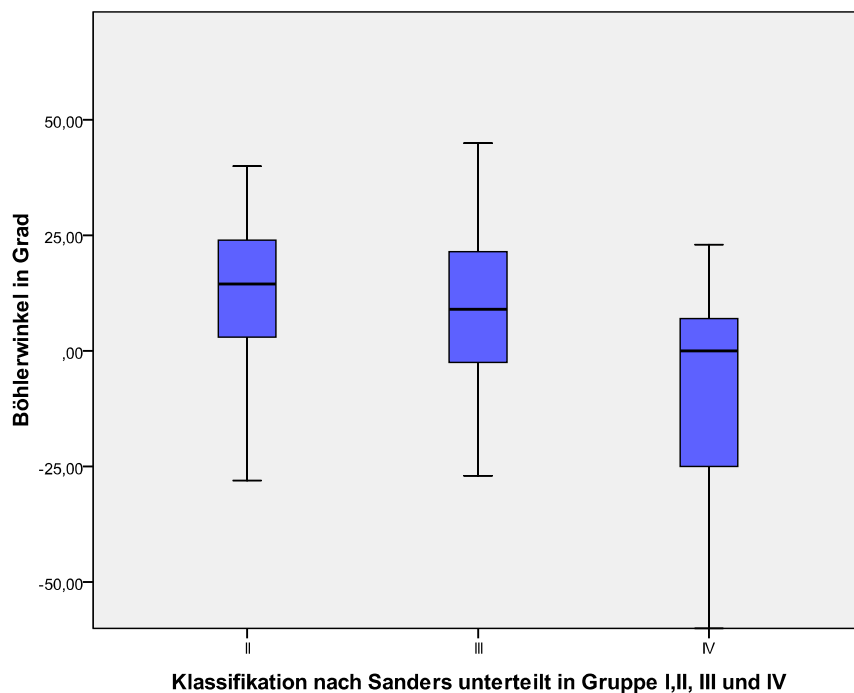


Abb.77: Zusammenhang zwischen Böhlerwinkel und Klassifikation nach Sanders

ISTHMUSDEFEKT UND KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

In Tabelle 11 wird die Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation nach Zwipp und dem Schweregrad des Isthmusdefektes dargelegt.

Die Größe des Isthmusdefekts wurde zur Veranschaulichung in vier Schweregrade unterteilt.

Es ist ersichtlich, dass in der Klasse II nach Zwipp mit 42% der mittlere Isthmusdefekt überwiegt, während der kleine und große Defekt mit 24%

beziehungsweise 26% annähernd gleich oft vorhanden sind. In 8% war kein Schaden festgestellt worden. In der Zwipp Gruppe III ist mit 44,7% am häufigsten der große Isthmusdefekt vorhanden, gefolgt von 31,9% mittlere Defekt, 17,% ein kleiner Schaden und in 6,4% war kein Defekt vorhanden.

Einteilung nach Zwipp	Kein Isthmusdefekt	Kleiner Isthmusdefekt	Mittlerer Isthmusdefekt	Großer Isthmusdefekt
0-5 Punkte	0	1	0	0
6-9 Punkte	4	12	21	13
10-12 Punkte	3	8	15	21

Tab.11: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation nach Zwipp und dem Ausmaß des Isthmusdefekts

VERKÜRZUNG UND KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

Tabelle 12 soll den Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und dem Grad der Verkürzung verdeutlichen.

Es zeigt sich, dass keine Verkürzung nur in zwei Fällen und somit sehr selten vorkommt. Eine leichte Verkürzung kommt am häufigsten in der Klasse II vor und nimmt dann in Gruppe III deutlich an Häufigkeit ab. Eine mäßige Verkürzung kommt bei den Frakturen des zweiten und dritten Schweregrads nach Zwipp annähernd gleich oft vor. Deutlich zeigt sich die Zunahme der starken Verkürzung von der Zwipp Gruppe II auf III.

Einteilung nach Zwipp	Keine Verkürzung	Leichte Verkürzung	Mäßige Verkürzung	Starke Verkürzung
0-5 Punkte	1	0	0	0
6-9 Punkte	1	22	25	2
10-12 Punkte	0	9	24	16

Tab.12: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation nach Zwipp und dem Ausmaß der Verkürzung

VERKÜRZUNG UND KLASSIFIKATION NACH SANDERS

In Tabelle 13 wird die Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation und dem Ausmaß der Verkürzung dargelegt. Während die leichte Verkürzung mit zunehmenden Schweregrad abnimmt, ist die mäßige Verkürzung in der Sanders Klasse III am häufigsten vertreten. Die starke Verkürzung nimmt mit Zunahme der Frakturschwere an Häufigkeit zu.

Klassifikation nach Sanders	Keine Verkürzung	Leichte Verkürzung	Mäßige Verkürzung	Starke Verkürzung
Gruppe I	0	0	0	0
Gruppe II	0	19	22	2
Gruppe III	0	9	22	5
Gruppe IV	0	2	5	9

Tab.13: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation nach Sanders und dem Ausmaß der Verkürzung

VERKÜRZUNG UND KLASSIFIKATION NACH EASTWOOD/ATKINS

Tabelle 14 zeigt, dass - relativ gesehen - eine leichte Verkürzung am häufigsten in der Eastwood/Atkins Klasse I vor kommt, und dann in der

Gruppe II und III jeweils abnimmt. Eine mäßige Verkürzung kommt am öftesten bei den Frakturen des Typs Eastwood/Atkins II vor. Eine starke Verkürzung kommt in der Eastwood/Atkins Gruppe I gar nicht vor, beansprucht in der Klasse II einen kleinen Teil und macht unter den Typ III Frakturen gut ein Drittel aus.

Klassifikation nach Eastwood/Atkins	Keine Verkürzung	Leichte Verkürzung	Mäßige Verkürzung	Starke Verkürzung
Typ I	0	9	7	0
Typ II	0	16	25	4
Typ III	0	5	16	13

Tab.14: Verteilung der Frakturen anhand der Klassifikation nach Eastwood/Atkins und dem Ausmaß der Verkürzung

3.8 BEURTEILUNG DER FRAKTUR IM CALCANEOCUBOIDGELENK

3.8.1 ANZAHL DER FRAKTURLINIEN IM CCJ

Das folgende Balkendiagramm führt die Anzahl der Frakturlinien im Calcaneocuboidgelenk auf. Die Calcaneusfrakturen ohne Beteiligung des CCJ wurde in dieser Tabelle nicht berücksichtigt, so dass die Anzahl n 84 beträgt.

Es zeigt sich, dass in 51,2%, eine einzige Frakturlinie vorhanden war. In 40,5% waren zwei Linien gegenwärtig. In lediglich 1,2% existierten drei Frakturlinien. In 7,1% war eine Trümmerfraktur vorhanden.

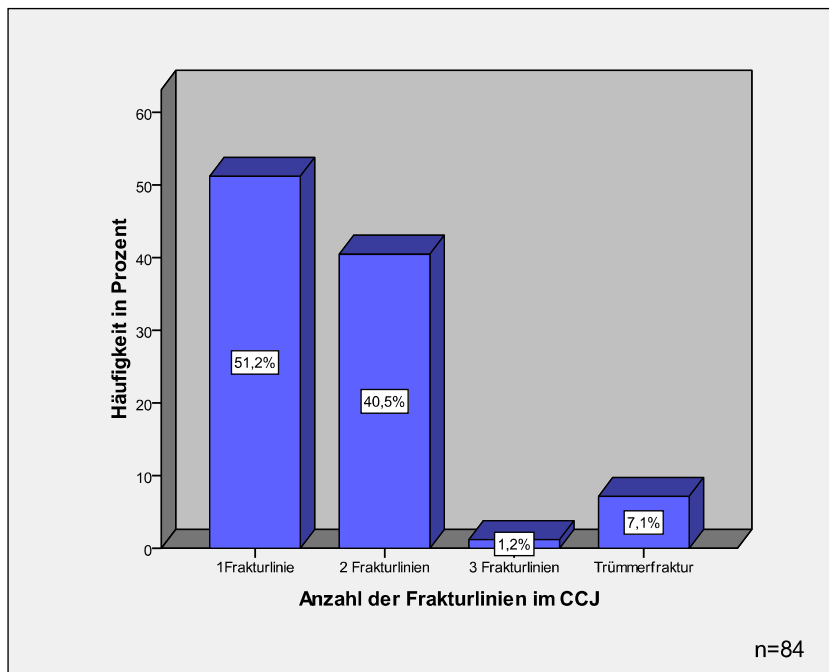


Abb.78: Anzahl der Frakturlinien im CCJ

3.8.2 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER ANZAHL DER FRAKTURLINIEN IM CCJ UND DEN FRAKTURKLASSIFIKATIONEN

Die folgende Tabelle zeigt, dass zwischen der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, der Klassifikation nach Zwipp und nach Sanders, dem Böhlerwinkel und dem Isthmusdefekt ein signifikanter Zusammenhang besteht. Zu den Einteilungen nach Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti und zum Grad der Verkürzung konnte keine Verbindung nachgewiesen werden.

Koeffizient/p	Anzahl der Frakturlinien im CCJ
Anzahl der frakturierten Gelenkflächen	0,446 ($<0,01$)
Zwipp	0,440 ($<0,01$)
Sanders	0,274 ($<0,01$)
Eastwood/Atkins	NS
Essex-Lopresti	NS
Böhlerwinkel	-0,204 (0,043)
Isthmusdefekt	0,454 ($<0,01$)
Verkürzung	NS

NS= Nicht signifikant

Tab.15: Zusammenhang zwischen der Anzahl der Frakturlinien im CCJ und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, den Frakturklassifikationen, dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und der Verkürzung des Fersenbeins. Angabe der Signifikanz und des Korrelationskoeffizienten nach Spearman.

3.8.3 VERLAUF DER PRIMÄREN FRAKTURLINIE IM CCJ

Abbildung 79 zeigt die Verteilung der Lokalisation der primären Frakturlinie in der Fac.art.cuboidea.

Es ist zu erkennen, dass sich ca. die Hälfte der Linien im mittleren Drittel befindet, während im lateralen Drittel 28,3% und im medialen Drittel 20,8% verlaufen.

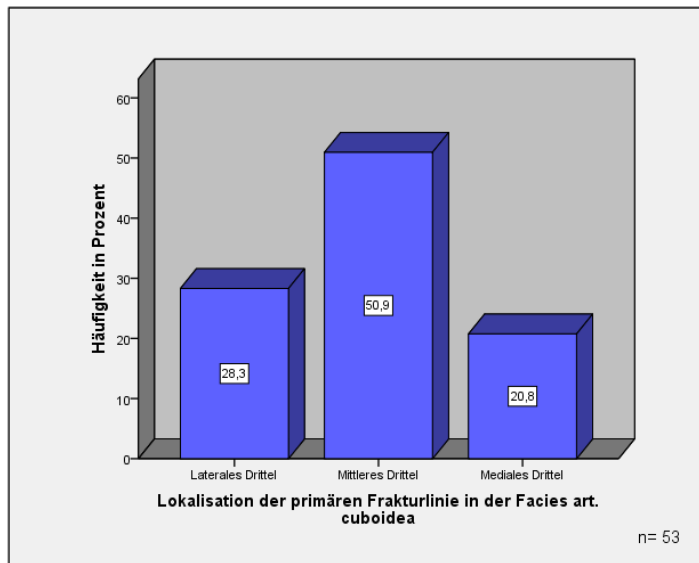


Abb.79: Verteilung der primären Frakturlinie in der Facies articularis cuboidea



Abb.80: Schemazeichnung der Lokalisation der primären Frakturlinie im CCJ

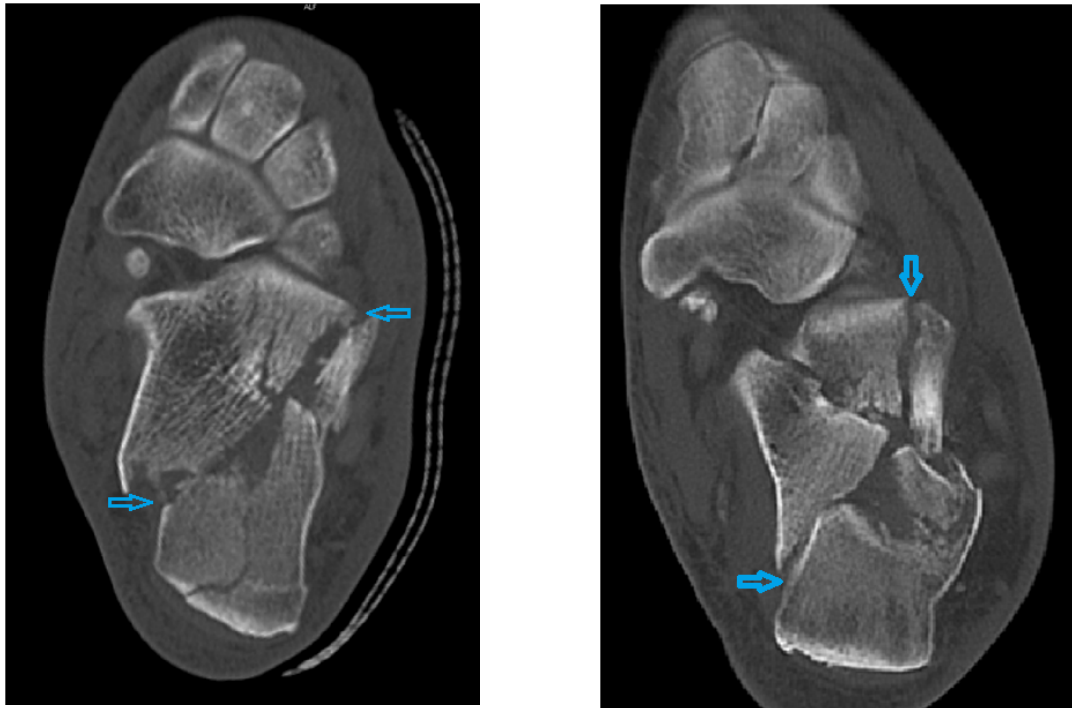


Abb. 81 und 82: Die blauen Pfeile markieren den Beginn und das Ende der primären Frakturlinie

3.8.4 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER LOKALISATION DER PRIMÄREN FRAKTURLINIE IM CCJ UND DER ANZAHL DER FRAKTURIERTEN GELENKFLÄCHEN, DEN FRAKTURKLASSIFIKATIONEN, DEM BÖHLERWINKEL, DEM ISTHMUSDEFEKT UND DER VERKÜRZUNG DES FERSENBEINS

Tabelle 16 zeigt, dass zwischen dem Verlauf der primären Frakturlinie im Calcaneocuboidgelenk und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, der Einteilung nach Zwipp und nach Sanders jeweils ein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden kann.

In Tabelle 17 sind die Häufigkeiten in absoluten Zahlen dargestellt.

Bei der Klassifikation nach Sanders beträgt die Anzahl n 51, weil zwei Fälle nicht nach der Einteilung nach Sanders klassifizierbar waren.

Koeffizient/ P	Lokalisation der prim. Frakturlinie in der Fac.art.cub.
Anzahl der frakturierten Gelenkflächen	0,300 ($<0,05$)
Zwipp	0,426 ($<0,01$)
Sanders	0,396 ($<0,01$)
Eastwood/Atkins	NS
Essex-Lopresti	NS
Böhlerwinkel	NS
Isthmusdefekt	NS
Verkürzung	NS

NS= Nicht signifikant

Lokalisation der primären Frakturlinie/ Anzahl der frakt. Gelenkflächen, Einteilung nach Zwipp und nach Sanders	Laterales Drittel	Mittleres Drittel	Mediales Drittel
Gelenkflächenbeteiligung			
1 Gelenkfläche	0	0	0
2 Gelenkflächen	6	10	1
3 Gelenkflächen	8	14	7
4 Gelenkflächen	1	3	3
Klassifikation nach Zwipp			
0-5 Punkte	0	0	0
6-9 Punkte	10	13	2
10-12 Punkte	5	14	9
Klassifikation nach Sanders			
Typ I	0	0	0
Typ II	10	14	2
Typ III	3	11	6
Typ IV	2	1	2

Tab.16 und 17: Zusammenhang zwischen der Lokalisation der primären Frakturlinie im CCJ und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, den Frakturklassifikationen, dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und dem Ausmaß der Verkürzung. In Tabelle Angabe des Korrelationskoeffizienten und der Signifikanz. In Tabelle 17 Angabe der Häufigkeiten in absoluten Zahlen.

3.8.5 EIGENE KLASSIFIKATION DER CCJ-FRAKTUREN

VERTEILUNG DER FRAKTURTYPEN

Abbildung 83 zeigt die Verteilung der Frakturtypen der CCJ-Klassifikation. Es zeigte sich, dass Typ IIB mit einer Häufigkeit von 28,9% am stärksten vertreten war, gefolgt von Typ III AC und III BC.

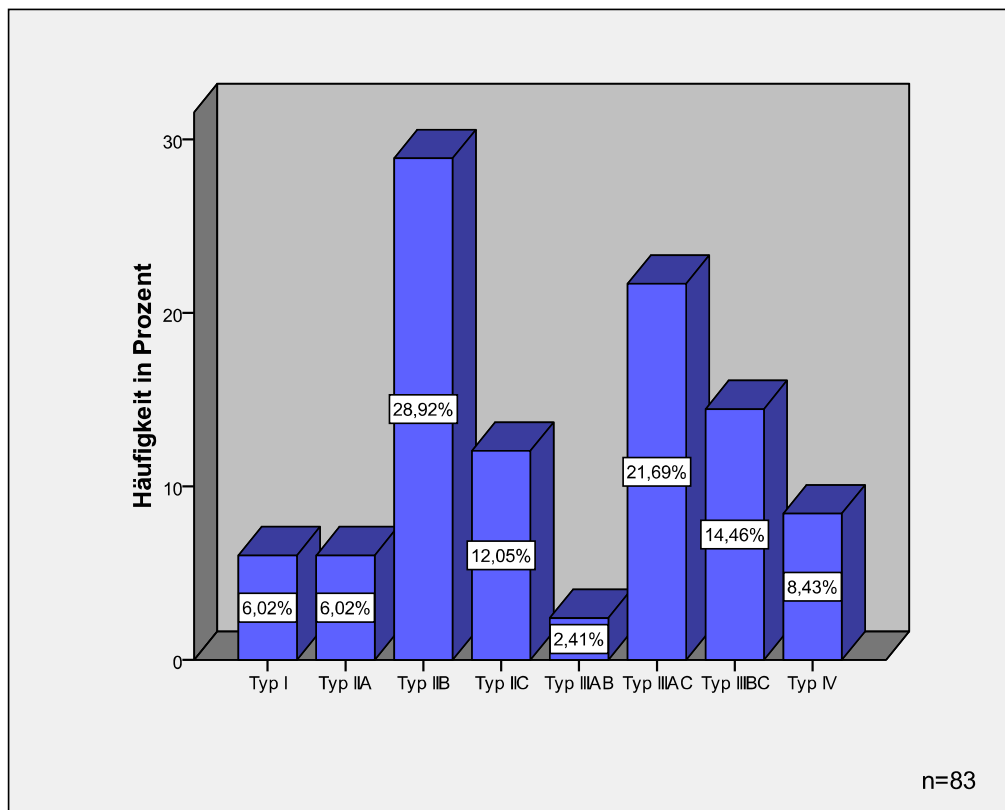


Abb.83: Verteilung der anhand der CCJ-Klassifikation eingeteilten Frakturtypen



Abb.84: CCJ-Fraktur Typ I



Abb.85: CCJ-Fraktur Typ IIB



Abb.86: CCJ-Fraktur Typ IIIBC

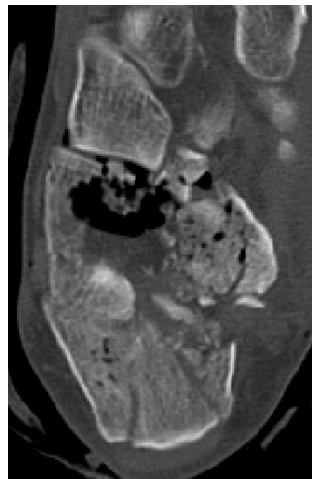


Abb.87: CCJ-Fraktur Typ IV

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER CCJ-KLASSIFIKATION UND DER ANZAHL DER FRAKTURIERTEN GELENKFLÄCHEN, DEN FRAKTURKLASSIFIKATIONEN, DEM BÖHLERWINKEL, DEM ISTHMUSDEFEKT UND DER VERKÜRZUNG DES FERSENBEINS

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen der CCJ-Klassifikation und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, den Frakturklassifikationen, dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und dem Ausmaß der Verkürzung.

Es zeigt sich, dass zu der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen ein deutlicher Zusammenhang mit einem Spearman-Korrelationskoeffizient von 0,500 besteht. Ebenso kann zu der Einteilung nach Zwipp und nach Sanders ein Koeffizient von 0,497 beziehungsweise 0,309 nachgewiesen werden. Zwischen der CCJ-Klassifikation und dem Böhlerwinkel und der Größe des Isthmusdefekts ist ebenfalls eine signifikante Beziehung vorhanden. Zu den anderen Faktoren konnte keine Verbindung aufgezeigt werden.

Koeffizient/ P	CCJ-Klassifikation
Anzahl der frakturierten Gelenkflächen	0,500 ($<0,001$)
Zwipp	0,497 ($<0,001$)
Sanders	0,309 (0,002)
Eastwood/Atkins	NS
Essex-Lopresti	NS
Böhlerwinkel	-0,224 (0,027)
Isthmusdefekt	0,439 ($<0,001$)
Verkürzung	NS

NS= Nicht signifikant

Tab.18: Übersicht über die Zusammenhänge zwischen der CCJ-Klassifikation und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, den Frakturklassifikationen, dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und der Verkürzung des Fersenbeins. Angabe der Signifikanz und des Korrelationskoeffizienten nach Spearman.

3.8.6 VERLAUF DER FRAKTURLINIEN IM CCJ

VERLAUF DER LATERALSTEN LINIE

Es wurde untersucht, wie die Frakturlinien im CCJ in der coronaren Ansicht verlaufen. Die Anzahl n betrug 82, weil in 16 Fällen keine Frakturlinie vorhanden war und in zwei Fällen keine eindeutige Beurteilung möglich war. Das Balkendiagramm zeigt, dass die meisten Linien mit einer Häufigkeit von 69,5% einen vertikalen Verlauf besitzen. In 19,5% erstrecken sie sich von der lateralen, superioren Seite nach medial inferior. In nur 2,4% verlaufen sie horizontal und in 1,2% von der medialen, superioren Seite nach lateral, inferior. 7,3% der Linien waren an Trümmerfrakturen beteiligt.

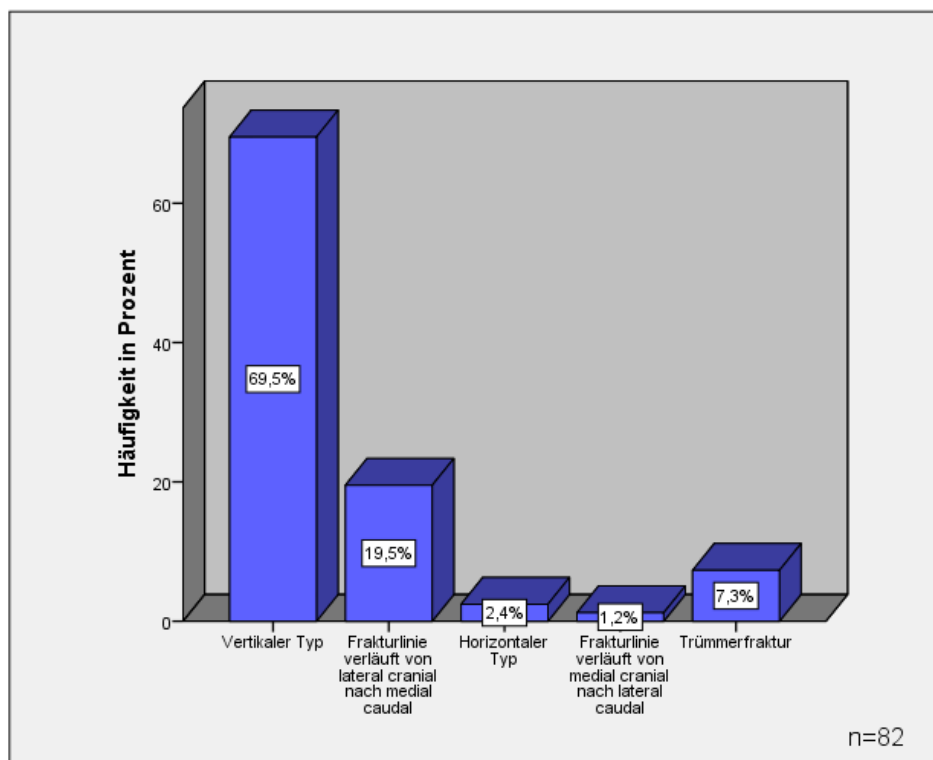


Abb.88: Frakturlinienverlauf der am weitesten lateral gelegene Frakturlinie in der Facies articularis cuboidea in der coronaren Ansicht

Wenn man, wie bereits weiter oben, jeweils nur die Frakturen untersuchen möchte, die eine beziehungsweise zwei Linien im CCJ besitzen, ergeben sich sehr ähnliche Werte wie bereits in dem letzten Balkendiagramm.

Bei einer Frakturlinie verlaufen 73,8% vertikal, 19,1% schräg von lateral, superior nach medial und inferior, 4,8% horizontal und 2,4% schräg von medial, superior nach lateral, inferior. Die Anzahl n betrug 42, weil in einem Fall keine Beurteilung möglich war.

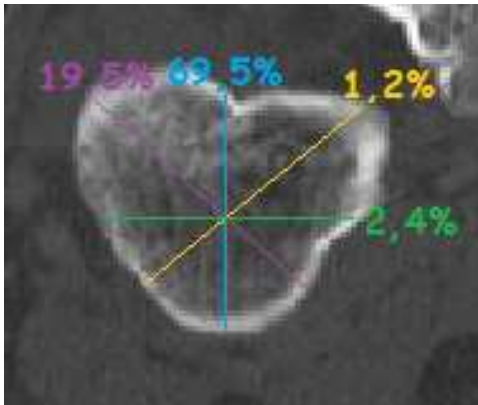


Abb.89: Schemazeichnung der Frakturlinienverläufe in der coronalen Ansicht

Bei den Brüchen mit zwei Frakturlinien kamen nur zwei verschiedene Verläufe vor. 78,8% der Linien erstreckten sich vertikal und 21,2% von lateral oben nach medial unten. Die Anzahl n war 33, weil auch hier eine Linie nicht beurteilbar war.

VERLAUF DER ZWEITLATERALSTEN LINIE

Der Verlauf der zweitlateralsten Linie wurde an der Anzahl n= 40 geprüft. Diese Zahl ergibt sich aus den 34 Frakturen mit zwei Linien im CCJ, einem Bruch mit drei Frakturlinien und den sechs Trümmerfrakturen, abzüglich einem Fall, der nicht beurteilbar war.

Es zeigt sich, dass auch hier der vertikale Verlauf mit 65% deutlich überlegen ist. Mit einer Häufigkeit von 17,5% kommt der schräge Verlauf von lateral

oben nach medial unten vor. Linien, die sich horizontal erstrecken kommen nur in 2,5% der Fälle vor. 15% der Frakturlinien traten im Rahmen von Trümmerfrakturen auf.

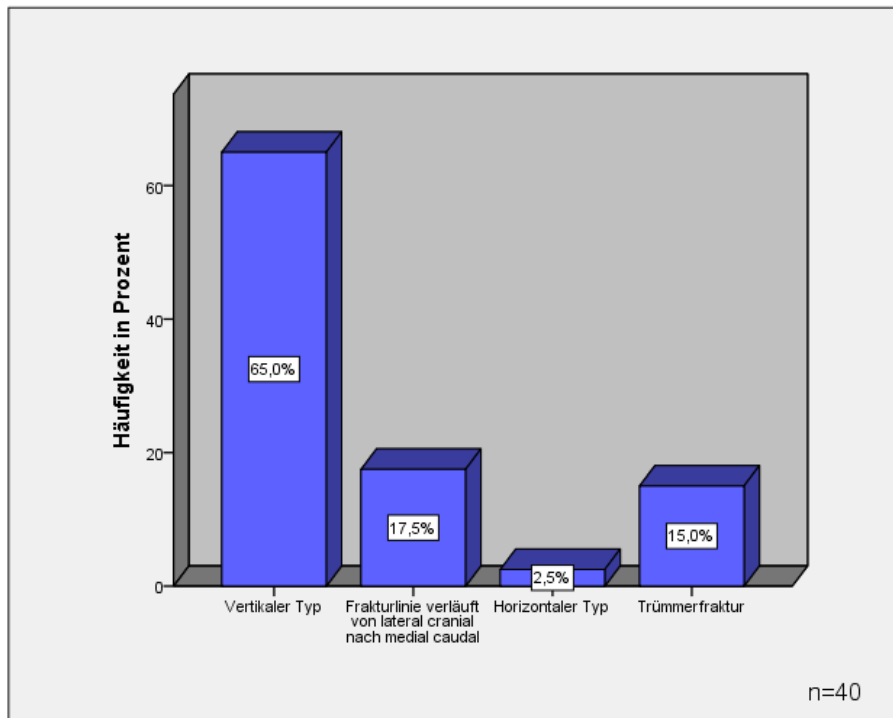


Abb.90: Frakturlinienverlauf der zweitlateralsten Frakturlinie in der Facies articularis cuboidea in der coronaren Ansicht

Betrachtet man die Frakturen mit zwei Linien im CCJ gesondert, zeigt sich, dass 78,8% der Linien vertikal und 21,2% schräg von lateral, superior nach medial, inferior verlaufen. Die Anzahl n ist 33, da ein Fall nicht beurteilbar ist.

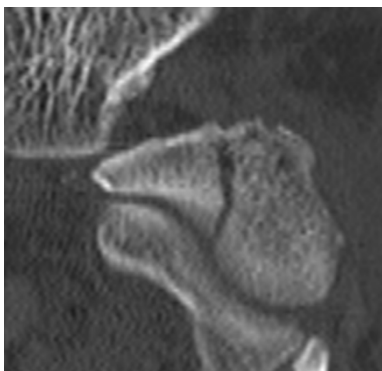


Abb.91: Vertikale Frakturlinie

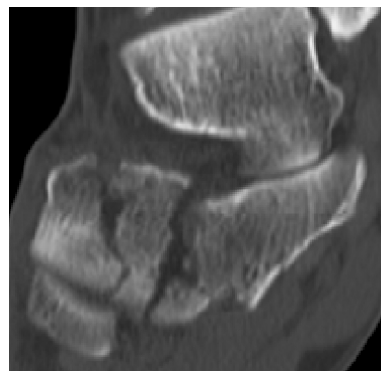


Abb.92: Zwei vertikale Frakturlinien

4 DISKUSSION

- Demographische Daten:

Geschlechterverteilung

Bei der Untersuchung unserer Daten zeigte sich, dass das männliche Geschlecht mit 85,2% deutlich öfter vertreten ist als die Frauen mit einer Häufigkeit von 14,8%.

Die deutliche Überlegenheit der Männer wurde bereits in zahlreichen anderen Studien zur Calcaneusfraktur beschrieben. Tabelle 19 zeigt, dass der männliche Anteil der Studienteilnehmer in den Arbeiten von Eastwood, Mitchell, Andermahr und Rupprecht zwischen 63,9-83,9% liegt (EASTWOOD 1993, MITCHELL 2009, ANDERMAHR 2002, RUPPRECHT 2007).

	Frauen in %	Männer in %	Gesamtanzahl n
Eigene Studie	14,8	85,2	85
Eastwood et al.	16,1	83,9	112
Mitchell et al.	29,4	70,6	697
Andermahr et al.	33,8	66,2	68
Rupprecht et al.	36,1	63,9	191

Tab.19: Übersicht über die Geschlechterverteilung in verschiedenen Studien zur Calcaneusfraktur

Zu erwähnen ist, dass in nahezu allen hier genannten Studien, einschließlich unserer eigenen, nur intraartikuläre Frakturen untersucht wurden. Lediglich die Arbeit von Mitchell hat auch extraartikuläre Frakturen miteinbezogen. Viele Studien bezogen sich auf komplexe, schwerwiegende Verletzungen des Calcaneus. Aus diesem Grund wollte Mitchell untersuchen, ob sich die Epidemiologie unterscheidet, wenn man alle Calcaneusfrakturen in die Studie einschließt. Lediglich Patienten mit kleinen Abrissverletzungen des Fersenbeins, die ligamentös bedingt waren, wurden von seiner Arbeit ausgeschlossen (MITCHELL 2009).

Es zeigte sich, dass in allen Arbeiten das männliche Geschlecht deutlich öfter vertreten ist als das Weibliche, unabhängig davon, ob nur intraartikuläre oder auch extraartikuläre Calcaneusfrakturen betrachtet werden.

Ein Erklärungsansatz für die Dominanz der Männer an der Fraktur des Fersenbeins liegt vielleicht darin, dass eine der beiden Hauptursachen für Calcaneusfrakturen Stürze aus großer Höhe sind. Oftmals handelt es sich hierbei um Arbeitsunfälle auf dem Bau. Diese Sparte des Arbeitsmarktes wird überwiegend von Männern ausgeübt. Der zweite wichtige auslösende Faktor für Fersenbeinfrakturen sind PKW-Unfälle. Hier könnte das höhere Risikoverhalten im Straßenverkehr und in der Folge die höhere Unfallwahrscheinlichkeit der Herren zur starken männlichen Beteiligung an dieser Verletzung beitragen (BOSAK 2006).

Verletzungsalter

Das Durchschnittsalter der Patienten unserer Studie betrug 43,75 +/- 13,36 Jahre. Der jüngste Patient war 18 Jahre alt, der älteste Verletzte hatte ein Alter von 70 Jahren.

Die Ergebnisse anderer Arbeiten wiesen sehr ähnliche Altersprofile auf wie unsere Studie. Die Patienten in der Untersuchung von Andermahr hatten ein durchschnittliches Alter von 41,5 +/- 14,6 Jahre (ANDERMAHR 2002). In Rupprechts Arbeit betrug das Alter 42,9 +/- 17,2 Jahre, bei Mitchell lag der arithmetische Mittelwert bei 44 Jahren und bei Eastwood bei 46 Jahren (RUPPRECHT 2007, MITCHELL 2009, EASTWOOD 1993).

Mitchell und Rupprecht berechneten das Alter zusätzlich noch in Abhängigkeit vom Geschlecht. Es zeigte sich in beiden Studien, dass das Durchschnittsalter zum Verletzungszeitpunkt bei Frauen höher liegt, als bei Männern. Bei Rupprecht lag es bei den Damen bei 46,0 +/- 18,3 Jahren, bei den Herren bei 39,9 +/- 13,9 Jahren und bei Mitchell betrug das

durchschnittliche Alter der Frauen 55 Jahre, der Männer 39 Jahre (RUPPRECHT 2007, MITCHELL 2009).

Das durchschnittliche Verletzungsalter passt mit dem Erklärungsversuch zu der Geschlechterverteilung bei der Fersenbeinfraktur zusammen. Menschen mit einem durchschnittlichen Lebensalter von 44 Jahren stehen mitten im Berufsleben. Dem Argument, dass auch sehr viele jüngere Männer am Bau arbeiten, könnte man entgegenhalten, dass die koordinativen Fähigkeiten, die Gleichgewichtsfähigkeit, die Wahrnehmungs- und Reaktionsfähigkeit ab dem 40. Lebensjahr abzunehmen beginnen (SOMMER 2003).

Dass bei Frauen das Verletzungsalter höher liegt als bei Männern, wie es in den Arbeiten von Mitchell und Rupprecht gezeigt werden konnte, könnte dadurch erklärt werden, dass die Frakturen des weiblichen Geschlechts im höheren Lebensalter vorwiegend osteoporotischer Natur sind. Diese Vermutung wird durch die Studie von Rupprecht unterstützt. In dieser konnte mittels peripheren quantitativ-computertomographischen Knochendichtemessungen gezeigt werden, dass ein signifikanter altersabhängiger Knochendichteverlust der Calcanei der Frauen auftritt. Der trabekuläre und corticale Dichteverlust nahm vor allem bei Frauen in der Altersgruppe von 60-80 Jahren signifikant zu. Bei den Männern verhielt sich im Gegensatz dazu die Knochendichte relativ konstant. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen festgestellt werden (RUPPRECHT 2007).

Verletzungsätiologie

Unsere Analyse ergab, dass 80% der Calcaneusfrakturen aufgrund eines Sturzes erfolgten. Hierbei wurden Stürze aus großer Höhe, wie beispielsweise von einem Baugerüst oder aufgrund eines Sprungs aus dem Fenster im Rahmen eines Suizidversuches, ebenso hinzugezählt wie Treppenstürze oder Stürze aus niedriger Höhe.

Autounfälle verursachten 8% der Fälle, die restlichen 12% waren durch sonstige Ursachen wie zum Beispiel durch ein Supinationstrauma bedingt. Unsere Ergebnisse stimmten in vielen Bereichen mit den Studien von Mitchell und Myerson überein. Die von Mitchell durchgeführte Untersuchung ergab, dass sich 78% der Patienten ihre Verletzung aufgrund eines Sturzes zuzogen. Dazu zählten ebenso wie in unserer Arbeit Treppenstürze und Stürze aus niedriger und hoher Höhe. 5,9% verletzten sich im Straßenverkehr, 3,9% im Rahmen einer sportlichen Tätigkeit und bei 12,5% war die Verletzungsursache unbekannt. In der von Myerson durchgeführten Arbeit war in 78,6% der Fälle ein Sturz die Ursache, in 14,3% ein Autounfall und in 7,1% eine Quetschverletzung (MITCHELL 2009, MYERSON 1993).

Im Gegensatz zu diesen drei Arbeiten erhielt Zwipp in einer von ihm durchgeführten Studie Ergebnisse, die sich deutlich von den eben genannten Arbeiten unterscheiden. Diese ergab, dass 53% der Frakturen aufgrund eines Verkehrsunfalls bedingt waren, 43% durch einen Fall aus großer Höhe und in 4% durch andere Gründe.

Eine Ursache für die im Vergleich zu den anderen Arbeiten niedrigeren Zahlen im Bereich Sturz könnte sein, dass Zwipp ausdrücklich Stürze „aus größerer Höhe“ schreibt. Es gibt leider keine genaue Definition, ab welcher Höhe ein Sturz zu dieser Kategorie zählt, aber man kann vermuten, dass in seiner Untersuchung Treppenstürze und andere Stürze aus nur niedriger Höhe nicht in diese Klasse fallen. Mitchell hat in seiner Arbeit die Stürze in verschiedene Höhenklassen unterteilt. Wenn man annimmt, dass größere Höhe erst ab 10 feet=3,05 m beginnt, ergibt sich eine Häufigkeit von 34,2%, wobei hierbei auch die Stürze aus unbekannter Höhe hinzuzählen. Dies soll zeigen, dass die Unterschiede in den verschiedenen Studien in der Kategorie Sturz definitionsbedingt sein kann.

Die Tatsache, dass über 50% der Patienten in der Studie von Zwipp aufgrund eines Autounfalls ihre Calcaneusfraktur erlitten haben, ist bemerkenswert, da sich dieses Ergebnis von den übrigen Arbeiten deutlich unterscheidet. Ein Ansatz, diesen Wert zu erklären, erhält man, wenn man erkennt, dass in der Studie von Zwipp 35% der Patienten ein Polytrauma

erlitten haben. Im Gegensatz dazu hatten in unserer Arbeit 8% der Kranken ein Solches und in der Untersuchung von Mitchell hatten 4,9% der Patienten multiple Verletzungen mit einem ISS>18. Aufgrund dieser Erkenntnis könnte man annehmen, dass sich das Patientenklientel von Zwipp von den anderen Studien deutlich unterscheidet und dass die Untersuchung möglicherweise einem Selektionsbias unterliegt. Ein Grund hierfür könnte ein unterschiedlicher Versorgungsauftrag der Kliniken sein, sowie ob nur primäre oder auch sekundär zuverlegte Verletzungen versorgt wurden. Man kann sich überlegen, ob Calcaneusfrakturen, die im Rahmen eines Polytraumas auftreten, deutlich öfter einen Verkehrsunfall als Verletzungsursache haben als ein Sturz. Diese Überlegung wird durch den Jahresbericht 2002 des Traumaregisters der DGU verstärkt. Darin wurde anhand von 9651 Schwerverletzten festgestellt, dass 53,8% dieser Verletzungen aufgrund eines Verkehrsunfalls, nur 17,1% durch einen Sturz aus über 3 Metern und 16,9% durch einen Sturz aus unter 3 Metern erfolgten (TRAUMAREGISTER 2010).

Begleitverletzungen

Unsere Analyse der Begleitverletzungen ergab, dass in 34,3% keine weitere knöcherne Verletzung vorlag. In genau einem Drittel der Frakturen, also 33,3%, war eine zusätzliche Verletzung am Fuß oder Unterschenkel auf der ipsilateralen Seite vorhanden. In 29,3% hatten die Patienten eine knöcherne Läsion am Fersenbein der Gegenseite und in 43,4% zogen sie sich eine weitere knöcherne Verletzung des Bewegungsapparates außerhalb der eben genannten Bereiche zu. Ein Polytrauma erlitten 8% der Patienten.

Bezüglich der Häufigkeiten der Begleitverletzungen unterscheidet sich die Arbeit von Mitchell von unserer Untersuchung deutlich. In seiner Studie traten in 78,4% der Fälle keine weiteren Verletzungen auf. In 13,2% war eine weitere Fraktur der unteren Extremität vorhanden, in 6,3% ein Bruch der oberen Extremität und in 1,5% eine Kopfverletzung. Eine Bauch- und/oder

Thoraxverletzung trat in 1,5% der Fälle auf. 7,9% der Patienten hatten eine bilaterale Fraktur. Multiple Verletzungen mit einem ISS > 18 kamen, wie schon weiter oben geschrieben, in 4,9% vor. In 17 Fällen waren die weiteren Verletzungen unbekannt.

Es fällt auf, dass in der Arbeit von Mitchell über doppelt so viele isolierte Fersenbeinbrüche auftraten als in unserer Studie. Dies könnte dadurch bedingt sein, dass in unsere Untersuchung nur intraartikuläre Calcaneusfrakturen aufgenommen wurden, während hingegen bei Mitchell lediglich 65,9% aller Frakturen intraartikulär waren. Intraartikuläre Frakturen sind meist komplexer als einfache extraartikuläre Brüche und sind normalerweise durch große einwirkende Kräfte verursacht. Daher könnte bei diesen die Anzahl und Schwere der Begleitverletzungen größer sein. Die Anzahl der beidseitigen Calcaneusfrakturen differiert ebenfalls erheblich zwischen beiden Arbeiten. Des Weiteren bestehen Unterschiede in der Häufigkeit weiterer Verletzungen. All diese Faktoren lassen darauf schließen, dass sich unser Patientenkollektiv seine Verletzungen durch stärker einwirkende Kräfte zuzog als in der Arbeit von Mitchell. Des Weiteren muss, wie bereits oben, überlegt werden, ob sich die Kliniken in beiden Arbeiten bezüglich des Versorgungsauftrages unterscheiden. Während in unserer Arbeit auch sekundär zuverlegte Patienten in die Studie miteinfließen, wurde dies in Mitchells Arbeit nicht näher erläutert.

- Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Frakturklassifikationen nach Zwipp, Sanders, Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti

Es gibt eine große Vielfalt an Klassifikationen für die Fersenbeinfraktur. Alleine im Zeitraum nach 1980 fanden Schepers et al. 19 Einteilungen, die auf konventionellen Röntgenbildern beruhen und 15 Klassifikationen, die auf CT-Bildern basieren. Zu den am häufigsten genutzten Einteilungen zählen unter anderem die Klassifikation nach Essex-Lopresti, nach Zwipp und nach

Sanders (SCHEPERS 2009). Aus diesem Grund wurden in unserer Studie diese drei Einteilungen und des Weiteren noch die Klassifikation nach Eastwood/Atkins angewendet und geprüft, ob man einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Klassifikationen nachweisen kann.

Bei den 93 Fällen, die nach Essex-Lopresti einzuteilen waren, ergaben sich in 69,9% eine Joint-Depression-Fraktur und in 30,1% eine Tongue-Type-Fraktur.

Ähnliche Werte erzielte Silhanek in seiner Studie von 2006, in der in 26% eine Tongue-Type-Fraktur und in 74% eine Joint-Depression-Fraktur klassifiziert wurden (SILHANEK 2006).

Auch die Arbeit von Atkins et al. ergab vergleichbare Werte. In dieser kam die Joint-Depression-Fraktur in 59,9% vor und die Tongue-Type-Fraktur in 39,6%. In einem einzigen Fall wurde eine Kombination beider Frakturtypen klassifiziert (ATKINS 2001).

In Tabelle 20 werden die Ergebnisse der Klassifizierung nach Zwipp in unserer Studie und in der Arbeit von Andermahr in Prozent dargestellt.

	2-5 Punkte	6-9 Punkte	10-12 Punkte
Eigene Studie	1	50	49
Andermahr et al.	6,7	64	29,3

Tab.20: Verteilung der Frakturtypen nach Zwipp in unserer Studie und in der Arbeit von Andermahr et al.

Man kann erkennen, dass in unserem Patientenkollektiv deutlich mehr schwere Frakturen mit einer Punktezahl von 10-12 Punkte vorhanden waren, während in Andermahrs Arbeit mehr leichte und mittelschwere Frakturen vorlagen (ANDERMAHR 2002).

Zwipp et al. publizierten 1993 eine Studie, in der sie die Fersenbeinfrakturen mit Hilfe ihrer Klassifikation einteilten, aber die Ergebnisse nicht mit der Gesamtpunktezahl anführten, sondern als X-Fragment/Y-Gelenk anzeigten. Hier ergab sich bei 4,5% eine 2/0 oder 2/1-Fraktur, bei 51,6% ein 3/1-, 4/1- oder 4/2-Bruch und bei 43,9% eine 5/2- oder 5/3-Fraktur (ZWIPP 1993). Auch wenn aufgrund der Tatsache, dass hier der Weichteilschaden, die

Begleitverletzungen und eine Trümmerzone außer Acht gelassen wurden, die Werte nicht exakt verglichen werden können, erkennt man doch, dass eine Übereinstimmung zu unserer Arbeit zu sehen ist.

Ebenso erzielte die Studie von Atkins, in der die Frakturen ebenso wie in der Arbeit von Zwipp klassifiziert wurden, ähnliche Werte. Bei 6,2% wurde ein 2/1- oder 2/2-Fraktur festgestellt, bei 47,7% trat eine 3/1-, 3/2-, 4/1- oder 4/2-Fraktur auf, bei 46,2% eine 5/1-, 5/2- oder 5/3-Fraktur (ATKINS 2001).

Die Einteilung nach Eastwood/Atkins ergab in unserer Arbeit eine Verteilung von 16,8% Typ I, 47,4% Typ II und 35,8% Typ III.

In der Arbeit von Eastwood et al., in der diese Klassifikation beschrieben wurde, wurde die Typ I-Fraktur in 37% der Fälle festgestellt, der Typ II-Bruch in 45% und Typ III in 18% (EASTWOOD 1993).

Übereinstimmende Werte erzielte auch Atkins, der Typ I bei 40,7%, Typ II bei 38,4% und Typ III bei 20,9% diagnostizierte (ATKINS 2001).

Während sich die Ergebnisse in der Arbeit von Eastwood und Atkins ähneln, weichen unsere Werte ab. Gründe hierfür könnten ein unterschiedliches Patientengut sein oder die teilweise sehr schwierige Klassifikation und eine möglicherweise dadurch bedingte geringe Reliabilität. Studien, in denen die Reliabilität dieser Fraktureinteilung untersucht wurde, gibt es bisher keine.

Die Klassifikation nach Sanders ergab die in Tabelle 21 dargestellten Ergebnisse.

	I	IIA	IIB	IIC	IIIAB	IIIAC	IIIBC	IV	Sonstiges
Eigene Studie	0	28,4	8,4	8,4	21,1	10,5	6,3	16,8	
Atkins et al.	0	28,8	34,8	9,2	7,6	10,9	3,8	4,3	IIIC 0,5
Mitchell et al.	0	29	29	2	10	9	16	5	
Andermahr et al.	1,6	16,4	19,7	8,2	23	11,5	4,9	14,8	
Rupprecht et al.	10	Typ II: 36			Typ III: 34			20	

Tab.21: Verteilung der Frakturtypen mittels der Klassifikation nach Sanders

Es zeigt sich, dass unsere Ergebnisse mit denen der anderen Arbeiten eine ähnliche Verteilung aufweisen.

Unterschiede erkennt man unter anderem bei der Häufigkeit der Typ IV Frakturen. Diese traten in den Arbeiten von Atkins und Mitchell nur in 4,3% beziehungsweise 5% der Fälle auf. Dabei sollte man jedoch beachten, dass, wie bereits weiter oben beschrieben, das Patientenkollektiv zwischen deren Arbeiten und unserer Studie deutlich differiert. Während in Mitchell Begleitverletzungen in 21,6% auftraten, in Atkins in 22%, kamen diese bei uns in 65,7% vor (ATKINS 2001, MITCHELL 2006, ANDERMAHR 2002, RUPPRECHT 2007).

Nachdem wir die Frakturen eingeteilt hatten, prüften wir, inwieweit signifikante Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Klassifikationen bestehen.

Bei der Untersuchung zwischen der Zwipp- und Sanders-Klassifikation zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman von $p=0,596$.

Ein nahezu identisches Ergebnis erzielten Andermahr et. al, die ebenso diese zwei Klassifikationen miteinander verglichen und als Ergebnis einen Rangkorrelationskoeffizienten von 0,617 erhielten (ANDERMAHR 2002).

Während in der Einteilung nach Zwipp der Frakturverlauf in allen Abschnitten und Gelenkflächen des Fersenbeins begutachtet wird und zusätzlich der Weichteilschaden, die Verletzung eines angrenzenden Segmentes und das Vorhandensein einer Trümmerzone in die Klassifikation miteinfließen, wird in der Einteilung nach Sanders lediglich die hintere Facette des Calcaneus begutachtet. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen beiden Klassifikationen könnte man annehmen, dass es ausreicht, die hintere Gelenkfläche stellvertretend für den gesamten Calcaneus zu beurteilen. Andermahr et al. zeigten jedoch, dass zwar beide Klassifikationen positiv mit dem funktionellen Outcome korrelieren, dass man aber lediglich zwischen der Einteilung nach Zwipp und dem Therapieverfahren einen Zusammenhang herstellen kann (ANDERMAHR 2002).

Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Klassifikationen nach Zwipp und Eastwood/Atkins erhielten wir einen Cramer-V-Koeffizienten von 0,272; zwischen den Klassifikationen nach Sanders und Eastwood/Atkins einen Wert von 0,295. Dies zeigt, dass jeweils ein mittlerer Zusammenhang besteht. In der Literatur konnten wir keine Studien finden, in denen vergleichbare Tests durchgeführt wurden.

Die Tests, ob eine Beziehung zwischen der Frakturklassifikation nach Essex-Lopresti und den Einteilungen nach Zwipp, Sanders und Eastwood/Atkins besteht, ergaben alle keinen signifikanten Zusammenhang.

Studien von Rubino et al. und Atkins et al. zeigten, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem Outcome und der Essex-Lopresti-Einteilung gibt. Die Klassifikation nach Essex-Lopresti ist einfach zu lernen und anzuwenden, beschreibt aber lediglich den Frakturtyp. Sie gibt nur wenig Hilfe zur Therapieentscheidung und dient nicht der Abschätzung des Outcomes. Dies liegt sicher zum einen auch daran, dass diese Einteilung aus der Zeit stammt, in der man die Fersenbeinfraktur nur mittels eines konventionellen Röntgenbildes befundet hat und daher eine genauere Einteilung, wie es heute mit Hilfe des CTs geschieht, noch nicht möglich war (ATKINS 2001, RUBINO 2009).

Ein allgemeines Problem der Calcaneusfraktur-Klassifikationen ist sicherlich die Tatsache, dass es oft schwer ist, Fersenbeinfrakturen klar einzuteilen. Es gibt mehrere Arbeiten, in denen die inter- beziehungsweise intraobserver Reliabilität geprüft wurde. Bei der Klassifikation nach Essex-Lopresti ergab sich in der Arbeit von Heyden et al. lediglich eine mittelmäßige Übereinstimmung mit einem kappa-Koeffizienten von 0,26 (von HEYDEN 2008). Höhere Werte erzielte die Sanders-Klassifikation. Diese erhält einen kappa-Koeffizienten von 0,32-0,56 bei der Prüfung der interobserver Reliabilität, wenn man die Einteilung in ihrer originären Form anwendet. Lässt man die Unterteilung der Subklassen (A,B,C) weg, ergeben sich nur gering veränderte Werte in einem Bereich von 0,33 bis 0,56. Die

Untersuchung der intraobserver Übereinstimmung ergab bei der klassischen Sanders-Klassifikation Werte von 0,42-0,57, beim Weglassen der Unterklassen 0,45-0,77. Wie schwer die Beurteilung von Fersenbeinfrakturen ist, konnten auch Roll et al. in einer Arbeit von 2011 sehr gut verdeutlichen, in der die CT-Bilder von 5 verschiedenen Calcaneusfrakturen von 57 Chirurgen mit Hilfe eines Fragebogens beurteilt werden mussten. Es stellte sich heraus, dass nur 27% der Teilnehmer die Frakturen richtig nach Sanders klassifizieren konnten. Die Gelenkflächenbeteiligung wurde in 53% richtig beurteilt. Alle Frakturlinien in der posterioren Facette wurden von 42% der Untersucher entdeckt, das Ausmaß der Dislokation von 73% (von HEYDEN 2008, FUREY 2003, LAUDER 2006, BHATTACHARYA 2005, ROLL 2011).

- Der Schweregrad der oben genannten Klassifikationen nimmt mit der Anzahl der gebrochenen Gelenkflächen und dem Ausmaß der Dislokation der frakturierten Gelenksflächen zu

Um diese Hypothese zu überprüfen wurden sowohl die Anzahl der frakturierten Gelenkflächen wie auch der Schweregrad der Dislokation mit den vier Frakturklassifikationen in Beziehung gesetzt.

Es zeigte sich, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Einteilung nach Sanders (Korrelationskoeffizient nach Spearman von 0,279) und Zwipp (Korrelationskoeffizient nach Spearman von 0,733) und der Anzahl der verletzten Flächen besteht. Ein solcher konnte mit den Klassifikationen nach Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti nicht nachgewiesen werden.

Der hohe Korrelationskoeffizient bei der Einteilung nach Zwipp lässt sich am ehesten dahingehend erklären, dass in dieser Klassifikation die Anzahl der gebrochenen Gelenkflächen in die Gesamtsumme miteinfließt. Im Gegensatz dazu richtet die Klassifikation nach Sanders ihre ganze Aufmerksamkeit allein auf die posteriore Facette.

Tabelle 22 zeigt die Korrelationen zwischen den Klassifikationen nach Zwipp und Sanders und dem Ausmaß der Gelenkflächendislokation.

Frakturklassifikation/ Gelenkflächendislokation (Korrelationskoeffizient nach Spearman)	Posteriore Facette	Mediale Facette	Anteriore Facette	Cuboidale Facette
Klassifikation nach Zwipp	0,357	0,392	0,571	0,512
Klassifikation nach Sanders	0,327	/	0,285	0,261

Tab.22: Übersicht über den Zusammenhang zwischen den Klassifikationen nach Zwipp und Sanders und dem Ausmaß der Gelenkflächendislokation

Zwischen den Frakturklassifikationen nach Essex-Lopresti und Eastwood/Atkins und dem Ausmaß der Dislokation konnte keine signifikante Verbindung nachgewiesen werden.

Silhanek überprüfte in seiner Arbeit von 2006 den Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von einer Fraktur in der mittleren, vorderen oder cuboidalen Facette und der Klassifikation nach Sanders. Er konnte zeigen, dass zwischen allen drei genannten Flächen und der Einteilung eine signifikante Korrelation (MF: 0,461; AF: 0,367; CF: 0,361) bestand. Er untersuchte auch den Zusammenhang zwischen der Klassifikation nach Essex-Lopresti und den frakturierten Gelenkfacetten, konnte hierbei jedoch keine signifikante Verbindung nachweisen (SILHANEK 2006).

- Die Zunahme des Schweregrades der Frakturklassifikationen geht mit einer Abnahme des Böhlerwinkels einher.

Zur Untersuchung dieser Hypothese wurde der Böhlerwinkel ausgemessen und mit den vier bereits bekannten Frakturklassifikationen in Zusammenhang gebracht.

Der Mittelwert des Böhlerwinkels betrug $8,9^\circ \pm 19,4^\circ$. Es zeigte sich, dass zwischen dem Winkel nach Böhler und der Klassifikation nach Zwipp

(Korrelationskoeffizient nach Spearman $-0,355$) und nach Sanders (Korrelationskoeffizient nach Spearman $-0,272$) eine signifikante negative Korrelation besteht. Zu den Klassifikationen nach Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti konnte keine Verbindung nachgewiesen werden.

Silhanek untersuchte in seiner Studie ebenso den Zusammenhang zwischen dem Böhlerwinkel und der Einteilung nach Sanders und Essex-Lopresti und konnte sehr ähnliche Ergebnisse nachweisen. In dieser belief sich das arithmetische Mittel des Böhlerwinkels auf $10,1 \pm 15,6^\circ$. Zwischen der Einteilung nach Sanders und dem Winkel ergab sich eine signifikante negative Korrelation von $-0,285$. In dieser Studie konnte wie in unserer Arbeit kein Zusammenhang zwischen der Klassifikation nach Essex-Lopresti und dem Böhlerwinkel gefunden werden (SILHANEK 2006).

Die Verbindung zwischen der Klassifikation nach Sanders und dem Böhlerwinkel könnte darauf beruhen, dass die Frakturschwere bei Sanders unter anderem anhand der Anzahl der dislozierten Frakturlinien im Bereich der hinteren Facette definiert wird, und dass man bei einer größeren Anzahl von Frakturlinien von einer vermehrten Abkipfung und Eintauchung der hinteren Gelenksfläche ausgehen kann, was weiter zu einer Abflachung bis zur Negativierung des Böhlerwinkels führen kann.

Zu der Einteilung nach Essex-Lopresti konnte wieder, wie bereits bei der Untersuchung auf Zusammenhang mit anderen Faktoren, keine Verbindung hergestellt werden, was die Annahme unterstützt, dass die Einteilung lediglich als grobe Einteilung des Frakturtyps dient.

Ein Kritikpunkt unserer Studie ist die Tatsache, dass der Böhlerwinkel anhand CT-Bilder und nicht an Röntgenbilder vermessen wurde. Hier gilt, dass der Winkel nach Böhler nicht immer eindeutig bestimmt werden kann. So zeigten auch Roll et al. in ihrer Studie, dass der Böhlerwinkel mittels CT-Bildern in nur $54,1\%$ richtig bestimmt wurde (ROLL 2011).

- Es lässt sich eine Beziehung zwischen der Verkürzung des Fersenbeins und den Frakturklassifikationen herstellen

Zur Prüfung dieser Annahme unterteilten wir die Frakturen in die vier Kategorien „Keine Verkürzung“, „Leichte Verkürzung“, „Mäßige Verkürzung“ und „Starke Verkürzung“. Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen dieser Einteilung und den vier Frakturklassifikationen untersucht.

Dies ergab bei der Einteilung nach Zwipp einen signifikanten Korrelationskoeffizienten nach Spearman von 0,411, bei der Klassifikation nach Sanders einen Wert von 0,325 und bei der Einteilung nach Eastwood/Atkins ein signifikantes Cramer-V von 0,321. Lediglich zwischen der Klassifikation nach Essex-Lopresti und dem Ausmaß der Verkürzung konnte kein Zusammenhang hergestellt werden.

Ein Grund, dass zwischen der Klassifikation nach Zwipp und dem Verkürzungsausmaß der höchste Zusammenhang festgestellt werden konnte, könnte sein, dass wie schon weiter oben beschrieben, in diese Einteilung im Gegensatz zu den anderen drei Klassifikationen, alle Teile des Fersenbeins miteinfließen. Die Tatsache, dass zu der Einteilung nach Essex-Lopresti keine Verbindung nachgewiesen werden konnte, bestätigt uns in der schon mehrfach beschriebenen Annahme, dass diese Fraktureinteilung lediglich den Frakturtyp grob beschreibt.

Wir fanden lediglich eine einzige andere Studie, in der der Zusammenhang zwischen der Länge und den Klassifikationen nach Zwipp und Sanders geprüft wurde, in dieser Arbeit von Andermahr konnte allerdings kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden (ANDERMAHR 2002). Ein Grund für diese unterschiedlichen Ergebnisse zwischen beiden Arbeiten könnte die Tatsache sein, dass in der Studie von Andermahr jeweils CT-Aufnahmen von der gesunden wie auch der frakturierten Seite angefertigt wurden und somit die Verkürzung, in der Annahme, dass beide Fersenbeine genau gleich groß sind, genau ausgemessen werden konnte. Ein Schwachpunkt unserer Arbeit war, dass keine Aufnahmen der gesunden

Seite vorlagen, so dass unsere Einteilung subjektiv von einem Untersucher, der alle 100 Aufnahmen befundete, erfolgen musste.

- **Die Größe des Isthmusdefektes korreliert positiv mit der Schwere der Fraktur und dem Böhlerwinkel:**

Um diese Hypothese zu belegen, wurde die Größe des Isthmusdefektes ausgemessen und anschließend mit den vier bereits bekannten Frakturklassifikationen, mit der Anzahl der Frakturlinien im CCJ und mit dem Böhlerwinkel in Beziehung gesetzt.

Der Isthmus calcanei entspricht dem in der Einleitung beschriebenen neutralem Dreieck des Calcaneus, in dem die mechanische Belastung und die Dichte der trabekulären Strukturen am geringsten sind.

Als Ergebnis erhielten wir zwischen der Einteilung nach Zwipp und der Defektgröße einen signifikanten Korrelationskoeffizienten von 0,284. Zu den anderen Klassifikationen konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden.

Zwischen der Anzahl der Frakturlinien im CCJ und dem Isthmusdefekt wurde eine positive Korrelation von 0,454 festgestellt. Ein mittels der Korrelation nach Pearson signifikanter Koeffizient von -0,310 wurde zwischen dem Böhlerwinkel und der Defektgröße aufgezeigt.

Die Tatsache, dass lediglich zwischen der Klassifizierung nach Zwipp und der Defektgröße ein Zusammenhang erkennbar ist, lässt sich daraus erklären, dass in diese Klassifikation im Gegensatz zu den anderen drei Einteilungen als Einzige alle Teile des Fersenbeins miteinfließen.

Ein Erklärungsansatz für den deutlichen Zusammenhang zwischen der Größe des Isthmusdefektes und der Frakturlinienanzahl im CCJ könnte sein, dass sich der frakturierte Isthmus posterior vom Processus anterior befindet und dass somit bei einer größeren Defektzone mehr Frakturausläufer vorhanden sind, die Richtung Processus anterior und somit auch dem CCJ laufen.

Die Verbindung zum Böhlerwinkel lässt sich daraus erklären, dass vermutlich unter anderem ein umso größerer Isthmusdefekt zustande kommt, je stärker die posteriore Facette frakturiert und eingedrückt wurde und somit auch einen negativeren Böhlerwinkel hat.

Es konnten keine Arbeiten gefunden werden, in denen diese Zusammenhänge schon mal untersucht wurden.

- **Die Beteiligung des Calcaneocuboidgelenkes:**

Die Beteiligung des Calcaneocuboidgelenkes betrug in unserer Arbeit 84%. In der Literatur hingegen reicht die Spannweite von 38,7% bis zu 76%.

Der vergleichsweise niedrige Wert von 38,7% in der Studie von Ebraheim könnte möglicherweise dadurch bedingt sein, dass in dieser Arbeit zwar bei allen Patienten Röntgenaufnahmen vorhanden waren, axiale und coronare CT-Bilder jedoch bei nur neun der 48 Patienten (EBRAHEIM 1996). Bei gut zwei Drittel waren coronare Aufnahmen vorhanden. Bei den übrigen sechs erfolgte die Beurteilung alleine mit Hilfe der Röntgenbilder. Desweiteren war der Untersuchungszeitraum von 1987 bis 1994. Unter Umständen war zu diesem Zeitpunkt auch die Qualität der Aufnahmen noch nicht so hochwertig wie in unserem Untersuchungsintervall.

Silhanek diagnostizierte in seiner Studie in 48% eine Fraktur des Calcaneocuboidgelenkes (SILHANEK 2006). Er erstellte die Befunde mit Hilfe eines semicoronaren CTs und anhand Röntgenbilder. Der im Vergleich zu unserer Arbeit geringere Wert könnte sich durch die Überlegung erklären lassen, dass Frakturen des Calcaneocuboidgelenkes in axialen CT-Aufnahmen sehr gut erkannt werden, diese hier jedoch nicht vorhanden waren. Wenn man die Patientenkollektive der beiden Studien anhand der Sanders-Klassifikation vergleicht, so erkennt man, dass in unserer Arbeit mehr Typ III und IV-Frakturen vorlagen. Dies deutet darauf hin, dass in unserer Studie schwerwiegendere Brüche vorliegen, und dass daher auch öfter eine Mitbeteiligung des Calcaneocuboidgelenkes erklärbar ist.

In der Arbeit von Andermahr lag in 50,7% eine Frakturierung vor (ANDERMAHR 2002). Allerdings waren in dieser Studie auch extraartikuläre Frakturen miteingeschlossen.

In der Studie von Miric betrug die Beteiligung des cuboidalen Facette 58% (MIRIC 1998). Die im Vergleich zu unserer Arbeit deutlich geringer Beteiligung des CCJ kommt wahrscheinlich daher zustande, dass Miric nur den Verlauf der primären Frakturlinie des Fersenbeins beobachtete und er eine Fraktur des CCJ nur dann zählte, wenn diese aufgrund der primären Linie verursacht wurde.

Häberle befundete in 60,8% seiner Fälle eine Calcaneocuboidbeteiligung (HÄBERLE 1993). Er schrieb, dass in seiner Arbeit eine Beteiligung des Calcaneocuboidgelenkes nur bei Einstrahlung der Frakturlinie in die gelenktragende Zone des Calcaneus vorliegt und dass die häufigeren marginalen Processus anterior-Längsfrakturen nicht als Gelenkbeteiligung gewertet werden.

Wahrscheinlich sind diese marginalen Frakturen auch einer der Gründe für die unterschiedliche Calcaneocuboidgelenkbeteiligung in den verschiedenen Studien. Es ist häufig sehr schwierig zu beurteilen, ob die Frakturlinie die Gelenkfläche betrifft oder ob sie seitlich davon verläuft.

Ein weiterer Grund für die hohe Beteiligung in unserer Studie könnte sein, dass in keiner der anderen Studien das Calcaneocuboidgelenk in allen drei CT-Ebenen beurteilt wurde und daher möglicherweise Frakturen übersehen wurden.

In der Arbeit von Schieder lag in 68% eine Beteiligung des Calcaneocuboidgelenkes vor (SCHIEDER 2008). Der niedrigere Wert im Vergleich zu unserer Studie könnte dadurch bedingt sein, dass bei ihr Brüche mit einer Dislokation unter 2mm nicht als Fraktur gewertet wurden. Würde man in unserer Arbeit diese Frakturen ebenfalls nicht werten, hätten wir annähernd denselben Wert wie Schieder.

Kurozumi erzielte in seiner Studie sehr ähnliche Werte wie wir (KUROZUMI 2003). Er diagnostizierte in 76% der Fersenbeinfrakturen eine Beteiligung des Calcaneocuboidgelenkes. Es waren für alle Patienten konventionelle

Röntgenbilder sowie axiale und coronare CT-Schichtbilder vorhanden. Wenn man die Verteilung der Frakturtypen nach Sanders betrachtet, sieht man, dass in unserer Studie im Vergleich mehr Typ III- und IV-Frakturen vorhanden waren und dafür weniger Typ II-Frakturen, was darauf schliessen lässt, dass die Frakturen in unserer Arbeit schwerwiegender waren.

Des Weiteren muss man beachten, dass die Beurteilung, ob sich die Frakturlinie ins CCJ erstreckt und wie groß das Ausmaß der Dislokation ist, nicht immer einfach zu machen ist. Dies konnte auch die Arbeit von Roll et al. zeigen, in der die Erstreckung der Frakturlinie ins CCJ in 49% und die Dislokation des CCJ in 53% richtig begutachtet wurde (ROLL 2011).

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die starken Unterschiede bei den oben genannten Studien unter anderem aufgrund folgender Punkte erklären lassen können:

- Einschluss von extraartikulären Frakturen in die Studie
- Vorhandensein von axialen CT-Schnitten bei allen Patienten
- Qualität der CT-Untersuchungen bei schon länger zurückliegenden Studien
- Betrachtung nur der primären Frakturlinie
- Unterschiedliche Schwere der Frakturen bei unterschiedlichem Patientengut
- Insgesamt schwierige Beurteilbarkeit des Calcaneocuboidgelenkes, insbesondere auch schwierige Unterscheidung ob Frakturlinie ins Gelenk läuft oder ob es sich nur um einen seitlichen Ausläufer handelt

- **Die Fersenbeinfraktur ist umso schwerwiegender, je weiter medial die primäre Frakturlinie im Calcaneocuboidgelenk verläuft**

Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde zuerst die primäre Frakturlinie gesucht. Bei Beteiligung der cuboidalen Facette wurde die genaue Lokalisation der Frakturlinie ausgemessen. Zur Veranschaulichung wurde dann die Facies articularis cuboidea in drei Dritteln unterteilt und angegeben wie häufig die Frakturlinie im lateralen, mittleren und medialen Drittel verläuft. Es zeigte sich, dass sie in 50,9% in der mittleren Säule verläuft, zu 28,3% im lateralen und zu 20,8% im medialen Drittel.

Anschließend wurde die Beziehung zwischen der Lokalisation der Frakturlinie und der Anzahl der frakturierten Gelenksflächen, den Frakturklassifikationen, dem Böhlerwinkel, der Verkürzung des Fersenbeins und dem Isthmusdefekt geprüft.

Hierbei zeigte sich zu der Anzahl der frakturierten Gelenksflächen ein signifikanter Korrelationskoeffizient von 0,300, zu der Klassifikation nach Zwipp ein Koeffizient von 0,426 und zu der Einteilung nach Sanders ein Wert von 0,396. Zu anderen Parametern konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden.

Diese Hypothese wurde noch in keiner anderen Studie untersucht. Allerdings prüfte Silhanek in einer Arbeit den Einfluss der Lokalisation der primären Frakturlinie in der posterioren Facette auf das Frakturmuster und den Schweregrad der Fersenbeinfraktur. Hierin zeigte sich zwischen der primären Frakturlinie und der Einteilung nach Sanders eine Korrelation von 0,636 und mit dem Böhlerwinkel ein Koeffizient von -0,287. Des Weiteren wurde eine positive signifikante Korrelation von 0,247 zwischen der CCJ-Beteiligung und der Lokalisation der primären Frakturlinie festgestellt. Silhanek zeigte, dass der Frakturtyp umso schwerer ist, je medialer die primäre Frakturlinie in der hinteren Facette verläuft. Dies könnte dadurch bedingt sein, dass das stabile Sustentaculumfragment umso kleiner ist, je medialer die Linie verläuft. Je weiter medial die Frakturlinie in der posterioren Facette, desto stärker ist die

Gelenkszertrümmerung, die Gelenkseinsenkung und die Gelenkflächenbeteiligung (SILHANEK 2006).

- **Bei Frakturen im Calcaneocuboidgelenk lässt sich in der coronaren Ansicht ein typischer Frakturlinienverlauf nachweisen**

Bei der Beurteilung des Frakturlinienverlaufes in der coronaren Ansicht zeigt sich, dass in unserer Studie sowohl bei den Brüchen mit einer, als auch mit zwei Frakturlinien, am häufigsten ein vertikaler Verlauf zu beobachten ist.

Es wurden keine Arbeiten gefunden, die das schon mal untersucht haben. Die deutliche Dominanz des vertikalen Frakturtyps ergibt sich vermutlich aus dem bereits in der Einleitung beschriebenen typischen Frakturmechanismus des Calcaneus. Burdeaux und Carr beschrieben in ihren Arbeiten, dass bei der Fersenbeinfraktur aufgrund der unterschiedlichen Schwerpunkte der Tuberositas calcanei sowie des Talus eine Abscherfraktur in Form einer vertikalen Frakturlinie, die das Fersenbein in eine mediale und laterale Hälfte schneidet, auftritt. Die Frakturlinie kann nach vorne auslaufen und dann die cuboidale Facette teilen (BURDEAUX 1983, CARR 1993).

- **Es lässt sich eine Frakturklassifikation des Calcaneocuboidgelenkes erstellen**

Zur Untersuchung dieser Hypothese, wurden die Frakturlinien im CCJ vermessen und anschließend mittels einer von uns erstellten Klassifikation eingeteilt. Daraufhin wurde geprüft, ob sich Zusammenhänge zwischen unserer Einteilung und der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, den Klassifikationen nach Zwipp, Sanders, Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti, dem Böhlerwinkel, dem Isthmusdefekt und der Verkürzung herstellen lassen.

Bis auf die Einteilungen nach Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti und dem Ausmaß der Verkürzung konnte zu allen Parametern eine signifikante Korrelation nachgewiesen werden.

Die Rangkorrelation nach Spearman ergab bei der Klassifikation nach Zwipp einen Koeffizienten von 0,497 und bei der Einteilung nach Sanders einen Wert von 0,309.

Dies zeigt, dass zwischen den beiden eben genannten Klassifikationen und unserer Einteilung ein deutlicher Zusammenhang besteht. Die Tatsache, dass die Korrelation zu der Einteilung nach Zwipp höher ist, beruht möglicherweise darauf, dass diese Klassifikation im Gegensatz zu der Einteilung nach Sanders das Calcaneocuboidgelenk berücksichtigt. Wie bereits geschrieben, besteht ein weiterer Vorteil der Zwipp-Klassifikation auch darin, dass bei ihr ein Zusammenhang zum Therapieverfahren hergestellt werden kann. Eine Korrelation zum funktionellen Outcome besteht bei beiden Einteilungen (ANDERMAHR 2002).

Die Tests auf Zusammenhang zwischen der CCJ-Klassifikation und dem Böhlerwinkel und dem Isthmusdefekt, ergaben ein Ergebnis von -0,224 beziehungsweise 0,439.

All diese Werte zeigen, dass zwischen der von uns erstellten CCJ-Klassifikation und den oben genannten Parametern ein Zusammenhang besteht.

Betrachtet man die Tests, in denen lediglich die Beziehung zu der Anzahl der Frakturlinien geprüft wurde, so zeigt sich, dass die Ergebnisse sehr ähnlich sind.

So ergab sich bei der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen eine positive Korrelation nach Spearman von 0,446, bei der Klassifikation nach Zwipp ein Wert von 0,440, bei der Einteilung nach Sanders 0,274, beim Böhlerwinkel -0,204 und bei der Größe des Isthmusdefekts 0,454.

Aufgrund der ähnlichen Ergebnisse, folgt die Überlegung, ob es nicht ebenso sinnvoll ist, anstatt der CCJ-Klassifikation, die Anzahl der Frakturlinien im CCJ als Anhaltspunkt für die Schwere der Fraktur zu verwenden und die Beschreibung der Lokalisation der Linie zu vernachlässigen.

Schlussendlich kann man sagen, dass die Anwendung der von uns erstellten Klassifikation des Calcaneocuboidgelenkes sinnvoll ist. Man kann diskutieren, ob es ausreichend ist, nur die Anzahl der Frakturlinien anzugeben, da die Korrelationskoeffizienten hierbei im Vergleich zu der Klassifikation nur gering gradig kleiner sind. Dies hätte den Vorteil, dass man keine weitere Klassifikation hinzuziehen bzw. erlernen muss. Andererseits ist anzumerken, dass die von uns verwendete Klassifikation an die Einteilung nach Sanders angelehnt ist und dass man daher kein komplett neues Klassifikationssystem erlernen muss.

Es wäre sinnvoll in weiteren Studien zu prüfen, ob die von uns erstellte Klassifikation eine Prognose zum klinischen Outcome ermöglicht sowie eine weitere Hilfestellung zur Therapieentscheidung gibt, bzw. ob dies auch anhand der Anzahl der Frakturlinien im Calcaneocuboidgelenk möglich ist.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Computertomographie stellt heute den Goldstandard zur Diagnostik komplexer Calcaneusfrakturen dar. Anhand der CT-Bilder können die Brüche mittels zahlreicher Klassifikationen eingeteilt und verschiedene morphologische Kriterien vermessen werden. Obwohl Studien gezeigt haben, dass Patienten mit Beteiligung des Calcaneocuboidgelenks ein schlechteres Outcome haben, wird dieses Gelenk nur in wenigen Klassifikationen berücksichtigt.

In unserer Studie wurden zum Einen die Korrelationen zwischen den bereits bestehenden Klassifikationen nach Essex-Lopresti, Sanders, Zwipp und Eastwood/Atkins und zwischen den Klassifikationen und verschiedenen morphologischen Gesichtspunkten, wie dem Ausmaß der Verkürzung, der Größe des Isthmusdefekts und dem Böhlerwinkel, untersucht. Zum Anderen wurde der Frakturlinienverlauf im Calcaneocuboidgelenk vermessen und eine eigene Klassifikation dieses Gelenks erstellt.

Hierzu wurden CT-Aufnahmen von 100 Calcaneusfrakturen von 85 Patienten, die im Zeitraum von November 2002 bis Mai 2009 im Universitätsklinikum Regensburg angefertigt wurden, untersucht.

Es konnte gezeigt werden, dass zwischen der Einteilung nach Zwipp und den untersuchten Faktoren jeweils ein signifikanter Zusammenhang bestand, ebenso bei der Sanders-Klassifikation bei fast allen Kriterien. Bei der Klassifikation nach Eastwood/Atkins konnte nur eine Korrelation zu der Einteilung nach Sanders und nach Zwipp hergestellt werden, darüber hinaus auch zum Ausmaß der Verkürzung. Zu der Einteilung nach Essex-Lopresti konnte zu keinem der untersuchten Faktoren ein Zusammenhang hergestellt werden.

Bei der Beurteilung der Fraktur im Calcaneocuboidgelenk zeigte sich, dass es zwischen der von uns erstellten Klassifikation sowie der Anzahl der frakturierten Gelenkflächen, der Einteilung nach Zwipp und nach Sanders, dem Böhlerwinkel und dem Isthmusdefekt einen signifikanten Zusammenhang gibt. Allerdings stellten wir aber auch fest, dass hohe

Korrelationskoeffizienten entstehen, wenn anstelle unserer Klassifikationsgrade lediglich die Anzahl der Frakturlinien im Calcaneocuboidgelenk angegeben werden. Bei der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen der Lokalisation der primären Frakturlinie und den eben genannten Faktoren konnte zu der Anzahl der Frakturlinien und der Einteilung nach Zwipp und nach Sanders eine signifikante Verbindung nachgewiesen werden.

Bei der genauen Betrachtung der Frakturlinien in der coronaren Ansicht stellten wir des Weiteren fest, dass die deutliche Mehrheit entweder vertikal oder schräg von craniolateral nach mediocaudal verlaufen.

Zusammenfassend für den klinischen Alltag halten wir fest, dass sowohl anhand der Einteilung nach Zwipp und als auch nach Sanders die Schwere der Fraktur adäquat beurteilt werden kann. Dies ist mit den Klassifikationen nach Eastwood und nach Essex-Lopresti unserer Meinung nach nur eingeschränkt möglich. Zusätzlich bietet nun unsere Klassifikation nicht nur eine genaue Beschreibung der Fraktur im Calcaneocuboidgelenk, sondern es besteht zusätzlich eine signifikante Korrelation mit dem Schweregrad der Fersenbeinfraktur.

Weitere Studien müssen klären, inwieweit unsere Einteilung im klinischen Alltag Hilfestellung bei der Wahl des Therapieverfahrens beziehungsweise zur Prognoseabschätzung gibt.

6 LITERATURVERZEICHNIS

Andermahr, J.; Jesch, A. B.; Helling, H.-J.; Jubel, A.; Fischbach, R.; Rehm, K. E. (2002): CT-Morphometrie der Fersenbeinfraktur und Vergleich der Klassifikationen von Zwipp und Sanders. In: Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, Jg. 140, H. 3, S. 339–346.

Andermahr, J.; Knupp, M.; Jubel, A.; Koebke, J.; Elsner, A.; Rehm, K. E.; Pagenstert, G. (2011): Erkrankungen und Verletzungen des Rückfußes. Grundlagen, Diagnostik, Therapie. Köln: Dt. Ärzte-Verl.

Atkins, R. M.; Allen, P. E.; Livingstone, J. A. (2001): Demographic features of intra-articular fractures of the calcaneum. In: Foot and Ankle Surgery, Jg. 7, H. 2, S. 77–84.

Beickert, R.; Bühren, V.; Imhoff, Andreas B.; Zollner-Kies, Hans; Baumgartner, R. (2004): Fußchirurgie. Stuttgart: Thieme.

Benninghoff, A.; Drenckhahn, D. (2008): Anatomie. Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie. 17., durchgesehene Aufl. München: Elsevier Urban & Fischer.

Bhattacharya, R.; Vassan, U. T.; Finn, P.; Port, A. (2005): Sanders classification of fractures of the os calcis. An Analysis of Inter- and Intra-Observer Variability. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 87-B, H. 2, S. 205–208.

Böhler, L. (1931): Diagnosis, Pathology, and Treatment of Fractures of the

Os Calcis. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 13, H. 1, S. 75–89.

Böhler, L. (1996): Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12./13. dt. Aufl., 2. Nachdr. Wien: Maudrich.

Bosak, J. (2006): Riskantes und schnelles Autofahren: Erklärungsansätze für Geschlechtsunterschiede. In: SuchtMagazin, H. 6, S. 3–8.

Brunner, U.; Kenn, R.-W.; Slawik, J.; Schweiberer, L. (1992): Die intraartikuläre Kalkaneusfraktur. Klassifikation im CT als Voraussetzung zur Therapieentscheidung und zum quantitativen Vergleich. In: Der Unfallchirurg, Jg. 95, S. 358–366.

Burdeaux, B. D. (1983): Reduction of Calcaneal Fractures by the McReynolds Medial Approach Technique and Its Experimental Basis. In: Clinical Orthopaedics And Related Research, Jg. 177, S. 87–103.

Carr, J. B. (1993): Mechanism and Pathoanatomy of the Intraarticular Calcaneal Fracture. In: Clinical Orthopaedics And Related Research, Jg. 290, S. 36–40.

Clare, M. P.; Sanders, R. W. (2007): Calcaneal fractures. In: Fuß und Sprunggelenk, Jg. 5, H. 2, S. 58–73.

Crosby, L A; Fitzgibbons, T (1990): Computerized tomography scanning of acute intra-articular fractures of the calcaneus. A new classification system. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 72-A, H. 6, S. 852–859.

deSouza, L. J.; Gustilo, R. B.; Keyle, R. F.; Templeman, D. (1993): Fractures and Dislocations. Fractures and Dislocations of the Foot. St. Louis: Mosby.

Eastwood, D. M.; Gregg, P. J.; Atkins, R. M. (1993): Intra-Articular Fractures Of The Calcaneum. Part I: Pathological Anatomy And Classification. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 75-B, H. 2, S. 183–188.

Ebraheim, N. A.; Biyani, A.; Padanilam, T.; Christensen, G. (1996): Calcaneocuboid Joint Involvement in Calcaneal Fractures. In: Foot & Ankle International, Jg. 17, H. 9, S. 563–565.

Essex-Lopresti, P. (1952): The Mechanism, Reduction Technique, and Results in Fractures of the Os Calcis. Fractures of the Os Calcis. In: The British Journal of Surgery, Jg. 39, S. 395–419.

Essex-Lopresti, P. (1993): The Mechanism, Reduction Technique, and Results in Fractures of the Os Calcis. The Classic. In: Clinical Orthopaedics And Related Research, Jg. 290, S. 3–16.

Fitzgibbons, T. C.; McMullen, S. T.; Mormino, M. A.; Buchholz, R. W.; Heckman, J. D. (2001): Rockwood and Green's Fractures in Adults. Fifth Edition. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins (2).

Furey, A.; Stone, C.; Squire, D.; Harnett, J. (2003): Os Calcis Fractures: Analysis of Interobserver Variability in Using Sanders Classification. In: The Journal of Foot and Ankle Surgery, Jg. 42, H. 1, S. 21–23.

Gissane, W. (1947): Fractures of the Os calcis. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 29, S. 254–255.

Günther, K.-P.; Knopp, W.; Pohlemann, T. (2009): Klassifikationen und Scores. In: Scharf, Hanns-Peter; Anagnostakos, Konstantinos (Hg.): Orthopädie und Unfallchirurgie. Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung; München: Elsevier Urban & Fischer.

Guyer, B. H.; Levinsohn, E. M.; Fredrickson, B. E.; Bailey, G. L.; Formikell, M. (1985): Computet Tomography of Calcaneal Fractures: Anatomy, Pathology, Dosimetry, and Clinical Relevance. In: American Journal of Roentgenology, Jg. 145, H. 5, S. 911–919.

Häberle, H.-J.; Minholz, R.; Bader, Ch.; Tomczak, R.; Rilinger, N.; Friedrich, J. M. et al. (1993): CT-Klassifikation intraartikulärer Kalkaneusfrakturen. In: RöFo: Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren, Jg. 159, H. 6, S. 548–554.

Hall, R. L.; Shereff, M. J. (1993): Anatomy of the Calcaneus. In: Clinical Orthopaedics And Related Research, Jg. 290, S. 27–35.

Herold, T.; Folwaczny, E. K.; Stürmer, K. M.; Grabbe, E.; Funke, M. (2004): Diagnostik und Klassifikation von Kalkaneusfrakturen in der Computertomographie. In: RöFo: Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren, Jg. 176, H. 9, S. 1271–1277.

Hodge, J. C. (1999): Anterior Process Fracture or Calcaneus Secundarius: A

Case Report. In: The Journal of Emergency Medicine, Jg. 17, H. 2, S. 305–309.

Humphrey, C. A.; Dirschl, D. R.; Ellis, T. J. (2005): Interobserver Reliability of a CT-Based Fracture Classification System. In: Journal of Orthopaedic Trauma, Jg. 19, H. 9, S. 616–622.

Josten, C.; Korner, J. (2001): Kalkaneusfrakturen. In: Trauma und Berufskrankheit, Jg. 3, H. Supplement 2, S. 201–207.

Kerr, P. S.; James, A.; Cole, A. S.; Atkins, R. M. (1994): The use of the axial CT scan in intra-articular fractures of the calcaneum. In: Injury, Jg. 25, H. 6, S. 359–363.

Kinner, B.; Schieder, S.; Müller, F.; Pannek, A.; Roll, C. (2010): Calcaneocuboid Joint Involvement in Calcaneal Fractures. In: The Journal of Trauma-Injury, Infection, and Critical Care, Jg. 68, H. 5, S. 1192–1199.

Klein, P.; Sommerfeld, P. (2004): Biomechanik der menschlichen Gelenke. 1. Auflage. München: Elsevier Urban & Fischer.

Köhnlein, H. E.; Weller, S. (1961): Die verschiedenen Formen der Fersenbeinfrakturen und ihre Behandlung. In: Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie, Jg. 52, H. 5, S. 614–621.

Koval, K. J.; Sanders, R. (1993): The Radiologic Evaluation of Calcaneal Fractures. In: Clinical Orthopaedics And Related Research, Jg. 290, S. 41–46.

Kuner, E. H.; Bonnaire, F.; Hierholzer, B. (1995): Zur Klassifikation und Osteosynthesetechnik der Kalkaneusfrakturen. Der Fixateur externe als passagerer Distraktor. In: Der Unfallchirurg, Jg. 98, S. 320–327.

Kuner, E. H.; Bonnaire, F.; Berwarth, H. (1996): Osteosynthesetechnik bei Fersenbeinfrakturen. A Technique of Internal Fixation for Os Calcis Fractures. In: Operative Orthopädie und Traumatologie, Jg. 8, H. 4, S. 295–306.

Kurozumi, T.; Jinno, Y.; Sato, T.; Inoue, H.; Aitani, T.; Okuda, K. (2003): Open Reduction for Intra-articular Calcaneal Fractures: Evaluation Using Computed Tomography. In: Foot & Ankle International, Jg. 24, H. 12, S. 942–948.

Lauder, A. J.; Inda, D. J.; Bott, A. M.; Clare, M. P.; Fitzgibbons, T. C.; Mormino, M. A. (2006): Interobserver and Intraobserver Reliability of Two Classification Systems for Intra-articular Calcaneal Fractures. In: Foot & Ankle International, Jg. 27, H. 4, S. 251–255.

Lefering, R.; Paffrath, T. (2010): Traumaregister DGU. Jahresbericht.

Linsenmaier, U.; Brunner, U.; Schöning, A.; Rieger, J.; Krötz, M.; Mutschler, W. et al. (2003): Classification of calcaneal fractures by spiral computed tomography: implications for surgical treatment. In: European Radiology, Jg. 13, H. 10, S. 2315–2322.

Martin, J. S.; Marsh, J. L. (1997): Current classification of fractures. Rationale

and utility. In: Radiologic Clinics of North America, Jg. 35, H. 3, S. 491–506.

Mellado, J. M.; Ramos, A.; Salvadó, E.; Camins, A.; Danús, M.; Saurí, A. (2003): Accessory ossicles and sesamoid bones of the ankle and foot: imaging findings, clinical significance and differential diagnosis. In: European Radiology, Jg. 13, H. Supplement 6, S. 164–177.

Miric, A.; Patterson, B. M. (1998): Pathoanatomy of Intra-Articular Fractures of the Calcaneus. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 80-A, H. 2, S. 207–212.

Mitchell, M. J.; McKinley, J. C.; Robinson, C. M. (2009): The epidemiology of calcaneal fractures. In: The Foot, Jg. 19, H. 4, S. 197–200.

Myerson, M.; Quill, G. E. (1993): Late Complications of Fractures of the Calcaneus. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 75-A, H. 3, S. 331–341.

Netter, F. H.; Böttcher, T. (2001): Netters Orthopädie. Stuttgart: G. Thieme.

Paley, D.; Gould, J. S. (1994): Operative foot surgery. Philadelphia: W.B. Saunders Co.

Paley, D.; Hall, H. (1993): Intra-articular fractures of the calcaneus. A critical analysis of results and prognostic factors. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 75-A, H. 3, S. 342–354.

Platzer, W.; Fritsch, H.; Kühnel, W.; Kahle, W.; Frotscher, M. (1999): Taschenatlas der Anatomie. : in 3 Bänden. 7., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart, New York: Thieme.

Pretterklieber, M. L. (1999): Anatomie und Kinematik der Sprunggelenke des Menschen. In: Der Radiologe, Jg. 39, H. 1, S. 1–7.

Rammelt, S.; Zwipp, H. (2004): Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. In: Injury, Jg. 35, S. 443–461.

Rammelt, S.; Zwipp, H. (2005): Sprunggelenk und Fuß. In: Weigel, Bernhard; Nerlich, Michael; Rammelt, S.; Zwipp, H. (Hg.): Praxisbuch Unfallchirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Rauber, A.; Kopsch, F. (2003): Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas. 3., überarb. Aufl. Unter Mitarbeit von H. Leonhardt, B. Tillmann und G. Töndury et al. Stuttgart: Thieme.

Regazzoni, P.; Mosimann, P.; Calthorpe, D. (1993): Classification and Results of ORIF of Calcaneal Fractures. In: Tscherne, Harald (Hg.): Major fractures of the pilon, the talus, and the calcaneus. Current concepts of treatment; Berlin: Springer.

Renfrew, D. L.; El-Khoury, G. Y. (1985): Anterior process fractures of the calcaneus. In: Skeletal Radiology, Jg. 14, H. 2, S. 121–125.

Rohen, J. W.; Lütjen-Drecoll, E.; Rohen, Johannes W.; Lütjen-Drecoll, Elke; Rohen-Lütjen-Drecoll (2006): Funktionelle Anatomie des Menschen.

Lehrbuch der makroskopischen Anatomie nach funktionellen Gesichtspunkten; Stuttgart: Schattauer.

Roll, C.; Schirmbeck, J.; Schreyer, A.; Müller, F.; Neumann, C.; Nerlich, M.; Kinner, B. (2011): How reliable are CT scans for the evaluation of calcaneal fractures? In: Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, Jg. 131, H. 10, S. 1397–1403.

Rowe, C. R.; Sakellarides, H. T.; Freeman, P. A.; Sorbie, C. (1963): Fractures of the Os Calcis. A long-Term Follow-up Study of 146 Patients. In: JAMA, Jg. 184, H. 12, S. 920–923.

Rubino, R.; Valderrabano, V.; Sutter, P. M.; Regazzoni, P. (2009): Prognostic Value of Four Classifications of Calcaneal Fractures. In: Foot & Ankle International, Jg. 30, H. 3, S. 229–238.

Rupprecht, M.; Pogoda, P.; Barvencik, F.; Münch, C.; Püschel, K.; Rueger, J. M.; Amling, M. (2007): Der Kalkaneus als Manifestationsort osteoporoseassoziiierter Frakturen. Alters- und geschlechtsabhängige Veränderungen der Kalkaneusmorphologie korrelieren zur Inzidenz und Schwere intraartikulärer Kalkaneusfrakturen. In: Der Unfallchirurg, Jg. 110, H. 3, S. 197–204.

Sanders, R. (1992): Intra-Articular Fractures of the Calcaneus: Present State of the Art. In: Journal of Orthopaedic Trauma, Jg. 6, H. 2, S. 252–265.

Sanders, R. (1993): The Results of Operative Treatment of Displaced Intra-articular Calcaneal Fractures. In: Tscherne, Harald (Hg.): Major fractures of

the pilon, the talus, and the calcaneus. Current concepts of treatment; Berlin: Springer .

Sanders, R. (2000): Displaced Intra-Articular Fractures of the Calcaneus. Current Concepts Review. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 82-A, H. 2, S. 225–250.

Sanders, R.; Fortin, P.; DiPasquale, T.; Walling, A. (1993): Operative Treatment in 120 Displaced Intraarticular Calcaneal Fractures. Results Using a Prognostic Computed Tomography Scan Classification. In: Clinical Orthopaedics And Related Research, Jg. 290, S. 87–95.

Schepers, T.; van Lieshout, E. M.M.; Ginai, A. Z.; Mulder, P. G.H.; Heetveld, M. J.; Patka, P. (2009): Calcaneal Fracture Classification: A Comparative Study. In: The Journal of Foot and Ankle Surgery, Jg. 48, H. 2, S. 156–162.

Schiebler, T. H. (2005): Anatomie. Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie. Springer

Schieder, S. (2008): Die Beteiligung des Calcaneocuboidgelenkes bei Calcaneusfrakturen. Dissertation. Betreut von Bernd Kinner. Universität Regensburg. Abteilung für Unfallchirurgie

Schirmbeck, J. M. (2010): Wird die Diagnostik einer Calcaneusfraktur durch die zusätzliche Beurteilung mit einer dreidimensionalen Darstellung der CT-Daten verbessert? Dissertation. Betreut von Bernd Kinner. Universität Regensburg, Abteilung für Unfallchirurgie.

Schmidt, H.-M.; Prescher, A.; Waldeyer, A. J.; Fanghänel, J. (2003): Anatomie des Menschen. 17., völlig überarb. Aufl. /. Berlin: de Gruyter.

Schünke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U.; Voll, M.; Wesker, K. (2007): Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme.

Silhanek, A. D.; Ramdass, R.; Lombardi, C. M. (2006): The Effect of Primary Fracture Line Location on the Pattern and Severity of Intraarticular Calcaneal Fractures. A Retrospective Radiographic Study. In: The Journal of Foot and Ankle Surgery, Jg. 45, H. 4, S. 211–219.

Soeur, R.; Remy, R. (1975): Fractures of the calcaneus with displacement of the thalamic portion. In: The Journal of Bone and Joint Surgery, Jg. 57-B, H. 4, S. 413–421.

Sommer, F.; Klotz, T. (2003): Wege zur körperlichen Fitness im Männerleben. In: Jacobi, Günther H. (Hg.): Praxis der Männergesundheit. 1. Aufl. Stuttgart: G. Thieme, S. 317–330.

Standring, S. (2008): Gray's anatomy. The anatomical basis of clinical practice. 40th ed., 150th year anniversary ed. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Stephenson, J. R. (1993): Surgical Treatment of Displaced Intraarticular Fractures of the Calcaneus. A Combined Lateral and Medial Approach. In: Clinical Orthopaedics And Related Research, Jg. 290, S. 68–75.

Thermann, H.; Hüfner, T.; Schratt, H.-E.; Albrecht, K.; Tscherne, H. (1999): Therapie intraartikulärer Fersenbeinfrakturen bei Erwachsenen. Ein Behandlungsalgorithmus. In: Der Unfallchirurg, Jg. 102, H. 3, S. 152–166.

Thermann, H.; Wülker, N. (1998): Operationsatlas Fuß und Sprunggelenk. Stuttgart: Enke.

Tillmann, Bernhard N. (2010): Atlas der Anatomie des Menschen. 2., überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Tscherne, H.; Oestern, HJ. (1982): Die Klassifikation des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen. In: Unfallheilkunde, Jg. 85, H. 3, S. 111–115.

Tscherne, H.; Zwipp, H. (1993): Calcaneal Fracture. In: Tscherne, Harald (Hg.): Major fractures of the pilon, the talus, and the calcaneus. Current concepts of treatment; Berlin: Springer .

von Heyden, J.; Südkamp, N. P.; Strohm, P. C.; Mayer, F. (2008): Eignen sich die Klassifikationen von Essex-Lopresti und Sanders für die reliable Einteilung der Kalkaneusfraktur durch verschiedene Ärzte? In: Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie. Berlin.

Wechsler, R. J.; Schweitzer, M. E.; Karasick, D.; Deely, D. M.; Morrison, W. (1998): Helical CT of calcaneal fractures: technique and imaging features. In: Skeletal Radiology, Jg. 27, S. 1–6.

Wenzl, M. E.; Fuchs, S.; Jürgens, C.; Wolter, D. (2001): Kalkaneusfrakturen. In: Trauma und Berufskrankheit, Jg. 3, H. 3, S. 223–226.

Wuelker, N.; Zwipp, H. (1996): Fracture anatomy of the calcaneus with axial loading. Cadaver experiments. In: Foot and Ankle Surgery, Jg. 2, H. 3, S. 155–162.

Zanetti, M. (2005): Fuß. In: Stäbler, A. (Hg.): Handbuch diagnostische Radiologie. Muskuloskelettales System 1. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Zwipp, H. (1995): Der intraartikuläre subthalamische Fersenbeinbruch. In: Operative Orthopädie und Traumatologie, Jg. 7, H. 4, S. 237–249.

Zwipp, H.; Rammelt, S.; Barthel, S. (2004 b): Calcaneal fractures-open reduction and internal fixation (ORIF). In: Injury, Jg. 35, S. 46–54.

Zwipp, H.; Rammelt, S.; Barthel, S. (2005): Kalkaneusfraktur. In: Der Unfallchirurg, Jg. 108, H. 9, S. 737–748.

Zwipp, H.; Tscherne, H.; Wülker, N.; Grote, R. (1989): Der intraartikuläre Fersenbeinbruch. Klassifikation, Bewertung und Operationstaktik. In: Der Unfallchirurg, Jg. 92, S. 117–129.

Zwipp, Hans (1994): Chirurgie des Fußes. Wien: Springer.

Zwipp, H.; Baumgart, F.; Cronier, P.; Jorda, E.; Klaue, K.; Sands, A. K.; Yung, S. W. (2004 a): Integral classification of injuries (ICI) to the bones, joints, and ligaments-application to injureis of the foot. In: Injury, Jg. 35, H. 2,

Supplement 1, S. 3–9.

Zwipp, H. (2008): Kalkaneus. In: Rüter, A.; Adams, H.-A. (Hg.): Unfallchirurgie. Studienausg. der 2., komplett überarb. und erw. Aufl. München u.a.: Elsevier Urban & Fischer .

7 ANHANG

7.1 ANHANG ZUR EINLEITUNG

7.1.1 WEITERE FRAKTURKLASSIFIKATIONEN

KLASSIFIKATION NACH BÖHLER

Böhler unterteilte 1930 die Calcaneusfrakturen in acht Gruppen.

Die Gruppen 1-3 betreffen eher die Fortsätze, während die restlichen Gruppen vor allem den Fersenbeinkörper betreffen.

Die Gruppen 1, 2 und 4 sind extraartikulär, die Gruppen 3 und 5-8 intraartikulär.

Bei der Gruppe 7 ist auch das Talo-Naviculargelenk beteiligt, bei der Gruppe 8 das Calcaneo-Cuboidalgelenk.

Gruppe 1a: Brüche am hinteren oberen Ende des Tuber calcanei oberhalb des Ansatzes der Achillessehne, sogenannte Entenschnabelbrüche

Gruppe 1b: Brüche am hinteren Ende des Tuber calcanei, die am unteren Rande des Ansatzes der Achillessehne unterhalb der queren Leiste des Fersenhöckers beginnen mit Entenschnabelform

Gruppe 1c: Brüche am hinteren oberen Ende des Tuber calcanei, die unterhalb der Querleiste des Fersenhöckers beginnen, bei welchen das Bruchstück nicht wie bei der Gruppe 1a und 1b aufgekippt, sondern parallel zur Bruchfläche cranialwärts verschoben ist

Gruppe 2: Brüche des Processus medialis des Tuber calcanei mit und ohne Verschiebung

Gruppe 3a: Brüche des Sustentaculum tali allein

Gruppe 3b: Brüche am vorderen Fortsatz des Fersenbeines

- Gruppe 4: Brüche des Fersenbeinhöckers und des Fersenbeinkörpers ohne Verschiebung der Gelenkflächen gegenüber dem Sprungbein
- Gruppe 5: Brüche des Fersenbeinkörpers mit teilweiser oder vollständiger Verrenkung des lateralen Anteiles der hinteren Gelenkfläche, die hinter der Tragplatte vom Tuber calcanei abgebrochen ist, gegenüber dem Sprungbein
- Gruppe 6: Brüche des Fersenbeinkörpers mit Verrenkung der ganzen hinteren Gelenkfläche, die im Zusammenhang mit dem Tuber calcanei geblieben ist, gegenüber dem Sprungbein.
- Gruppe 7: Brüche des Fersenbeinkörpers mit Verrenkung des lateralen Anteiles der hinteren Gelenkfläche gegenüber dem Sprungbein und mit gleichzeitiger Teilverrenkung zwischen Sprungbeinkopf und Kahnbein und zwischen vorderen Anteil des Fersenbeines und dem Würfelbein. Manchmal ist auch der Processus posterior tali abgebrochen
- Gruppe 8: Brüche des Fersenbeinkörpers mit Zertrümmerung des vorderen Fortsatzes und mit Verrenkung desselben gegenüber dem Würfelbein
(BÖHLER 1996)

KLASSIFIKATION NACH KÖHNLEIN UND WELLER

Die 1961 von Köhnlein und Weller entworfene Klassifizierung basiert auf der Einteilung nach Böhler. Sie unterscheiden die folgenden vier Typen:

- Typ I: Trümmerbrüche des Fersenbeinkörpers mit Verschiebung der Gelenksfläche oder Verrenkung und Teilverrenkungen (entsprechend Gruppe 5-8 nach Böhler)
- Typ II: Brüche des Fersenbeinkörpers ohne Verschiebung der Gelenksflächen (entsprechend Gruppe 4 nach Böhler)

Typ III: Brüche des Proc. Medialis des Tuber oder des Sustentaculum tali
(entsprechend Gruppe 2 und 3 nach Böhler)

Typ IV: Abrissbrüche des Tuber calcanei, „Entenschnabelbrüche“ (Gruppe 1
nach Böhler) (KÖHNLEIN 1961)



Abb.93: Abrissbruch des Tuber calcanei
(KÖHNLEIN 1961)



Abb.94: Bruch des Sustentaculum tali
(KÖHNLEIN 1961)

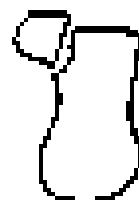


Abb.95: Bruch des Fersenbeinkörpers ohne
Verschiebung der Gelenksflächen
(KÖHNLEIN 1961)



Abb.96: Trümmerbruch des
Fersenbeinkörpers mit Verschiebung der
Gelenksfläche oder Verrenkung und
Teilverrenkungen (KÖHNLEIN 1961)

KLASSIFIKATION NACH ROWE

1963 stellten Rowe et al. ihre Klassifikation vor, die auf der Einteilung nach Watson-Jones basiert. Sie unterteilten die Frakturen in 5 Typen. Type I-III entsprechen extraartikulären Brüchen, Typ IV und V intraartikulären Frakturen (ROWE 1963).

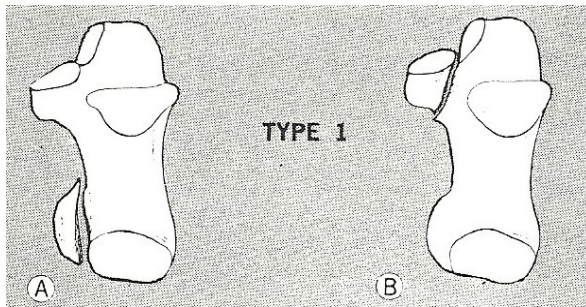


Abb.97: Zwei Typ I-Frakturen. A: Fraktur der Tuberositas, B: Fraktur des Sustentaculum tali (ROWE 1963)

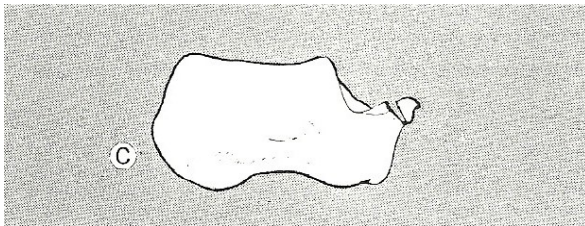


Abb.98: Typ I-Fraktur. Fraktur des Processus anterior: (ROWE 1963)

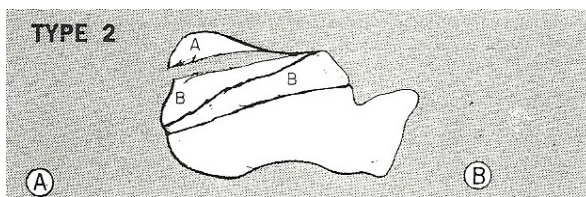


Abb.99: Typ II-Fraktur. A: Schnabelfraktur, B: Abrissfraktur der Insertion der Achillessehne (ROWE 1963)

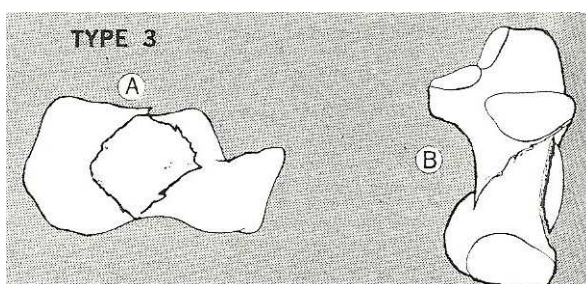


Abb.100: Typ III-Fraktur. Schräge Fraktur ohne Beteiligung des Subtalargelenkes (ROWE 1963)

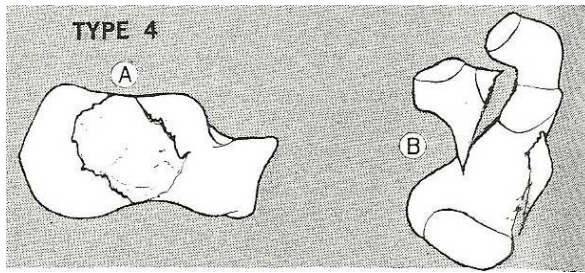


Abb.101: Typ IV-Fraktur. Fraktur mit Beteiligung des Subtalargelenkes (ROWE 1963)

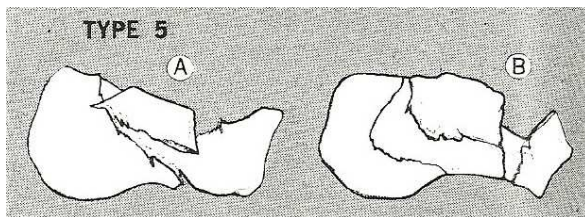


Abb.102: Typ V-Fraktur. Zentrale Depressionsfraktur mit Zertrümmerung (ROWE 1963)

KLASSIFIKATION NACH SOEUR UND REMY

Diese Einteilung wurde 1975 von Soeur und Remy beschrieben. Sie teilten die Calcaneusfrakturen in zwei Typen ein.

Zum Einen in die nichtthalamischen Brüche, die im Grunde genommen extraartikuläre Frakturen sind, zum Anderen in die thalamischen Brüche, die intraartikulären Frakturen entsprechen.

Die thalamischen Frakturen unterteilen sie weiter in zwei Gruppen. Zum Einen die Frakturen die durch direkte vertikale Kompression bedingt sind und sehr selten vorkommen.

Zum Anderen jene viel häufiger vorkommende Frakturen, die durch Schubbeanspruchung oder durch eine Kombination aus Schub,- und Kompression bedingt sind. Diese Gruppe wird in weitere drei Grade unterteilt. Eine Fraktur ersten Grades ist durch eine reine Schubbeanspruchung verursacht, bei einem Bruch zweiten Grades ist eine Schub,- plus Kompressionskraft die Ursache für die Verletzung und eine Fraktur Grad drei ist eine Trümmerfraktur (SOUER 1975, FITZGIBBONS 2001).

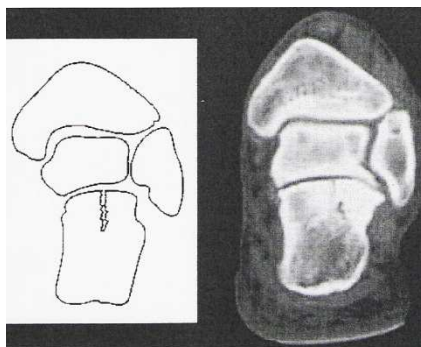
KLASSIFIKATION NACH CROSBY UND FITZGIBBONS

Crosby und Fitzgibbons veröffentlichten diese Klassifikation 1990. Sie untersuchten die CT-Bilder von 30 Fersenbeinfrakturen, bei denen die hintere Facette gebrochen war und unterteilten diese in drei Gruppen.

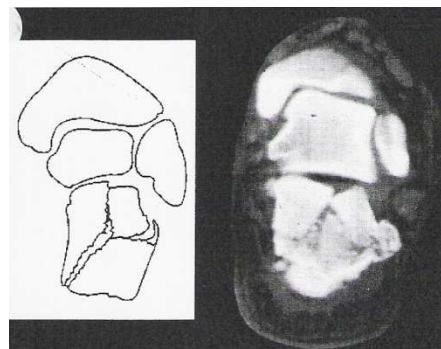
Als Type I werden Frakturen bezeichnet, bei denen die intraartikuläre Fraktur entweder weniger als zwei Millimeter Trennung oder Einsenkung zeigt oder beides.

Bei der Type II-Fraktur sind die einer der beiden oder beide eben genannten Punkte über zwei Millimeter. Die Hauptfragmente der Fraktur sind groß und es finden sich keine Trümmergelenksfrakturen.

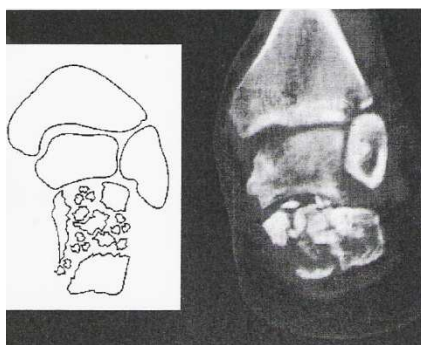
Bei der Type III-Fraktur hat man eine schwere Zertrümmerung der Fragmente. Es sind viele, kleine Frakturstücke vorhanden (CROSBY 1990).



Typ I



Typ II



Typ III

Abb.103: Die drei Typen der Frakturklassifikation von Crosby und Fitzgibbons (FITZGIBBONS 2001)

KLASSIFIKATION NACH BRUNNER

Brunner et al. beschrieben 1992 eine Unterteilung der Fersenbeinfrakturen in sechs Klassen. Die Brüche werden nach den Kriterien Gelenkbeteiligung, Dislokation und Zahl der Fragmente der Facies posterior beurteilt. Als extraartikuläre Frakturen werden Brüche des dorsokraniellen Tuber ohne Ausstrahlung in das hintere untere Sprunggelenk, der Processus medialis oder lateralis, des Processus anterior oder des Sustentakulum tali bezeichnet. Frakturen mit Beteiligung der posterioren Facette gelten als intraartikuläre Frakturen.

Zur Quantifizierung der Dislokation werden die Stufenbildung (Typ A), die Verbreiterung (Typ B), die Höhenminderung (Typ C) und die Achsabweichung (Typ D) beurteilt.

Die Stufenbildung der Facies articularis posterior kann im transversalen und semikoronaren Schnitt beurteilt werden und wird als relevant angesehen, wenn sie einer Verschiebung um die chondrale und subchondrale Schicht entspricht.

Die Verbreiterung wird am coronaren und semicoronaren Schnitt untersucht. Sie gilt als positiv, wenn sie ein laterales Lot, das in der Incisura fibularis verläuft und auf der tibiotalen Gelenkfläche senkrecht steht, überschreitet.

Die Höhenminderung wird ebenfalls in der coronaren oder semicoronaren Ebene gemessen und ist gekennzeichnet durch ein Einbrechen der medialen Calcaneuswand entsprechend einem medialen Überlappen. Das Ausmaß der Höhenminderung wird durch eine virtuelle Rekonstruktion der medialen Calcaneushöhe entsprechend der Sollhöhe (a und b) bestimmt. Die Differenz zur kleinsten Höhenausdehnung c des frakturierten und komprimierten Fersenbeins ergibt den Höhenverlust. $((a + b) - c)$.

Während die Achsabweichung der Varus- bzw. Valgusachse im koronaren oder semikoronaren Schnittbild beurteilt wird, wird die Abweichung der Calcaneuslängsachse (calcaneocuboidaler Winkel) im transversalen Bild bestimmt.

Eine relevante Stufenbildung, Verbreiterung, Höhenminderung oder Achsabweichung wird als Typ A, B, C beziehungsweise D bezeichnet. Es können auch Kombinationstypen beschrieben werden, so beispielsweise Typ AC, CD, ACB, etc.

Es ergeben sich folgende sechs Klassen:

Extraartikuläre Frakturen

- I) Extraartikuläre Fraktur ohne Dislokation
- II) Extraartikuläre Fraktur mit Dislokation
Breite (B)/Höhe (C)/Achse (D)

Intraartikuläre Frakturen

- III) Intraartikuläre Fraktur ohne Dislokation
- IV) Intraartikuläre Fraktur mit Dislokation
2 Gelenkfragmente der Facies posterior
Stufe (A)/Breite (B)/Höhe (C)/Achse (D)
- V) Intraartikuläre Fraktur mit Dislokation
3 Gelenkfragmente der Facies posterior
Stufe (A)/Breite (B)/Höhe (C)/Achse (D)
- VI) Intraartikuläre Fraktur mit Dislokation
4 Gelenkfragmente der Facies posterior oder mehr
Stufe (A)/Breite (B)/Höhe (C)/Achse (D) (BRUNNER
1992)

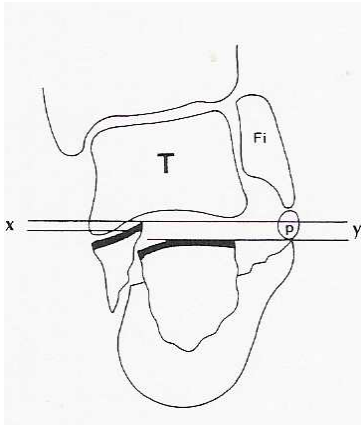


Abb.104: Quantifikation der Stufenbildung (A): x = Höhe der chondralen und subchondralen hyperdensen Schichten, y = Stufe im Gelenk, Fi= Fibula, p= Peronealsehnen, T= Talus. Gilt als operationsrelevant, wenn die Stufenbildung $y > 2x$ beträgt. (BRUNNER 1992)

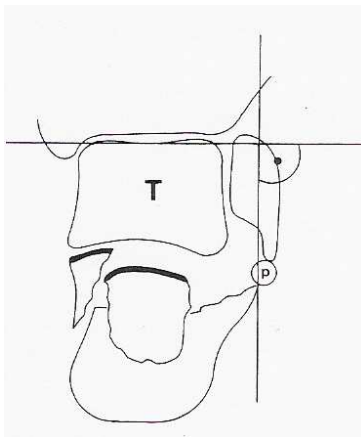


Abb.105: Quantifikation der Verbreiterung (B): Gilt als positiv, wenn sie ein laterales Lot, das in der Incisura fibularis verläuft und auf der tibiotalen Gelenkfläche senkrecht steht, überschreitet. (BRUNNER 1992)

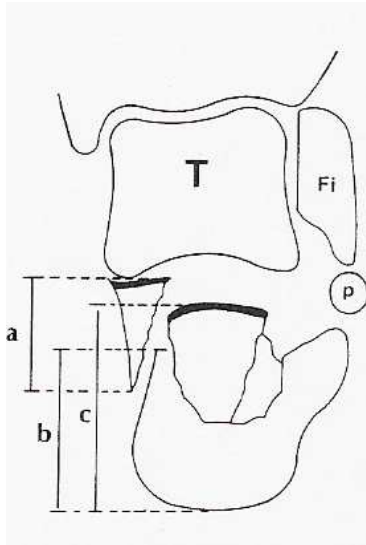


Abb.106: Quantifikation der Höhenminderung (C): $a+b$ = Sollhöhe des Calcaneus, c = Isthhöhe des Calcaneus, $(a+b) - c$ = Höhenminderung. Gilt als operationsrelevant, wenn die Höhenminderung $> 10\%$ der Sollhöhe beträgt. (BRUNNER 1992)

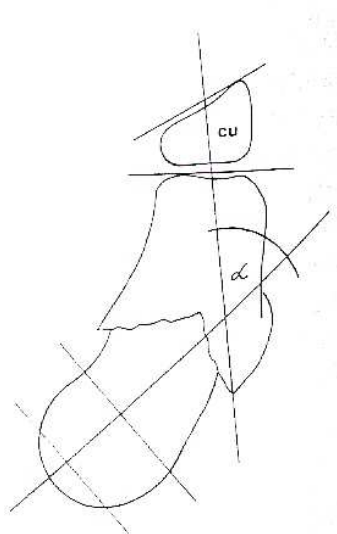


Abb.107: Erfassung der Achsabweichung: Calcaneocuboidaler Winkel im transversalen Schnitt (α), Cu= Os cuboideum (BRUNNER 1992)

KLASSIFIKATION NACH HÄBERLE

Häberle et. al. publizierten 1993 eine Klassifikation, die auf der Beurteilung eines axialen CTs beruht.

Sie beurteilen in ihrer Einteilung die Anzahl der beteiligten Facetten, den Frakturtyp und die Beteiligung des calcaneocuboidalen Gelenkes.

Die möglichen beteiligten Facetten sind die posteriore (PF), sustentakuläre (SF), Tuber- (TF) und die Processus-anterior-Facette (PAF). Hierbei wird die Anzahl (1-4) der beteiligten Facetten angegeben. Die anteriore Facette ist in der axialen Schnittführung sehr oft nicht einsehbar und wird daher nicht mitbeurteilt.

Der Frakturtyp wird nach Essex-Lopresti in „joint-depression“ (j) und „tongue-Type“ (t) unterteilt.

Die Mitbeteiligung des Calcaneocuboidalgelenkes wird mit „a“ für keine Beteiligung und „b“ für eine Beteiligung angegeben.

Aus den eben genannten Punkten ergibt sich ein Score, der beispielsweise folgendermaßen aussieht: 3tb, 3ja, 4jb (HÄBERLE 1993).

Anzahl der frakturierten Facetten (1-4), PF, SF, PAF, TF
Frakturmechanismus (n. Essex-Lopresti) <i>t = tongue-type</i> <i>j = joint-depression</i>
Beteiligung des calcaneocuboidalen Gelenkes <i>a = nein</i> <i>b = ja</i>

Abb.108: Frakturklassifikation nach Häberle (HÄBERLE 1993)

KLASSIFIKATION NACH REGAZZONI

Regazzoni et al. entwarfen eine Klassifikation, die auf den Prinzipien der AO-Klassifikation der langen Röhrenknochen beruht.

Sie unterscheiden folgende drei Haupttypen: Typ A entspricht peripheren Frakturen, bei Typ B-Frakturen ist das Subtalargelenk alleine betroffen und bei Typ C-Frakturen ist sowohl das Subtalargelenk wie auch das Calcaneocuboidalgelenk frakturiert.

Die eben genannten drei Haupttypen werden dann jeweils noch in Typ eins, zwei oder drei weiter unterteilt, wie der folgenden Tabelle zu entnehmen ist: (REGAZZONI 1993).

- A. Periphere Frakturen
 - A1. Peripher extraartikulär
 - A2. Sustentaculumabrisse
 - A3. Processus anterior (allein) intraartikulär
- B. Frakturen des Talocalcaneargelenks
 - B1. Hintere Facette einfach
 - B2. Hintere Facette plurifragmentär
 - B3. Sinus tarsi und/oder mittlere und/oder vordere Facette
- C. Frakturen des Talocalcanear- und Calcaneocuboidalgelenks
 - C1. Beide Gelenke einfach
 - C2. Ein Gelenk mehrfach oder Sinus tarsi
 - C3. Beide Gelenke mehrfach

(ZWIPP 2008)

KLASSIFIKATION NACH DE SOUZA

De Souza entwarf eine Klassifikation, die auf der Arbeit von Hutchinson und Heubner basiert. Diese stellten fest, dass es bei der Fersenbeinfraktur vier Primärfragmente gibt: Das Tuberositasfragment, das Sustentacularfragment, das Thalamusfragment mit der angrenzenden lateralen Wand und das anterolaterale Fragment mit dem Calcaneocuboidgelenk.

De Souza unterteilte die Frakturen mit Hilfe des konventionellen Röntgens und des CTs, indem er sowohl die Progression der Fraktur wie auch die vier Hauptfragmente berücksichtigte. Er bildete drei Gruppen: A, B und C.

Gruppe A besteht aus den beiden Basisfragmenten, das Tuberositas- und das Sustentacularfragment.

Frakturen der Gruppe B haben sich fortgesetzt und beinhalten das thalamische Fragment und die laterale Wand. Diese Gruppe kann in Joint-Depression oder Tongue-Type unterteilt werden.

In Gruppe C ist zusätzlich das anterolaterale Fragment vorhanden.

Ist die Fraktur nicht oder nur minimal disloziert, wird sie unabhängig von der Anzahl der Frakturlinie nur als A, B oder C bezeichnet.

Liegt jedoch eine Dislokation von zwei Millimetern oder mehr vor, werden die drei Hauptgruppen weiter in jeweils drei Untergruppen unterteilt.

A1: Primäre Frakturlinie ist posteriorlateral zu der hinteren Facette

A2: Primäre Frakturlinie liegt anteromedial zur hinteren Facette

A3: Die primäre Frakturlinie läuft durch die hintere Facette; dieser Typ geht meist in Gruppe B über

B1: Eine Frakturlinie in der hinteren Facette

B2: Zwei Frakturlinien

B3: Drei Frakturlinien

C1: Extraartikuläre Fraktur

C2: Intraartikuläre Fraktur, die das Calcaneocuboidgelenk betrifft

C3: Stark zertrümmerte Fraktur, die den extraartikulären oder den intraartikulären Teil oder beide betrifft

(DESOUZA 1993)

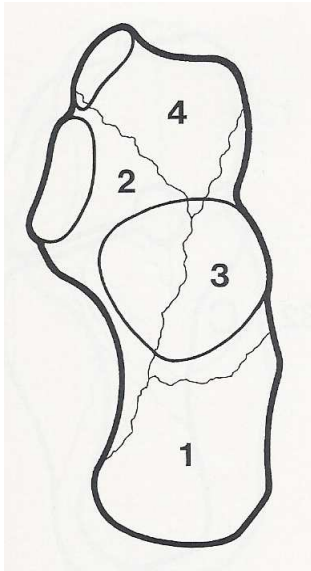


Abb.109: Die vier Primärfragmente. 1= Tuberositasfragment, 2= Sustentacularfragment, 3= Thalamusfragment mit der angrenzenden lateralen Wand, 4= Anterolaterale Fragment mit dem Calcaneocuboidgelenk (DE SOUZA 1993)

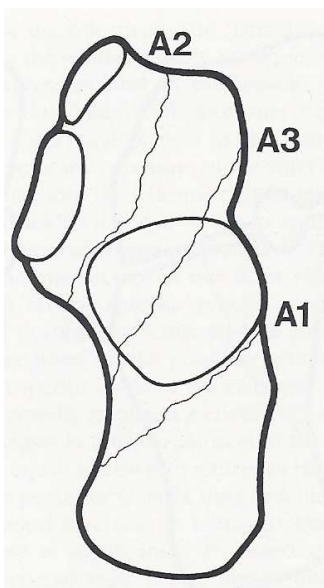


Abb.110: Frakturtyp A1, A2 und A3 (DE SOUZA 1993)

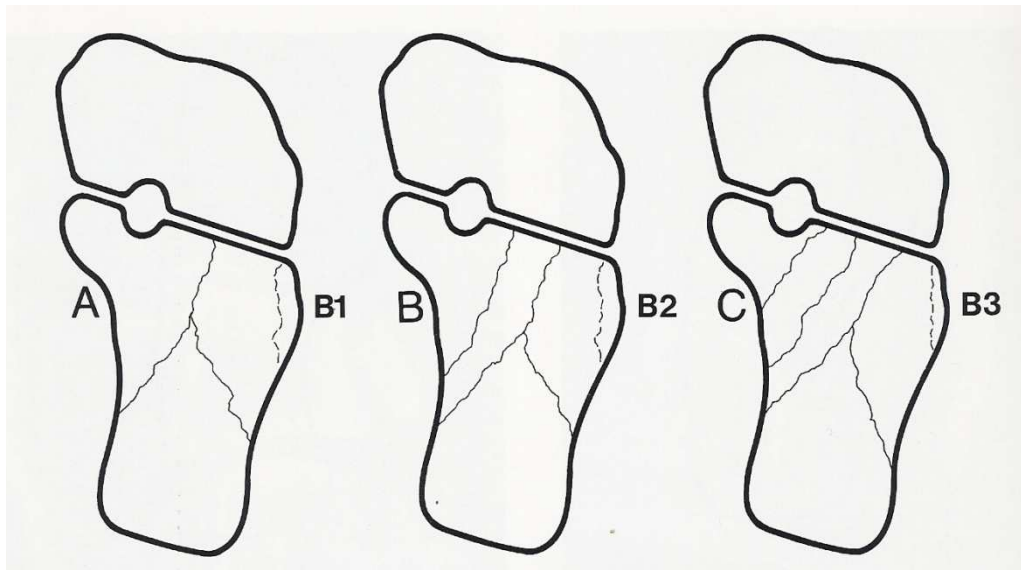


Abb.111: Frakturtyp B1, B2 und B3 (DE SOUZA 1993)

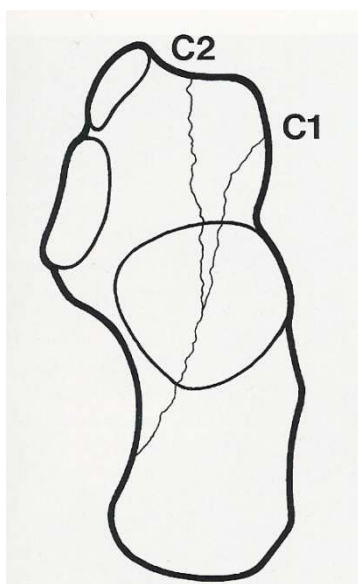


Abb.112: Frakturtyp C1 und C2 (DE SOUZA 1993)

KLASSIFIKATION NACH STEPHENSON:

Stephenson veröffentlichte 1993 eine Klassifikation, die auf der Einteilung von Warrick und Bremner basiert.

Er machte eine Einteilung aufgrund des Verletzungsmechanismus, der Lokalisation der primären sagittalen Frakturlinie und der Anzahl der dislozierten Hauptfragmente.

Beim Verletzungsmechanismus unterscheidet er zwischen Abscher- und Kompressionsverletzungen.

Die primäre Frakturlinie kann sich lateral oder medial der hinteren Facette befinden oder direkt durch diese durchgehen.

Die Kompressionsfrakturen werden nach Essex-Lopresti dann weiter in Tongue-Type- und Joint-Depression-Frakturen eingeteilt (STEPHENSON 1993).

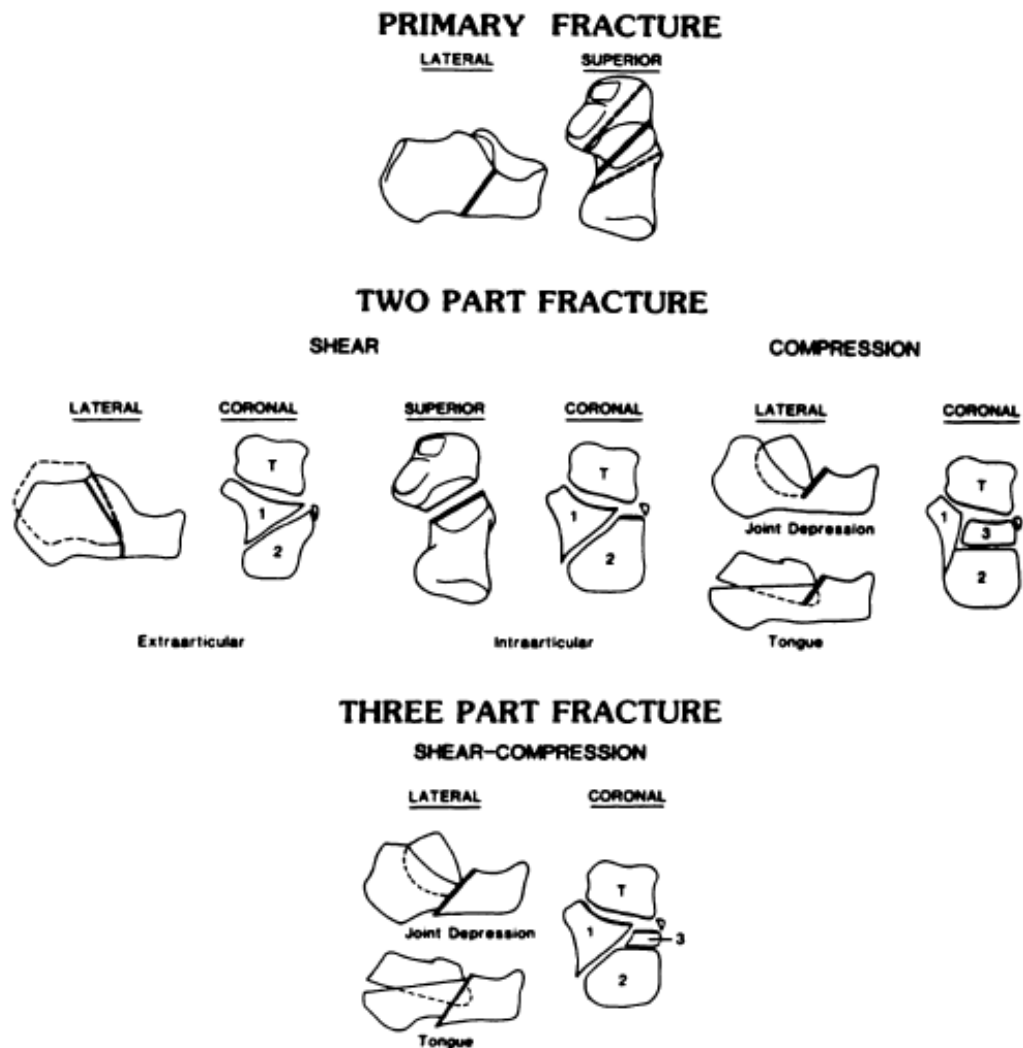


Abb.113: Klassifikation nach Stephenson (STEPHENSON 1987)

KLASSIFIKATION NACH KUNER

Die von Kuner et al. 1996 vorgestellte Einteilung basiert auf der AO-Klassifikation von Müller et al. und auf der Klassifikation von Regazzoni et al. Es werden sechs Typen unterschieden.

Typ A: Periphere Frakturen

Typ A1: Abrissfraktur des Sustentaculum tali, Frakturen des Processus medialis oder Processus posterior tuberis calcanei

Typ A2: Entenschnabelbruch

Typ B: Intraartikuläre Frakturen des unteren Sprunggelenkes

Typ B1: Unverschobene Gelenkfrakturen

Typ B2: einfache Gelenkfrakturen mit verschobenen, großen Fragmenten

Typ C: Komplexe Gelenkfrakturen mit ausgedehnter Trümmerzone

Typ C1: Subtalare Trümmerfraktur mit Impression der Gelenkflächen

Typ C2: Schwere Trümmerfraktur des subtalaren und des Calcaneocuboidgelenkes

(KUNER 1996)

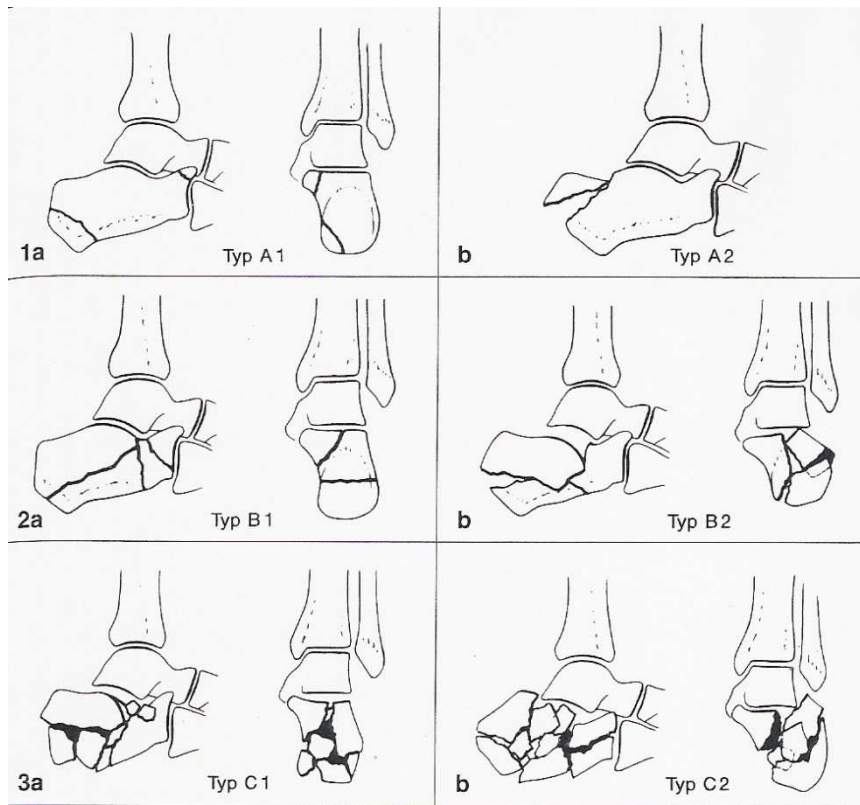


Abb.114: Klassifikation nach Kuner (KUNER 1995)

KLASSIFIKATION NACH PALEY UND HALL

Paley und Hall stützen ihre Klassifikation auf die Arbeiten von Essex-Lopresti und Soeur und Remy.

Sie unterteilen intraartikuläre, dislozierte Fersenbeinbrüche in vier Gruppen: Abscherfraktur (Zwei-Stück-Fraktur), Tongue-Type-Fraktur (A, nicht zertrümmert; B mäßig zertrümmert), Zentrale Depressions-Fraktur (A, nicht zertrümmert; B mäßig zertrümmert), komplexe Trümmerfraktur.

Sie haben festgestellt, dass genauso oft wie eine sekundäre posteriore Frakturlinie vorhanden ist, auch eine nach anterior verläuft. Diese kann entweder in die plantare Seite hinter dem Calcaneocuboidgelenk des Fersenbeins hineinreichen oder direkt in das Calcaneocuboidgelenk. Diese beiden Möglichkeiten werden plantarer bzw. calcaneocuboidaler Typ genannt. Mithilfe dieser Typen und der hinteren sekundären Frakturlinie

erfolgt die Definition, ob es sich um eine zertrümmerte Fraktur handelt oder nicht. Paley und Hall bezeichnen die Tongue-Type und zentrale Depression-Fraktur als mittelmäßig zertrümmert, wenn mehr als eine anteriore und posteriore sekundäre Linie vorhanden sind.

Der oben genannte vierte Frakturtyp, die komplexe Trümmerfraktur, ist eine Fraktur, bei der die Zertrümmerung und Dislokation so stark sind, dass sie nicht als eine Depression- oder Tongue-Type-Fraktur klassifiziert werden kann (PALEY 1993, 1994).

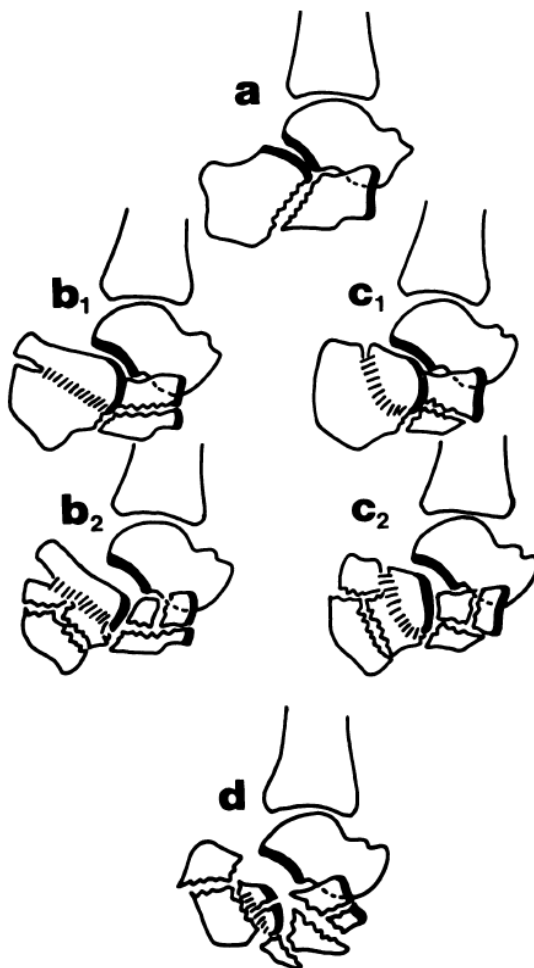


Abb.115: a: Zwei-Stück-Abscherfraktur, b1: Tongue-Typ-Fraktur mit einer anterioren und posterioren sekundären Frakturlinie, b2: Tongue-Typ-Fraktur mit mäßiger Zertrümmerung und Dislokation der Fragmente, c1: Zentrale Depressions-Fraktur mit einer anterioren und posterioren sekundären Frakturlinie, c2: Zentrale Depressionsfraktur mit mäßiger Zertrümmerung und Dislokation der Fragmente, d: Komplexe Trümmerfraktur (PALEY 1993)

KLASSIFIKATION AUS ICI

Zwipp et al. veröffentlichten diese Klassifikation 2004. Sie stützt sich auf das Comprehensive Classification System, das auf der Arbeit von Müller et al., ursprünglich zur Einteilung der Frakturen von Röhrenknochen, basiert.

Die ICI-Klassifikation beinhaltet nicht nur eine Einteilung der Frakturen aller Fußknochen und Gelenke, sondern schließt auch die Verletzungen des Knorpels, Kapsel und Bänder mit ein.

Bei dieser Einteilung erhält man einen Code, der sich aus folgenden Parametern zusammensetzt.

Zuerst wird die Lokalisation der Verletzung angegeben. Hierfür werden alle Knochen beziehungsweise Knochenteile des Fußes durchnummeriert.

Anschließend wird die Art der Verletzung mit A, B, C oder D angegeben.

A= Extraartikuläre Fraktur

B= Intraartikuläre Fraktur, bei der mehr als die Hälfte der Gelenksfläche noch physiologisch steht

C= Intraartikuläre Fraktur, bei der mehr als die Hälfte der Gelenksfläche disloziert ist

D= Reine Dislokation

Bei A wird anschließend die Anzahl der Segmente, bei B-D die Anzahl der betroffenen Gelenke angegeben.

Danach werden die Untergruppen definiert. Hierzu wird zuerst die Art des Gewebes, dann die Art der Verletzung und zum Schluss das Ausmaß der Dislokation angegeben.

Als Beispiel für eine Calcaneusfraktur, bei der die hintere Facette gebrochen und leicht disloziert ist, sei genannt:

81.2 B1[d (1.1.2)]

8 = Fuß

81= Rückfuß

81.2= Calcaneus

B= Intraartikuläre Fraktur

1= Ein Gelenk betroffen

- D= Posteriore Facette
 1= Knochen
 1= Einfache Fraktur
 2= Leichte Dislokation
 (ZWIPP 2004 a)

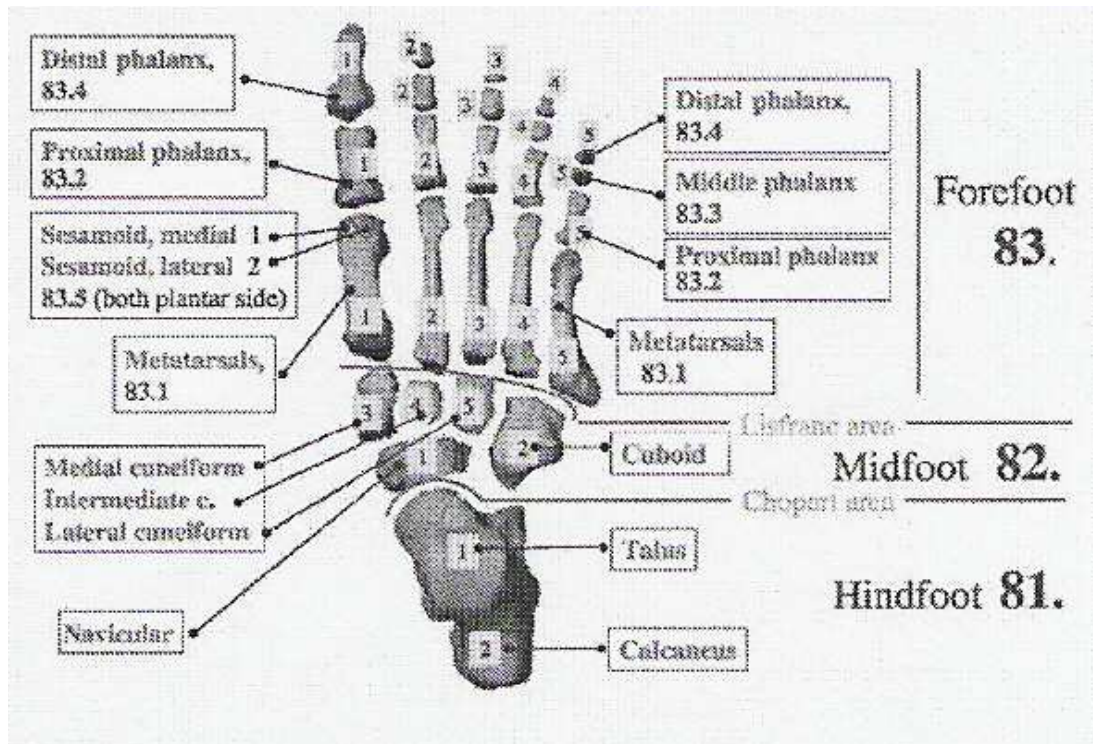


Abb.116: Knochen des Fußes (ZWIPP 2004 a)

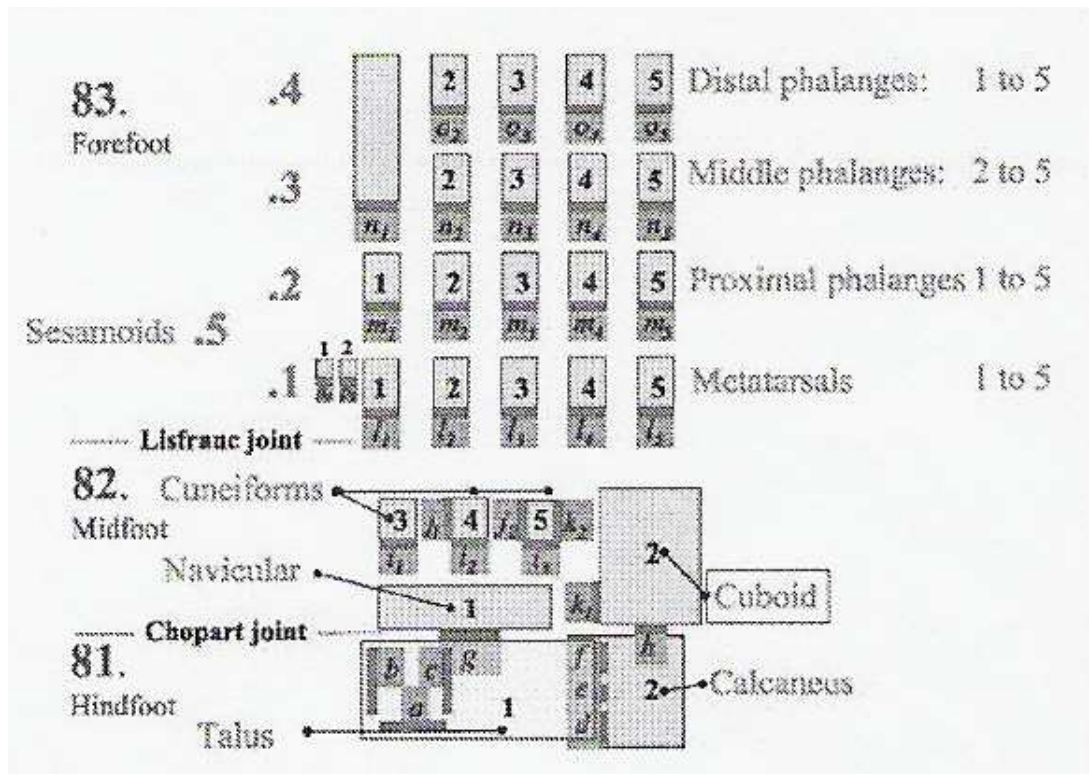


Abb.117: Gelenke des Fußes (ZWIPP 2004 a)

1. Subgroup = Tissue	2. Subgroup = Kind of injury	3. Subgroup = Amount of displacement / dislocation
1 = Bone	1 = fissure / simple fracture	1 = nondisplaced fracture
	2 = wedge / avulsion	2 = mild displaced fracture
	3 = impacted / multifragmentary	3 = severely displaced fracture
2 = Cartilage	1 = contusion or simple chondral fracture.	1 = undisplaced
	2 = osteochondral fracture.	2 = displaced
	3 = degloving of cartilage	3 = "dislocated"
3 = Capsule and ligaments	1 = rupture of capsule / 1 ligament	1 = no or mild (+) instability
	2 = rupture of capsule + 2 ligaments	2 = relevant (++) instability
	3 = rupture of capsule + 3 (more) ligaments	3 = severe (+++) instability (dislocated or dislocatable)

Tab.23: Einteilung in drei verschiedene Gewebearten und deren Verletzungstyp und Ausmaß der Dislokation (ZWIPP 2004 a)

7.2 ANHANG ZU DEN ERGEBNISSEN

VORHANDENSEIN EINES CALCANEUS SECUNDARIUS

In 5% der Fälle war ein Calcaneus secundarius vorhanden.

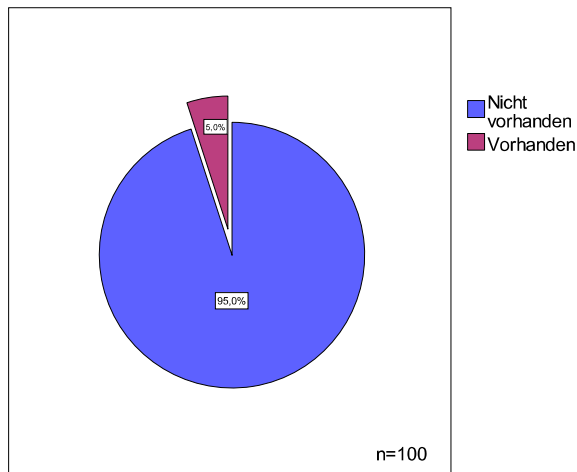


Abb.118: Häufigkeit des Vorkommens eines Calcaneus secundarius

FRAKTUR DES OS CUBOIDEUM

Eine Fraktur des Os cuboideum auf derselben Seite wie die Calcaneusfraktur war in 10% der Fälle vorhanden.

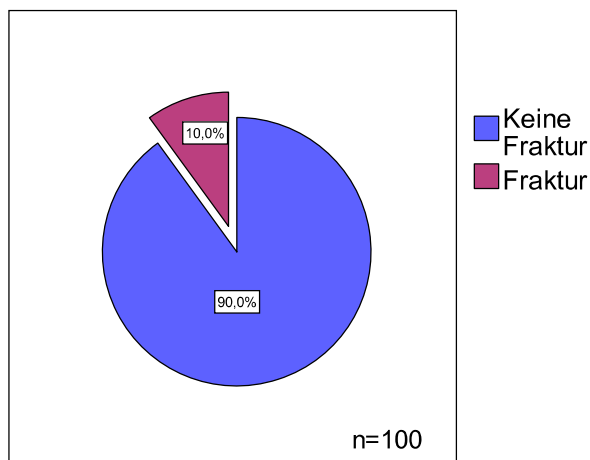


Abb.119: Fraktur des Os cuboideum

ABRISSFRAKTUR DES LIGAMENTUM BIFURCATUM

Abbildung 120 stellt dar, in wie vielen Fällen eine Abrissfraktur des Ligamentum bifurcatum vorhanden war. Man kann erkennen, dass in 30% der Fälle eine solche Verletzung vorlag.

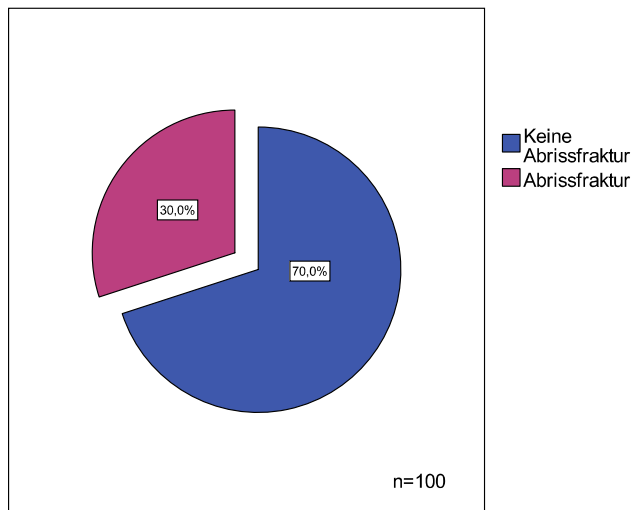


Abb.120: Abrissfraktur des Ligamentum bifurcatum

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEM ALTER UND DER KLASSIFIKATION NACH SANDERS

Der Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Frakturtyp nach Sanders wurde in einer Spearman-Rangkorrelation mit $n=95$ ermittelt. Das signifikante Ergebnis ($p=,004$) des Korrelationskoeffizienten betrug $-0,294$. Dies bedeutet, dass eine negative, leichte Korrelation zwischen dem Alter und der Schwere der Calcaneusfraktur besteht.

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEM ALTER UND DER EINTEILUNG NACH ESSEX-LOPRESTI

Die Verbindung zwischen dem Alter zum Verletzungszeitpunkt und der Frakturklassifikation nach Essex-Lopresti wurde mittels eines Chi-Quadrat-Tests untersucht. Dieser ergab ein signifikantes Ergebnis ($p=,027$) und ein Cramer-V von 0,343. Im folgenden Balkendiagramm zeigt sich, dass 85,71% aller Tongue-Type-Frakturen in den drei Altersgruppen zwischen 18 und 50 Jahren auftreten. Die übrigen 14,29% fallen auf die zwei Alterklassen zwischen 51 und 70 Jahren. Die Verteilung der Joint-Depression-Frakturen verläuft deutlich gleichmäßiger. Der Höhepunkt dieser Fraktur liegt mit 27,69% in der Altersklasse der 41-bis 50-Jährigen, gefolgt von den 24,62% in der Gruppe im Alter von 51 bis 60 Jahren. Die Verteilung dieser Frakturen auf die anderen drei Altersgruppen ist mit 16,92% bei den 18-bis 30-Jährigen und je 15,38% bei den Gruppen mit Patienten im Alter von 31-40 und 61-70 Jahre sehr ausgeglichen.

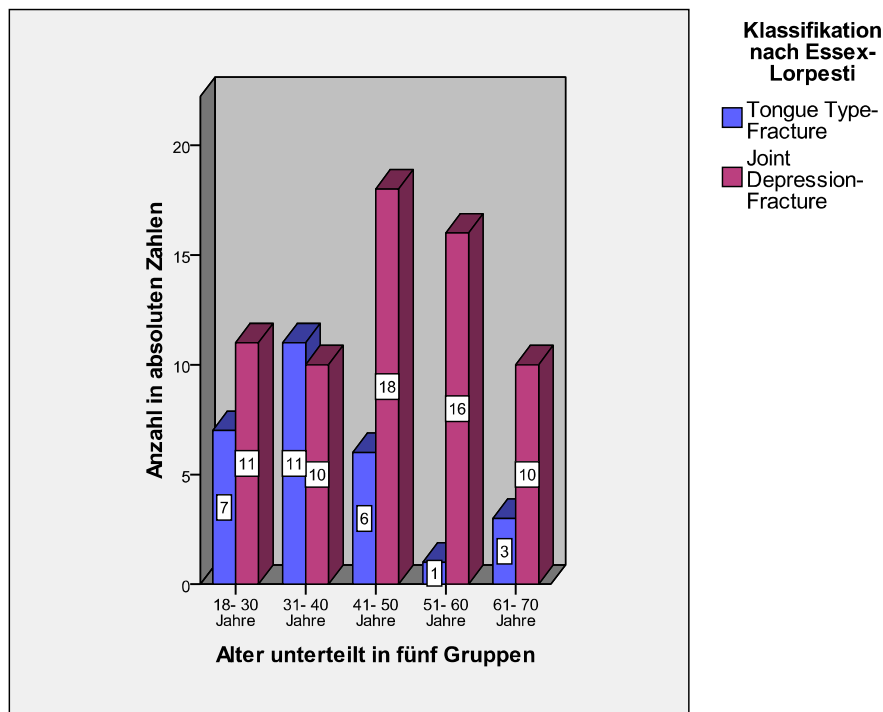


Abb.121: Verteilung der Frakturen anhand des Alters und der Klassifikation nach Essex-Lopresti

LOKALISATION DER LATERALSTEN FRAKTURLINIE IM CCJ

Die Messung der Lokalisation der lateralsten Frakturlinie im Calcaneocuboidgelenk erfolgt an 78 Fersenbeinfrakturen. 16 Brüche wurden nicht gemessen, weil keine Beteiligung des CCJ vorhanden war und weitere sechs Frakturen wurden ausgeschlossen, weil bei ihnen eine Trümmerfraktur im Calcaneocuboidgelenk vorlag. Der arithmetische Mittelwert beträgt 43,4% mit einer Standardabweichung von 23,4%. Der Median beläuft sich auf 42,7%. Die Spannweite ergibt 88,3 mit einem Minimum von 2,2% und einem Maximum von 90,5%. Abb. zeigt die Lokalisation der Frakturlinie anhand eines Histogramms.

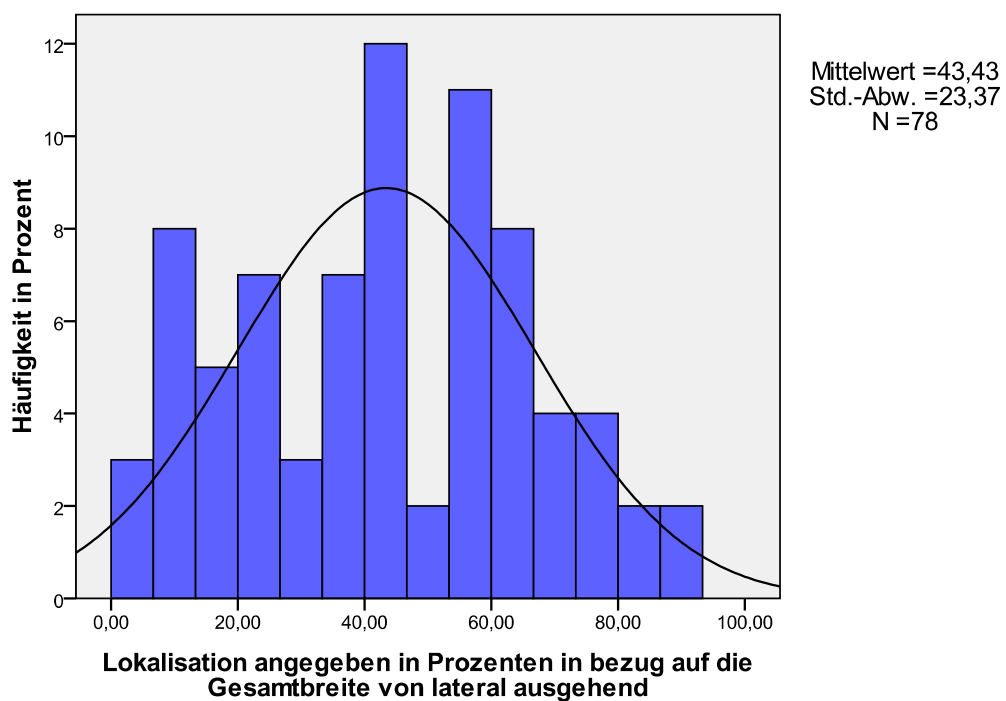


Abb.122: Lokalisation der lateralsten Frakturlinie in der Facies articularis cuboidea

FRAKTUREN MIT EINER EINZIGEN FRAKTURLINIE IM CCJ

LOKALISATION DER FRAKTURLINIE

Bei der folgenden Messung wurde die Lokalisation der lateralsten Frakturlinie im CCJ gemessen. Allerdings wurden nur die Frakturen untersucht, die eine einzige Frakturlinie im CCJ aufweisen. Die Anzahl n beträgt somit 43.

Es ergab sich ein Mittelwert von 54,4% und mit einer Standardabweichung von 20,4% und ein Median von 56,7%. Die Spannweite beträgt 83,5 mit einem Minimum von 7% und einem Maximum von 90,5%.

In Abbildung 124 wurde die Lokalisation in drei Gruppen unterteilt. Gruppe I beinhalten alle Frakturen, die im Bereich von 0,1 bis 33,3% liegen. In der Gruppe II befinden sich die Frakturen die in der Spannweite zwischen 33,4 und 66,6% lokalisiert sind und in Gruppe III finden sich die Brüche die in einem Bereich zwischen 66,7 und 99,9% verlaufen. Es zeigt sich, dass 58,1% der Frakturlinien der Gruppe II angehören. Am zweitgrößten ist die Gruppe III mit 25,6%. Gruppe I beinhaltet 16,3% der Frakturen.

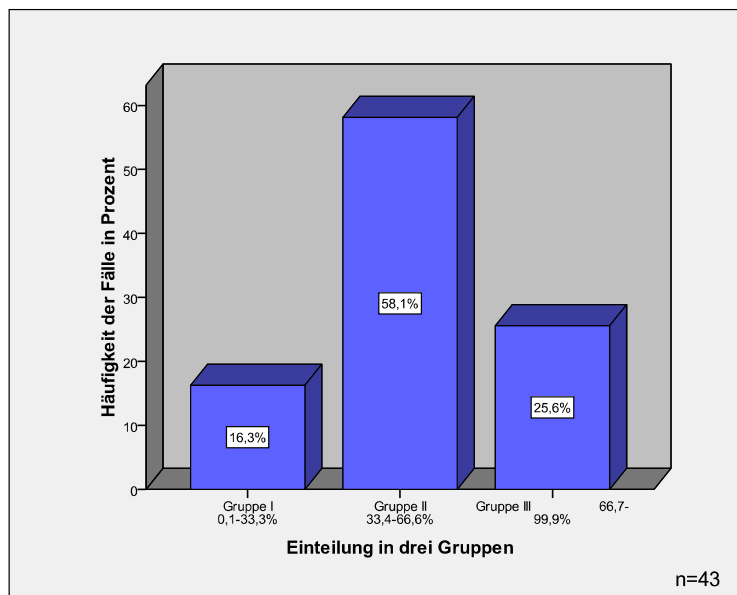


Abb.123: Lokalisation der lateralsten Frakturlinie

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER LOKALISATION DER LINIE UND DER KLASSIFIKATION NACH ZWIPP

Es wurde untersucht, ob bei Fersenbeinbrüchen mit einer einzigen Frakturlinie im Calcaneocuboidgelenk ein Zusammenhang zwischen der Lokalisation dieser Linie und der Klassifikation nach Zwipp besteht. Die Anzahl n betrug 43. Zu diesem Zweck wurde eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt.

Diese ergab ein signifikantes Ergebnis mit einem p von ,008 und einem Korrelationskoeffizienten von 0,401. Das Ergebnis wird anhand eines Boxplots graphisch in Abb.124 dargestellt. Es zeigt sich, dass in der Gruppe II nach Zwipp der arithmetische Mittelwert bei 46 mit einer Standardabweichung von 21 liegt. Der Median beträgt 43,2 und die Spannweite 83,5 mit einem Minimum von 7 und einem Maximum von 90,5. Im Vergleich dazu liegen in der Gruppe Zwipp III der Mittelwert und der Median in einem deutlich höheren Bereich und zwar der Mittelwert bei 61,8 sowie der Median bei 62,3. Die Standardabweichung beträgt 17. Die Spannweite ist geringer als bei der Gruppe II, was vor allem daran liegt, dass das Minimum hier einen höheren Wert erzielt. Die Spannweite beträgt 67,7, das Minimum 21 und das Maximum 88,6.

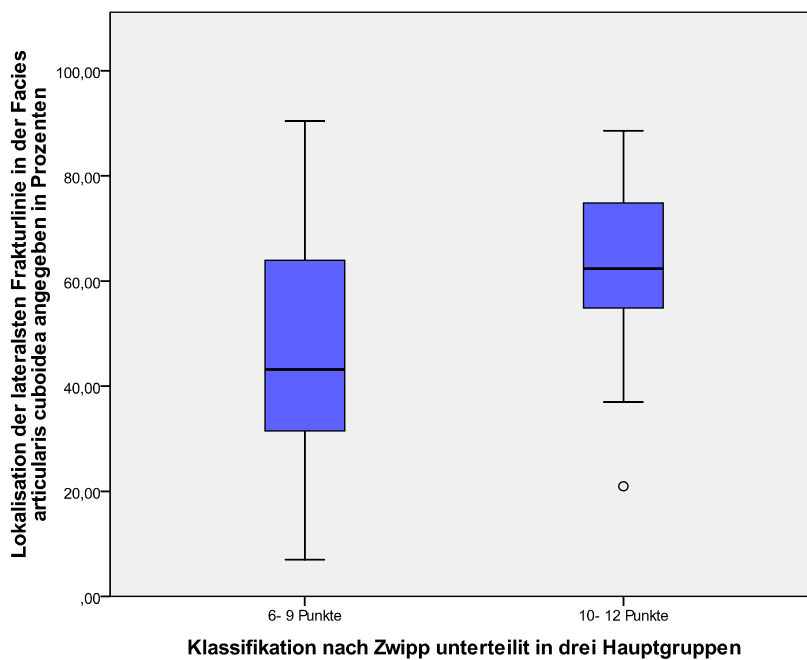


Abb.124: Zusammenhang zwischen der Lokalisation der Frakturlinie bei Brüchen mit einer einzigen Linie im CCJ und der Klassifikation nach Zipp

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER LOKALISATION DER LINIE UND DER KLASSIFIKATION NACH SANDERS

Bei der Prüfung, ob bei Brüchen mit nur einer Frakturlinie im CCJ eine Verbindung zwischen der Lokalisation dieser Linie und der Einteilung nach Sanders besteht, wurde mit der Anzahl $n = 40$ eine Korrelation nach Spearman durchgeführt. Das Ergebnis war signifikant ($p = ,009$) und ergab einen Korrelationskoeffizienten von ,408.

In dem folgenden Boxplot wird der Zusammenhang veranschaulicht. Bei den Frakturen des Sanders Typ II liegt der Mittelwert bei 46,6 mit einer Standardabweichung von 22,4 und der Median bei 42,2. Die Spannweite erstreckt sich vom Minimum bei 7 bis zum Maximum bei 90,5 und beträgt somit 83,5. Bei Brüchen der Gruppe Sanders III liegen der Mittelwert und Median höher und zwar zählt der Mittelwert 60 sowie der Median 62,3. Die Standardabweichung beträgt hier 17,8. Die Spannweite ist, wieder aufgrund

des höheren Werts des Minimums, geringer. Sie macht in dieser Gruppe 60,4 aus, das Minimum liegt bei 25,7, das Maximum bei 86,1. Einen noch höheren Wert erzielt der Mittelwert in der Klasse Typ Sanders IV. Dieser liegt hier bei 67,9. Der Median ist mit 63,2 nur geringfügig größer als in der Gruppe der Sanders III Frakturen. Die Standardabweichung beträgt 14,9. Die Spannweite ist deutlich kleiner als in den beiden letzten Klassen. Sie macht 32 aus und erstreckt sich vom Minimum bei 56,7 bis zum Maximum bei 88,6.

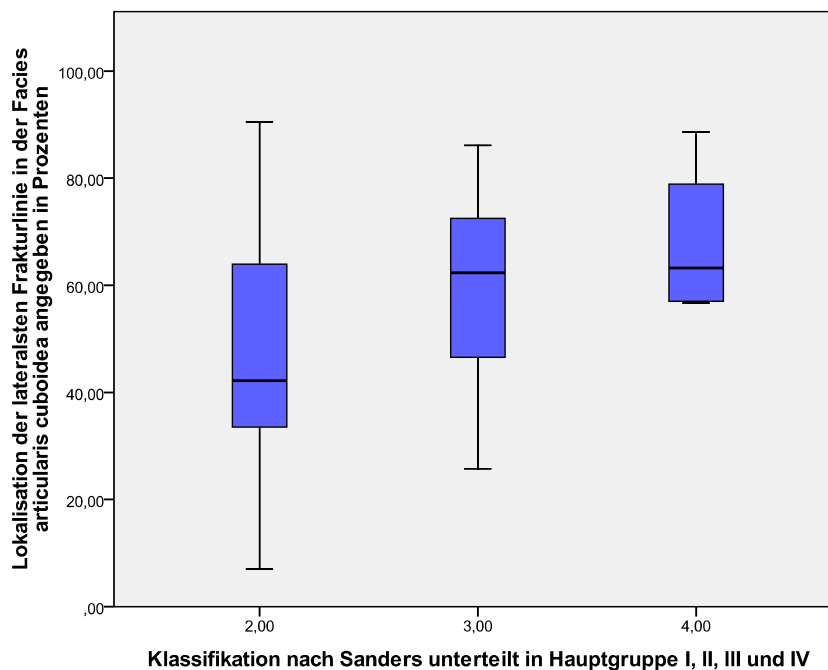


Abb125: Zusammenhang zwischen der Lokalisation der Frakturlinie bei Brüchen mit einer einzigen Linie im CCJ und der Klassifikation nach Sanders

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER LOKALISATION DER LINIE UND DEN KLASSIFIKATIONEN NACH EASTWOOD UND ESSEX-LOPRESTI

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Lokalisation der Frakturlinie im Calcaneocuboidgelenk und den Frakturklassifikationen nach Eastwood/Atkins und Essex-Lopresti nachgewiesen werden.

FRAKTUREN MIT ZWEI FRAKTURLINIEN IM CCJ

LOKALISATION DER LATERALEN LINIE

Bei dieser Untersuchung wurden nur die Fälle berücksichtigt, bei denen zwei Frakturlinien im Calcaneocuboidgelenk verlaufen. Das Ziel war wiederum die Lokalisation der lateralen Linie festzustellen. Die Anzahl n betrug 34. Der arithmetische Mittelwert belief sich auf 30,2% und die Standardabweichung auf 19,8%. Der Median betrug 29,4%. Das Minimum machte 2,2% aus, das Maximum 70,7%. Die Spannweite betrug somit 68,5.

In dem folgenden Balkendiagramm wurden die Bereiche, in denen die Linien lokalisiert waren, wieder wie bereits weiter oben beschrieben in drei Gruppen unterteilt. Am Häufigsten war mit 59,2% die Gruppe I vertreten. Dieser folgte mit 44,1% Gruppe II. Die Gruppe III kam nur in 2,9% vor, was in absoluten Zahlen einem einzigen Fall entspricht.

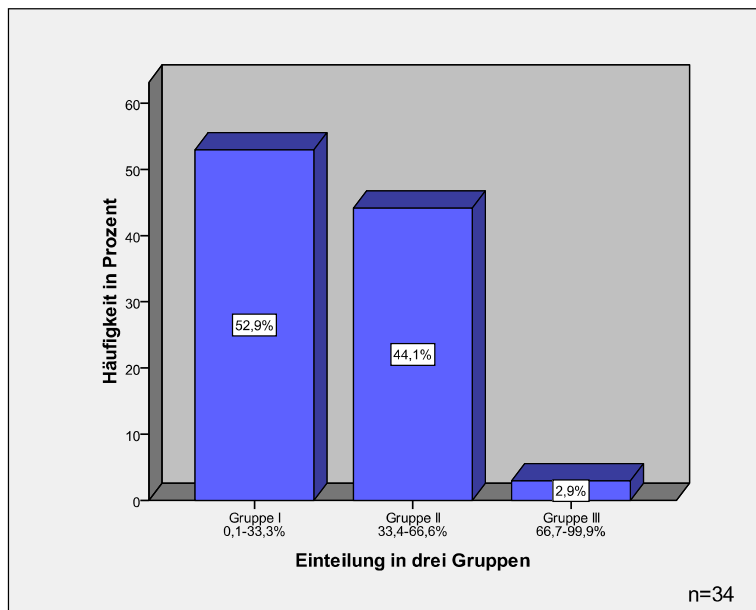


Abb.126:Lokalisation der lateralsten Frakturlinie

LOKALISATION DER MEDIALEN LINIE

Es wurde geprüft, wo die mediale Frakturlinie bei Brüchen mit zwei Linien im CCJ lokalisiert ist. Die Anzahl n betrug wieder 34. Der Mittelwert betrug 81,4% mit einer Standardabweichung von 8,6%. Der Median belief sich auf 84,7%. Die Spannweite erreichte einen Wert von 37,8 mit einem Minimum von 55,5% und einem Maximum von 93,3%.

In Abbildung 127 wird, wie bereits oben, die Verteilung der Lokalisation anhand einer Unterteilung in drei Gruppen dargestellt. Es zeigt sich, dass mit 94,1% die Gruppe III deutlich überlegen ist. Die Gruppe I ist gar nicht vorhanden, Gruppe II kommt zu 5,9% vor.

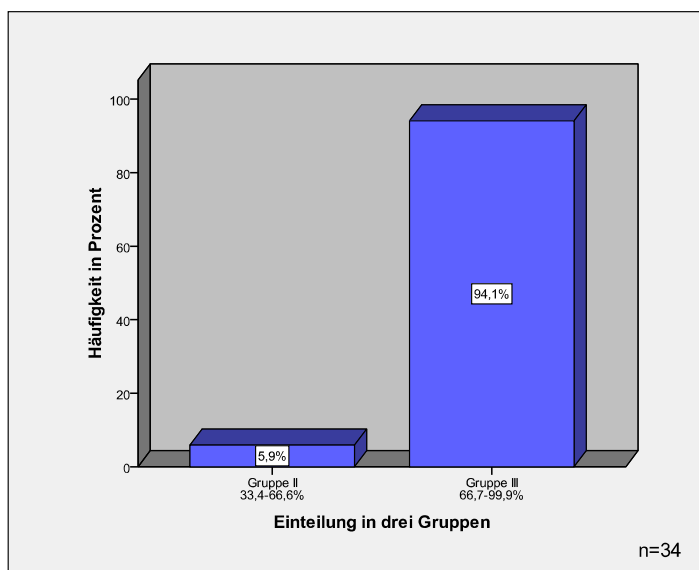


Abb.127: Lokalisation der medialen Frakturlinie

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER LOKALISATION DER LATERALEN UND MEDIALEN FRAKTURLINIE UND DEN KLASSIFIKATIONEN NACH ZWIPP, SANDERS, EASTWOOD/ATKINS UND ESSEX-LOPRESTI:

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden.

7.3 BEWERTUNGSBOGEN

Nachname:

Vorname:

Geburtsdatum:

Patientennummer:

Geschlecht:

Mann ☐

Frau ☐

Verletzungsdatum:

Verletzungsursache:

Sturz ☐

PKW-Unfall ☐

Sonstige Ursache ☐

Begleitverletzungen:

Lokalisation der

Calcaneusfraktur:

Rechte Seite ☐

Linke Seite ☐

Einseitige/Beidseitige Fraktur:

Einseitige Fraktur ☐

Beidseitige Fraktur ☐

Weichteilschaden:

Kein WT-Schaden ☐

Geschlossener WT-Schaden I° ☐

Geschlossener WT-Schaden II° ☐

Geschloss. WT-Schaden III° ☐

Offene Fraktur I° ☐

Offene Fraktur II° ☐

Offene Fraktur III° ☐

Offene Fraktur IV° ☐

Böhlerwinkel:

Verkürzung:

Keine Verkürzung ☐

Leichte Verkürzung ☐

Mäßige Verkürzung ☐

Starke Verkürzung ☐

Größe des Isthmusdefekts:

Fraktur des Os cuboideum:

Vorhanden ☐

Nicht vorhanden ☐

Calcaneus secundarius:

Vorhanden ☐

Nicht vorhanden ☐

Bewertung der fünf

Hauptfragmente nach Zwipp:

Tuberositäres Fragment:

Keine Fraktur ☐

Fraktur ohne Dislokation ☐

Dislokation < 2mm ☐

Dislokation ≥ 2 mm und < 5mm ☐

Dislokation ≥ 5 mm ☐

Post. Facettenfragment:

Keine Fraktur ☐

Fraktur ohne Dislokation ☐

Dislokation < 2mm ☐

Dislokation ≥ 2 mm und < 5mm ☐

Dislokation ≥ 5 mm ☐

Sustentaculäres Fragment:

Keine Fraktur ☐

Fraktur ohne Dislokation ☐

Dislokation < 2mm ☐

Dislokation ≥ 2 mm und < 5mm ☐

Dislokation ≥ 5 mm ☐

Ant. Facettenfragment:

Keine Fraktur ☐

Fraktur ohne Dislokation ☐

Dislokation < 2mm ☐

Dislokation ≥ 2 mm und < 5mm ☐

Dislokation ≥ 5 mm ☐

Processus ant.-Fragment:

Keine Fraktur ☐

Fraktur ohne Dislokation ☐

	Dislokation < 2mm <input type="checkbox"/>	Dislokation >= 2 mm und < 5mm <input type="checkbox"/>
	Dislokation >= 5mm <input type="checkbox"/>	
Trümmerzone innerhalb eines Hauptfragments:	Trümmerzone vorhanden <input type="checkbox"/>	Keine Trümmerzone vorhanden <input type="checkbox"/>
Bewertung der Gelenkflächen:		
Facies art. talaris post.:	Keine Fraktur <input type="checkbox"/>	Fraktur ohne Dislokation <input type="checkbox"/>
	Dislokation < 2mm <input type="checkbox"/>	Dislokation >= 2 mm und < 5mm <input type="checkbox"/>
	Dislokation >= 5mm <input type="checkbox"/>	
Facies art. talaris media:	Keine Fraktur <input type="checkbox"/>	Fraktur ohne Dislokation <input type="checkbox"/>
	Dislokation < 2mm <input type="checkbox"/>	Dislokation >= 2 mm und < 5mm <input type="checkbox"/>
	Dislokation >= 5mm <input type="checkbox"/>	

Facies art. talaris ant.:

Keine Fraktur ☐

Fraktur ohne Dislokation ☐

Dislokation < 2mm ☐

Dislokation \geq 2 mm und < 5mm ☐

Dislokation \geq 5mm ☐

Facies art. cuboidea:

Keine Fraktur ☐

Fraktur ohne Dislokation ☐

Dislokation < 2mm ☐

Dislokation \geq 2 mm und < 5mm ☐

Dislokation \geq 5mm ☐

Anzahl der frakturierten

Gelenkflächen:

Klassifikation nach Zwipp

(Gesamtpunktezahl):

Klassifikation nach Sanders:

Klassifikation nach

Essex-Lopresti:

Tongue-Typ-Fraktur ☐

Joint-Depression-Fraktur ☐

Klassifikation nach Eastwood

/Atkins:

Typ I ☐

Typ II ☐

Typ III ☐

Bewertung des CCJ:

Anzahl der Frakturlinien im CCJ:

Lokalisation der lateralsten

Frakturlinie in Prozent:

Lokalisation der zweitlateralsten

Frakturlinie in Prozent:

Lokalisation der drittlateralsten

Frakturlinie in Prozent:

Lokalisation der primären

Frakturlinie im CCJ:

Frakturlinienverlauf der

lateralsten Linie:

Vertikaler Typ ☐

Linienverlauf von lateral oben

nach medial unten ☐

Frakturlinie im Rahmen

einer Trümmerfraktur ☐

Horizontaler Typ ☐

Linienverlauf von medial oben

nach lateral unten ☐

Frakturlinienverlauf der

zweitlateralsten Linie:

Vertikaler Typ ☐

Linienverlauf von lateral oben

nach medial unten ☐

Frakturlinie im Rahmen

einer Trümmerfraktur ☐

Horizontaler Typ ☐

Linienverlauf von medial oben

nach lateral unten ☐

**Frakturlinienverlauf der
drittlateralsten Linie:**

Vertikaler Typ ☐

Linienverlauf von lateral oben

nach medial unten ☐

Frakturlinie im Rahmen

einer Trümmerfraktur ☐

Horizontaler Typ ☐

Linienverlauf von medial oben

nach lateral unten ☐

Abrißfraktur des

Lig. bifurcatum:

Abrißfraktur vorhanden ☐

Abrißfraktur nicht vorhanden ☐

8 CURRICULUM VITAE

Personalien

Name, Vorname	Dietrich Katrin Elisabeth
Geburtsdatum	17.08.1983
Geburtsort	Ried im Innkreis, Österreich
Familienstand	Ledig

Schulbildung

1989- 2001	Volksschule und Bundesgymnasium, Ried im Innkreis
2001- 2004	Berufsfachschule für Physiotherapie, Bad Birnbach

Studium

2005- 2011	Studium der Medizin, Universität Regensburg
------------	---

Arbeitserfahrung

2004- 2005	Dipl. Physiotherapeutin im Therapiezentrum Pramet
2008- 2010	Studentische Hilfskraft als OP-Assistenz im orthopädischen Universitätsklinikum Bad Abbach
Ab 1.3.2012	Assistenzärztin in der Klinik für Orthopädie am Universitätsklinikum Aachen

Famulaturen

2008 (7 Wochen)	Orthopädie, KH der Barmherzigen Schwestern Ried i. I., Österreich
2008 (4 Wochen)	Chirurgie/ Traumatologie/ Orthopädie, Krankenhaus Innichen, Italien
2008 (2 Wochen)	Urologie, KH der Barmherzigen Schwestern Ried i. I., Österreich
2009 (3 Wochen)	Orthopädie, Universitätsklinikum Bad Abbach, Deutschland

- 2009 (2 Wochen) Chirurgie, KH der Barmherzigen Schwestern Ried i. I., Österreich
- 2009 (2 Wochen) Chirurgie/ Traumatologie/ Orthopädie, Krankenhaus Innichen, Italien
- 2009 (4 Wochen) Orthopädie, Universitätsklinikum Bad Abbach, Deutschland

Praktisches Jahr

- 2010 (8 Wochen) Neurochirurgie, Universitätsspital Bern, Schweiz
- 2010 (8 Wochen) Unfallchirurgie/ Allgemeinchirurgie, Klinikum Passau, Deutschland
- 2011 (16 Wochen) Orthopädie, Universitätsklinikum Bad Abbach, Deutschland
- 2011 (16 Wochen) Innere Medizin, Klinikum Passau, Deutschland

Zusatzqualifikationen

- 2007- 2013 Sonografiekurs; Teilnahme an der Summer School der DGO in Homburg/ Saar; Teilnahme am Tag der Studierenden auf dem DKOU 2010 und 2011; Grundlagen und Anwendungstechniken der Akupunktur; Wahlfach Notfallmedizin; Wahlfach Sportmedizin; Wahlfach Plastische Chirurgie; Wahlfach Gynäkologie und Geburtshilfe; ZHW-Kurs „Arbeiten mit wissenschaftlichen Texten“; ZHW-Kurs „Wissenschaftliches Schreiben“; DePuy-Kurs „Rookies-Kurs Hüftendoprothetik“; Strahlenschutzkurs

Freizeit

Laufen, Radfahren, Reiten, Wandern, Klavier spielen, Reisen

9 DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Kinner für die Überlassung des Themas, sowie für die freundliche und geduldige Betreuung während der gesamten Zeit.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Nerlich bedanken, dass ich die Arbeit in seiner Abteilung schreiben durfte.

Großen Dank möchte ich auch der Teleradiologie sowie dem gesamten Team der Unfallchirurgie Regensburg aussprechen.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei meinen Eltern, bei meinem Bruder Tobias und seiner Freundin Tina, bei meiner Schwester Martina und ihrem Ehemann Michael und bei meinem Freund Christian für ihre Unterstützung und möchte insbesondere meinen Eltern für die Ermöglichung des Medizinstudiums danken.